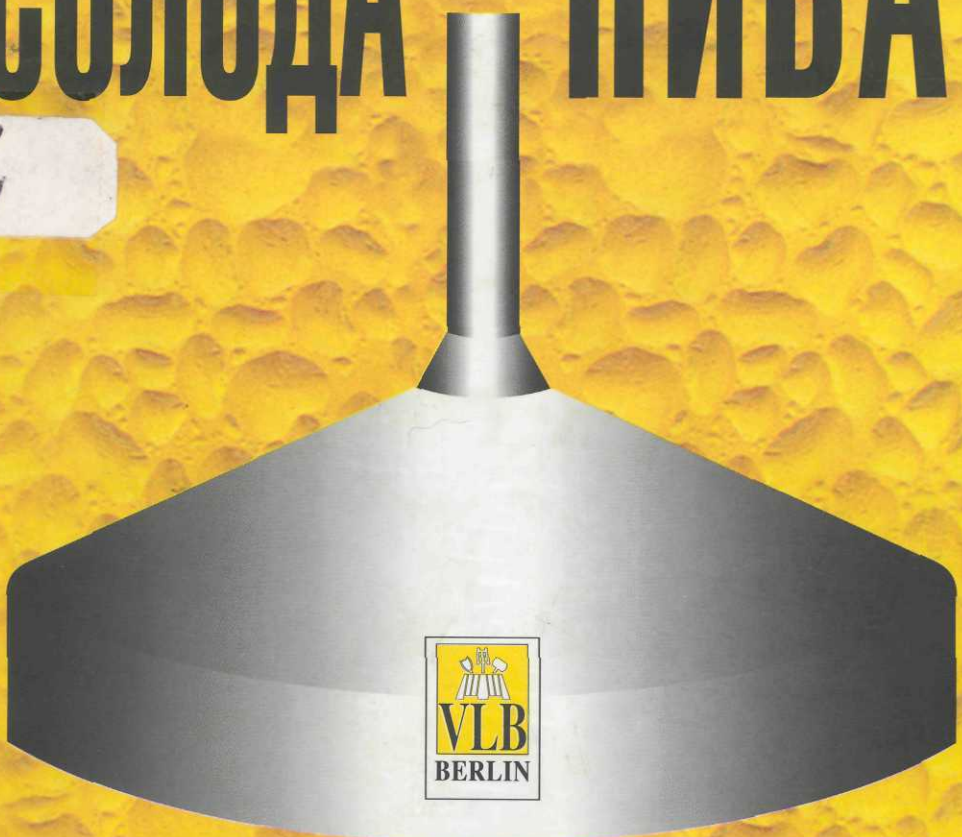
61111Н
66
К91

К У Н Ц Е

ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА И ПИВА

66
К91



VLB BERLIN

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

ВОЛЬФГАНГ КУНЦЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА и ПИВА

Перевод с немецкого языка

Глава 11
написана Г. О. Митом, г. Гамбург

издательство
ПРОФЕССИЯ

Санкт-Петербург
2001

УДК 663.4 (035)
ББК 36.87я2
К 91

Редколлегия русского издания

канд. техн. наук В. Б. Тихонов (руководитель)
д-р техн. наук, проф. А. В. Орещенко, канд. техн. наук К. В. Кобелев

Перевод с немецкого языка
Даркова Г. В., Калашникова В. А., Калашниковой А. М., Куреленкова А. А., Шумаковой Л. А.

Главный редактор *Д. К. Рапопорт*
Верстка *И. Рыбина*
Дизайн, компьютерная обработка *Е. Макеева*
Технический редактор *О. Д. Камнева*
Корректор *О. Д. Камнева*

Кунце В., Мит Г.
К 91 Технология солода и пива: пер. с нем. — СПб., Изд-во «Профессия», 2001. — 912 с, ил.

ISBN 5-93913-006-2
ISBN 3-921690-37-4 (нем.)

Во всеобъемлющем пособии-справочнике, выдержавшем 8 изданий в Германии и переведенном на многие языки, содержатся сведения, необходимые для работы любого пивовара. Подробно рассмотрены типы и виды необходимого сырья, используемое оборудование, вопросы оценки качества пива. Большое внимание уделено проблемам водоподготовки, стойкости пива, его розливу в различные виды тары, а также проблемам энергообеспечения предприятий солодовенной и пивоваренной промышленности.

Книга, известная среди специалистов как своего рода «Библия пивовара», должна способствовать повышению эффективности работы отечественных пивоваренных заводов и улучшению качества российского пива.

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие и технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

© VLB Berlin, 1998
© Издательство «Профессия»: перевод, оформление, 2001
© Калашников В. А., Калашникова А. М., перевод (разделы 0–3, 7–9), 2001
© Дарков Г. В., перевод (раздел 4), 2001
© Шумакова Л.А., перевод (разделы 5–6), 2001
© Куреленков А.А., перевод (разделы 10–11), 2001

ISBN 5-93913-006-2
ISBN 3–921690–37–4 (нем.)

УДК 663.4 (035)
ББК 36.87я2

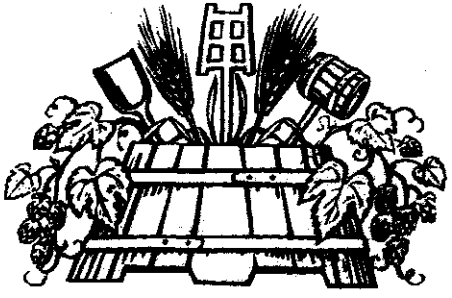
611114
БИБЛИОТЕКА

WOLFGANG KUNZE

TECHNOLOGIE BRAUER UND MÄLZER

8., völlig neu bearbeitete Auflage

Kapitel 11
von H. O. Mieth, Hamburg



IM VERLAG DER VLB BERLIN

Содержание

0. ПИВО – ДРЕВНЕЙШИЙ НАРОДНЫЙ НАПИТОК 25

1. СЫРЬЕ 37
1.1. Ячмень 37
1.1.1. Группы и сорта ячменя 38
1.1.1.1. Группы ячменя 38
1.1.1.2. Сорта ячменя 38
1.1.2. Возделывание ячменя 39
1.1.3. Строение ячменного зерна 40
1.1.3.1. Наружное строение 40
1.1.3.2. Внутреннее строение 40
1.1.4. Состав и свойства отдельных частей ячменя 42
1.1.4.1. Углеводы 42
1.1.4.2. Белковые вещества 44
1.1.4.3. Жиры (липиды) 46
1.1.4.4. Минеральные вещества 47
1.1.4.5. Прочие вещества 48
1.1.5. Оценка качества ячменя 50
1.1.5.1. Визуальное и ручное обследование 50
1.1.5.2. Технохимический анализ 52
1.1.5.3. Физиологические исследования 53
1.2. Хмель 54
1.2.1. Области возделывания хмеля 54
1.2.2. Сбор, сушка и предохранение хмеля от порчи 56
1.2.2.1. Сбор хмеля 56
1.2.2.2. Сушка хмеля 57
1.2.2.3. Стабилизирующая обработка 57
1.2.3. Строение хмелевой шишки 57
1.2.4. Состав и свойства компонентов хмеля 58
1.2.4.1. Горькие вещества или хмелевые смолы 58
1.2.4.2. Хмелевое эфирное масло 59
1.2.4.3. Дубильные вещества (полифенолы) 60
1.2.4.4. Белковые вещества 61
1.2.5. Оценка качества хмеля 61
1.2.5.1. Ручная оценка качества хмеля в шишках 61
1.2.5.2. Содержание в хмеле горьких веществ 62
1.2.6. Сорта хмеля 62
1.2.7. Хмелепродукты 64
1.2.7.1. Гранулированный хмель 65
1.2.7.2. Экстракты хмеля 68
1.3. Вода 71
1.3.1. Круговорот воды 71
1.3.2. Потребление воды в пивоваренном производстве 72
1.3.3. Забор воды из водных источников 72
1.3.3.1. Забор подземных вод 73
1.3.3.2. Забор поверхностных вод 74
1.3.3.3. Значение собственного водоснабжения 75
1.3.4. Требования к воде 75
1.3.4.1. Требования к питьевой воде 75
1.3.4.2. Требования к воде для пивоварения 77
1.3.5. Способы улучшения состава воды 81
1.3.5.1. Способы удаления взвешенных частиц 81
1.3.5.2. Удаление растворенных в воде веществ 82
1.3.5.3. Способы улучшения остаточной щелочности 82
1.3.5.4. Обеззараживание воды 85
1.3.5.5. Способы деаэрации воды 86
1.4. Дрожжи 87
1.4.1. Строение и состав дрожжевой клетки 87

1.4.2. Обмен веществ дрожжевой клетки ... 90
1.4.3. Размножение и рост дрожжей ... 91
1.4.4. Характеристики пивоваренных дрожжей ... 92
1.4.4.1. Морфологические признаки ... 92
1.4.4.2. Физиологические различия ... 93
1.4.4.3. Технологические различия при сбраживании ... 93
1.4.4.4. Систематическая классификация ... 94
1.5. Несоложеное сырье ... 94
1.5.1. Кукуруза ... 94
1.5.2. Рис ... 96
1.5.3. Ячмень ... 97
1.5.4. Сорго ... 97
1.5.5. Пшеница ... 98
1.5.6. Сахарный колер ... 98
1.5.7. Сахар ... 98

2. ПРОИЗВОДСТВО СОЛОДА ... 105
2.1. *Приемка, очистка, сортирование и транспортирование ячменя* ... 106
2.1.1. Приемка ячменя ... 106
2.1.1.1. Приемка ячменя с рельсового или автомобильного транспорта ... 106
2.1.1.2. Приемка ячменя с водного транспорта ... 107
2.1.2. Очистка и сортирование ячменя ... 107
2.1.2.1. Предварительная очистка ячменя ... 109
2.1.2.2. Магнитные сепараторы ... 111
2.1.2.3. Камнеотборник ... 111
2.1.2.4. Обоечная машина ... 112
2.1.2.5. Триер ... 113
2.1.2.6. Сортирование ячменя ... 114
2.1.3. Транспортирование ячменя и солода ... 118
2.1.3.1. Механические транспортные средства ... 118
2.1.3.2. Пневматические транспортные средства ... 121
2.1.4. Установки для удаления пыли ... 125
2.1.4.1. Циклоны ... 125
2.1.4.2. Пылеотделительный фильтр ... 125
2.2. Сушка и хранение ячменя ... 128
2.2.1. Дыхание ячменя ... 128
2.2.2. Сушка ячменя ... 129
2.2.3. Охлаждение ячменя ... 130
2.2.4. Хранение ячменя ... 130
2.2.4.1. Хранение в силосах ... 130
2.2.4.2. Хранение на складах ... 131
2.2.4.3. Заражение вредителями ... 132
2.3. Замачивание ячменя ... 133
2.3.1. Процессы, происходящие при замачивании ... 133
2.3.1.1. Водопоглощение ... 133
2.3.1.2. Снабжение кислородом ... 136
2.3.1.3. Очистка ... 136
2.3.2. Замочные чаны ... 136
2.3.3. Проведение замачивания ... 141
2.4. Проращивание ячменя ... 142
2.4.1. Процессы, происходящие при проращивании ... 143
2.4.1.1. Процессы роста ... 143
2.4.1.2. Образование ферментов ... 144
2.4.1.3. Превращения веществ при проращивании ... 145
2.4.1.4. Проведение проращивания (выводы) ... 152
2.4.2. Способы проращивания ... 152
2.4.2.1. Токовая солодовня ... 152
2.4.2.2. Системы солодоращения с подачей воздуха ... 153
2.4.2.3. Контроль проращивания ... 164
2.5. Сушка солода ... 164
2.5.1. Изменения, происходящие при сушке ... 164

2.5.1.1. Понижение влажности ... 165
2.5.1.2. Прерывание процессов прорастания и растворения ... 165
2.5.1.3. Образование красящих и ароматических веществ (реакции Майяра) ... 165
2.5.1.4. Образование ДМС при сушке ... 166
2.5.1.5. Образование нитрозаминов ... 167
2.5.1.6. Инактивация ферментов ... 167
2.5.2. Устройство сушилок ... 168
2.5.2.1. Отопление и вентиляция сушилки ... 168
2.5.2.2. Двухъярусные сушилки (старая конструкция) ... 170
2.5.2.3. Сушилки с опрокидывающейся решеткой ... 170
2.5.2.4. Высокопроизводительные сушилки с погрузочно-разгрузочными устройствами ... 171
2.5.2.5. Вертикальные сушилки ... 174
2.5.3. Процесс сушки ... 174
2.5.3.1. Производство светлого солода (пильзенского типа) ... 175
2.5.3.2. Производство темного солода (мюнхенского типа) ... 177
2.5.3.3. Выгрузка солода из сушилки ... 177
2.5.3.4. Контроль за процессом сушки ... 177
2.6. Обработка солода после сушки ... 178
2.6.1. Охлаждение высушенного солода ... 178
2.6.2. Очистка солода ... 178
2.6.3. Хранение солода ... 178
2.6.4. Полировка солода ... 179
2.7. Выход солода в производстве ... 179
2.8. Оценка качества солода ... 180
2.8.1. Визуальное и ручное обследование ... 180
2.8.2. Механические методы анализа ... 180
2.8.2.1. Сортировка ... 180
2.8.2.2. Масса 1000 зерен ... 180
2.8.2.3. Масса гектолитра ... 180
2.8.2.4. Проба на плавучесть (погружение) ... 180
2.8.2.5. Стекловидность ... 181
2.8.2.6. Рыхлость ... 181
2.8.2.7. Длина зародышевого листка ... 181
2.8.2.8. Всхожесть ... 181
2.8.2.9. Плотность ... 181
2.8.2.10. Метод окрашивания среза зерна (модификация Carlsberg) ... 181
2.8.3. Технохимический контроль ... 182
2.8.3.1. Влажность ... 182
2.8.3.2. Конгрессный способ затирания ... 182
2.8.4. Договор на поставку солода ... 184
2.9. Специальные типы солода и солод из прочих зерновых ... 185
2.9.1. Светлый солод пильзенского типа ... 185
2.9.2. Темный солод (мюнхенский тип) ... 185
2.9.3. Темный солод венского типа ... 186
2.9.4. Карамельный солод ... 186
2.9.5. Томленый солод ... 186
2.9.6. Жженый солод ... 187
2.9.7. Кислый солод ... 187
2.9.8. Солод короткого ращения и наклюнувшийся солод ... 187
2.9.9. Пшеничный солод ... 188
2.9.10. Солод из прочих хлебных злаков ... 189
2.9.11. Солод из сорго ... 189
2.9.12. Красящее пиво ... 190
2.9.13. Применение различных типов солода для приготовления различных типов пива ... 190
2.10. Техника безопасности в солодовенном предприятии (цехе) ... 192

3. ПРОИЗВОДСТВО СУСЛА ... 199
3.1. Дробление солода ... 200
3.1.1. Подработка солода ... 200

3.1.1.1. Удаление из солода пыли и камней ... 200
3.1.1.2. Взвешивание засыпи ... 201
3.1.2. Основы дробления ... 203
3.1.3. Сухое дробление ... 204
3.1.3.1. Шестивальцовые дробилки ... 204
3.1.3.2. Пятивальцовые дробилки ... 206
3.1.3.3. Четырехвальцовые дробилки ... 206
3.1.3.4. Двухвальцовые дробилки ... 208
3.1.3.5. Вальцы дробилки ... 208
3.1.3.6. Кондиционированное сухое дробление ... 210
3.1.3.7. Бункер для дробленых зернопродуктов ... 210
3.1.3.8. Молотковые дробилки ... 211
3.1.4. Мокрое дробление ... 212
3.1.5. Замочное кондиционирование ... 214
3.1.6. Оценка качества помола ... 216
3.2. Затирание ... 218
3.2.1. Превращения веществ при затирании ... 218
3.2.1.1. Цель затирания ... 218
3.2.1.2. Свойства ферментов ... 218
3.2.1.3. Расщепление крахмала ... 219
3.2.1.4. Расщепление β-глюкана ... 224
3.2.1.5. Расщепление белковых веществ ... 227
3.2.1.6. Превращения жиров (липидов) ... 227
3.2.1.7. Прочие процессы расщепления и растворения ... 228
3.2.1.8. Биологическое подкисление ... 229
3.2.1.9. Состав экстрактивных веществ сусла ... 233
3.2.2. Заторные аппараты ... 235
3.2.3. Начало затирания ... 237
3.2.3.1. Гидромодуль затора ... 237
3.2.3.2. Температура начала затирания ... 238
3.2.3.3. Смешивание воды и дробленого солода ... 239
3.2.4. Способы затирания ... 241
3.2.4.1. Различные точки зрения на проведение затирания ... 241
3.2.4.2. Настойные способы ... 245
3.2.4.3. Отварочные способы затирания ... 246
3.2.5. Продолжительность затирания ... 257
3.2.6. Контроль затирания ... 257
3.3. Фильтрование затора ... 257
3.3.1. Первое сусло и промывные воды ... 257
3.3.2. Последняя промывная вода ... 259
3.3.3. Фильтрационный чан ... 260
3.3.3.1. Фильтрчан старой конструкции ... 261
3.3.3.2. Фильтрационные чаны новой конструкции ... 263
3.3.3.3. Последовательность операций при работе на фильтрчане ... 268
3.3.4. Фильтрование на заторном фильтр-прессе ... 270
3.3.4.1. Фильтр-пресс старой конструкции ... 270
3.3.4.2. Фильтр-пресс нового поколения ... 273
3.3.5. Дробина 281
3.3.5.1. Транспортирование дробины ... 281
3.3.5.2. Анализ дробины ... 282
3.3.6. Солодовый экстракт ... 284
3.4. Кипячение сусла ... 284
3.4.1. Процессы, происходящие при кипячении сусла ... 284
3.4.1.1. Растворение и превращения составных частей хмеля ... 285
3.4.1.2. Образование соединений белковых и дубильных веществ и их коагуляция ... 286
3.4.1.3. Испарение воды ... 286
3.4.1.4. Стерилизация сусла ... 288
3.4.1.5. Разрушение всех ферментов ... 288
3.4.1.6. Повышение цветности сусла ... 288
3.4.1.7. Повышение кислотности сусла ... 288

3.4.1.8. Образование редуцирующих веществ (редуктонов) ... 288
3.4.1.9. Изменение содержания диметилсульфида во время и после кипячения сусла ... 288
3.4.2. Устройство и обогрев сусловарочного котла ... 290
3.4.2.1. Сусловарочный котел с прямым обогревом ... 290
3.4.2.2. Сусловарочный котел с паровым обогревом ... 291
3.4.2.3. Сусловарочные котлы с кипячением при низком избыточном давлении ... 296
3.4.2.4. Высокотемпературное кипячение сусла ... 304
3.4.2.5. Системы энергосбережения при кипячении сусла ... 305
3.4.2.6. Потребление энергии при кипячении сусла ... 310
3.4.2.7. Конденсат вторичного пара ... 311
3.4.2.8. Сборник сусла ... 312
3.4.3. Технология кипячения сусла ... 312
3.4.3.1. Кипячение сусла ... 312
3.4.3.2. Внесение хмеля ... 313
3.4.4. Контроль готового сусла ... 316
3.5. Выход экстракта в варочном цехе ... 317
3.5.1. Расчет выхода экстракта в варочном цехе ... 317
3.5.1.1. Определение массовой доли сухих веществ ... 317
3.5.1.2. Определение объемно-массовой доли сухих веществ в сусле (содержание экстракта в 1 гл сусла) ... 319
3.5.1.3. Пересчет объема горячего охмеленного сусла на холодное сусло ... 322
3.5.1.4. Расчет массы экстракта, полученного в варочном цехе ... 322
3.5.1.5. Определение выхода экстракта в варочном цехе ... 323
3.5.2. Факторы, оказывающие влияние на выход экстракта в варочном цехе ... 323
3.5.3. Пример расчета выхода экстракта в варочном цехе ... 324
3.6. Состав оборудования варочного цеха ... 324
3.6.1. Количество аппаратов и их размещение ... 324
3.6.2. Размеры аппаратов варочного цеха ... 325
3.6.3. Материал для изготовления емкостей варочного цеха ... 326
3.6.4. Производственная мощность варочного цеха ... 326
3.6.5. Варочные агрегаты специальной конструкции ... 327
3.6.5.1. Варочные агрегаты мини-пивзаводов ресторанного типа ... 327
3.6.5.2. Интегральный варочный агрегат ... 328
3.6.5.3. Экспериментальные и учебные варочные агрегаты ... 328
3.7. Перекачка горячего охмеленного сусла ... 328
3.8. Отделение взвесей горячего сусла ... 329
3.8.1. Холодильная тарелка ... 330
3.8.2. Отстойный чан ... 330
3.8.3. Вирпул ... 331
3.8.3.1. Принцип действия вирпула ... 331
3.8.3.2. Конструкция вирпула ... 333
3.8.3.3. Технология осветления сусла в вирпуле ... 334
3.8.4. Сепараторы ... 335
3.8.4.1. Принцип центрифугирования ... 335
3.8.4.2. Виды центробежных сепараторов (центрифуг) ... 336
3.8.4.3. Устройство и способ действия саморазгружающихся сепараторов ... 337
3.8.4.4. Оценка метода осветления горячего сусла на центробежных сепараторах ... 340
3.8.5. Получение сусла из белкового отстоя ... 340
3.9. Охлаждение и подготовка сусла к брожению ... 340
3.9.1. Процессы при охлаждении ... 340
3.9.1.1. Охлаждение сусла ... 341
3.9.1.2. Оптимальное удаление образующихся взвесей холодного сусла ... 341
3.9.1.3. Аэрация сусла ... 342
3.9.1.4. Изменения экстрактивности сусла ... 342
3.9.2. Аппараты для охлаждения сусла ... 342
3.9.2.1. Устройство пластинчатого теплообменника ... 343
3.9.2.2. Принцип работы пластинчатого холодильника ... 345
3.9.2.3. Преимущества пластинчатого холодильника ... 347

3.9.3. Аэрация сусла ... 347
3.9.3.1. Устройства для аэрации сусла ... 348
3.9.3.2. Момент проведения аэрации дрожжей ... 348
3.9.4. Аппараты для удаления взвесей холодного сусла ... 349
3.9.4.1. Кизельгуровый (диатомитовый) фильтр ... 349
3.9.4.2. Флотация ... 350
3.9.4.3. Сепарирование холодного сусла ... 350
3.9.5. Компоновка оборудования линии охлаждения сусла ... 351
3.10. Управление и контроль за технологическими процессами производства сусла ... 351
3.11. Техника безопасности при производстве сусла ... 353
3.11.1. *Предупреждение несчастных случаев вблизи дробилки* ... 353
3.11.2. Предупреждение несчастных случаев при работах в аппаратах варочного цеха ... 355
3.11.3. Предупреждение несчастных случаев при работе с сепараторами ... 355

4. ПРОИЗВОДСТВО ПИВА (БРОЖЕНИЕ, СОЗРЕВАНИЕ И ФИЛЬТРОВАНИЕ) ... 361
4.1. Превращения при брожении и созревании ... 361
4.1.1. Дрожжи как важнейший партнер пивовара ... 361
4.1.2. *Метаболизм дрожжей* ... 363
4.1.2.1. Сбраживание сахаров ... 363
4.1.2.2. Метаболизм азотистых веществ ... 366
4.1.2.3. Метаболизм жиров ... 367
4.1.2.4. Метаболизм углеводов ... 367
4.1.2.5. Метаболизм минеральных веществ ... 368
4.1.3. Образование и расщепление побочных продуктов брожения ... 369
4.1.3.1. *Диацетил (вицинальные дикетоны)* ... 370
4.1.3.2. Альдегиды (карбонилы) ... 372
4.1.3.3. Высшие спирты ... 372
4.1.3.4. Эфиры ... 373
4.1.3.5. Сернистые соединения ... 374
4.1.3.6. Органические кислоты ... 374
4.1.3.7. Критерии оценки ароматических веществ пива по Миседанеру ... 375
4.1.4. *Другие процессы и превращения* ... 375
4.1.4.1. Изменения азотистого состава ... 376
4.1.4.2. Понижение pH ... 376
4.1.4.3. Изменение окислительно-восстановительного потенциала ... 377
4.1.4.4. Изменение цветности пива ... 377
4.1.4.5. Выделение горьких и дубильных веществ ... 377
4.1.4.6. Насыщенность пива CO_2 ... 378
4.1.4.7. Осветление и *коллоидная стабилизация пива* ... 378
4.1.5. Влияние на дрожжи различных факторов ... 378
4.1.6. Флокуляция дрожжей (хлопьеобразование) ... 380
4.2. Разведение чистой культуры дрожжей ... 380
4.2.1. Факторы, определяющие размножение дрожжей ... 380
4.2.2. Выделение пригодных дрожжевых клеток ... 381
4.2.3. Разведение чистой культуры в лаборатории ... 382
4.2.4. Разведение чистой культуры на производстве ... 382
4.2.4.1. Установки для выращивания чистой культуры дрожжей ... 383
4.2.4.2. Ассимиляционный способ ... 384
4.2.4.3. Способ разведения дрожжей в одном танке ... 386
4.2.4.4. Выращивание дрожжей открытым способом ... 387
4.3. Классическое брожение и созревание ... 389
4.3.1. Бродильные чаны и оснащение бродильного отделения ... 389
4.3.1.1. Бродильные чаны ... 389
4.3.1.2. Оснащение открытого бродильного отделения ... 389
4.3.2. Выход экстракта в бродильном отделении ... 390
4.3.3. Главное брожение в открытых чанах ... 393
4.3.3.1. Внесение дрожжей ... 393
4.3.3.2. Технология брожения в чане ... 395
4.3.3.3. Степень сбраживания ... 396
4.3.3.4. Перекачка пива из бродильного отделения ... 399

4.3.4. Сбор дрожжей из чана ... 402
4.3.5. Процессы, протекающие при созревании пива в танках традиционной конструкции ... 402
4.3.5.1. Насыщение пива диоксидом углерода под избыточным давлением ... 403
4.3.5.2. Осветление пива ... 404
4.3.6. Устройство классического отделения доображивания ... 404
4.3.6.1. Устройство отделения доображивания ... 404
4.3.6.2. Лагерные танки (танки доображивания) ... 405
4.3.7. Доображивание в лагерных танках ... 405
4.3.7.1. Перекачка пива ... 405
4.3.7.2. Шпунтование ... 406
4.3.8. Соединение лагерного танка с линией розлива ... 407
4.3.8.1. Установление соединения ... 407
4.3.8.2. Давление при опорожнении танка ... 407
4.3.9. Перекачка из танков ... 408
4.3.9.1. Смеситель ... 408
4.3.9.2. Регулятор давления (друкреглер) ... 408
4.3.9.3. Получение пива из лагерного осадка ... 409
4.3.9.4. Глубокое охлаждение пива ... 409
4.3.9.5. Фильтрационные остатки ... 409
4.4. Брожение и созревание в цилиндроконических танках (ЦКТ) ... 409
4.4.1. Конструкция и установка цилиндроконических танков ... 409
4.4.1.1. Изготовление, форма и материал ЦКТ ... 409
4.4.1.2. Размер ЦКТ ... 410
4.4.1.3. Установка и расположение ЦКТ ... 412
4.4.2. Оборудование ЦКТ ... 413
4.4.2.1. Контрольные приборы, элементы для обслуживания танка и предохранительная арматура ... 413
4.4.2.2. Охлаждение ЦКТ ... 421
4.4.2.3. Автоматизация и управление охлаждением ... 427
4.4.3. Брожение и созревание в ЦКТ ... 428
4.4.3.1. Некоторые аспекты брожения и созревания в ЦКТ ... 428
4.4.3.2. Холодное брожение — холодное созревание ... 431
4.4.3.3. Холодное брожение с частичным созреванием в ЦКТ ... 432
4.4.3.4. Теплое брожение без давления — холодное созревание ... 432
4.4.3.5. Брожение под давлением ... 433
4.4.3.6. *Холодное брожение — теплое созревание* ... 433
4.4.3.7. Холодное главное брожение с запрограммированным созреванием ... 434
4.4.3.8. Теплое главное брожение с нормальным или форсированным созреванием ... 434
4.4.4. Сбор дрожжей из ЦКТ ... 435
4.4.4.1. Момент сбора дрожжей ... 435
4.4.4.2. Методы сбора дрожжей ... 436
4.4.4.3. Обработка и хранение семенных дрожжей ... 436
4.4.4.4. Контроль семенных дрожжей ... 438
4.4.5. Качество пива перед фильтрованием ... 438
4.4.6. Рекуперация пива *из избыточных дрожжей (пиво из дрожжевого осадка)* ... 439
4.4.6.1. Прессование дрожжей ... 439
4.4.6.2. Сепарация дрожжей ... 439
4.4.6.3. Мембранное фильтрование дрожжей ... 440
4.4.6.4. Обработка пива, рекуперированного из дрожжей ... 440
4.4.7. Мойка ЦКТ ... 441
4.4.8. Рекуперация CO_2 ... 441
4.4.9. Иммобилизованные дрожжи ... 441
4.5. Фильтрование пива ... 443
4.5.1. Виды фильтрования ... 443
4.5.1.1. Механизмы осаждения ... 444
4.5.1.2. Фильтрующие перегородки ... 444
4.5.1.3. Вспомогательные фильтрующие средства ... 448
4.5.2. Виды фильтров ... 450
4.5.2.1. Масс-фильтр ... 450

4.5.2.2. Намывные фильтры ... 451
4.5.2.3. Пластинчатый фильтр-пресс ... 463
4.5.2.4. Мембранные фильтры ... 465
4.5.2.5. Фильтрационная система Мульти–Микро (Multi-Micro-System-Filter) ... 467
4.5.2.6. Тонкость фильтрования ... 468
4.5.2.7. Тангенциально-поточное (Cross-flow) фильтрование ... 468
4.6. Стабилизация пива ... 469
4.6.1. Биологическая стабилизация пива ... 470
4.6.1.1. Пастеризация ... 471
4.6.1.2. Пастеризация в потоке ... 471
4.6.1.3. Горячий розлив пива ... 473
4.6.1.4. Пастеризация в туннельном пастеризаторе ... 473
4.6.1.5. Холодно-стерильный розлив пива ... 474
4.6.2. Коллоидная стабилизация пива ... 475
4.6.2.1. Характер коллоидного помутнения ... 475
4.6.2.2. Улучшение коллоидной стойкости пива ... 476
4.6.2.3. Технологические пути улучшения коллоидной стойкости пива ... 476
4.6.2.4. Использование стабилизирующих средств ... 477
4.6.3. Фильтрационная линия ... 482
4.6.4. Вкусовая стойкость пива ... 485
4.6.4.1. Карбонилы, вызывающие старение вкуса (карбонилы старения) ... 485
4.6.4.2. Факторы, улучшающие вкусовую стойкость ... 486
4.6.4.3. Приемы, позволяющие исключить попадание кислорода на пути от лагерного танка до розлива ... 488
4.6.4.4. Приемы, позволяющие исключить отрицательное изменение вкуса после розлива ... 488
4.7. Карбонизация пива ... 490
4.8. Особые способы приготовления пива ... 490
4.8.1. Высокоплотное пивоварение ... 491
4.8.2. Изготовление ледяного пива (Eisbier) ... 493
4.8.3. Методы удаления спирта из пива ... 495
4.8.3.1. Мембранные методы ... 495
4.8.3.2. Термические способы удаления спирта/дистилляция ... 499
4.8.8.3. Подавление образования спирта ... 502
4.9. Техника безопасности в отделениях брожения, дображивания и фильтрования ... 504
4.9.1. Несчастные случаи из-за углекислоты брожения ... 504
4.9.2. Техника безопасности при работе с ЦКТ ... 505
4.9.3. Техника безопасности при работе с кизельгуром ... 506
4.9.4. Общие указания по технике безопасности ... 506

5. РОЗЛИВ ПИВА ... 525
5.1. Розлив в бутылки многоразового использования ... 525
5.1.1. Стеклянные бутылки многоразового использования ... 525
5.1.1.1. Преимущества и недостатки бутылок многоразового использования ... 525
5.1.1.2. Изготовление стеклянных бутылок ... 525
5.1.1.3. Формы бутылок ... 525
5.1.1.4. Цвет бутылки ... 526
5.1.1.5. Обработка поверхности бутылки ... 526
5.1.1.6. Износ (скаффинг) ... 526
5.1.1.7. Дополнительная защитная обработка бутылок ... 527
5.1.1.8. Бутылки многоразового использования из легкого стекла, покрытые полимерным материалом ... 527
5.1.1.9. Последовательность технологических операций при использовании стеклянных бутылок многоразового использования ... 527
5.1.2. Мойка бутылок многоразового использования ... 527
5.1.2.1. Факторы, влияющие на чистоту бутылок ... 528
5.1.2.2. Бутылкомоечные машины ... 528
5.1.2.3. Моющий щелочной раствор ... 542
5.1.2.4. Техническое обслуживание и уход за бутылкомоечной машиной ... 547
5.1.3. Контроль вымытых стеклянных бутылок многоразового использования ... 548
5.1.4. Наполнение бутылок ... 552

5.1.4.1. Основные принципы розлива ... 552
5.1.4.2. Принципиальные конструктивные решения разливочно-укупорочных блоков ... 555
5.1.4.3. Основные узлы разливочно-укупорочного блока ... 556
5.1.4.4. Конструкция и принцип действия наполнительных устройств ... 559
5.1.4.5. *Способ впрыска воды под высоким давлением* ... 568
5.1.5. Укупоривание бутылок ... 569
5.1.5.1. Укупоривание бутылок кронен-пробками ... 569
5.1.5.2. Укупоривание пробкой с пружинным хомутом ... 574
5.1.6. Промывка блока розлива и укупоривания ... 575
5.1.7. Контроль наполненных и укупоренных бутылок ... 578
5.1.7.1. Контроль уровня наполнения ... 578
5.1.7.2. Кислород в горлышке бутылки ... 579
5.1.8. Пастеризация в бутылках ... 580
5.1.8.1. Обоснование пастеризации в бутылках ... 580
5.1.8.2. Важнейшие конструктивные элементы туннельных пастеризаторов ... 581
5.1.8.3. Система обеспечения необходимого количества ПЕ ... 584
5.1.9. Нанесение этикеток и фольги на бутылки ... 584
5.1.9.1. Этикетки и пленки ... 585
5.1.9.2. Этикеточный клей ... 587
5.1.9.3. Основной принцип нанесения этикеток ... 588
5.1.9.4. Конструктивные элементы этикетировочного автомата ... 588
5.1.9.5. Нанесение фольги на головку бутылки ... 590
5.1.10. Датирование ... 590
5.2. Особенности розлива в стеклянные одноразовые бутылки ... 591
5.2.1. Распаковка новых стеклянных бутылок ... 592
5.2.2. Ополаскивание ... 592
5.3. Розлив напитков в многоразовые ПЭТ-бутылки ... 593
5.3.1. Пластиковые бутылки ... 593
5.3.1.1. ПЭТ-бутылки ... 593
5.3.1.2. Прочие виды пластмассовых бутылок ... 594
5.3.2. Изготовление ПЭТ-бутылок ... 595
5.3.3. Транспортировка пустых ПЭТ-бутылок ... 597
5.3.4. Мойка ПЭТ-бутылок многоразового использования ... 597
5.3.5. Инспектирование ... 597
5.3.6. Процесс розлива в ПЭТ-бутылки ... 600
5.3.7. *Укупоривание ПЭТ-бутылок* ... 601
5.3.7.1. Алюминиевые колпачки ... 602
5.3.7.2. Пластмассовые винтовые колпачки ... 603
5.3.8. Этикетирование ПЭТ-бутылок ... 604
5.4. Особенности наполнения одноразовых ПЭТ-бутылок ... 604
5.5. Розлив пива в банки ... 606
5.5.1. Банки и их укупоривание ... 607
5.5.2. Складирование, расформировывание пакетов и перемещение пустых банок ... 610
5.5.3. Инспектирование пустых банок ... 612
5.5.4. Ополаскивание банок ... 612
5.5.5. Наполнение банок ... 613
5.5.5.1. Разливочный автомат с дозированием по уровню ... 614
5.5.5.2. Разливочный автомат с дозированием по объему ... 616
5.5.6. Укупоривание банок ... 620
5.5.7. Мойка блоков розлива и укупоривания банок ... 622
5.5.8. Виджеты ... 624
5.5.9. Инспектирование полных банок ... 625
5.5.10. Пастеризация напитков в банках ... 625
5.5.11. Круговое этикетирование банок ... 626
5.5.12. Датирование банок ... 626
5.6. Розлив в бочки, кеги, специальные бочонки и большие жестяные банки ... 627
5.6.2. Кеги и фитинги ... 630
5.6.2.1. Материал, форма и размеры кегов ... 631
5.6.2.2. Арматура кегов (фитинги) ... 631

5.6.3. Мойка и наполнение кегов ... 632
5.6.3.1. Мойка кегов ... 634
5.6.3.2. Наполнение кегов ... 635
5.6.4. Линия розлива в кеги ... 636
5.6.5. Розлив в малые и специальные бочонки ... 636
5.6.6. Розлив в большие банки ... 637
5.7. Упаковка и транспортировка ... 637
5.7.1. Транспортировка бутылок и банок ... 637
5.7.2. Обработка новых стеклянных бутылок и банок ... 641
5.7.3. Виды упаковки, транспортировка и контроль упаковки ... 641
5.7.3.1. Виды упаковки ... 641
5.7.3.2. Транспортировка единиц упаковки ... 642
5.7.3.3. Сортировка ящиков и бутылок ... 643
5.7.3.4. Складирование ящиков ... 644
5.7.3.5. Мойка ящиков ... 644
5.7.4. Выемка и укладка ... 645
5.7.4.1. Захватные головки и захватные патроны ... 645
5.7.4.2. Виды укладчиков ... 647
5.7.4.3. Переориентирующие машины для бутылок ... 650
5.7.4.4. Специальные машины для укладки и сортировки упаковочных единиц ... 650
5.7.5. Формирование и расформировывание пакетов единиц упаковки, транспортировка поддонов ... 651
5.7.5.1. Конструкция поддонов ... 651
5.7.5.2. *Конструкция и принцип действия пакетосборщиков и пакеторазборщиков* ... 652
5.7.5.3. Штабелирование загруженных пакетов-поддонов ... 655
5.7.5.4. Транспортные средства для механизации погрузочно-разгрузочных работ с пакетами-поддонами ... 655
5.7.5.5. Складирование поддонов ... 655
5.7.5.6. Устройства для подачи и отвода пакетов-поддонов ... 655
5.7.5.7. Промежуточное хранение поддонов ... 656
5.7.5.8. Контроль поддонов ... 656
5.7.5.9. Крепление груза на поддонах ... 656
5.8. Комплектная линия розлива ... 656
5.9. Потери пива ... 659
5.9.1. Расчет объема товарного пива ... 661
5.9.2. Снятие остатков и пересчет на товарное пиво ... 661
5.9.3. Расчет потерь по жидкой фазе ... 663
5.9.4. Расчет расхода солода в кг на гл пива ... 664
5.9.5. Оценка потерь и возможности их снижения ... 665

6. МОЙКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ... 679
6.1. Материалы, используемые для изготовления емкостей и трубопроводов, и их устойчивость по отношению к моющим средствам ... 679
6.1.1. *Емкости из алюминия* ... 679
6.1.2. Емкости и трубопроводы из нержавеющей стали ... 680
6.1.3. Шланги и уплотнения ... 681
6.2. Моющие средства ... 682
6.3. Дезинфицирующие средства ... 684
6.4. Проведение мойки и дезинфекции в системе CIP ... 685
6.5. Процесс мойки ... 689
6.6. Механическая мойка ... 691
6.7. Контроль мойки и дезинфекции ... 692
6.8. Меры безопасности при проведении мойки и дезинфекции ... 692

7. ГОТОВОЕ ПИВО ... 697
7.1. Химический состав пива ... 697
7.1.1. Компоненты пива ... 697
7.1.2. Пиво и здоровье ... 700

7.2. Органолептические показатели пива ... 701
7.2.1. Аромат и вкус пива ... 702
7.2.1.1. *Аромат пива* ... 702
7.2.1.2. Полнота вкуса ... 703
7.2.1.3. Игристость ... 704
7.2.1.4. Горечь пива ... 704
7.2.2. Пенистость и пеностойкость пива ... 705
7.3. Типы пива и их особенности ... 707
7.3.1. Пиво верхового брожения ... 708
7.3.1.1. Особенности верхового брожения ... 708
7.3.1.2. Пшеничное пиво типа Вайцен ... 710
7.3.1.3. «Белое» пиво типа Вайсе (Weiße) ... 713
7.3.1.4. «Старое» пиво типа Альт (Alt) ... 713
7.3.1.5. Пиво Кёльш (Kölsch) ... 714
7.3.1.6. Эль ... 714
7.3.1.7. Стаут (Stout) ... 715
7.3.1.8. Портер (Porter) ... 715
7.3.1.9. Бельгийские типы пива ... 715
7.3.2. Типы и сорта пива низового брожения ... 717
7.3.2.1. Пиво типа Пилзнер (Pilsner) ... 717
7.3.2.2. Пиво типа Лагер (Lager)/Фолль (Voll) ... 718
7.3.2.3. Пиво типа «Export» ... 719
7.3.2.4. Пиво типа «Шварц» (Schwarzbiere, Черное пиво) ... 719
7.3.2.5. *Пиво типа Фест (Festbiere, «Праздничное пиво»)* ... 719
7.3.2.6. Пиво Айс (Eisbier, Ледяное пиво) ... 719
7.3.2.7. Пиво типа Мерцен (Märzen) ... 720
7.3.2.8. Пиво типа Бок (Bockbier) ... 720
7.3.2.9. Пиво Двойной Бок (Doppelbock) ... 721
7.3.2.10. Безалкогольное пиво ... 721
7.3.2.11. Диетическое пиво ... 721
7.3.2.12. Легкое пиво (Leicht, Light) ... 723
7.3.2.13. Солодовый напиток («солодовое пиво») ... 723
7.3.2.14. Типы пива, производимые в незначительных количествах ... 724
7.3.2.15. Смешанные напитки на основе пива ... 725
7.3.3. Тенденции развития типов пива, приготовляемых без учета немецкого Закона о чистоте пивоварения ... 725
7.4. Контроль качества ... 728
7.4.1. Дегустация пива ... 728
7.4.2. Микробиологическое исследование ... 729
7.4.3. *Анализ пива* ... 732
7.4.3.1. Определение содержания спирта, действительного экстракта и концентрации начального сусла ... 732
7.4.3.2. Определение цветности пива ... 735
7.4.3.3. Определение величины pH ... 736
7.4.3.4. Определение содержания кислорода в пиве ... 736
7.4.3.5. Определение содержания диацетила в пиве ... 737
7.4.3.6. Определение пеностойкости ... 738
7.4.3.7. Определение содержания двуокиси углерода ... 738
7.4.3.8. Определение содержания горьких веществ (в единицах горечи) ... 739
7.4.3.9. Определение склонности к помутнению ... 739
7.4.3.10. Прочие методы анализа ... 739
7.5. Лабораторное оборудование и измерительная техника ... 740
7.5.1. Приборы для измерения температуры ... 740
7.5.2. Расходомеры ... 741
7.5.3. Измерительные преобразователи уровня ... 742
7.5.4. Измерительные преобразователи плотности ... 743
7.5.5. Измерительные преобразователи мутности ... 744
7.5.6. Приборы для измерения содержания кислорода ... 744
7.5.7. Измерение величины pH ... 744
7.5.8. Измерение электрической проводимости ... 744

7.5.9. Датчики сигнализации предельного уровня ... 745
7.5.10. Измерение давления ... 745

8. МАЛЫЕ ПИВОВАРЕННЫЕ ПРОИЗВОДСТВА ... 749
8.1. Барные и ресторанные мини-пивзаводы ... 749
8.2. Производственный мини-пивзавод ... 756
8.3. Любительское пивоварение ... 756

9. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ... 763
9.1. Законодательство об охране окружающей среды ... 763
9.2. Сточные воды ... 763
9.2.1. Расходы на водоочистку и водоотведение ... 764
9.2.2. Основные понятия, имеющие отношение к сточным водам ... 765
9.2.3. Очистка сточных вод ... 766
9.2.3.1. Устройства и сооружения для аэробной очистки сточных вод ... 766
9.2.3.2. Установки для анаэробной очистки сточных вод ... 767
9.2.3.3. Объемы и состав промышленных стоков пивоваренного предприятия ... 768
9.2.3.4. Очистка стоков с использованием смесительных и распределительных бассейнов ... 769
9.3. Остатки материалов и отходы ... 771
9.3.1. Пивная и хмелевая дробина ... 771
9.3.2. Взвеси ... 771
9.3.3. Остаточные дрожжи ... 771
9.3.4. Кизельгуровый шлам ... 772
9.3.5. Этикетки ... 773
9.3.6. Бой стекла ... 773
9.3.7. Банки для пива ... 773
9.3.8. Небольшие по объемам отходы ... 774
9.4. Промышленные выбросы ... 774
9.4.1. Пыль и пылевые выбросы ... 774
9.4.2. Выбросы из варочного цеха ... 774
9.4.3. Выбросы продуктов сгорания ... 774
9.4.4. Шумы ... 774

10. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ХОЗЯЙСТВО НА ПИВОВАРЕННЫХ И СОЛОДОВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ... 777
10.1. Потребление энергии при производстве солода и пива ... 777
10.2. Паровые котельные агрегаты ... 779
10.2.1. Виды топлива ... 779
10.2.2. Пар ... 780
10.2.3. Паровой котел ... 781
10.2.4. Паросиловые установки ... 786
10.2.5. Блочные теплоэлектростанции (БТЭС) ... 787
10.3. Холодильные установки ... 788
10.3.1. Хладагенты и хладоносители ... 788
10.3.2. Компрессионные холодильные установки ... 789
10.3.3. Абсорбционная холодильная установка ... 796
10.3.4. Охлаждение помещений и жидкостей ... 797
10.3.5. Рекомендации по повышению экономичности эксплуатации холодильной установки ... 802
10.4. Электроборудование ... 803
10.4.1. Получение электроэнергии ... 803
10.4.2. Коэффициент мощности cos φ ... 804
10.4.3. Преобразование (трансформация) электрического тока ... 806
10.4.4. Меры безопасности ... 807
10.4.5. Рекомендации по экономичному расходу электроэнергии ... 807
10.5. Насосы, вентиляторы, компрессоры ... 808
10.5.1. Насосы ... 808

10.5.2. Вентиляторы ... 817
10.5.3. Компрессорные установки для сжатого воздуха ... 818

11. ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ – К ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ... 827

11.1. История развития и технические предпосылки автоматизации пивоваренного производства — высокие технологии в повседневной жизни ... 827

11.1.1. Устойчивые к коррозии и совместимые с пищевыми продуктами материалы ... 828
11.1.2. Автоматическая мойка и дезинфекция CIP (Cleaning In Place) ... 828
11.1.3. Оборудование, отвечающие требованиям автоматизации и безразборной мойки (CIP) ... 828
11.1.4. Технология пивоварения, отвечающая задачам автоматизации ... 828
11.1.5. Системы трубопроводов, отвечающие требованиям автоматизации и CIP ... 829
11.1.6. Интеграция технологического процесса — «ноу-хау» ... 829
11.1.7. Искусственный интеллект и КИПиА ... 829
11.1.8. Роль пивовара в автоматизации пивоваренного производства ... 830

11.2. Обозначения и системный подход к проектированию систем автоматизации пивоварения в соответствии с общими нормативами обозначения технологических процессов ... 830

11.2.1. Введение в принципы обозначения процессов и аппаратов ... 831
11.2.2. Основы стандартизации проектирования технологических установок и их изображения на технологических схемах ... 834

11.3. КИПиА согласно DIN и в практике автоматизации пивоваренного предприятия ... 839

11.3.1. К вопросу о программном обеспечении автоматизации пивоваренного производства ... 839
11.3.2. Основы аппаратного обеспечения (АО) автоматизации пивоваренного производства. Функции АО ... 846

11.4. Задачи и средства интеграции технологических процессов ... 853

11.4.1. Задачи, стоящие перед разработчиком функциональной схемы на основании принципиальной технологической схемы ... 854
11.4.2. Системы и компоненты трубопроводов, обеспечивающие несмешиваемость сред и отвечающие требованиям безразборной мойки CIP ... 857
11.4.3. Концепции надежности разделения сред ... 862

Приложение 1. Оборудование фирмы Danfoss для пивоваренной промышленности ... 867

Приложение 2. Перечень нормативной документации, действующей в пивоваренной отрасли пищевой промышленности РФ (по состоянию на 01.01.2000 г.) ... 884

Организации, разместившие рекламу в книге ... 885

Список организаций, любезно предоставивших иллюстрации в данное издание ... 889

Предметный указатель ... 896

Литература ... 892

Основные единицы измерения ... 909

Список сокращений ... 911

0. Пиво — древнейший народный напиток

Пиво — напиток очень древний, и его историю благодаря раскопкам и археологическим находкам можно проследить на протяжении почти 5000 лет. Самое древнее упоминание пива встречается в шумерской (Месопотамия) клинописи, датируемой 2800 г. до н. э., где говорится о ежедневном рационе работников, состоявшем из пива и хлеба. Приготовление и продажа пива в розлив были регламентированы в законодательном акте вавилонского царя Хаммурапи (1728–1686 гг. до н. э.). Там приводились и возможные нарушения в этой области.

Дальнейший расцвет пивоварение получило в древнем Египте, что засвидетельствовано в многочисленных рисунках и других археологических находках.

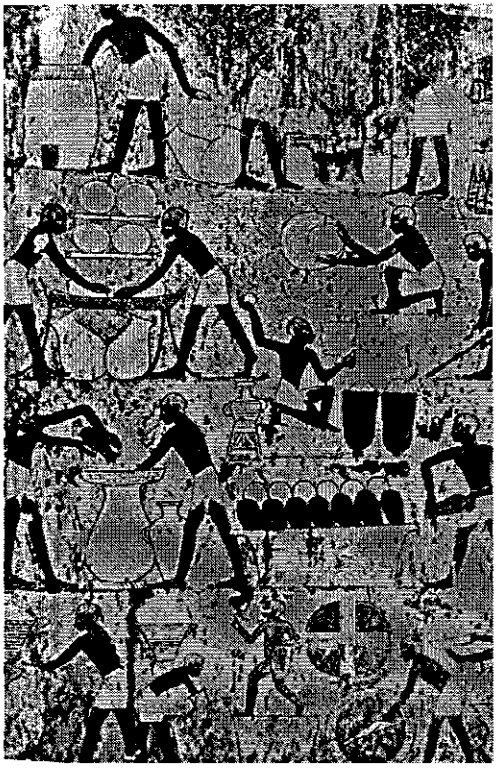


Рис. 0.1. Приготовление пива в древнем Египте

Здесь нужно заметить, что уже тогда пиво не содержало опасных для человека микроорганизмов, и что даже вода, зачастую небезупречная, могла обеззараживаться благодаря брожению и образованию в пиве натуральных кислот. Поэтому пиво (а в некоторых местностях — и вино) в течение многих столетий являлось ежедневным средством утоления жажды как для господ, так и для простых людей.

В Европе пиво было любимым напитком уже у древних германцев, а также у скифов и кельтов. Как и повседневная пища, пиво варилось в домашнем хозяйстве женщинами — ведь варка пива и выпечка хлеба считались женской работой у всех первобытных народов.

В монастырских пивоварнях уже в средние века произошел переход к товарному пивоварению, то есть пиво готовилось уже не только для собственных потребностей, но и на продажу. Одновременно пивоварение превратилось в мужскую профессию (см. рис. 0.2) и оставалось таковой во все последующие времена вплоть до наших дней. В XIV веке в качестве единственной пряности для изготовления пива начали применять хмель (прежде применяли смесь различных пряностей, которую называли «грут» — «Grut»).

В Германии в средние века условия для приготовления пива на севере существенно отличались от условий на юге. На севере право на пивоварение являлось «городским». Осуществлялось оно в крупных городах, таких как Бремен, Гамбург или Эйнбек. На юге Германии в XIV веке происходит постепенный переход от домашней варки пива к «профессиональной». При этом в городах на пивоваров оказывали существенное административное воздействие, выражавшееся в том, что право на пивоварение стало монаршей привилегией. Это имело особое значение в связи с тем, что в южногерманских землях в раннем средневековье пивоварение становится наиболее распространенным ремеслом.

В XV веке положение пивовара как ремесленника укрепляется, но ограничивается большим числом законоположений, особенно в южной Германии [5]. Организация ремесленного производства, качество конечного продукта и его сбыт должны были соответствовать жестким административным требованиям, которые включали в себя даже положение о ценах на дрожжи и надзор за их качеством. Эти требования учитывали прежде всего интересы пекарей, получавших эти дрожжи от пивоваров, так как в то время и в дальнейшем монополией на приготовление дрожжей обладало пивоваренное производство.

Неурожай и другие обстоятельства иногда из-за недостатка привычного сырья вынуждали применять другие сырьевые продукты. Так, хмель иногда заменяли горькими травами, при приготовлении пива примешивали хлебное зерно или перерабатывали более дешевый овес. В связи с применением некоторых трав-заменителей могла возникать опасность для здоровья людей, поэтому во избежание этого административно было установлено, что для приготовления пива может применяться только вода, хмель и солод. Первое документальное упоминание об этом содержится в статье 12 принятого в 1434 г. закона «Statuta thaberna» г. Вайсензее в Тюрингии. Аналогичные требования к приготовлению пива были приняты в 1447 г. в г. Мюнхене. Баварский «Указ о чистоте» был подписан 23 апреля 1516 г. на ландстаге в Ингольштадте правителями Вильгельмом IV и Людвигом X (рис. 0.4) и тем самым приобрел силу закона.

С 1906 г. этот «Указ о чистоте» имеет в Германии силу закона для приготовления пива низового брожения. В соответствии с ним пиво должно изготовляться из ячменного солода, хмеля и воды.

Целью законодательного регулирования было обеспечение граждан продукцией в возрастающем объеме по доступной цене. На этой основе советы городов регламентировали изготовление продукции в интересах защиты потребителей и устанавливали цены в соот-

Рис. 0.2. Пивовар (1397 г.)

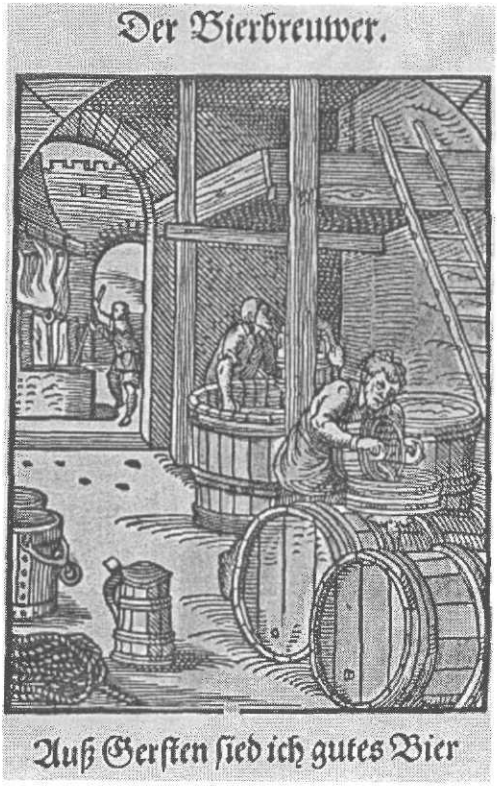


Рис. 0.3. Приготовление пива в средние века (1568 г.)

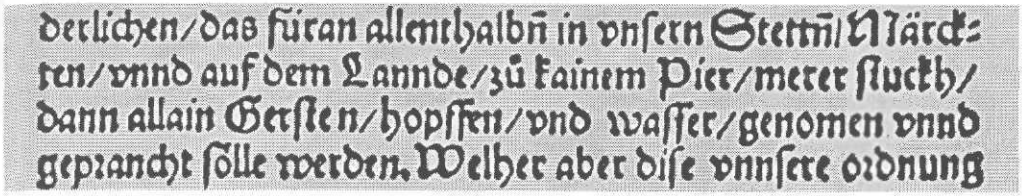

derlichen/das füran allenthalbñ in vnsern Stettñ/Märck-
ten/vnnd auf dem Lannde/zů kainem Pier/merer stuckh/
dann allain Gersten/hopffen/vnd wasser/genomen vnnd
gepraucht sölle werden. Welher aber dise vnnsere ordnung

Рис. 0.4. Отрывок из «Указа о чистоте» от 12 апреля 1516 г. о применении для приготовления пива только воды, хмеля и ячменя

ветствии с качеством продукции. Поэтому «Указ о чистоте» можно считать первым в мире законом о защите прав потребителей.

Тридцатилетняя война отбросила развитие пивоварения назад. Одновременно с введением в обиход новых напитков, таких как чай и кофе, выпуск пива существенно сократился. Позднее во всей Германии и в Богемии (Чехии) начинает получать признание темное лагерное (от нем. «lagern» — хранить, выдерживать) пиво низового брожения под названием «баварское пиво». Чтобы противостоять проникновению этого пива, за пределами Баварии были построены пивоварни, производившие его на местах.

Изобретение Джеймсом Уаттом в 1765 г. первой паровой машины послужило своего рода «краеугольным камнем» для введения в пивоваренное производство новой техники. В Англии первые паровые машины были применены в 1784 г., и к 1800 г. они получили там широкое распространение. Однако до их появления в Германии прошло значительное время, и лишь в 1846 г. Габриэль Седлмайр после поездки в Англию смонтировал в своей новой пивоварне в Мюнхене паровую машину мощностью 1 л. с. Изобретение в 1871 г. и применение в 1876 г. Карлом фон Линде холодильной машины, а также развитие сети железных дорог в последующие десятилетия привели во всех развитых странах к созданию новых и реконструкции старых крупных пивоварен.

Не случайно первый груз, доставленный по первой немецкой железной дороге в 1836 г., состоял из двух бочек пива. Однако зависимость производства от времени года и необходимость запасать зимой естественный лед исчезли прежде всего благодаря появлению холодильных машин.

Француз Луи Пастер (рис. 0.6), фактически отец современной микробиологии, показал, что процессы брожения — это результат деятельности микроорганизмов. Он сформулировал тезис «La fermentation est la vie sans l'oxygene» («Брожение — жизнь без кислорода»), и именно ему мы обязаны не устаревающими знаниями о брожении и предпосылках для получения стойкого пива (1860 г.).

Благодаря работам Эмиля Христиана Хансена (рис. 0.7), который в 1883 г. в Карлсбергской лаборатории (г. Копенгаген) разработал метод получения чистой культуры дрожжей, усовершенствованный позднее в 1893 г. Паулем Линднером в его «капельном методе», были заложены основы для биологически безупречных методик и дана возможность получать чистые расы дрожжей и снижать влияние контаминантов.

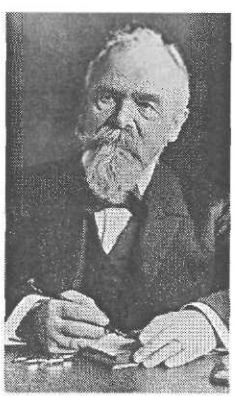


Рис. 0.5. Карл фон Линде (1842–1934)

Рис. 0.6. Луи Пастер (1822–1895)

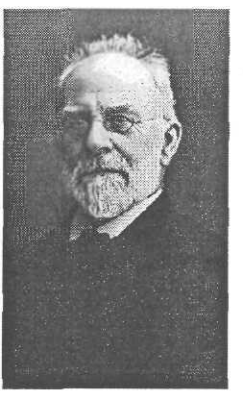


Рис. 0.7. Эмиль Христиан Хансен (1842–1909)

Тем самым появились предпосылки для победоносного шествия светлого пива, которое все больше вытесняло преобладавшее повсеместно темное баварское. Так, в 1842 г. в Пльзене, в бюргерской пивоварне «Бюргерлихе Браухаус» (позднее Pilsner Urquell) был разработан исходный тип пильзеньского пива, которое широко распространилось по Европе. До сих пор в Германии пиво пильзенского типа «Pilsner» — наиболее потребляемое. В 1875 г. Адольф Буш предложил на американский рынок выпускавшееся по аналогичной технологии на его заводе (Anheuser-Busch) пиво Budweiser (Будвайзер), известную сегодня во всем мире и знаменитую торговую марку пива. Наряду с этим в разных странах создавались и развивались светлые сорта «лагерного» пива, с которыми сегодня идентифицируется большинство сортов пива.

С середины XIX века в Европе и Америке было основано много промышленных пивоваренных предприятий, а старые пивоварни были модернизированы. Вместе с тем очевидно, что в тот период ручной труд применялся еще очень широко (рис. 0.8).

Многие из возникших тогда пивоваренных предприятий являются сегодня промышленными гигантами с четко выраженным производственным профилем. В период 1843–1875 гг. появились, например, следующие заводы:

1843 Пивоваренное предприятие Шултхайс (Schultheiss) в Берлине, выпускавшее перед 1-й мировой войной 1,7 млн гектолитров пива в год, самый большой пивзавод в Европе по производству пива низового брожения;

1847 завод Карлсберг (Carlsberg) в Копенгагене; основан Дж. К. Якобсеном, Дания;

1855 завод Патценхофер (Patzenhofer) в Берлине, в 1920 г. объединен с Schultheiss;

1863 завод Хайнекен (Heineken) в Амстердаме, Нидерланды; основан Г. А. Хайнекеном;

1868 акционерное пивоваренное предприятие Дортмундер (Dortmunder);

1870 завод Биндинг (Binding) во Франкфурте-на-Майне;

1872 завод экспортного пива Радебергер (Radeberger);

1872 берлинский объединенный завод Гаствирт (Gastwirthe), Риксдорф, с 1910 г. — берлинский завод Берлинер Киндль Брауерай (Berliner Kindl Brauerei AG), Берлин-Нойкёльн;

1872 завод Левенбрау (Löwenbräu AG), Мюнхен;

1873 имперский завод Бек (Beck & Co)., в настоящее время — просто Beck & Co., Бремен;

1873 пивоваренный завод Дортмундер Унион (Dortmunder Union).

В этот период времени увеличили производство и существовавшие ранее пивоваренные заводы. Так, «Басс Брюери» («Bass Brewery») в Бертоне-на-Тренте производил уже 2,5 млн гл пива в год, став крупнейшим в то время пивоваренным предприятием мира, однако очень скоро его превзошел дублинский «Гинесс» («Arthur Guiness & Son Co. Ltd.»).

В США развитие пивоварения было тесно связано с заселением страны иммигрантами из Европы. Первые пивоваренные заводы возникли на восточном побережье США, и уже затем, в связи с основанием больших городов и развитием железнодорожной сети, распространились по всей территории страны. В течение нескольких лет возникли:

1849 Joseph Schlitz Brewing Co. в г. Милуоки, штат Висконсин;

1850 Plank Road Brewery, с 1855 г. — Miller Brewing Co. в г. Милуоки, штат Висконсин;

1850 Stroh Brewery Co., г. Детройт, штат Мичиган;

1851 завод Anheuser, с 1875 г. — Anheuser-Busch, г. Сент-Луис, штат Монтана;

1858 завод Gund and Heileman, позднее — Heileman Brewing Co., г. Ла Кросс;

1861 Pabst Brewing Co. в г. Милуоки, штат Висконсин;

1873 Adolfus Coors Brewing Co. в г. Голден, штат Колорадо.

Во второй половине XIX века в промышленном пивоварении произошел прорыв и в других странах. В результате бурного развития отрасли возникла и начала преподаваться наука о пивоварении. В некоторых странах, производящих пиво, появились сначала исследовательские лаборатории и институты, которые впоследствии расширились до учебных заведений по пивоварению. К ним относятся:

- Высшая школа пивоварения под Мюнхеном Weihenstephan (1865 г.), ныне — факультет пивоварения, молока и технологии продуктов питания Технического университета в Мюнхене;
- аналитическая лаборатория доктора Зибеля в Чикаго (1868 г.), ныне — Siebel-Institut of Technology;
- исследовательский и учебный институт по пивоварению в Берлине (VLB), 1883 г.;
- школа пивоварения в Генте (1885);
- Институт пивоварения в Лондоне (Institute of Brewing, IOB), 1886 г.;
- Деменс-институт (Doemens-Lehranstalten) в Грефельфинге под Мюнхеном (1895 г.).

С тех же времен ведет свою историю ряд профессиональных изданий, с помощью которых научные знания и информация доводились до специалистов, например:

- Allgemeine Brauer- und Hopfenzeitung, ныне — Brauwelt («Мир пива»), г. Мюнхен (1861 г.);
- Brewer's Journal («Журнал Пивовара»), г. Лондон (1869 г.);
- The American Brewers Gazette («Американский журнал по пивоварению), г. Нью-Йорк, 1871 г.;
- Brewer's Guardian, 1871 г.;
- The Western Brewer («Западный пивовар»), г. Чикаго, 1876 г.;
- Wochenschrift für Brauerei, («Еженедельник по пивоварению»), г. Берлин, 1883 г., ныне — Brauerei-Forum («Форум по пивоварению»);
- Tageszeitung für Brauerei («Ежедневник по пивоварению»), г. Берлин, 1903 г.

и многие другие.

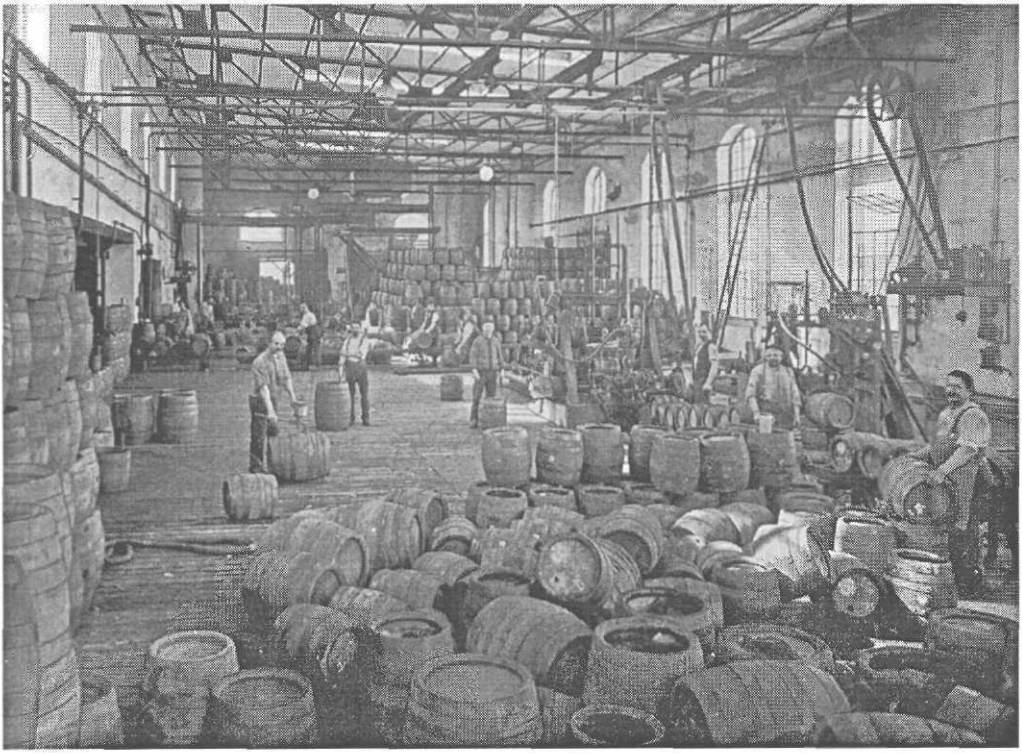


Рис. 0.8. 100 лет назад: в бочкомойном цехе

Затраты труда на мойку возвратных пустых деревянных бочек для перевозки пива были очень велики (фотоархив: Радебергская пивоварня экспортного пива)

Чтобы разработать методы анализа и показатели, сравнимые в международном масштабе, специалисты объединились в разного рода организации, например:

- Аналитическую комиссию по пивоварению Центральной Европы (MEBAK);
- Европейскую конвенцию по пивоварению (EBC);
- Американское общество химиков-пивоваров (American Society of Brewing Chemists, ASBC) и др.

Соответственно почти во всех странах формировались мощные пивоваренные союзы и объединения пивоваров, такие, как

- Германский союз пивоваров (DBB), основанный в Дрездене в 1871 г.;
- Германский союз мастеров-пивоваров и солодовщиков (DBMB), основанный в Лейпциге в 1893 г.;
- Федеральное объединение частных пивоварен;
- Ассоциация мастеров-пивоваров Америки (MBAA) и многие др.

Естественно, что повсеместно основным законодательным актом оставался упоминавшийся выше «Указ о чистоте», но уже в 60–70-е гг. XIX в. пивовары, особенно американские, признали экономические выгоды добавления кукурузной муки или рисовой сечки. Благодаря совершенствованию оборудования и технологии переработки несоложеного сырья был создан новый тип пива, завоевавший международное признание.

В США в 1919 г. в связи с введением сухого закона (Prohibition Act) по пивоварению был нанесен тяжелый удар. В этот период пивоваренные заводы смогли «удержаться наплаву» только благодаря так называемому «Питательному пиву» (Nährbier). Из-за этого сухого закона, отмененного лишь в 1933 г., расцвела контрабанда алкогольных напитков и усугубилась криминальная обстановка, так что результат от действия данного закона можно оценить как негативный. В этой связи следует отметить, что некоторые ограничения на изготовление и потребление содержащих алкоголь напитков действуют до настоящего времени (например, в скандинавских странах).

Что касается развития пивоварения в Германии во второй половине XIX века, то в 1873 г. работала 13561 пивоварня, из которых 10171 варили пиво верхового брожения. К ним следует добавить 36297 домашних хозяйств, где готовили домашние напитки, не облагавшиеся налогом [2]. К 1891 г. число действующих пивоварен сократилось до 7785 (не в последнюю очередь из-за появления крупных акционерных пивоваренных предприятий). Несмотря на это, ряд кустарных пивоваренных заводиков существует до сих пор. Большие различия в мощностях предприятий дают возможность более крупным заводам внедрять самую современную технику, что обусловлено экономическими соображениями. Экономические преимущества более крупных предприятий особенно заметны на примере внедрения паровых котлов, работавших на каменном угле, для энергообеспечения котлов в варочных цехах, для привода компрессоров холодильных установок и для выработки собственной электроэнергии. Небольшие кустарные предприятия не могли использовать дорогие установки и до сего дня вынуждены использовать свое традиционное оборудование и методы работы. Традиционный для пивоваров материал — дерево (рис. 0.9) долго и упорно вытеснялся из пивоварен железом, которое покрывалось пивной смолкой.

Деревянные чаны были заменены открытыми бродильными чанами, деревянные боч-

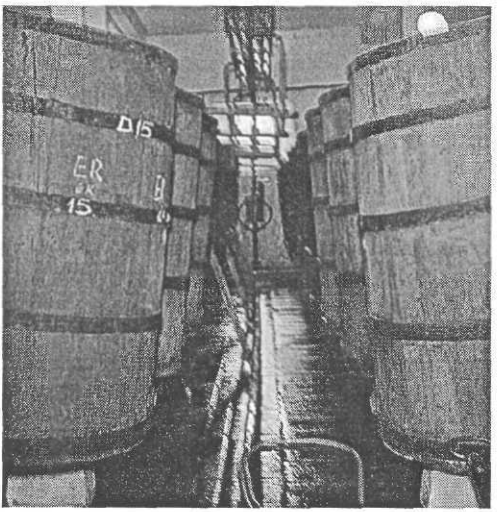


Рис. 0.9. Долгое время деревянные чаны и бочки были своего рода «лицом» пивоварни

ки — превосходившими бочки во многих отношениях танками. Этот процесс на некоторых предприятиях по различным причинам затянулся вплоть до последних десятилетий XX века. Наряду с железом важное значение чуть позже приобрел алюминий — особенно для изготовления бродильных и лагерных танков. С момента появления легированных нержавеющих сталей и инструментов для их обработки не вызывает сомнения их превосходство во всех областях пивоварения. Даже деревянная бочка для перевозки пива, продержавшаяся столетиями, вытеснена, наконец, кегом из нержавеющей стали.

С ее применением связаны и автоматизированные системы мойки. Благодаря нержавеющей стали, а также механизации и автоматизации производственных процессов на пивоваренных предприятиях существенно сократилось применение тяжелого физического труда и, соответственно, уменьшилась потребность в рабочей силе.

В течение столетий при изготовлении солода и пива использовались только основные биохимические процессы:

- проращивание ячменя в солодовне для образования ферментов;
- затирание в варочном цехе для расщепления ферментами крахмала и образования сбраживаемых сахаров и
- сбраживание сахара в спирт и двуокись углерода.

В течение 150 лет считалось обычным, чтобы требуемый солод изготавливался собственными силами, для чего каждое пивоваренное предприятие имело собственную солодовню, в которой зимой готовился солод, а затем в начале лета он перерабатывался в пиво. Все работы выполнялись одними и теми же людьми, и поэтому возникла профессия «пивовар-солодовщик», существующая в Германии и поныне.

Наряду с солодовнями при пивоваренных предприятиях имелись и кустарные солодовни, а иногда и специальные солодовенные заводы, существовавшие отдельно от пивоварен, например:

1823 Baird's Malt Ltd. в Уитэме, графство Эссекс, Великобритания;

1864 Friedrich Weissheimer Malzfabrik в Андернахе, Германия;

1868 Pauls Malt Ltd. в Ипсвиче, графство Саффолк, Великобритания;

1879 Michael Weyermann Malzfabrik в Бамберге, Германия.

Приготовление солода в те времена и до середины XX века было очень трудоемким в связи с применением тяжелого физического труда на гигантских токах. При сушке для перелопачивания солода также требовался ручной труд. Переход к современным пневматическим системам солодоращения связан с большой экономией энергии и рабочей силы. Сегодня в солодовне почти нельзя увидеть людей — всем управляет компьютер.

За последние 150 лет произошли революционные изменения и на пивоваренных предприятиях. После появления холодильных машин следующим крупным достижением явилось применение Лоренцем Энцингером фильтрования пива (1879 г.). С тех пор стало возможным отфильтровывать пиво до блеска — фильтруя сначала через фильтрмассу, а затем через кизельгур и другие материалы. С помощью применения соответствующих стабилизирующих средств стало возможным обеспечить весьма продолжительную стойкость пива и тем самым производить его независимо от времени потребления.

Благодаря появлению пивных бутылок, а позднее банок, а также массовому использованию пивного стекла вместо преобладавших непрозрачных керамических кружек вошло в моду *светлое пиво* — вместо обычного ранее темного (не только в пивных, но и для домашнего потребления).

Использование высокопроизводительных линий розлива, почти полностью исключающих доступ в пиво воздуха, обеспечивает сегодня сохранение исходного качества пива в течение долгого времени. В последние годы были получены существенные знания, раскрывающие проблему стойкости вкуса пива.

Однако важным является не только качество пива — становится все очевиднее, что для побуждения покупателя к его приобретению пиву необходимо придавать безупречный товарный вид.

Этикетка на бутылке по своей форме, цветовой гамме и выразительности должна привлекать внимание к единственной в своем роде продукции, но одной этикетки недостаточно, и поэтому необходимо еще украсить горлыш-

ко фольгой, особенно если она присутствует у конкурента.

Не только бутылка, но и особое пивное стекло самим фактом своего существования напоминает об огромных кружках с ручкой, которые изредка еще встречаются в отдельных открытых торговых точках и пивных. Отличаясь собственным пивоваренным декором, оно своим видом и дизайном отражает «философию торговли» пивоваренного предприятия лишь данным сортом пива. Кружка с крышечкой и подставкой, налитая дополна и привлекательно украшенная, призвана дарить радость от напитка как в ресторане, так и дома — в конце концов мы «пьем и глазами». Выработанная веками культура потребления должна присутствовать везде.

В настоящее время уже можно контролировать приготовление пива, применяя разнообразные механизмы контроля и регулирования, а совершенная техника обеспечивает непрерывный производственный контроль on-line. При помощи автоматизации обеспечивается автоматическое протекание большинства процессов приготовления пива. Все чаще рабочее место пивовара характеризуется наличием компьютера. Кроме того, благодаря использованию соответствующих методов отбора и контроля качества сырья и вспомогательных материалов повышается уровень производства, гарантирующий условия для достижения хорошего качества пива.

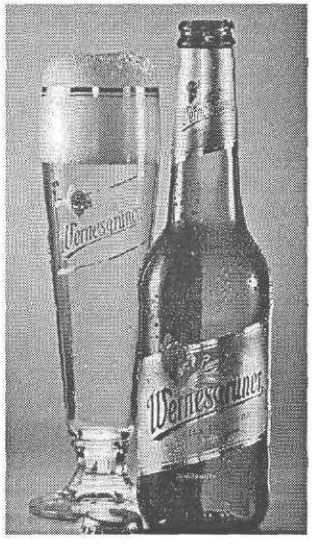


Рис. 0.10. Совместное воздействие формы бутылки, этикетки, стекла, пивной пробки существенно способствует укреплению престижа пивной марки

В связи с этим сегодня к пивовару предъявляются повышенные требования. Он должен принимать правильные решения и давать объективную оценку при существенно возросшем количестве параметров и росте общей информации, с одной стороны, и при отсутствии возможности детально оценить продукт «на глаз», с другой. В этой ситуации особое значение приобретает всесторонность знаний пивовара, и предназначение данной книги — привести их в систему и, по возможности, увеличить.

Количество и размеры пивоваренных предприятий зависят от истории развития отрасли в той или иной стране. По сравнению с другими странами в Германии имеется еще довольно много мелких пивоваренных производств, большинство из которых сосредоточено в северной части Баварии. Более половины немецких пивоваренных производств — это небольшие пивоварни при барах и ресторанах, число которых к настоящему времени увеличилось до 230. Около 1000 пивоварен с объемом выпуска до 50 000 гл в год дают лишь 7% от общего количества производимого пива.

По данным Немецкого союза пивоваров [213], число работающих пивоваренных производств характеризуется следующими цифрами:

Объемы производства	*1997*	*1999*	*Изменение*
до 5000	683	724	+41
до 10000	115	104	–11
до 50000	241	231	–10
до 100000	84	79	–5
до 200000	52	52	0
до 500000	43	36	–7
до 1 млн	18	21	+3
свыше 1 млн	33	30	–3
Германия всего	1269	1277	+8

В 1997 г. выпуск пива составил 114,8 млн гл, потребление — 107,545 млн гл. Разница обусловлена импортом и экспортом пива. С 1993 по 1999 г. были открыты 142 ресторанных минипивзавода.

Данные о 15 крупнейших пивоваренных группах и частных предприятиях в Германии [209] с выпуском более 2,0 млн гл приведены ниже:

Название земли	Сбыт пива,млн гл	Количество пивоваренных производств		
	1999	1993	1999	Изменение
Баден-Вюртемберг	8,039	176	166	–10
Бавария	22,575	768	683	–85
Берлин/Бранденбург	4,231	23	31	8
Гессен	4,708	52	61	9
Мекленбург-Передняя Померания	2,107	7	12	5
Нижняя Саксония/Бремен	9,897	38	44	6
Северный Рейн-Вестфалия	30,205	105	115	10
Рейнланд-Пфальц/Саар	8,845	36	42	6
Саксония	8,449	33	49	16
Саксония-Анхальт	2,800	14	16	2
Шлезвиг-Гольштейн/Гамбург	5,514	19	15	–4
Тюрингия	2,716	40	43	3
Германия всего	110,087	1311	1277	–34

По объемам годового производства (гл) пивоваренные предприятия Германии распределяются следующим образом [213]:

Пивоваренная группа/ частное предприятие	Количество изготовленного пива, млн гл		
	1997	1998	1999
Группа Binding	9,700	9,800	9,800
Brau und Brunnen AG	9,067	7,981	7,550
Группа Holsten	7,110	7,100	8,455
Haus Kramer (Warsteiner)	6,060	5,680	5,660
Beck & Co, Bremen	5,383	5,437	5,580
Bitburger Brauerei Th. Simon	4,887	4,955	5,133
Krombacher Brauerei, Krombach	4,570	4,610	4,830
Группа Henninger	4,544	3,999	3,925
Gilde Brauerei AG c Hasseroder	3,866	3,901	3,840
Karlsberg Verbund Homburg	3,500*	3,475	3,479
Paulaner-Brauerei	2,466	2,686	2,752
Группа Oettinger	2,405*	2,648	2,934
Veltins GmbH, Meschede	2,283	2,242	2,320
König-Brauerei, Duisburg	2,257	2,032	2,178
Группа Kulmbacher	2,132	2,242	1,988

* Оценка.

В то время как в Германии с 1993 г. было открыто почти 100 новых ресторанных минипивзаводов, количество «закрывшихся» коммерческих пивоваренных производств больше, чем кажется на первый взгляд.

В мировом масштабе, напротив, отмечается захват рынков крупными пивоваренными производствами и группами, и это видно из представленных ниже данных по 25 промышленным группам [150]:

Пивоваренное предприятие или группа	Страна	Выпуск пива (млн гл)	
		1997	1999
Anheuser-Busch Inc.	США	113,4	120,7
Heineken N.V.	Нидерланды	73,8	79,1
Miller Brewing / Philip Morris	США	52,9	53,0
South African Breweries	Южная Африка	41,8	53,0
Comp. Cervejaria Brahma / AmBev	Бразилия	41,3	60,7
Interbrew	Бельгия	34,7	49,0
Carlsberg A/S	Дания	33,7	37,0
Cerveceria Modelo S.A.	Мексика	29,9	31,6
Kirin Brewery Ltd.	Япония	28,8	30,1
Asahi Breweries Ltd.	Япония	27,8	32,2
Kronenbourg/Danone	Франция	26,8	Нет данных
Guiness PLC/Diageo	Ирландия	26,6	26,5
Coors Brewing Co.	США	24,6	24,5
Comp. Antarctica Paulista	Бразилия	23,5	Нет данных
Santo Domingo (Bavaria SA)	Колумбия	23,0	Нет данных
Femsa (Cuauhtemoc Moct.)	Мексика	21,8	21,3
Foster's Brewing Group	Австралия	21,5	21,5
Bass Brewing Ltd. Burton	Великобритания	19,1	16,5
Stroh Brewery	США	18,6	Нет данных
Scottish Courage Ltd. / Scottish & Newcastle	Великобритания	18,2	28,9
Cerveceria Polar C.A. / Empresas Polar	Венесуэла	15,1	17,0
San Miguel Corp.	Филиппины	14,2	16,1
Cervejarias Kaiser SA	Бразилия	13,6	Нет данных
Quilmes Group	Аргентина	11,8	Нет данных
Sapporo Breweries	Япония	11,4	Нет данных

Многие из этих промышленных групп состоят из большого числа пивоваренных предприятий, полностью или частично контролируемых. Например, Heineken NV держит под своим контролем производство 73,8 млн гл пива, сбывая 91% его за пределами Нидерландов. Эта пивоваренная группа выпускает продукцию на 115 предприятиях, размещенных в более чем 50 странах, и представлена марками своего пива более чем в 170 странах.

49,7% (669 млн гл) мирового рынка пива при общемировом его производстве в 1346 млн гл в 1999 г. находилось под контролем 15 крупнейших промышленных групп.

Наиболее известными в мире марками пива являются [210]:

Budweiser	США	54,4 млн гл
Bud-Lite	США	30,2 млн гл
Brahma Chopp	Бразилия	26,5 млн гл
Asahi Super Dry	Япония	21,7 млн гл
Blue Label	Бразилия	20,0 млн гл
Miller Lite	США	19,6 млн гл
Heineken	Нидерланды	18,8 млн гл
Corona	Мексика	18,8 млн гл
Coors Light	США	17,8 млн гл

Наряду с развитием крупных пивоваренных предприятий и их объединений развиваются также небольшие пивоваренные производства, преимущественно мини-пивзаводы ресторанного типа (пивзаводы для запоминающегося посещения), число которых во всем мире можно оценить как «свыше 3000». Одновременно во всем мире растет число объединений тех, кто, как домашние пивовары, пытаются в установленных законом рамках самостоятельно варить оригинальное по вкусу пиво. При этом, несмотря на застой развития выпуска пива во многих странах Европы и Северной Америки, мировое производство пива постоянно росло [140]:

1990	1142 млн гл
1991	1165 млн гл
1992	1163 млн гл
1993	1190 млн гл
1994	1222 млн гл
1995	1248 млн гл
1996	1269 млн гл
1997	1295 млн гл
1998	1301 млн гл
1999	1346 млн гл

Увеличение производства пива (при среднем потреблении на душу населения 23 л в год) приходится преимущественно на страны Центральной и Восточной Европы, латинской Америки, на страны Азии и Океании, а также Южной Африки. Хорошим примером роста производства стал Китай, который, произведя 170 млн гл пива (1997 г.), стал вторым после США производителем пива, однако с учетом количества населения (1,3 млрд человек) и потребления на душу населения 13 л в год (в Германии для сравнения — 134 л) у него имеются существенные резервы.

Данные о производстве пива в отдельных странах, где вырабатывается более 2 млн гл (1997 г.), приведены ниже [140]:

Европа

Страна	1993	1995	1997	1998	1999
			млн гл		
Германия	116,0	117,0	114,8	111,7	112,8
Великобритания	54,9	58,8	59,1	56,7	57,9
Испания	24,3	25,3	24,9	25,0	25,9
Нидерланды	20,4	23,1	24,7	24,0	24,5
Франция	18,3	18,3	19,5	19,8	19,9
Чехия	17,8	17,8	18,6	18,3	17,9
Россия (СНГ)	24,5	17,7	25,2	32,5	43,2
Польша	16,7	15,2	18,8	20,2	22,5
Бельгия	14,2	14,5	14,1	14,1	14,1
Италия	11,7	12,0	11,4	12,1	12,1
Дания	9,4	10,0	9,2	8,0	8,0
Австрия	9,8	9,7	9,4	8,8	8,9
Румыния	9,1	8,5	7,5	10,2	11,1
Венгрия	7,8	7,8	7,2	7,0	7,0
Ирландия	6,9	7,4	8,1	8,5	8,6
Турция	5,4	6,9	7,4	7,1	7,0
Португалия	6,8	6,9	6,6	6,8	6,8
Украина (СНГ)	14,0	5,7	6,1	6,8	8,5
Югославия	5,0	5,4	6,1	6,4	7,9
Швеция	5,5	5,3	4,8	4,6	4,7
Финляндия	4,4	4,4	4,8	4,6	4,7
Болгария	4,2	4,7	3,0	3,8	4,0
Словакия	3,9	4,4	4,4	4,5	4,5
Греция	4,1	4,1	3,9	4,0	4,2
Швейцария	3,9	3,7	3,6	3,6	3,6
Хорватия	2,4	3,2	3,6	3,8	3,7
Норвегия	2,1	2,2	2,3	2,2	2,3
Словения	2,0	2,1	2,1	2,1	2,3
Всего	435,9	430,7	430,3	446,1	469,3

Северная и Южная Америка

Страна	1993	1995	1997	1998	1999
			млн гл		
США	237,3	233,7	236,4	233,0	236,5
Бразилия	57,0	84,0	88,2	81,6	80,4
Мексика	43,8	44,5	51,9	54,8	56,2
Канада	23,0	22,8	22,3	22,8	22,9
Колумбия	19,5	17,8	20,0	18,3	16,0
Венесуэла	15,5	15,9	17,2	17,8	17,0
Аргентина	10,3	10,4	12,1	12,4	13,0
Перу	6,8	8,5	8,5		
Чили	3,6	4,1	3,9	3,7	3,4
Эквадор		2,5	2,3	2,3	2,0
Доминиканская республика		2,2	2,4	2,6	3,1
Всего	436,0	459,2	479,1	471,0	475,0

Африка

Страна	1993	1995	1997	1998	1999
			млн гл		
Южная Африка	22,8	24,5	25,0	25,6	25,7
Нигерия	6,7	4,5	4,3	4,2	5,5
Камерун	3,6	3,2	2,8	3,4	3,6
Кения	2,7	3,2	3,0	2,8	2,8
Всего	54,0	54,9	57,5	59,8	61,5

Азия

Страна	1993	1995	1997	1998	1999
			млн гл		
Китай	122,5	154,6	170,0*	173,0	185,0
Япония	68,9	67,2	67,7	71,8	71,5
Южная Корея	15,3	17,7	16,7	14,1	17,0
Филиппины	13,5	14,0	13,5*	12,7	12,4
Таиланд	4,2	6,5	8,3	9,3	10,5
Тайвань	4,6	4,3	3,9	4,2	4,5
Индия	3,0	4,3	4,2	4,3	3,7
Вьетнам	2,3	5,0	5,6	6,6	7,5
Всего	240,2	281,7	297,3	302,9	318,1

* Оценка.

Австралия / Океания

Страна	1993	1995	1997	1998	1999
			млн гл		
Австралия	18,0	17,9	17,3	17,6	17,6
Новая Зеландия	3,5	3,5	3,2	3,2	3,1
Всего	22,5	22,3	21,5	21,7	21,6

Потребление пива на душу населения в различных странах очень отличается как по фактическим цифрам, так и по тенденциям развития. Наибольшее потребление на душу населения уже долгое время наблюдается в Чехии (около 160 л в год на человека), за ними следуют немцы. Однако следует дифференцировать потребление пива и внутри той или иной страны. Так, в Германии жители Баварии потребляют 180 л пива в год на человека, занимая первое место; их «догоняют» жители Саксонии (175 л), тогда как в других германских землях потребление пива — меньше среднего показателя по стране.

Если регионы с наибольшим потреблением пива (Чешская республика, Бавария, Саксония) мысленно выделить на географической карте, то мы получим довольно цельную крупную область высокого потребления пива, которая не ограничена государственными границами.

Чтобы повысить потребление пива или, как минимум, его стабилизировать, пивовары, используя хорошее качество пива и соответствующее изучение потенциальных клиентов, должны пропагандировать преимущества умеренного его потребления.

Потребление пива в литрах на одного жителя за последние годы составило [213]:

Страна	1994	1995	1996	1997
Чешская республика	161,1	159,1	160,0	161,8
Германия	138,0	135,9	131,7	127,4
Ирландия	112,6	112,7	118,0	118,8
Дания	126,7	124,4	120,9	105,0
Австрия	116,6	115,7	114,0	108,6
Великобритания	103,7	100,9	102,3	99,4
Бельгия + Люксембург	105,6	103,5	100,4	98,0
Австралия	98,9	96,9	95,4	94,5
Новая Зеландия	102,1	98,8	93,9	84,7
Словакия	93,4	87,5	90,2	91,8
Нидерланды	86,0	85,8	85,1	84,7
США	85,2	83,5	83,5	82,0
Финляндия	82,9	80,2	79,5	80,1
Венгрия	84,7	75,3	79,4	59,3
Венесуэла	73,6	71,9	75,0	78,8
Испания	66,5	66,6	64,7	66,4
Канада	68,5	68,9	67,5	67,9
Португалия	62,3	64,7	61,9	64,6
Швеция	67,3	64,5	59,1	57,3
Швейцария	64,8	62,7	60,6	59,7
Колумбия	57,5	57,5	56,4	
Япония	59,9	56,2	55,7	
Южная Африка	56,9	55,5	55,6	58,1
Мексика	49,8	50,9	53,4	
Болгария	53,2	53,2	53,3	
Норвегия	50,5	52,5	52,6	52,6
Польша	36,4	39,0	40,7	
Греция	42,0	40,0	39,0	42,0
Франция	39,3	39,1	39,6	38,6
Румыния	41,7	39,2	38,0	
Исландия	27,3	30,6	32,5	
Италия	26,2	25,4	24,0	

1. Сырье

Для приготовления пива требуется четыре вида сырья: ячмень, хмель, вода и дрожжи. Качество этого сырья оказывает огромное влияние на качество изготовляемой продукции. Знание свойств сырья, его влияния на способ приготовления и на конечную продукцию является основой для подготовки и переработки сырья. Благодаря знаниям свойств сырья можно сознательно управлять технологическим процессом.

Основное сырье для приготовления пива — **ЯЧМЕНЬ.** Его применение основано на том, что в нем содержится много крахмала и что даже после обмолота и переработки в солод в ячмене содержатся оболочки зерна (мякинные оболочки), которые способны формировать фильтрующий слой, необходимый в последующем процессе производства. Перед использованием для варки пива ячмень должен быть переработан в солод.

Зачастую используются также несоложеные зерновые — кукуруза, рис, сорго, ячмень, пшеница или приготовленные из них продукты — **НЕСОЛОЖЕНЫЕ ЗЕРНОПРОДУКТЫ** (так называемая **НЕСОЛОЖЕНКА**).

ПШЕНИЦА применяется в виде соложеного сырья, особенно для производства пива верхового брожения; также в соложеном виде перерабатывается и сорго, особенно в Африке.

ХМЕЛЬ придает пиву горьковатый вкус и влияет на его аромат. От качества хмеля существенно зависит качество пива.

В процентном отношении наибольший объем среди всех видов сырья занимает **ВОДА**, которая, участвуя во многих процессах приготовления пива, влияет на его характер и качество. Кроме того, вода непосредственно участвует во многих процессах солодоращения и пивоварения.

Спиртовое брожение при приготовлении пива вызывается жизнедеятельностью **ДРОЖЖЕЙ**, которые в силу этого необходимы. Одновременно дрожжи оказывают влияние на качество пива через побочные продукты брожения.

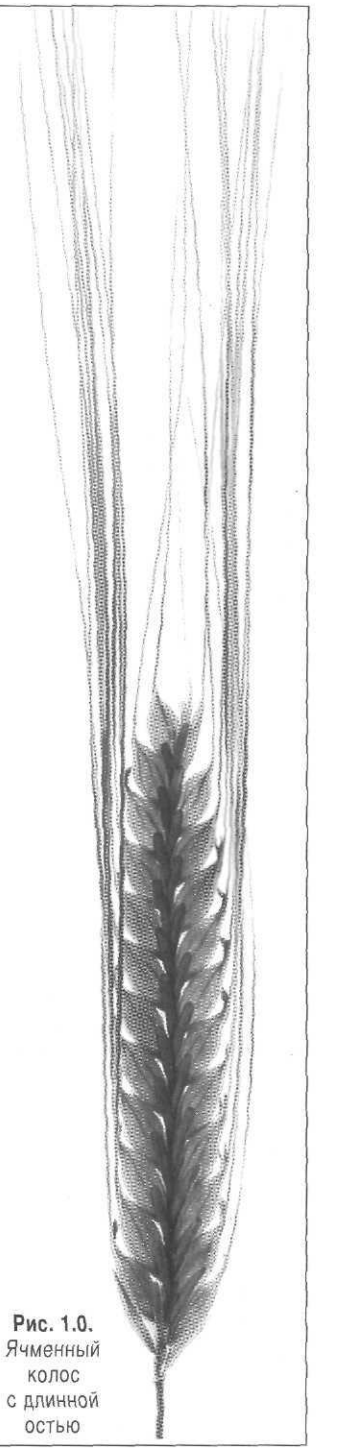


Рис. 1.0. Ячменный колос с длинной остью

1.1. Ячмень

В ячмене (Hordeum vulgare) содержится необходимый для приготовления пива крахмал, который позднее, в варочном цехе, превращается в сбраживаемый экстракт. Путем правиль-

ного возделывания необходимо получать соответствующие сорта ячменя, дающие солода, богатые экстрактом.

1.1.1. Группы и сорта ячменя

Ячмень является зерновой культурой, колос которого отличается особо длинной остью (рис. 1.0). Различают несколько групп ячменя и большое количество его сортов, которые по-разному влияют на приготовление солода и пива.

1.1.1.1. Группы ячменя

Ячмени бывают озимые, высеваемые обычно в середине сентября, и яровые, высеваемые в марте–апреле. Все пивоваренные ячмени подразделяются на две группы. В каждой группе имеются свои сорта, которые можно разделить по расположению зерен на оси колоса в ***два или несколько рядов***. У многорядного ячменя на каждой ступеньке оси находятся по три цветка, которые после оплодотворения образуют по одному зерну. При взгляде на колос сверху (рис. 1.1) можно заметить по три зерна справа и слева (***шестирядный ячмень***).

Если членики колосового стержня сравнительно длинные, то зачастую видны только четыре ряда, так как два других ряда, лежащих на них, закрыты, хотя и имеются в действительности (так называемые ***четырехрядные ячмени***).

У двухрядного ячменя на каждой ступеньке оси образуется только одно зерно, так как имеется только один плодотворный цветок. При виде сверху можно справа и слева заметить по одному зерну (***двухрядный ячмень***).

Группы ячменя (яровой, озимый, двухрядный, многорядный) отличаются друг от друга многими показателями, представляющими для нас особый интерес, а именно:

У ***двухрядного ячменя*** крупные полные зерна с обычно тонкой волнистой оболочкой. Поэтому в таком ячмене содержится сравнительно много ценных экстрактивных веществ и мало пленок, а следовательно, меньше дубильных и горьких веществ. Все зерна одинаковые, содержание экстракта сравнительно высокое. ***Двухрядный ячмень, как правило, яровой и объединяет в себе все преимущества, важные для приготовления солода и пива.***

У ***шестирядного ячменя*** зерна разной величины, и так как им не хватает места для роста, то зерна боковых рядов — более узкие, а их кончики изогнуты (***«кривонос»***), что служит отличительным признаком шестирядных ячменей.

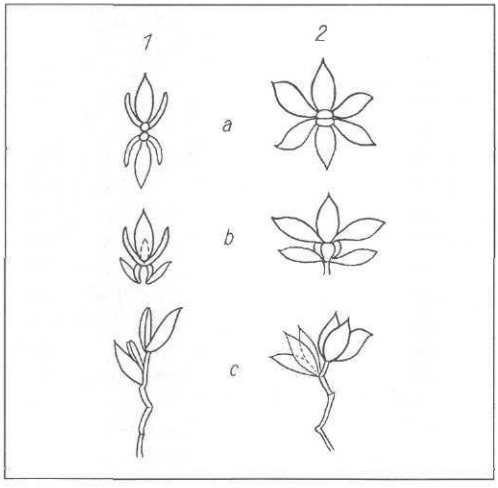


Рис. 1.1. Строение ячменного колоса (по Ауфхаммеру (Aufhammer)):

1 — двухрядный ячмень; 2 — шестирядный ячмень
a) сверху; b) от середины ряда; c) от широкой стороны

Урожайность у озимого ячменя составляет в среднем 60 ц с гектара, и таким образом она существенно выше, чем у ярового (в среднем 40 ц с гектара), что связано с более коротким вегетативным периодом ярового ячменя. По этой причине во многих странах возделывают больше озимого ячменя, чем ярового.

Таким образом, используются следующие группы пивоваренного ячменя:

- двухрядные яровые;
- двухрядные озимые;
- шестирядные озимые;
- шестирядные яровые.

1.1.1.2. Сорта ячменя

Вышеуказанные группы разделяют на большое количество сортов, четко различаемые по ряду свойств. В странах, подписавших Европейскую пивоваренную конвенцию, допуска-

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

ется использование около 300 яровых, 100 — двухрядных и 100 — шестирядных озимых сортов. Одно это свидетельствует об огромном разнообразии ячменя.

Для приготовления солода и пива подходят преимущественно двухрядные сорта ярового ячменя, так как систематическая работа по улучшению их пивоваренных качеств велась в течение более ста лет. Большое число этих сортов обладает прекрасными технологическими свойствами.

Однако и среди озимого ячменя в настоящее время появляется все больше двухрядных сортов, которые по своему качеству приближаются к двухрядным яровым [86]. Выведение озимого ячменя с высокими пивоваренными свойствами многообещающе, так как сочетание высокой урожайности и хорошего качества ведет к повышению экономической эффективности производства солода.

Чтобы получить хороший однородный солод, необходимо наличие односортности всех зерен в данной партии. Это требует чистосортного возделывания ячменя на возможно больших площадях. Только так можно полностью использовать преимущества возделывания чистых сортов.

При выведении новых сортов обращают большое внимание на следующие показатели качества:

- устойчивость к болезням и вредителям;
- устойчивость к полеганию;
- высокая восприимчивость к питательным веществам;
- высокая урожайность;
- хорошие форма и расположение зерен;
- высокая способность к водопоглощению и низкая водочувствительность;
- низкое содержание белка;
- высокая способность к прорастанию к моменту солодоращения;
- высокая способность к образованию ферментов;
- высокая растворимость;
- высокий выход экстракта при солодоращении.

1.1.2. Возделывание ячменя

Наиболее развитой областью возделывания пивоваренных сортов ячменя является **Центральная Европа**, где их систематически возделывают около 150 лет. Большое экономическое значение приобрели прежде всего двухрядные яровые ячмени как наиболее высококачественные. Среди них — немецкий ALEXIS, возделываемый почти во всех центральноевропейских странах [125]. К другим успешно применяемым сортам относятся BLENHEIM (Великобритания), BARONESSE (Германия), PRISMA (Нидерланды), VOLGA (Франция), KRONA, MARESI, MARINA (все — Германия), а также чешские сорта RUBIN, ORBIT, KRYSTAL и многие другие. Вместе с тем были улучшены и многорядные озимые сорта ячменя: так, шестирядный PLAISANT (Франция) по сортности зерна превосходит средние по качеству двухрядные яровые сорта.

Поскольку пивоваренные ячмени возделываются в большинстве европейских стран, они в основном удовлетворяют потребности их пивоваренной промышленности. Однако вследствие существенных климатических различий возделывание пивоваренных сортов ячменя следует рассматривать весьма дифференцированно [25].

В **Северной Америке** пивоваренные сорта ячменя возделываются с ориентацией на экспорт, особенно в **Канаде**. В связи с особенностями географического положения и коротким вегетативным периодом в провинциях Альберта (53%), Саскачеван (35%) и Манитоба (12%) пивоваренные ячмени возделывают как яровые. Канада продает ежегодно около 1 млн т двухрядного и 0,4 млн т шестирядного пивоваренного ячменя.

В **США** соотношение между получением пивоваренных ячменей и потребностью в солоде примерно такое же. Из 10 млн т около 35% возделывается на Среднем Западе, в штатах Миннесота, Северная и Южная Дакота; из них приблизительно 80% — пивоваренные сорта ROBUST (58%), EXCEL, MOREX, AZURA.

На западе США (штаты Монтана, Айдахо, Вайоминг, Колорадо) на пивоваренный ячмень приходится около 30%; здесь возделывают преимущественно двухрядные сорта. В США доминируют шестирядные яровые сорта ячменя, в селекции которых были достигнуты существенные успехи (по сравнению с двухрядными).

В южном полушарии важнейшей территорией возделывания ячменя является **Австра-**

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

лия, которая при производстве около 4,8 млн т является крупным экспортером. Районы возделывания ячменя находятся в основном в областях Западной и Южной Австралии, прилегающих к пустыням, а также за горными цепями субтропических зон.

1.1.3. Строение ячменного зерна

По строению ячменного зерна можно делать выводы о его ценности и о путях его переработки. При этом следует различать наружное и внутреннее строение.

1.1.3.1. Наружное строение

На рис. 1.2 показаны а) спинная сторона зерна со спинной или покровной оболочкой (*7*), которая у культурных ячменей продолжается на колосе длинной остью, отбиваемой при обмолоте.

По морщинистости (*5*) спинной мякинной оболочки определяется ее тонкопленочность, которая, в свою очередь, позволяет оценивать ячмень по крахмалистости. На брюшной стороне (b) находится брюшная или передняя мякинная оболочка. В брюшной бороздке (*3*) зерна находится базальная щетинка (*4*), остаток неоплодотворенного цветка, которая позволяет судить о сорте ячменя.

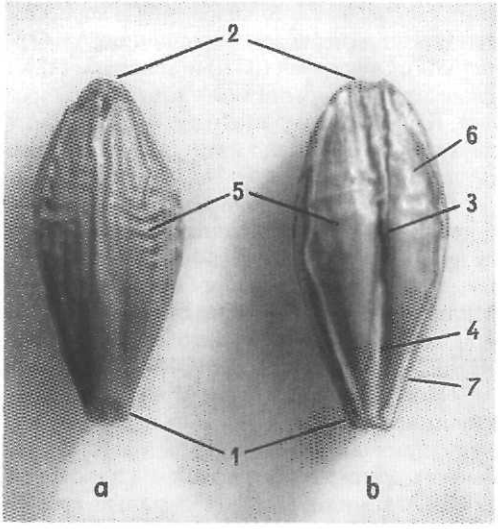


Рис. 1.2. Ячменное зерно:

1 — основание; 2 — кончик; 3 — брюшная бороздка; 4 — базальная щетинка; 5 — морщинистость; 6 — брюшная мякинная оболочка; 7 — спинная мякинная оболочка

Применяемые в пивоваренной промышленности сорта ячменя всегда являются пленчатыми, то есть у них брюшная и спинная оболочки настолько плотно срослись с семенной и плодовой оболочками зерна, что остаются на зерне и при обмолоте. В противоположность этому, при обмолоте пшеницы обе оболочки отделяются, так что остается оголенное зерно. Однако существуют и такие сорта ячменя, где оболочки отделяются (так называемые голозерные ячмени), но в пивоваренном производстве Германии они не находят применения.

Основание зерна заостренно сильнее, чем кончик, так как при обмолоте ость отбивается. Если остеотбойник настроен слишком тонко, то это может привести к повреждению зерен. Поверхность отделения зерна от стержня колоса всегда гладкая; форма поверхности отделения (прямая или косая) позволяет селекционеру судить о сорте ячменя.

1.1.3.2. Внутреннее строение

Ячменное зерно (рис. 1.3) делится на три основные части: **зародышевую, мучнистое тело и оболочки**.

Зародышевая часть состоит из ***эмбрио*** (*1*) с вегетационными почками для ***зародыша листа*** (*2*) и ***зародыша корня*** (*3*).

От эндосперма зародыш отделен тонким слоем ткани — ***щитком*** (*scutellum*) (*4*) и ***слоем эпителия*** (*5*), то есть слоем клеток вертикальной формы с очень тонкими стенками.

Эндосперм (мучнистое тело) (6) состоит из стабильных клеток, в которых находятся зерна крахмала. Стенки клеток представляют собой густое переплетение целлюлозы и высокомолекулярных белков, которые соединены цепочками β-глюкана.

В клетках находятся большие и малые зерна крахмала; зерна крахмала средней величины в клетках ячменного зерна отсутствуют (рис. 1.3а).

Большие крахмальные клетки (тип А) имеют диаметр 20–30 мкм. Малые клетки (тип Б) диаметром 3–5 мкм составляют 70–95% от общего числа крахмальных клеток в эндосперме, но их масса — всего лишь 3–10%

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

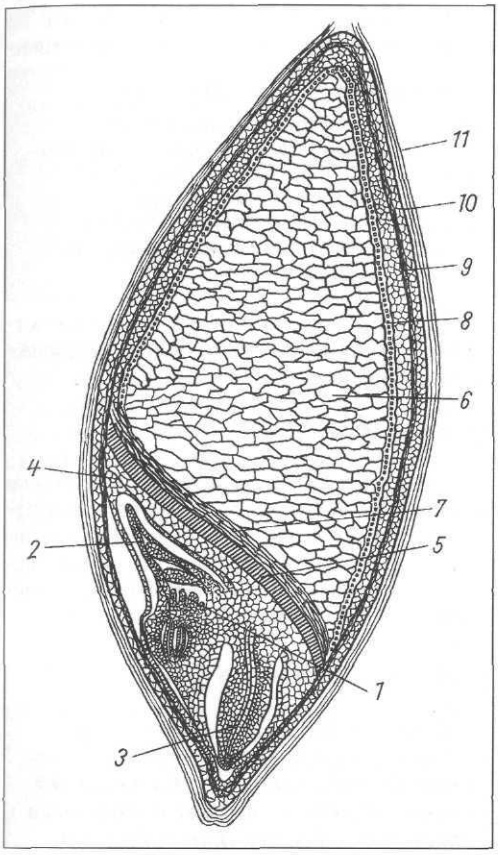


Рис. 1.3. Ячменное зерно (продольный разрез):

1 — зародыш стебля; 2 — зародыш листа; 3 — зародыш корня; 4 — щиток; 5 — слой эпителия; 6 — эндосперм; 7 — пустые израсходованные клетки; 8 — алейроновый слой; 9 — оболочка семени; 10 — оболочка зерна; 11 — мякинная оболочка

от общей массы крахмала [161]. Число малых зерен крахмала может изменяться в широких пределах и зависит от генетических характеристик данного сорта ячменя и условий окружающей среды во время развития зерна. Малые зерна крахмала влияют на солодовые свойства ячменя и качество получаемого солода.

Промежуточное пространство между отдельными зернами крахмала заполнено содержащей белки матрицей эндосперма, которая может быть очень плотной, а может и совсем отсутствовать. Однако по плотности матрицы нельзя судить о солодовых свойствах ячменя.

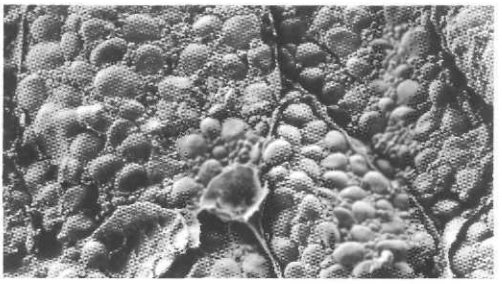


Рис. 1.3а. Клетки крахмала с крахмальными зернами (фото: VLB Берлин, НИИ сырья)

Все стенки, окружающие крахмальные клетки, очень стабильны. Их толщина является признаком, сильно зависящим от сорта ячменя и условий его произрастания. У пивоваренных сортов ячменя стенки клеток обычно тоньше, чем у кормовых сортов. Толщина стенок клеток — важный фактор для солодоращения, так как толстые стенки дольше противостоят растворению. Они препятствуют обмену веществ и защищают содержимое клеток — при необходимости даже более ста лет! Стабильность этих клеток придает ячменному зерну жесткость, которую при необходимости можно преодолеть только значительным механическим воздействием.

Мучнистое тело окружено слоем богатых белком клеток — ***алейроновым слоем*** (рис. 1.3; *8*). При солодоращении он является важнейшим «исходным пунктом» ферментообразования. В стабильном белке этого слоя присутствуют и другие вещества — жиры, дубильные и красящие вещества.

Оболочки зерна состоят из семи различных слоев, которые принято объединять в три основных. Внутренняя оболочка снаружи алейронового слоя называется ***семенной оболочкой или «тестой»*** (*9*). Она окружает все зерно и пропускает только чистую воду, задерживая растворенные в ней соли, что обусловливается ее полунепроницаемостью.

Следующая за ней снаружи ***плодовая оболочка*** или ***«перикарп»*** (*10*) плотно срослась с семенной оболочкой. Она охватывает тесту, а та, в свою очередь, охватывается эпидермисом, который защищен снаружи мякинной оболочкой (*11*) зерна.

Оболочки состоят в основном из целлюлозы и гемицеллюлоз; в них содержится небольшое количество веществ, которые могут

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

неблагоприятно влиять на качество пива — это прежде всего дубильные, горькие вещества и кремниевая кислота.

1.1.4. Состав и свойства отдельных частей ячменя

Влажность ячменя составляет в среднем 14–15% и может колебаться от 12% при сухой до свыше 20% при очень влажной уборке. Влажный ячмень плохо хранится и обладает низкой прорастаемостью, в связи с чем требуется его сушка. Для лучшей сохранности ячмень должен обладать влажностью ниже 15%. Остальная часть зерна называется сухим веществом (СВ) и имеет обычно следующий химический состав:

общие углеводы	70,0–85,0%
белок	10,5–11,5%
минеральные вещества	2,0–4,0%
жиры	1,2–2,0%
прочие вещества	1,0–2,0%

1.1.4.1. Углеводы

Углеводы по своему составу образуют обширнейший комплекс веществ, существенно различающихся по своим свойствам и, следовательно, по их значению для переработки и получения готового продукта. Основными являются крахмал, сахар, целлюлоза, а также гемицеллюлоза и гумми-вещества.

1.1.4.1.1. Крахмал

Доля крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$ в ячмене составляет 50–**63**–65% и является его важнейшим компонентом. Путем ассимиляции и заключительной конденсации глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) в медленно созревающем зерне образуется крахмал, который как накопитель энергии для зародыша потребляется в первой жизненной фазе и после образования хлорофилла и начала ассимиляции должен обеспечить переключение на собственное получение энергии. Крахмал накапливается в клетках мучнистого тела в виде зерен.

Зерна крахмала (амилопласты) содержат до 5% липидов и 0,5% белков и состоят из двух различных структур: амилозы и амилопектина.

Амилоза и амилопектин построены из глюкозных остатков, однако они существенно отличаются по своей структуре и, соответственно, по расщепляемости при солодоращении и затирании.

Амилопектин	Амилоза
вещество оболочки (примерно на 75–85%); в воде нерастворим, при повышенных температурах клейстеризуется	внутреннее вещество (примерно 20–25%); в горячей воде растворим, не клейстеризуется

1.1.4.1.2. Сахар

Содержание сахара в ячмене очень невелико (1,8–2,0%). Так как зерно при уборке находится в состоянии покоя, в нем содержится немного продуктов расщепления, преимущественно сахарозы, а также небольшое количество глюкозы и фруктозы.

1.1.4.1.3. Целлюлоза

Амилоза (α-глюкан) состоит из 200–400 α-глюкозных остатков, соединенных α–1,4 глюкозидными связями в неразветвляющиеся спиральные цепочки (рис. 1.4 и 1.4а).

Амилопектин состоит преимущественно из α-глюкозных остатков, соединенных в положении α–1,4 глюкозидными связями.

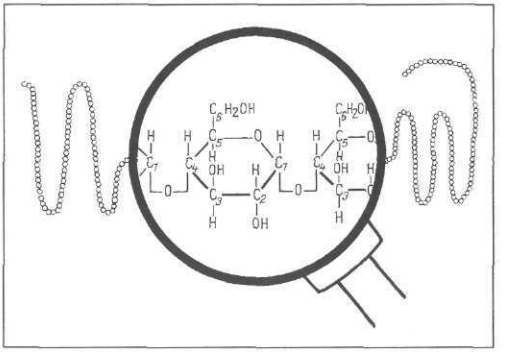


Рис. 1.4. Структура амилозы

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

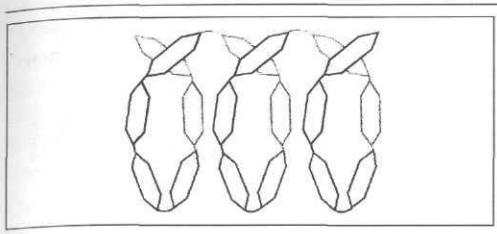


Рис. 1.4а. Спиральная цепочка молекулы амилозы

На расстоянии от 15 до 30 глюкозных единиц возникает дополнительное соединение α–1, 6 (рис.1.5), и поэтому молекулы амилопектина имеют вид ветвящегося дерева, которое может содержать до 6000 глюкозных остатков.

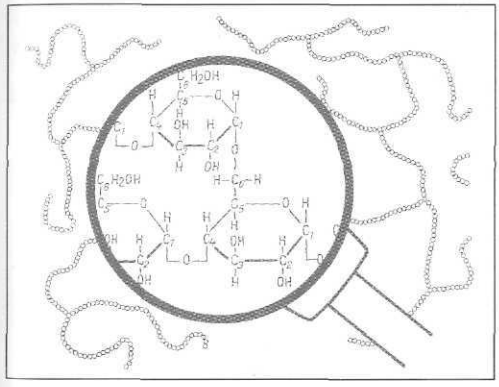


Рис. 1.5. Структура амилопектина

Целлюлоза (5–6%) содержится только в оболочке и является каркасным веществом.

Подобно амилозе, молекула целлюлозы состоит из длинных неветвящихся цепочек глюкозных остатков с соединением 1,4. Иное расположение молекул глюкозы (β-расположение по сравнению с α-расположением у амилозы) делает целлюлозу нерастворимой и не расщепляемой ферментами солода. Поэтому целлюлоза не влияет на качество пива.

1.1.4.1.4. Гемицеллюлоза

Гемицеллюлозы — главные составные части стенок клеток эндосперма. Они состоят из β-глюканов и пентозанов, которые совместно образуют прочный каркас стенок клеток мучнистого тела. β-глюканы и пентозаны обладают различной структурой и оказывают разное влияние на технологию и качество пива, и поэтому ниже они будут рассматриваться раздельно.

Гемицеллюлозы состоят:

- на 80–90% из β-глюкана и
- на 10–20% из пентозанов.

β-глюкан

Под β-глюканом понимают длинные цепочки глюкозных молекул, связанные друг с другом в положении 1,3 и, чаще, в положении 1,4. β-соединение означает, что молекулы глюкозы не закручены, как у амилозы, а образуют длинные цепочки. Эти цепочки соединяются в пучки с высокомолекулярными белками клеточных стенок эндосперма. Когда они позднее переходят в раствор, то соединяются посредством водородных мостиков и образуют ассоциаты (рис. 1.5а), которые из-за своего вида называются бахромчатыми мицеллами.

Под действием различных факторов (см. раздел 3.2.1.4) β-глюкан склонен к гелеобразованию, особенно при затягивании затирания, что может отрицательно влиять на фильтруемость пива. Поэтому на дальнейших стадиях переработки на β-глюкан следует обращать особое внимание.

Пентозаны

Пентозаны состоят из пентоз — ксилозы и арабинозы. В основном пентозаны имеют длинные цепочки 1,4-D-ксилозных остатков, в которые в некоторых местах включены арабинозные остатки. Пентозаны при солодоращении и затирании частично расщепляются. Их влияние на приготовление и качество пива незна-

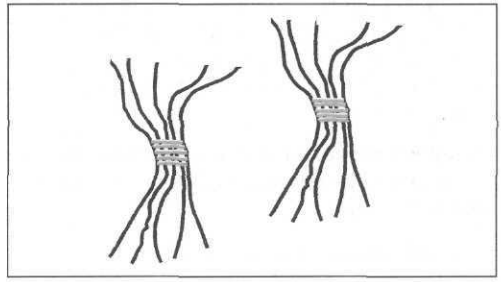
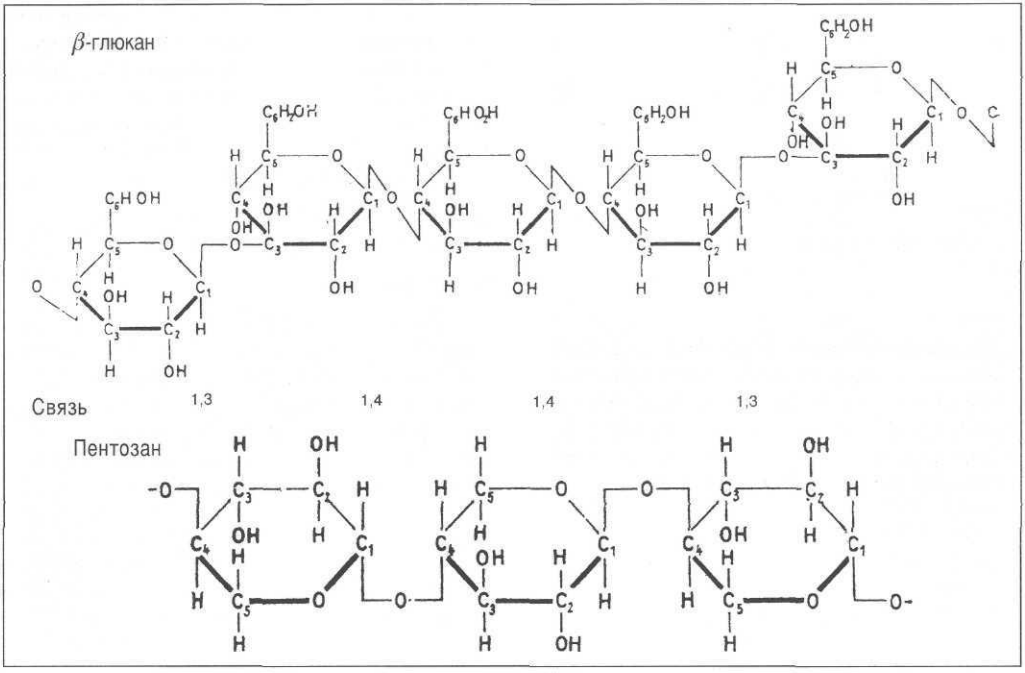


Рис. 1.5а. Ассоциаты молекул β-глюкана («бахромчатые мицеллы»)

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru



Продолжение рис. 1.5а

чительно и не идет ни в какое сравнение с влиянием β-глюкана.

1.1.4.2. Белковые вещества

В ячмене содержание белка может колебаться в пределах 8–**11**–16%. Из этого количества белков в готовое пиво попадает едва ли треть, и хотя содержание белковых веществ в пиве сравнительно невелико, они могут существенно влиять на его качество.

Так, белковые вещества в определенной степени влияют на возникновение помутнения. Во всяком случае содержание экстракта в солоде уменьшается в таком же отношении (0,7–1,0%), насколько возрастает содержание белка в ячмене.

Содержание белка в пивоваренном ячмене не должно превышать 11,5% (к сухому веществу).

В зависимости от поведения белков ячменя в процессе получения пива их разделяют на две большие группы: на протеины и продукты их расщепления.

1.1.4.2.1. Протеины

К протеинам относятся высокомолекулярные белки с относительной молекулярной массой от 20 000 до 300 000, которые почти не растворимы в водных растворах и при кипячении осаждаются.

Так как сусло кипятится в варочном цехе (см. раздел 3.4), в готовое пиво протеины не попадают. Большая часть белков ячменя состоит из протеинов (около 92%). По Осборну (Osborne) протеины по своей растворимости делятся на различные группы, из которых в ячмене присутствуют следующие:

Глютелин

Белок ячменя примерно на 30% состоит из *глютелина, растворимого в слабощелочных* растворах. Этот белок локализуется в основном в алейроновом слое и позднее не расщепляется, переходя в дробину неизмененным.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Проламин

Проламин ячменя называется гордеином и составляет около 37% ячменного белка; он растворяется в 80%-ном спиртовом растворе и частично попадает в дробину.

Глобулин

Глобулин ячменя называется эдестином. Он растворяется в слабых солевых растворах, а также в заторе и составляет около 15% белка ячменя. Эдестин состоит из четырех компонентов ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), из которых содержащий серу β-глобулин даже при длительном кипячении никогда полностью не осаждается и может вызывать в пиве помутнение.

Альбумин

Альбумин ячменя называется лейкоцином, он растворим в чистой воде и составляет около 11% ячменного белка. При кипячении он полностью осаждается. Количество протеинов при солодоращении и затирании уменьшается благодаря тому, что они ферментативным путем частично переходят в продукты расщепления.

1.1.4.2.2. Продукты расщепления белка

Название этих веществ обусловлено тем, что они всегда растворимы в воде и при кипячении не выпадают в осадок. В готовое пиво попадают практически только продукты расщепления белка, а не сами белки.

Продукты расщепления составляют минимальную часть (около 8%) белковых веществ ячменя. При солодоращении и варке сусла их содержание возрастает. Различают следующие продукты расщепления белка:

Высокомолекулярные продукты расщепления

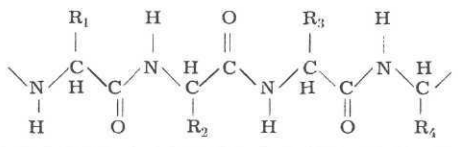
Они состоят из комплекса продуктов расщепления протеина — протеоз, название которых происходит по аналогии с протеинами, из которых они образованы (***альбумозы, глобулозы***), и из комплекса образовавшихся ***пептонов***.

Высокомолекулярные продукты расщепления улучшают пеностойкость пива, но также участвуют в образовании мутности.

Низкомолекулярные продукты расщепления

Они состоят из мельчайших составляющих белковых веществ — ***аминокислот*** и из образующихся путем полимеризации ***пептидов***. В присутствии воды две аминокислоты соединяются в один дипептид. Соединение — CO-NH — называется пептидным соединением; оно характерно для соединения аминокислотных молекул во всех белковых веществах (см. нижеприведенный рисунок). Олигопептидами называют соединение от 3 до 9 аминокислот, а полипептидами — соединения от 10 до 100 аминокислот.

Олигопептиды

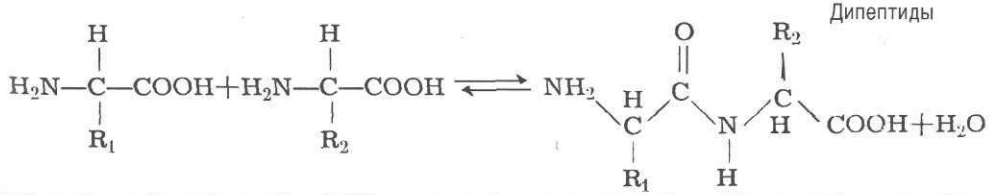


Низкомолекулярные продукты расщепления — это безусловно необходимые для дрожжей продукты питания.

Каждый протеин характеризуется в зависимости:

- **от числа и вида аминокислот, которые в нем содержатся;**
- **от последовательности расположения аминокислот в их соединении;**
- **от объемных структур, в которые упорядочены аминокислоты в молекуле протеина.**

Дипептиды



КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Говоря о порядке расположения аминокислот в молекуле белка, имеют в виду:

- ***первичную структуру;*** под ней следует понимать чередование аминокислот во всей молекуле;
- ***вторичную структуру;*** подобно спиральному расположению глюкозных остатков в молекуле амилозы (см. рис. 1.4а) аминокислотные остатки во вторичной структуре протеина расположены по спирали (наподобие телефонного шнура);
- ***третичную структуру;*** подобно тому, как телефонный шнур можно скатать в клубок, и вторичные структуры сматываются в клубок определенного порядка; при этом между совершенно определенными группами образуются свободные связи, которые и определяют третичную структуру; эта структура зависит от температуры и pH, а также определяет растворимость, денатурируемость и, в конечном итоге, осаждаемость протеинов в различных условиях;
- ***ферменты;*** это протеины такой третичной структуры, у которых есть активный центр, через который возможен контакт его с субстратом по принципу «ключ-замок»; третичной структурой протеинов объясняется также наличие для ферментов оптимальной температуры и оптимального значения pH.

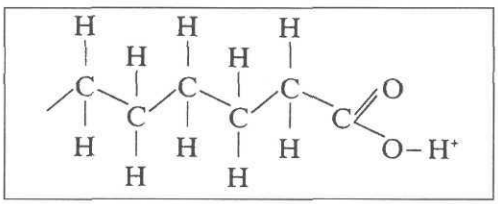
Аминокислоты служат важнейшим источником питания дрожжей при построении новых клеток. В зависимости от величины цепи дрожжи могут или полностью ассимилировать аминокислоты, или отнимать у них аминогруппы. Когда множество аминокислот связаны в цепь, всегда остается одна конечная NH_2-группа. В отличие от нее группы NH остаются недостижимыми для дрожжей. Для питания дрожжей наиболее важными являются содержащие группы NH_2 аминокислоты, характеризуемые следующими показателями:

- ***свободный α-аминный азот (FAN)*** или
- ***α-аминный азот***, иногда
- ***формольный азот***.

1.1.4.3. Жиры (липиды)

Ячменное зерно содержит около 3% жиров, которые откладываются главным образом в алейроновом слое и в зародыше, причем в алейроновом слое и в оболочке содержится жиров в 9 раз больше, чем в зародыше.

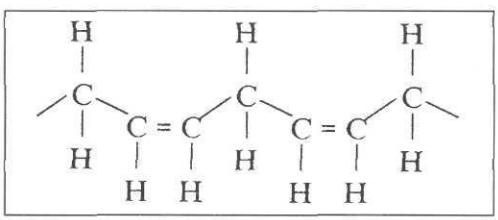
Основными составляющими жиров (липидов) являются жирные кислоты. Под жирными кислотами понимают углеводородные соединения с концевой группой $COO-H^+$, через которую определяется слабая кислота:



При этом различают:

- жирные кислоты с короткой цепочкой, например, уксусная кислота CH_3COOH;
- жирные кислоты с цепочкой средней длины, с 5–14 атомами углерода;
- жирные кислоты с длинными цепочками, с 16–18 атомами углерода.

В последующем нам еще придется иметь дело с этими жирными кислотами, причем особое значение будут иметь ненасыщенные жирные кислоты — такие, у которых существует одна или более двойных связей между строго определенными атомами углерода (см. рис. 1.5б):



Ненасыщенные жирные кислоты имеют большое значение для нашего питания, тем более, что некоторые из них не могут синтезироваться человеческим организмом (так называемые незаменимые жирные кислоты). Они играют существенную роль и при приготовлении пива: так, ненасыщенные жирные кислоты требуются для построения стенок дрожжевых клеток (см. раздел 1.4.1); их производные участвуют в процессах старения пива с ухудшением его вкуса после розлива. В ходе технологических процессов можно проследить изменения в составе ненасыщенных жирных кислот и продуктов их расщепления (дериватов).

Ненасыщенные жирные кислоты очень активны и весьма склонны к разрыву двойных связей через окисление. Это может про-

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

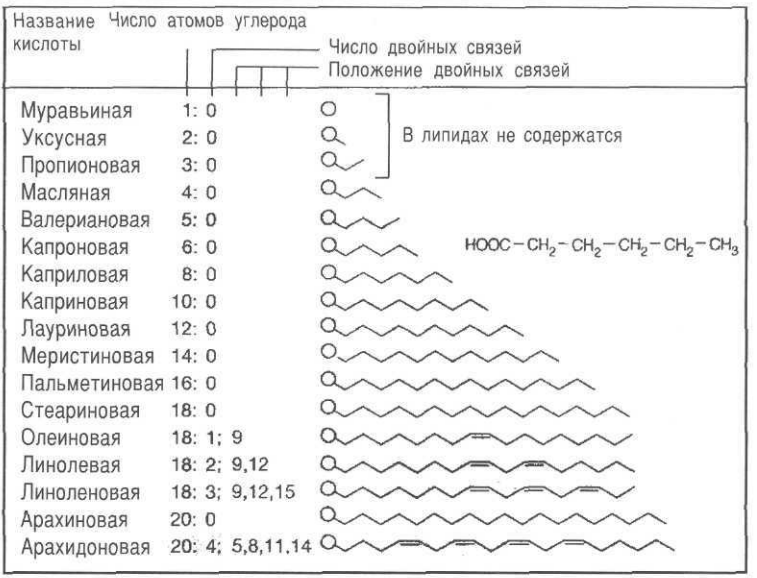


Рис. 1.5б. Важнейшие жирные кислоты

Кружком обозначена COOH-группа; ломаной линией — CH_2-группа или, при насыщенной жирной кислоте, CH-группа; конец цепочки — CH_3-группа

исходить при участии фермента липоксигеназы или неферментативным путем.

Жирные кислоты с цепочками средней длины образуются в основном при главном брожении. При созревании пива они в значительной степени экстрагируются дрожжами и весьма отрицательно влияют на пенообразование.

Жиры (липиды) являются сложными эфирами жирных кислот с глицерином (глицеролом). Сложные эфиры — это соединения кислот и спирта. Глицерин является спиртом (трехвалентным пропиловым, пропанолом).

Жирные кислоты реагируют с глицерином с выделением воды следующим образом:

ОЖК–COO–**H + OH**–C–H_2
|
ОЖК–COO–**H + OH**–C–H
|
ОЖК–COO–**H + OH**–C–H_2

(*где ОЖК — остаток жирной кислоты*).

Образуется липид (жир, масло).

В процессе появления прогорклости эти составные части в присутствии воды снова разделяются.

1.1.4.4. Минеральные вещества

Содержание минеральных веществ в ячмене изменяется в пределах 2–3%. Большая их часть связана неорганически. Основными минеральными веществами ячменя являются:

- фосфаты — около 35% (в пересчете на P_2O_5);
- силикаты — около 25% (в пересчете на SiO_2);
- калийные соли — около 20% (в пересчете на K_2O).

Фосфаты являются не только основными составляющими минеральных веществ и их соединений; их присутствие в ячменном зерне играет существенную роль в образовании важнейших органических соединений (например, фитина, нуклеиновых кислот, коэнзимов, белковых веществ и т. д.). Из этих соединений фосфаты высвобождаются при солодоращении и пивоварении.

Присутствие фосфатов играет большую роль во многих технологических процессах. Так, без фосфатов не может проходить спиртовое брожение, поскольку протекающие при этом процессы химически «завязаны» на фосфорную кислоту.

Особо много ***силикатов*** находится в оболочке ячменного зерна, а также в крахмале. Они коллоидно-растворимы и обнаруживаются в каждом помутнении пива.

Для приготовления пива имеют значения соли в качестве микроэлементов, например,

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

соли цинка для брожения. Большинство солей попадает в пиво из ячменя. Среднее пиво (12%-ное) содержит около 1600 мг минеральных веществ и их окислов на литр. Из них около 400 мг поступает из воды, а около 1200 мг — из солода (причем все карбонаты поступают в пиво из воды).

1.1.4.5. Прочие вещества

В ячмене содержится еще ряд веществ, присутствующих в незначительном количестве, но влияющих на приготовление пива и его качество. Речь идет о дубильных и горьких веществах, витаминах и ферментах.

1.1.4.5.1. Дубильные вещества или полифенолы

В оболочке ячменя, а также в алейроновом слое откладываются дубильные вещества. Обнаруживаются они главным образом в виде неприятного горького («царапающего») вкуса. Их количество тем больше, чем толще оболочка ячменного зерна, и поэтому у толстопленочных сортов ячменя пытаются удалять основную их часть уже в солодовне. То же самое относится и к имеющимся горьким смолам.

Среди полифенолов речь идет прежде всего об антоцианидине и его предшественниках. Все антоцианидины являются горькими красящими и ароматическими веществами, присутствующими во многих фруктах и способными изменять их цвет в зависимости от кислотности (pH).

В пиве эти соединения связаны с высокомолекулярными белковыми веществами и поэтому могут вызывать помутнения, снижающие потребительскую ценность пива и способные даже сделать его полностью непригодным для употребления.

Чтобы избежать подобных помутнений, следует удалять указанные полифенолы до розлива. Возможно также частично или полностью избежать помутнений путем селекции ячменя, не содержащего антоцианидины, или путем проведения каких-либо других стабилизирующих мероприятий. Так, был выведен не содержащий антоцианидинов сорт ячменя Caminant [162].

1.1.4.5.2. Витамины

Витамины — это составляющие пищи; они могут вырабатываться только растениями. Витамины необходимы человеческому организму для поддержания многих процессов обмена веществ, и они должны поступать в него в достаточном количестве. Недостаток витаминов может служить причиной различных заболеваний.

В ячмене содержатся в основном следующие витамины:

- B_1 (тиамин) — преимущественно во внешних частях зерна;
- B_2 (рибофлавин);
- C (аскорбиновая кислота) — в меньшем количестве;
- E (токоферол) — в жире зародыша.

Витамины — это соединения со сложным строением. При хранении и переработке они довольно сильно разрушаются.

1.1.4.5.3. Ферменты ячменя

Ферменты входят в состав всех живых растений и животных организмов, причем ячмень и дрожжи содержат широкий набор ферментов. Многообразные превращения веществ во время получения солода и пива протекают почти исключительно благодаря действию ферментов. Остановимся подробнее на их строении и механизме действия.

Ферменты — высокомолекулярные белковые вещества, которые как биокатализаторы делают возможным или существенно ускоряют определенные реакции. Они действуют уже в весьма малых концентрациях и определяют направление и скорость биохимических превращений.

Название фермента образуется из названия расщепляющегося субстрата с заменой суффикса и окончания на «-аза». Так, фермент, расщепляющий сахарозу, носит название «сахараза».

В ячмене уже содержится ряд ферментов, но в относительно небольших количествах. Большая же часть ферментов образуется лишь в ходе его проращивания при солодоращении.

Строение ферментов

«Строительными кирпичиками» для ферментов служат аминокислоты, соединенные друг с другом пептидными связями —

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

CO-NH. Пептидные цепочки размещены в ферментах не в одной плоскости, а имеют винтообразную структуру, реализуемую с помощью разнообразных связей («мостиков»). Эти спирали, кроме того, многообразно соединены другими видами связей в складки и клубки. Такие структуры в виде спиралей, складок и клубков предварительно точно запрограммированы образующим их организмом и играют решающую роль в механизме действия фермента.

Во всех известных случаях ферменты состоят из белковых клубков, образующих типичную для себя полость («карман»), складку или бороздку, в которую точно «укладывается» субстрат (по принципу «ключ–замок»).

Механизм действия ферментов

В специфичных для данного фермента участках — «кармашках», складках или бороздках (рис. 1.6), образуемых внутри молекулярного клубка, находится активный центр (2) фермента, состоящий из расположенных определенным образом аминокислот и других активных групп.

Активный центр воздействует на субстрат притягивающей силой (a). Когда субстрат находится в ферментном кармашке, то аминокислоты и другие действующие группы фермента связываются с ним. Эти связи имеют электронную или химическую природу. При этом объемное расположение аминокислот изменяется; субстрат находится в своего рода ловушке (b) [19, 20]. После расщепления (c) аминокислоты активного центра возвращаются в исходное положение, продукт отделяется от фермента (d), и фермент готов для следующего процесса расщепления.

В связи тем, что кармашек и активный центр обладают специфической структурой, каждый фермент способен реагировать только со строго определенным субстратом. Отсюда возникает высокая избирательность всех ферментов к тем или иным субстратам, и поэтому для механизма действия фермента характерен каталитический реакционный цикл, представленный на рис. 1.7.

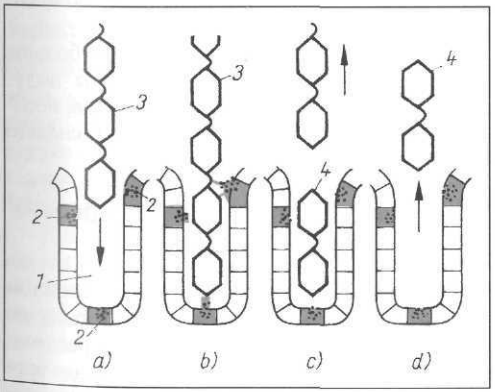


Рис. 1.6. Механизм действия фермента (на примере β-амилазы):

1 — кармашек фермента; 2 — активный центр; 3 — субстрат; 4 — продукт; a — вхождение субстрата; b — связь с активным центром; c — аминокислоты возвращаются в свое положение; d — продукт покидает кармашек фермента

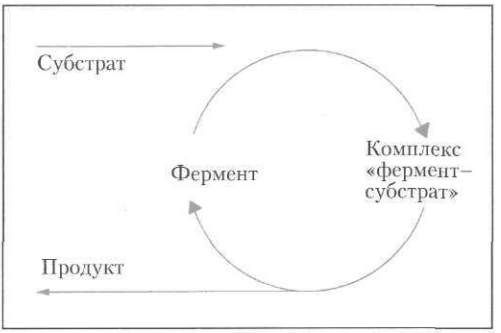


Рис. 1.7. Цикл реакции катализа фермента

У многих ферментов каталитическое действие связано с присоединением ***простетической группы (кофермента, или коэнзима)***. Для работы некоторых ферментов зачастую важно наличие двухвалентных ионов металлов, например, железа, магния, кальция и т. д. Эти металлы образуют связи в структуре фермента.

Причины ускорения реакций ферментами

При осуществлении химических реакций, особенно при расщеплении богатых энергией соединений, для высвобождения энергии необходимо преодолеть энергетический барьер. Если, например, окислить (сжечь) энергона-

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87937) 4-7717

сыщенную целлюлозу (древесину) до низко энергонасыщенных воды и двуокиси углерода, то высвобождается энергия (тепло). Однако этот (экзотермический) процесс не развивается сам по себе, для него требуется (эндотермический) запуск, при котором благодаря подведению тепла (поджиганию) преодолевается энергетический барьер. Это важно для всех подобных процессов в природе: ведь если бы не существовало энергетических барьеров, то все вещества очень скоро перешли бы в состояние равновесия — не было бы энергетических различий, и жизнь стала бы невозможной.

Если субстрат, обладающий определенным количеством энергии (рис. 1.8), переводится из состояния с высоким уровнем энергии (A) в состояние с пониженной энергией (C), то сначала он должен быть переведен в состояние активации (B) путем подведения энергии.

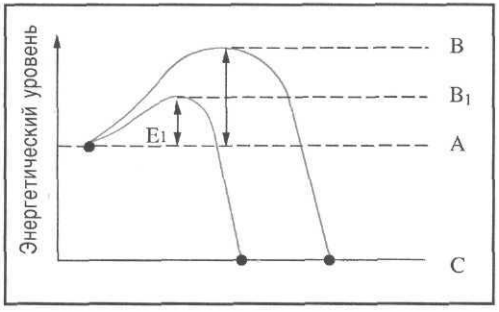


Рис. 1.8. Снижение энергии активации путем использования фермента (действие катализатора)

Требуемая для этого энергия называется **энергией активации** (E).

Лишь после преодоления этого энергетического барьера может быть достигнут энергетический уровень состояния (C) [21].

При наличии фермента (катализатора) энергия активации понижается.

Это означает, что энергетический барьер становится существенно ниже (B_1) и поэтому требуется значительно меньшая энергия активации (E_1). Таким образом, возникает существенное увеличение скорости реакций процессов ферментативного расщепления веществ.

В ячмене, находящемся в состоянии покоя, присутствует незначительное количество ферментов, в основном нерастворимых. Большинство их образуется или освобождается при проращивании.

Эти ферменты необходимы, чтобы перевести находящиеся в эндосперме нерастворимые вещества в растворимую форму, обеспечивающую зародышу возможность построения новых клеточных веществ или возможность получения энергии.

Поэтому главной целью солодоращения является образование ферментов при проращивании, так как они позднее совершенно необходимы для процессов расщепления веществ при затирании в варочном цехе.

1.1.5. Оценка качества ячменя

Качество ячменя в решающей степени влияет на качество солода и производимого пива. Поэтому его оценка для солодовщика весьма важна.

Оценка качества ячменя осуществляется ***путем визуального и ручного обследования и путем технохимических методов анализа.***

Оценку качества проводят по определенным показателям при поставке (контроль соответствия) и при хранении.

Чем больше партия ячменя, тем больше может выявиться отклонений. Чтобы получить точную картину о среднем составе, необходимо отобрать пробы из возможно большего числа мест и перемешать их.

1.1.5.1. Визуальное и ручное обследование

Пивоваренные ячмени выбирают в основном по сорту и месту возделывания. Наряду со ставшими сегодня привычными экспресс-методами при поставке ячменя в настоящее время возрастает значение ручного обследования, то есть оценка качества ячменя по внешним показателям. При этом оценивают:

Запах

Он должен быть чистым, свежим, соломенным. Затхлый, гнилостный, плесневелый за-

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87037) 4-7717

пах указывает на то, что ячмень хранился при повышенной влажности и мог потерять свои качества. В этом случае следует ожидать пониженной всхожести и возникновения трудностей при переработке.

Влажность

На ощупь ячмень должен быть сухим и обладать хорошей сыпучестью. Если зерна прилипают к рукам, то их влажность повышена.

Цвет и блеск

Ячмень должен быть светло-желтым, цвета соломы, блестеть, а зерна должны иметь одинаковые размеры. Зеленоватые зерна свидетельствуют о ранней уборке. Ячмень, перестоявший под дождем, выглядит серым и матовым. Коричневые кончики зерна могут быть признаком сорта (например, Isaria), но обычно это вызывается уборкой при повышенной влажности и приводит к повышенной водочувствительности зерен.

Красное зерно

Красные зерна (эндосперм красного цвета) указывают на массовое поражение фузариумом. При приготовлении солода из подобного зерна появляется большая опасность возникновения такого нежелательного явления, как гашинг (фонтанирование) пива. Ячмень с красными зернами для солодоращения непригоден.

Характеристики оболочек

Оболочки должны иметь тонкую морщинистость, которая свидетельствует о хорошем, богатом экстрактом ячмене. Недостаточно вызревшие зерна зачастую имеют толстые или гладкие оболочки. Толстые оболочки содержат больше дубильных и горьких веществ.

В иные годы в период созревания наблюдается растрескивание зерен ячменя. Это явление возникает из-за смены теплой (солнечное облучение) и дождливой погоды в период налива и созревания зерна. Оно усиливается или ослабляется в зависимости от генетических особенностей тех или иных сортов и влияния плесневых грибов, задерживающих созревание [192]. При этом могут возникать следующие эффекты [191]:

- ***растрескивание оболочек***; при этом переход от брюшной к спинной оболочке закрыт не полностью; оболочки, находящиеся ниже, обычно не повреждены;
- ***растрескивание зерна***; при этом возникают трещины в оболочке и в находящихся ниже слоях, возможно, и в эндосперме; растрескивание — явление, явно затрудняющее получение качественного ячменя;
- ***прорастание зерна***; оно возникает, когда при весьма влажной уборке ячмень начинает прорастать уже на стебле; в этом случае ячмень для приготовления солода непригоден; при нормальных условиях естественный период покоя зародыша гарантирует от прорастания зерна;
- ***премалтинг***; это неточный термин, включающий в себя в основном приведенные выше эффекты.

Степень загрязнения

В зерне не должны присутствовать никакие посторонние предметы, семена сорняков, песок, камни, обрывки веревок, солома, колосья, ости, металлические предметы, половинки зерен, спорынья и другие злаки.

Поврежденные зерна (неповрежденность)

Поврежденные зерна при переработке вызывают технологические и биологические затруднения и должны своевременно устраняться. Повреждения зерен возникают прежде всего при обмолоте и из-за воздействия вредителей.

Форма и величина зерен

Зерна должны быть крупными, полными и округлыми; такие зерна ячменя содержат обычно по сравнению с плоскими и длинными больше экстракта и меньше белка. Однако форма зерна зависит в первую очередь от его сорта.

Однородность

Для производства желательно иметь однородный ячмень с высоким содержанием полных зерен.

Вид зародыша (проросшее зерно)

При уборке, происходившей в очень влажных условиях, партия ячменя может содержать уже проросшие зерна; такие партии для получения солода не используются, так как ячмень в них прорастает очень неравномерно.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87937) 4-7717

Поражение зерна вредителями

Самым распространенным вредителем зерна является долгоносик. У поврежденных им зерен наблюдаются четкие отверстия погрыза, и они всплывают при замачивании. Такой ячмень для приготовления солода не годится.

1.1.5.2. Технохимический анализ

1.1.5.2.1. Сортирование

Сортирование ячменя является важнейшим видом его анализа и может осуществляться быстро и просто. Для этого ячмень разделяется на 4 группы на ситах с отверстиями 2,8 мм, 2,5 мм и 2,2 мм. Все, что остается на ситах I (2,8 мм) и II (2,5 мм), относится к первому сорту (полный ячмень); все что пройдет через них, но останется на III сите, является II сортом. Прошедшее через все три сита зерно считается отходами и реализуется как кормовой ячмень.

Поскольку всегда исследуется 100 г ячменя, то в данном случае грамм равен проценту.

Пример

Сито I	42,5 г	88,5% I сорта
Сито II	46,0 г	(полный ячмень)
Сито III	10,5 г	10,5 % II сорта
На дне	1,0 г	1,0% отходов
	100,0 г =	100%

Нормируемые показатели содержания ячменя I сорта в различных типах ячменя:

Пивоваренный ячмень (среднего качества)	минимум 85%
Хороший пивоваренный ячмень	минимум 90%
Отборный ячмень	минимум 95%

Нормируемые показатели содержания отходов:

Недостаточно очищенный ячмень	более 4%
Пивоваренный ячмень среднего качества	3–4%
Хороший пивоваренный ячмень	2–3%
Отборный ячмень	менее 2%

1.1.5.2.2. Масса 1000 зерен

Так как масса 1000 зерен увеличивается с их влажностью, то производится пересчет на сухое вещество (СВ). Масса 1000 зерен может относиться к результату сортировки и к выходу экстракта ячменя. С возрастанием массы 1000 зерен может увеличиваться содержание I сорта, а значит, и экстрактивность ячменя. Масса 1000 зерен подсчитывается с использованием счетной доски или счетного аппарата и определяется на весах. Поврежденные и посторонние зерна следует предварительно удалить и их массу из подсчета исключить.

Вычисление осуществляют по формуле:

$$\text{Масса 1000 зерен, г на СВ} = \frac{\text{масса отобранных зерен} \cdot 1000}{\text{число всех зерен}}.$$

$$\text{Масса 1000 зерен, г на АСВ} = \frac{1000 - \text{масса отобранных зерен (ВСВ)} \cdot (100 - W)}{100},$$

где W — влажность ячменя (%).

Пример

Проба 40 г содержит 1,6 г поврежденных и посторонних зерен и 1048 ячменных зерен; W ячменя — 11,5%.

1048 зерен весят 40,0 – 1,6 = 38,4 г.

$$\text{Масса 1000 зерен на СВ} = \frac{38{,}4 \cdot 1000}{1048} = 36{,}6 \text{ г.}$$

$$\text{Масса 1000 зерен на АСВ} = \frac{36{,}6 \cdot (100 - 11{,}5)}{100} = 32{,}4 \text{ г.}$$

Масса 1000 зерен составляет 32,4 г.

Нормируемые значения массы 1000 зерен

на СВ:
37–40 г — легкий ячмень
41–44 г — ячмень среднего веса
свыше 45 г — тяжелый ячмень

на АСВ:
нормальные значения — от 38 до 40 г
предельные значения — 30 и 45 г.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87937) 4-7717

1.1.5.2.3. Масса гектолитра

Масса гектолитра рассчитывается из массы 1 гл ячменя. Пивоваренный ячмень имеет массу гектолитра в среднем от 68 до 75 кг.

Изменение массы гектолитра при определенной влажности зависит от многих факторов, которые в настоящее время еще не установлены.

1.1.5.2.4. Проба на срез

Проба ячменя на срез может дать ценные сведения о его ожидаемых технологических свойствах в солодовне и о качестве готового солода. Испытание эндосперма ячменя методом пробы на срез осуществляют с помощью фаринатома, а также различных устройств для поперечного или продольного разрезания зерна.

Хороший пивоваренный ячмень должен содержать не менее 80% мучнистых зерен. Стекловидность других зерен может быть временной или постоянной. Для исследования зерна его следует замачивать 24 часа, затем высушить и вновь разрезать. Постоянная (сохраняющаяся) стекловидность означает, что солод обладает неблагоприятными для его дальнейшей переработки свойствами.

1.1.5.2.5. Технохимический анализ

Каждую партию ячменя анализируют на влажность и содержание белка; другие анализы проводят по необходимости.

Влажность

Определение влажности проводят методом стандартной сушки, при котором измельченный ячмень высушивают установленное время при строго определенной температуре. Существуют также приборы для экспресс-анализа влажности, которые обеспечивают контроль при поставке каждой партии.

Содержание белка

Содержание белка в ячмене играет существенную роль во время приготовления солода и пива. Ячмень, богатый белком, перерабатывается труднее и с большими потерями при солодоращении. Каждый процент увеличения содержания белка дает около одного процента уменьшения экстракта. Поэтому содержание белка играет особую роль при заключении договоров на поставку ячменя; общепринято, что превышение оговоренного содержания белка означает штрафные санкции в том же процентном отношении.

Определение содержания белка осуществляется по методу Кьельдаля (Kjeldahl) или экспресс-методом.

Определение содержания белка

Для этого определяют содержание азота. В белке ячменя содержание азота составляет в среднем 16%. Путем умножения на 6,25 (100 : 16) получают искомое содержание белка.

1.1.5.3. Физиологические исследования

1.1.5.3.1. Прорастаемость

Под прорастаемостью понимают процентное содержание в пробе всех живых зерен независимо от того, находится ли ячмень в состоянии покоя или нет.

Должны прорастать как минимум 96% всех зерен.

1.1.5.3.2. Энергия и способность прорастания

Под энергией и способностью прорастания понимают процентное содержание зерен, проросших к моменту исследования при нормальных условиях солодоращения. Энергия прорастания характеризует прорастаемость зерен через 3 дня, а способность прорастания — через 5 дней.

Высокая энергия и способность прорастания свидетельствует о хорошем, здоровом состоянии ячменя и тем самым — об успешной последующей переработке его на солод.

По истечении 5 суток ***способность прорастания*** должна составлять:

для среднего пивоваренного ячменя	минимум 95%
для хорошего пивоваренного ячменя	минимум 98%
для отборного ячменя	минимум 98%

Энергия прорастания (через 3 суток) должна быть как можно ближе к способности прорастания (через 5 суток).

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ЯЧМЕНЬ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Наряду с определением прорастаемости применяется также ускоренный метод определения потенциала прорастаемости по тетразолхлориду (метод ТТС), особенно хорошо применимый для определения прорастаемости до первого октября данного года уборки.

1.1.5.3.3. Водочувствительность

Различные типы и сорта ячменя обладают различной чувствительностью к водопоглощению, и это должно учитываться в солодовне при замачивании зерна. С ростом водочувствительности время замачивания следует ограничивать. Водочувствительность определяется по разности энергии прорастания зерен при различном количестве воды (4 мл-тест минус 8 мл-тест).

Водочувствительность ячменя до 10% считается очень низкой; от 11 до 25% — низкой; от 26 до 45% — средней, а свыше 45% — высокой.

1.1.5.3.4. Способность к водопоглощению (способность к замачиванию)

Чем больше ферментативная активность ячменя, тем выше его способность к водопоглощению и тем лучше его пивоваренные свойства. Исследование должно определить, в состоянии ли ячмень при минимальном времени замачивания достичь наибольшего водопоглощения.

Способность к водопоглощению (способность к замачиванию) через 72 часа замачивания оценивается следующим образом:

ниже 45% — неудовлетворительная;
от 45 до 47,5% — удовлетворительная;
от 47,6 до 50,0% — хорошая;
свыше 50% — очень хорошая.

1.2. Хмель

Хмель (Humulus lupulus L.) — это многолетнее двудомное вьющееся растение из группы крапивоцветных и семейства коноплёвых растений. В пивоварении применяют соцветия женских растений; они содержат горькие смолы и эфирные масла, придающие пиву горечь и ароматические свойства.

Можно привести такую формулировку: хмель — *это высушенные шишки соцветия* женских растений хмеля и приготовленные из них продукты, содержащие только основные компоненты хмеля.

Выращивают хмель в особых ***областях возделывания***, имеющих для этого подходящие условия. После ***уборки хмеля***, чтобы избежать снижения его ценности, осуществляют его ***сушку и переработку***. Для оценки хмеля важны некоторые показатели относительно ***строения хмелевой шишки и ее состава***.

1.2.1. Области возделывания хмеля

Бесспорно, основными странами, где возделывают хмель, являются Германия и США, за ними следуют Чехия и, в последнее время, Китай. Хмель выращивается и убирается на следующих территориях:

Страна	Площадь возделывания, га	Урожай, т	
	1997	1995	1997
1	2	3	4
Германия	21381	34121	34083
Англия	3067	4078	4474
Испания	847	1724	1158
Франция	774	1108	1149
Бельгия	304	603	550
Австрия	246	335	377
Португалия	128	128	100
Ирландия	6	10	9
Всего по ЕЭС	**26754**	**42109**	**41898**
Чехия	7466	9910	7411
Украина	1900*	2565	740*
Россия	1697*	2500*	847*
Польша	2480	3264	3175
Словения	2326	3967	4194
Румыния	713	1839	622*
Словакия	777	1035	772
Югославия	589	808	930
Болгария	385	360	312
Турция	297	300	292
Швейцария	22	50	45
Венгрия	0	37	0
Всего по Европе	**45406**	**68743**	**61238**

КОМПАНИЯ ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

1	2	3	4
США	17537	35768	33962
Аргентина	212	375	196
Канада	125	165	94
Всего по Америке	**17874**	**36307**	**34252**
Южная Африка	651	1209	985
Зимбабве	0	48	0
Всего по Африке	651	1274	985
КНР	4392*	16005*	11746*
Япония	398	956	762
Индия	108	94	35
Южная Корея	5	9	4
Всего по Азии	**4903**	**17064**	**12548**
Австралия	1053	2558	2454
Новая Зеландия	354	756	769
Всего по Австралии	**1407**	**3315**	**3314**
Всего во всем мире	**70241**	**126686**	**112337**

* Оценка.

Таким образом, общая потребность в хмеле – около 125 000 т, и она не всегда покрывается колеблющимся уровнем ежегодного производства хмеля. (рис. 1.9).

С другой стороны, имеющиеся мировые запасы хмеля покрывают общую годовую потребность. В регионах, где сильно развито потребление пива, легко заметить снижение потребности в хмеле за счет:

- постоянного или частично снижающегося потребления пива;
- повсеместно снижающейся горечи пива;
- возрастающего использования сортов с высоким содержанием α-кислоты.

Германия

Без сомнения, крупнейшей областью возделывания хмеля в Германии является ***Халлертау*** (рис. 1.10).

Основное количество германского хмеля производится на площади 17 440 га (данные 1997 г.) между Аугсбургом и Регенсбургом с центром в районе Майнбурга.

Область возделывания ***Теттнанг*** занимает площадь 1666 га (данные 1997 г.) южнее Бадензее.

В районе ***Эльба–Заале*** 47 производителей (данные 1996 г.) возделывают хмель на общей площади 1526 га (данные 1997 г.). Этот район расположен на территории земель Заксен, Тюрингия и южной части Заксен–Анхальт.

Район возделывания ***Шпальт*** (627 га, данные 1997 г.) расположен на юго-западе от Нюрнберга.

Херсбрук, расположенный северо-восточнее Нюрнберга, находится на границе Французских Альп. По своей площади (106 га, данные 1996 г.) это одна из самых небольших хмелепроизводящих территорий Германии. Наименьшей же является территория ***Баден/Биттбург/Рейнпфальц*** (16 га, всего 3 производителя).

В Германии преобладают ароматические сорта хмеля. В 1996 г. было собрано хмеля:

ароматического	24316 т
горького	8735 т
с высоким содержанием α-кислоты	6300 т
прочего хмеля	160 т
Всего по Германии	**39511 т**

О различных сортах хмеля см. раздел 1.2.6.

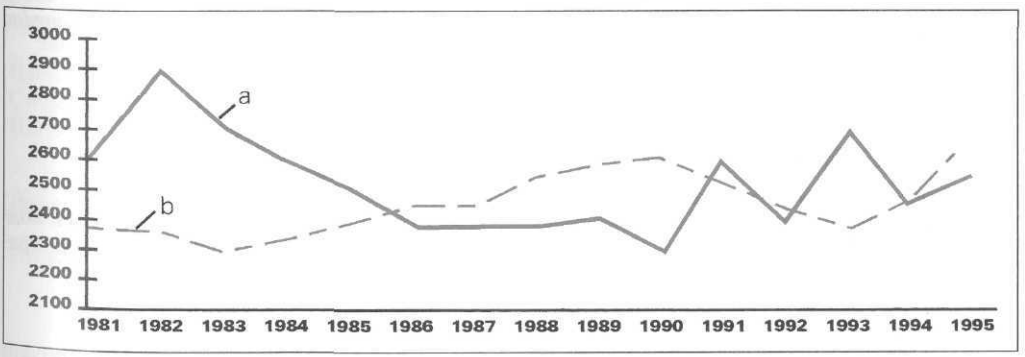


Рис. 1.9. Сбор хмеля и потребность в нем: a) сбор хмеля; b) потребность в хмеле

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87937) 4-7717

Рис. 1.10. Области возделывания хмеля в Германии:

1 — Халлертау;
2 — Теттнанг;
3 — Шпальт;
4 — Херсбрук;
5 — Район Эльба–Заале;
6 — Баден/Биттбург/Рейнпфальц

США

В Соединенных Штатах максимальное количество хмеля собирают в штате Вашингтон (25 318 т, данные 1997 г.), далее следуют Орегон (6156 т) и Айдахо (2487 т). Всего было выращено и собрано хмеля:

ароматического	7741 т
горького	5030 т
с высоким содержанием α-кислоты	19550 т
прочего хмеля	1684 т
Всего по США	**34006 т**

Среди ароматических сортов доминирует *Willamette*, за ним — *Tettnang*. Среди горьких хмелей и хмелей с высоким содержанием α-кислоты преобладают *Galena*, *Nugget* и *Cluster*.

Чешская республика

Основной областью возделывания хмеля в Чехии является Жатецкая (в районе г. Хомутов) (площадь 5640 га, данные 1997 г.), далее следуют небольшие области Уштецкая (936 га) (между гг. Литомнержице и Ческа Липа) и Тршицкая (недалеко от г. Оломоуц) (875 га). Возделываются исключительно ароматические сорта.

Англия

В Англии хмель возделывают на площади 3067 га (данные 1997 г.) в графствах Кент и Херфордшир. Основным является сорт с высоким содержанием α-кислоты *Target*, далее следуют ароматические сорта *Goldings*, *Challenger* и *Fuggles*.

Китай

В Китае на площади 4400 га (данные 1996 г.) получают около 12 000 т хмеля: в провинции Синьцзян на площади 2500 га — 7500 т, в провинции Гансу на площади 1700 га — 4000 т и в провинции Нинься на площади 150 га — 400 т. Возделывают в основном горькие сорта *Tsingdao Blume 641* и *Toyomidori*.

1.2.2. Сбор, сушка и предохранение хмеля от порчи

После сбора хмель следует высушивать и подвергать стабилизирующей обработке для хранения.

1.2.2.1. Сбор хмеля

Сбор хмеля проводят в период его технической зрелости, как правило, в конце августа, и он дол-

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

жен быть завершен в течение 14 дней. Сбор хмеля заключается в освобождении стебля от поддерживающей его проволоки и отделении хмелевых шишек (женских соцветий) с короткими цветоножками. В настоящее время уборка хмеля осуществляется исключительно хмелеуборочными машинами.

1.2.2.2. Сушка хмеля

Влажность свежеубранного хмеля 75–80%, поэтому в таком виде он храниться не может и должен быть немедленно высушен. Сушка осуществляется на ленточных сушилках, а на небольших предприятиях — на решетках партиями. На решетках хмель высушивают до влажности 8–12% в щадящем режиме при температуре максимум 50° С.

Затем хмель упаковывают, то есть прессуют в тюки или в более крупные виды упаковки для хранения. В таком виде хмель не может храниться долго без потери качества. Уменьшение содержания горечи и другие негативные явления возникают из-за

- действия кислорода,
- действия влажности и
- нагревания.

Поэтому хмель следует подвергать стабилизирующей обработке.

1.2.2.3. Стабилизирующая обработка

Большая часть убранного хмеля перерабатывается в экстракт и гранулы, а часть используется в натуральном виде. Однако во всех случаях от уборки до переработки проходит некоторое время, когда хмель необходимо предохранить от порчи. Для этого высушенный хмель прессуют (гидравлическим прессом) в баллоты длиной около 1,1 м и диаметром 0,6 м, его перетягивают мешковиной и зашивают. Подобные баллоты весят около 65 кг. Благодаря прессованию доступ воздуха к хмелю уменьшается и затрудняется поглощение влаги. Для лучшего использования помещений хранилища баллоты складируют в штабеля прямоугольной формы.

1.2.3. Строение хмелевой шишки

Так как хмель относится к двудомным растениям, при его возделывании культивируют только женские растения, которые со второго года дают соцветия, называемые из-за их формы хмелевыми шишками или хмелевыми зонтиками. Знание строения хмелевой шишки очень важно для дальнейшего понимания компонентного состава хмеля (рис. 1.11).

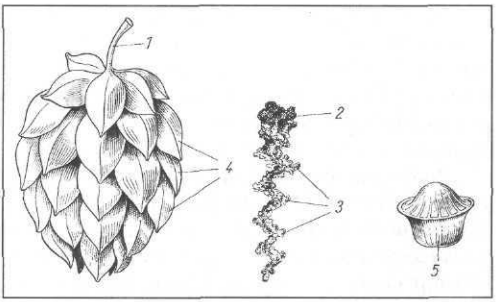


Рис. 1.11. Хмелевая шишка:

1 — цветоножка; 2 — стерженек; 3 — цветки; 4 — лепестки; 5 — лупулин

Часть шишки	Свойства
Цветоножка	Должна быть короткой
Стерженек	Зигзагообразный изогнутый стерженек
Цветки	На каждом изгибе сидят почти невидимые цветки с большими лепестками. Если хмель оплодотворен, здесь образуются семена; оплодотворенный хмель имеет более раскрытую шишку
Лепестки	Желто-зеленые листья яйцевидной формы; на растущем конце они желтее, чем на кончике; лепестки образуют шишку
Лупулин	Желтое клейкое вещество, содержащееся в прицветной чешуйке, которая расположена между стержнем и лепестком. Получается как бы «бокальчик» железы, в котором образуются горькие смолы и эфирные масла; бокальчик пересекается мембраной, препятствующей вытеканию секрета. При касании лупулиновый бокальчик разрывается. Лупулин содержит все компоненты хмеля, важные для приготовления пива (за исключением дубильных веществ).

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2106, г. Кисловодск (87037) 4-7717

1.2.4. Состав и свойства компонентов хмеля

Состав хмеля оказывает решающее влияние на качество производимого из него пива. Хмель в сухом виде состоит из:

горьких веществ	18,5%
хмелевого масла	0,5%
дубильных веществ	3,5%
белка	20,0%
минеральных веществ	8,0%

Остальное — это целлюлоза и другие вещества, не имеющие особого значения для производства пива. Важнейшими для него являются горькие вещества и хмелевое масло.

1.2.4.1. Горькие вещества или хмелевые смолы

Уже на ранних стадиях развития растения образуются ***β-кислоты***, обладающие небольшой горечью и выделяющиеся в образующихся лупулиновых железках. При созревании часть этих β-кислот превращается в значительно более горькие α-кислоты. Превращение части β-кислот во многом зависит от погодных условий. Жаркая и сухая погода при созревании препятствует подобным превращениям больше, чем холодная и влажная.

Важнейшие соединения для формирования горечи пива — ***α-кислоты*** или гумулоны, но они не являются единственными. Одному из соединений, а именно когумулону, приписывают негативную роль в формировании горечи пива. Так как количество образующихся α-кислот и их состав являются сортовыми признаками, при селекции хмеля стремятся получить сорта с меньшим содержанием когумулона. Желательное содержание когумулона — менее 20–25% от содержания α-кислот.

Некоторые сорта, например Northern Brewer, отличаются повышенным содержанием α-кислот (6–9%) и повышенным содержанием когумулона (более 30% от α-кислот). Они обладают большей горечью, но из-за повышенного содержания когумулона зачастую уступают по качеству другим сортам с более низким содержанием когумулона.

Нерастворимые изначально α-кислоты при последующем кипячении с суслом изомеризуются и переходят в растворимые изо-α-кислоты, которые, несмотря на осаждение при охлаждении и брожении сусла, переходят в готовое пиво и способствуют формированию его горечи.

Горькие вещества обладают очень высокой поверхностной активностью и благодаря этому повышают стойкость пены; поэтому у более горького пива следует ожидать и лучшей пеностойкости.

Горькие вещества также тормозят развитие в пиве микроорганизмов; однако эта бактериостатическая сила не особенно велика и не заменяет необходимых мероприятий по повышению стойкости пива.

α-кислоты не обладают неограниченной стойкостью, поскольку мембраны лупулиновых желез проницаемы и слабо защищают их содержимое. Под влиянием кислорода, повышенных температур и высокой влажности воздуха α-кислоты все больше распадаются. Поэтому можно считать, что при температуре хранения 18 °С за два месяца α-кислоты расщепляются на 25% [155]. Это означает, что после образования α-кислот и до созревания уже начинается процесс их распада.

В связи с этим возникает необходимость хранения хмеля до переработки в холодных и сухих условиях без доступа воздуха.

Превращение α- и β-кислот заканчивается образованием твердых смол, не имеющих ценности для пивоварения. Одновременно из боковых цепочек выделяется валериановая кислота, которая придает старому хмелю сырный запах. Правда, в твердой смоле хмеля содержится *ксантогумол*, который может тормозить развитие онкологических заболеваний. Он обнаруживается в изомеризованной форме и в пиве. Ксантогумол содержится также в гранулах хмеля и в спиртовом экстракте.

Вообще же содержание ксантогумола настолько невелико, что для заметного проявления его антиракового действия нужно было бы выпивать ежедневно по нескольку литров пива.

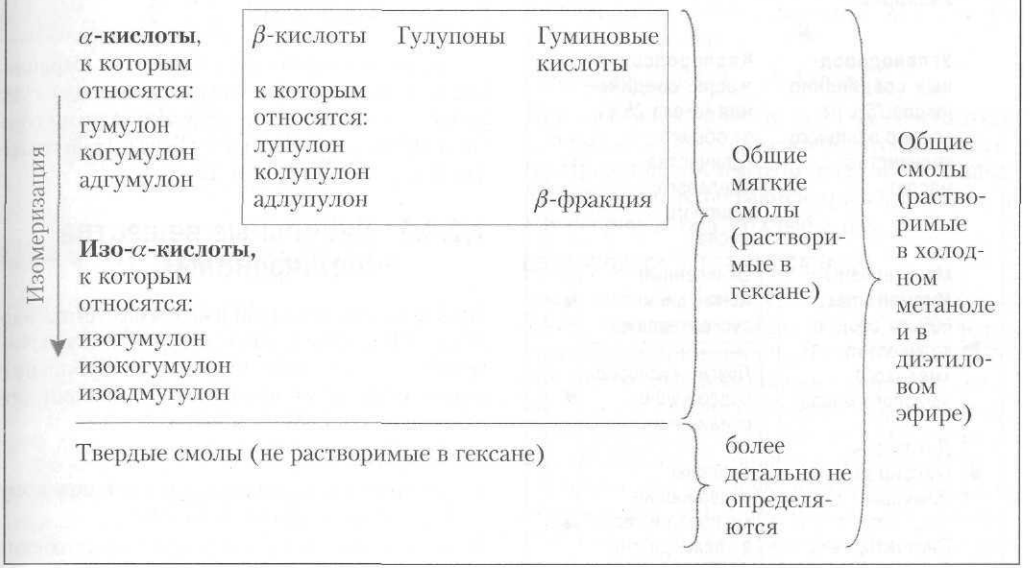
Горькие вещества, то есть хмелевые смолы, разделяют на фракции (главным образом, по их растворимости) (см. табл. на следующей странице).

Как уже отмечалось, отдельные горькие вещества имеют весьма различную горечь, причем горечь α-кислоты в 9 раз больше, чем общей β-фракции. Исходя из этого Вольмер (W□llmer) предложил формулу для оценки горечи хмеля:

$$\text{Величина горечи} = \frac{\alpha\text{-кислоты} + \beta\text{-фракция}}{9}$$

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Горькие вещества являются наиболее ценными и характернейшими компонентами хмеля. Они придают пиву горьковатый вкус, улучшают его стабильность и повышают (благодаря своим антисептическим свойствам) биологическую стойкость пива.



Бесспорно, важнейшим компонентом, определяющим товарную ценность хмеля, является α-кислота. Поэтому в последние десятилетия усиленно занимались селекцией и возделыванием хмеля с высокой горечью (горький хмель), начиная с сорта «Northern Brewer». В последнее время на рынке появились сорта хмеля с высоким содержанием α-кислоты (например, сорта Magnum и Taurus) — от 12 до 15% при содержании когумулона менее 25% [156]. Возделыванию ценных сортов хмеля с высоким содержанием α-кислоты уделяют большое внимание во всем мире.

1.2.4.2. Хмелевое эфирное масло

Хмель содержит от 0,5 до 1,2% хмелевого эфирного масла, под которым понимают от 200 до 250 различных эфирных веществ, легко улетучивающихся при кипячении. Они выделяются вместе с лупулином во время созревания и придают хмелю характерный аромат.

Хмелевое эфирное масло представляет собой смесь углеводород- и кислородсодержащих соединений (см. нижеприведенную таблицу).

С помощью газовой хроматографии можно определить лишь содержание отдельных компонентных составляющих хмелевого масла. При этом отдельные соединения представляются в виде пиков, но из этого невозможно сделать заключение о взаимодействии отдельных составляющих аромата, которые в конце концов определяют полный аромат. Поэтому при оценке хмеля качество, как и прежде, устанавливается путем ручной оценки качества (бонитировки).

Конкретный состав хмелевого масла зависит от сорта хмеля.

Некоторые из соединений имеют особое ароматическое действие.

Низкокипящие монотерпены типа *Мирцен* придают аромату хмеля известную остроту; Мирцен придает пиву грубый неблагородный оттенок и поэтому его присутствие довольно нежелательно. Напротив, в качестве примера положительных компонентов аромата можно рассматривать сесквитерпены — β-кариофиллен, β-фарнезен или гумулены, а также их эпоксиды.

Хотя они летучи и испаряются при длительном кипячении, остаток хмелевого масла

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Киселевск (87937) 4-7717

попадает в пиво и придает ему желательный ароматический оттенок, зависящий от типа пива.

Чтобы сохранить хотя бы часть ароматического хмелевого масла, обычно небольшую часть хмеля добавляют в конце кипячения сусла, лишаясь при этом части изомеризованной α-кислоты (см. раздел 3.4.1.1).

Для этого же селекционируют так называемые ароматические сорта хмеля (ароматический хмель), то есть сорта с тонким ароматом и содержанием α-кислоты в 4–6% при требуемом содержании когумулона менее 20% и возможно более высоком содержании в хмелевом масле гумулена и фарнезена.

За последние 10 лет в Германии выращивание ароматического хмеля увеличилось с 48 до 63% от общего сбора. Ароматическими сортами являются Perle, Spalter Select, Hallertauer Tradition, Hersbrucker и др.

1.2.4.3. Дубильные вещества (полифенолы)

В хмеле содержится дубильных веществ от 2% до 5% на СВ, которые находятся почти исключительно в лепестках и стерженьках. Дубильные вещества обладают несколькими важными для пивовара свойствами, а именно:

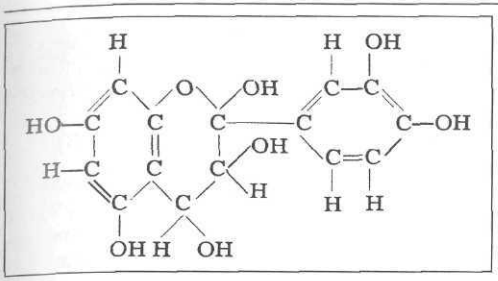
- вяжущим вкусом;
- способностью связывать и осаждать комплексные белковые вещества;
- окислением в красно-коричневые соединения — флобафены;
- способностью связываться с солями железа, образуя соединения с черноватым оттенком.

Из анализа этих свойств следует, что дубильные вещества влияют на образование в пиве помутнений, на его вкус и цвет. Дубильные вещества представляют собой в большей или меньшей степени сложные полимерные соединения, состоящие из множества мономерных фенольных соединений. Поэтому их называют полифенолами. Они представляют собой сложную смесь, в состав которой входят танины, флавонолы, катехины и антоцианогены.

Среди полифенолов по количеству и значимости важнейшими являются антоцианогены, которые составляют около 80% полифенолов хмеля. Антоцианогены солода, содержащиеся преимущественно в алейроновом слое, имеют в основном ту же структуру, что и в хмеле. В сусло обычного состава 80% антоцианогенов поступает из солода и 20% — из хмеля.

Полифенолы хмеля отличаются от солодовых прежде всего более высокой степенью конденсации и большей химической активностью.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru



Структурная формула антоцианогена (лейкоантоцианидин)

1.2.4.4. Белковые вещества

От 12% до 20% сухого вещества хмеля составляют белковые вещества; из них 30–50% попадает в пиво. При приготовлении пива белок хмеля не имеет особого значения (для пенообразования, для полноты вкуса) прежде всего из-за очень небольшого количества.

Прочие составляющие хмеля (углеводы, органические кислоты и минеральные вещества) не представляют для приготовления пива большого интереса.

1.2.5. Оценка качества хмеля

Оценка качества хмеля осуществляется путем

ручной оценки качества (бонитировки) хмеля в шишках и
определения содержания в хмеле и хмелепродуктах горьких веществ

1.2.5.1. Ручная оценка качества хмеля в шишках

Хотя аналитические методы дают весьма конкретные данные о составляющих хмеля, ручная оценка качества (ручная бонитировка) хмеля, как и прежде, играет значительную роль и дает о нем достаточное общее представление.

В соответствии со стандартным методом Научной комиссии Европейского бюро по производству хмеля

по положительным свойствам хмеля дается оценка до +100 баллов и
по снижающим качество свойствам дается оценка до –30 баллов.

Таким образом, оценивают:

Качество сбора (+1 – +5 баллов)

Хмель должен быть хорошо вычесан, без загрязнений, стеблей и листьев. Стерженек шишки засчитывается при длине более 2,5 см, причем допускается содержание не более 3% листьев и стеблей.

Высушенность (+1 – +5 баллов)

При сжатии шишка не должна склеиваться или рассыпаться; стерженёк не должен ломаться. При слишком высокой влажности шишка буреет, легко развиваются грибы, плесень, и хмель приобретает затхлый запах.

Цвет и блеск (+1 – +15 баллов)

Цвет должен быть желтовато-зеленым, а блеск — шелковисто-блестящим. Серо-зеленый цвет шишки свидетельствует о незрелости; желто-красный, вплоть до цвета ржавчины — о перезрелости (наличие окисления); темно-коричневый — о перегреве из-за высокой влажности; наличие красноватых, вплоть до коричневых пятен указывает либо на пораженность хмеля болезнями или вредителями, либо на воздействие града; белый налет и искривленность шишек указывает на пораженность мучнистой росой. Закопченный вид шишки указывает на пораженность черной плесенью, а светло-желтый цвет шишки и зеленый цвет стебельков свидетельствуют об избыточной сульфитации.

Размер шишек (+1 – +15 баллов)

Желательно, чтобы шишки были равномерно крупные, закрытые; у ароматических сортов стержень должен быть выраженно суставчатым и густо покрытым волосками. Плотно закрытые шишки позволяют сделать вывод о достаточном созревании и бережной сушке; это препятствует выпадению зернышек лупулина.

Лупулин (+1 – +30 баллов)

Содержание лупулина должно быть как можно более высоким (+1 – +15 баллов). Зернышки лупулина должны иметь окраску от лимонно-желтой до золотисто-желтой, быть блестящими и клейкими. Лупулин цвета от красно-желтого до красно-коричневого, матовый и сухой свидетельствует о сушке при слишком высокой температуре или о старости хмеля (дополнительно +1 – +15 баллов). При оценке качества хмеля качество лупулина является для пивовара важнейшим показателем.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Аромат (+1 – +30 баллов)

Аромат должен быть чистым, очень тонким и очень устойчивым. При органолептической оценке шишки, растертой на руке, различают чистоту, тонкость и интенсивность аромата. Чистота аромата оценивается как однородная, неоднородная или с посторонним запахом. Аромат может оцениваться как очень тонкий, достаточно тонкий, средне-тонкий, не тонкий, соломенный, затхлый или с посторонними запахами. По интенсивности аромат оценивается как очень устойчивый, устойчивый, среднеустойчивый, слабый, кратковременный, назойливый, пронзительный и неприятно режущий. Каждый тип и сорт обладает собственным ароматом. Посторонними запахами являются дымный, горелый, луковый, чесночный, соломенный, травяной, сенной и серный.

Болезни, вредители, семена (0 – –15 баллов)

Сюда относятся повреждения пероноспорой, чернота (тля), лежалость (клещ патинный), красный кончик лепестка (галлица), наличие отмерших шишек, листьев и семян (семянность), а также прорастание листьев в шишки.

Неправильная обработка (0 – –15 баллов)

К признакам неправильной обработки относят коричневый или пережженный лупулин из-за слишком высокой температуры сушки, прорастание семян из-за избыточной влажности, сильное разрыхление шишки, наличие пятен от опрыскивания и посторонние запахи.

Общая оценка хмеля производится в зависимости от общего количества баллов следующим образом:

до 60 баллов	плохой хмель;
от 60 до 66 баллов	средний;
от 67 до 73 баллов	хороший;
от 74 до 79 баллов	очень хороший;
80 баллов и выше	*отборный.*

1.2.5.2. Содержание в хмеле горьких веществ

Для пивовара содержание в хмеле горьких веществ является важнейшей характеристикой. Оно может определяться только в лаборатории путем экстракции, для чего используют различные общеизвестные методы.

При помощи кондуктометрического метода определяют содержание общих смол, общих мягких смол, твердых смол, ориентировочные нормативные значения которого составляют приблизительно (в % на ВСВ):

	Хмель в шишках и молотый	Обогащенный молотый хмель	Хмелевой экстракт
Общие смолы	12–24	22–40	30–60
Общие мягкие смолы	10–18	18–36	24–54
Показание кондуктометра	4–10	7–20	9–30
β-фракция	5–9	11–16	15–24
Твердые смолы	2–4	2–7	3–10

Показание кондуктометра соответствует содержанию α-кислоты.

Чтобы иметь возможность осуществить надежное дозирование, ***на вакуумных упаковках или на банках всегда указывается общее количество α-кислоты в граммах.***

Если, например, вакуумная упаковка содержит 1350 г хмелепродукта, и наряду с обозначением происхождения, сорта и года сбора хмеля напечатано также «196 г α» («196 G α»), то это означает следующее: в упаковке, содержащей 1350 г молотого хмеля или гранул, содержится 196 г α-кислоты.

Процентное содержание рассчитывается решением обычной пропорции:

1350 г содержимого упаковки = 100%
196 г α-кислоты = x %

$$x = \frac{196 \cdot 100\%}{1350} = 14{,}52\%.$$

Итак, в данном хмелевом продукте содержится 14,52% α-кислоты.

1.2.6. Сорта хмеля

Хмель, без сомнения, является наиболее дорогим сырьем для производства пива. В связи с этим особо важное значение должно придаваться выбору сорта как при выращивании хмеля, так и при торговле им. Выше уже было показано, по каким различным параметрам

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87937) 4-7717

хмель оценивается, однако известно также, что наряду с хмелем, обладающим высоким уровнем горечи, большим спросом пользуются и менее горькие ароматические сорта хмеля.

При торговле хмелем различают следующие сорта:

ароматические;
горькие;
сорта с высоким содержанием *α-кислоты.*

Первые отличаются приятным хмелевым ароматом, содержанием когумулона менее 20% и высоким содержанием ароматических составляющих (кариофиллена, фернезена). Несмотря на несколько пониженное содержание α-кислоты, (2,5–5,0%), такие сорта хмеля зачастую продают по сравнительно высокой цене. К основным немецким ароматическим сортам относятся, например:

- Hersbrucker Spät (Хербрукский поздний);
- Perle (Жемчужина);
- Hallertauer Tradition (Традиция Халлертау);
- Spalter Select (Селекционный Шпальтера).

Среди сортов с более высоким содержанием α-кислот основными считаются:

- Northern Brewer (Северный пивовар);
- Brewers Gold (Пивоваренный золотой).

Сорта с высоким содержанием α-кислоты являются горькими сортами, отличающимися очень высокими значениями α (от 10 до 18%). От хорошего сорта с высоким α требуется также, чтобы содержание когумулона было не более 25%. К важнейшим сортам с высоким содержанием α-кислоты относятся:

- Hallertauer Magnum (рис. 1.11а);
- Nugget;
- Taurus.

Поскольку качество хмеля зависит не только от сорта, но и от области его возделывания, то партию хмеля обозначают сначала по области возделывания, и лишь затем — по сорту, например:

Hallertau Hallertauer Tradition (Халлертау, сорт Hallertau Tradition)
или
Elbe–Saale Hallertauer Tradition (Эльба–Заале, сорт Hallertauer Tradition).

Содержание α-кислоты в хмеле зависит также от года его сбора и в зависимости от погодных условий может колебаться довольно в широких пределах. Так, среднее содержание α-кислоты (в %) в зависимости от года сбора составляло:

Сорт хмеля	1994	1995	1996
Hallertauer Hersbrucker spät	1,3	2,1	4,2
Hallertauer Perle	3,3	4,9	7,8
Hallertauer Spalter Select	2,2	3,5	5,5
Hallertau Hallertauer Tradition	3,7	4,5	6,5
Hallertau Hallertauer mittelfrüh (среднеранний)	2,6	3,3	5,3
Hallertau Nugget	8,8	8,8	10,1
Hallertau Hallertauer Magnum	9,6	11,1	14,0
Hallertau Northern Brewer	5,3	7,1	9,8
Elbe–Saale Nothern Brewer	4,5	6,1	8,6
Elbe–Saale Hallertauer Magnum	9,2	11,0	14,3
Tettnang Tettnanger	2,9	2,6	4,6
Spalt Spalter	2,8	3,3	5,4

В Германии селекция сортов хмеля направлена на создание ценных сортов с высоким содержанием α-кислот, таких, как Hallertauer Magnum, тогда как старые горькие сорта

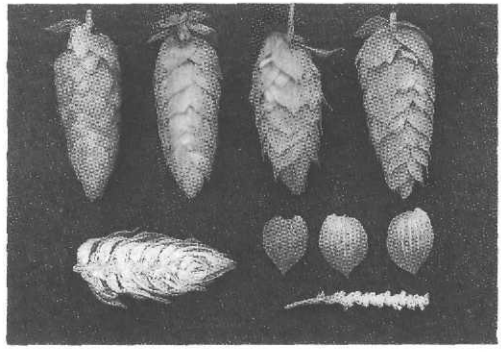


Рис. 1.11а. Хмель сорта Hallertauer Magnum с высоким содержанием α-кислоты

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

(Northern Brewer, Brewers Gold или Hersbrucker Spät) пользуются меньшим спросом.

Высоко ценятся, например, ароматические сорта Perle, Spalter Select, Hallertauer Tradition и Hallertauer:

Сорт хмеля	Площади возделывания, га		
	1994	1995	1996
Hersbrucker	5485	4956	4104
Perle	3591	3705	3889
Spalter Select	1253	1367	1433
Hallertauer Tradition	859	1133	1629
Hallertauer	926	1055	1312
Ароматические сорта, всего	**13 354**	**13 442**	**13 629**
Northern Brewer	4821	4313	3588
Brewers Gold	1316	1140	823
Горькие сорта, всего	**6137**	**5453**	**4411**
Hallertauer Magnum	1317	1850	2379
Nugget	503	668	724
С высоким содержанием α, всего	**1911**	**2619**	**3198**

Цена на хмель зависит от сорта и времени. Государственная закупочная цена в Германии составляла (1996 г.) 150–250 нем. марок за тюк (50 кг) — сорта Perle или Hallertauer Tradition, 450–500 нем. марок за тюк (50 кг) — ароматические сорта Spalter или Tettnanger.

В возделывании хмеля в большинстве стран наблюдается переориентация на горькие сорта, что видно из таблицы данных урожая 1991 г. (Данные в немецких центнерах, равных 50 кг) [4]:

Страны	Ароматические сорта	Горькие сорта
Австралия	1916	40034
Бельгия	3892	8735
Болгария	5920	11330
Германия	425039	302852
Англия	43633	76703
Франция	12376	2370
Югославия	76420	16980
Польша	47495	5120
Испания	—	38408
Чехия и Словакия	220140	—
Венгрия	807	10087
США	197899	429469
Украина	108602	12518
Новая Зеландия	918	8171

Рис. 1.11б. Пример сопроводительного документа на немецкий хмель

Чтобы гарантировать качество хмеля и исключить возможный обман, каждая партия натурального хмеля из немецких областей возделывания опечатывается и снабжается сопроводительным документом (рис. 1.11б), на котором проставляется:

- административное наименование немецкой земли (например, Бавария);
- область возделывания (например, Халлертау);
- год (например, 1993);
- сорт (например, Perle);
- номер тюка или баллота;
- масса в кг.

1.2.7. Хмелепродукты

Количество пивоваренных предприятий, использующих натуральный шишковой хмель, продолжает сокращаться, так как применение хмелепродуктов дает существенные преимущества, а именно:

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2196, г. Кисловодск (87937) 4-7717

1. ***Благодаря применению гомогенных хмелепродуктов можно получить равномерную горечь пива.***
2. ***Хмелепродукты можно хранить практически неограниченное время. Благодаря этому можно управлять запасами хмеля, полученными в благоприятные для урожая годы; одновременно возрастает независимость от большого колебания цен на рынке хмеля.***
3. ***Можно повысить выход горьких веществ.***
4. ***Хмелепродукты требуют меньших затрат на их транспортировку и хранение.***
5. ***Благодаря применению хмелепродуктов становятся ненужными хмелеотделители.***
6. ***Хмелепродукты можно дозировать автоматически.***

Наиболее распространенные хмелепродукты можно разделить на две группы:

- ***Гранулированный хмель;***
- ***Экстракты хмеля.***

В 1997 г. во всем мире из всех хмелепродуктов было переработано [195]:

в натуральный хмель	**15–20%;**
в гранулированный хмель	**40–45%;**
в экстракты хмеля	**30%;**
в изомеризованные продукты	**10%.**

1.2.7.1. Гранулированный хмель

Гранулирование хмеля дает возможность для сохранения его компонентов. Для этого хмель размалывается и затем уплотняется в гранулы. В виде гранул хмель находится в сыпучем состоянии, что существенно облегчает его применение.

Различают три вида гранул:

- гранулы (типа 90);
- гранулы-концентрат (тип 45);
- изомеризованные гранулы.

Гранулы типа 90

При производстве гранул типа 90 из 100 кг хмеля-сырца получают 90 кг порошка, сохраняющего все важнейшие компоненты исходного хмеля.

Производство хмелевых гранул типа 90 осуществляется так (рис.1.12), что шишки хмеля сначала высушивают воздухом с тем-

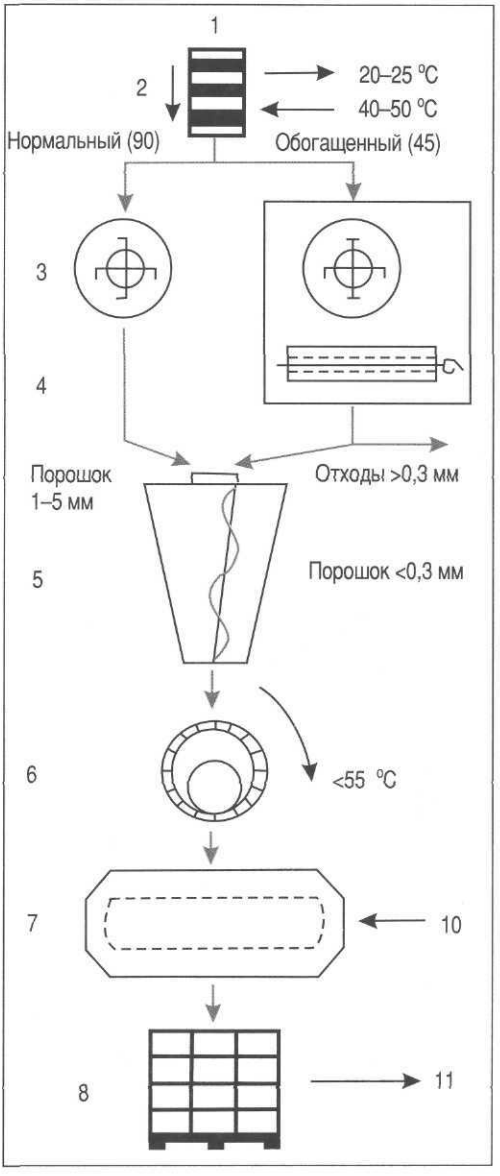


Рис. 1.12. Производство гранулированного хмеля:

1 — подача шишкового хмеля; 2 — сушка до влажности 7–9%; 3 — измельчение; 4 — просев; 5 — перемешивание; 6 — гранулирование; 7 — охлаждение; 8 — упаковка

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

пературой 20–25° С, затем теплым воздухом с температурой 40–50° С досушивают до влажности 7–9% (*2*) и измельчают в порошок с размером частиц 1–5 мм (*3*). Этот порошок перемешивается (*5*) и гранулируется (*6*) в грануляторе с перфорированной матрицей (рис. 1.13). При этом измельчаемый материал спрессовывается и приобретает цилиндрическую форму, типичную для гранул. В ходе этого процесса происходит нагревание хмеля, в связи с чем может потребоваться отвод тепла. Поэтому необходимо следить, чтобы температура не превышала 50° С. В заключительной стадии *охлаждения* (*7*) гранулы *охлаждают* и при отсутствии кислорода воздуха герметично упаковывают (*8*), а упаковку наполняют защитным газом — двуокисью углерода или азотом, что необходимо для сохранения качества компонентов хмеля.

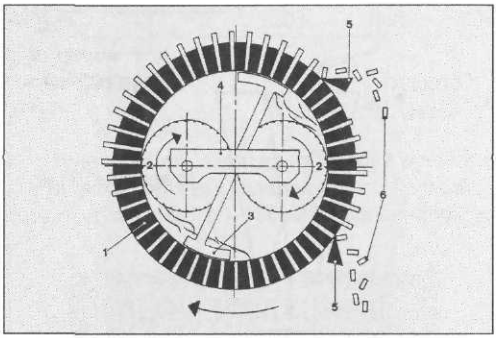


Рис. 1.13. Гранулятор:

1— прессформа (матрица); 2 — вальцы; 3 — распределительное устройство; 4 — перемычка вальцов; 5 — обрезающий нож; 6 — гранулы (по Rohner, MK Muller)

Гранулы-концентрат (тип 45)

Для производства гранул (тип 45), обогащенных лупулином, учитывают то обстоятельство, что общие смолы и хмелевое масло находятся в лупулиновых зернах размером около 0,15 мм. Задача состоит в том, чтобы изолировать эти зерна от шишки и частично отделить их от листьев и стерженьков. Для этого используются щадящие измельчающие и ситовые механизмы.

При проведении механической обработки лупулиновые зерна должны быть твердыми и утратить свою клейкость. Следовательно, их жидкое содержимое должно затвердеть. Поэтому измельчение и просев производят при очень низких температурах, предпочтительно при –35° С.

Тонко размолотый материал содержит лупулиновые зерна и составляет половину массы шишек. Грубая часть, рассматриваемая как отходы, состоит из частиц листьев и стерженьков. При производстве обогащенных гранул предпосылкой является наличие не раздавленных, целых лупулиновых зерен.

При одноразовом процессе рассева отделить лупулиновые зерна невозможно. Лишь при многократном последовательном измельчении и рассеве достигается результат, когда практически все целые лупулиновые зерна не остаются в грубой фракции, попадая во фракцию тонкого помола (рис.1.13а).

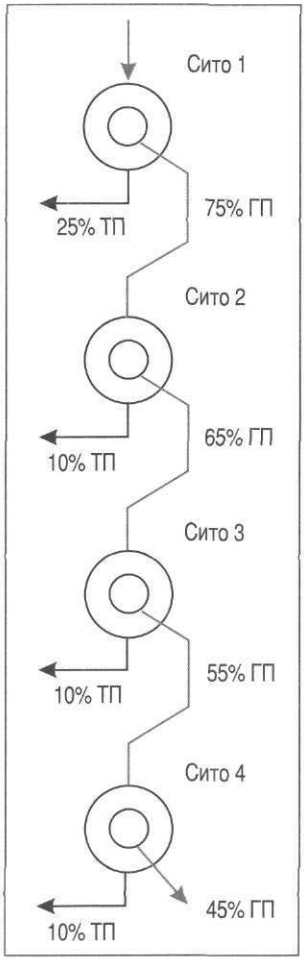


Рис. 1.13а. Производство последовательно обогащаемых гранул (выходное значение соответствует размолотому хмелю-сырцу)

ТП — тонкий помол;
ГП — грубый помол

При этом решающее значение для разделения имеет выбор измельчающей техники и размер отверстий применяемых сит (от 150 до 500 мкм). Процесс разделения с целью дальнейшего концентрирования лупулина может продолжаться [164].

В последние годы можно наблюдать растущую тенденцию к использованию именно обогащенных гранул. Существенным моментом является то, что при применении обогащенных хмелевых гранул с уменьшением количества остатков листьев и стерженьков уменьшается и содержание дубильных веществ.

Гранулы по сравнению с шишковым хмелем увеличивают выход горьких веществ примерно на 10%. Это связано главным образом с ускоренным распределением компонентов гранул в варочном котле и тем самым — с увеличением их контактирующей поверхности, из-за чего ускоряется экстракция и изомеризация.

Решающим условием для сохранности гранул, чувствительных к наличию кислорода, является применение герметичной упаковки. Чтобы добиться содержания остаточного кислорода ниже 0,5% об., упаковку заполняют инертным газом. Доступ кислорода в упаковку предотвращается благодаря применению четырехслойной фольги с защитным алюминиевым покрытием.

Упаковка осуществляется (по выбору) из расчета:

- кг гранул на упаковку или
- кг α-кислоты на упаковку.

Изомеризованный гранулированный хмель

Изомеризация α-кислот может достигаться путем добавления окиси магния. Подобный изомеризованный гранулированный хмель более выгоден по сравнению с обычным, так как после изомеризации:

- увеличивается выход изо-α-кислот;
- сокращается время кипячения;
- сокращаются затраты на хмель и энергию;
- изомеризованные гранулы не требуют хранения при пониженной температуре;
- образуется меньше взвесей горячего сусла.

Изомеризованные гранулы производят (рис. 1.13б) аналогично обогащенным гранулам, но со следующими отличиями:

- перед гранулированием добавляется окись магния, которая, как катализатор, способствует изомеризации α-кислот;

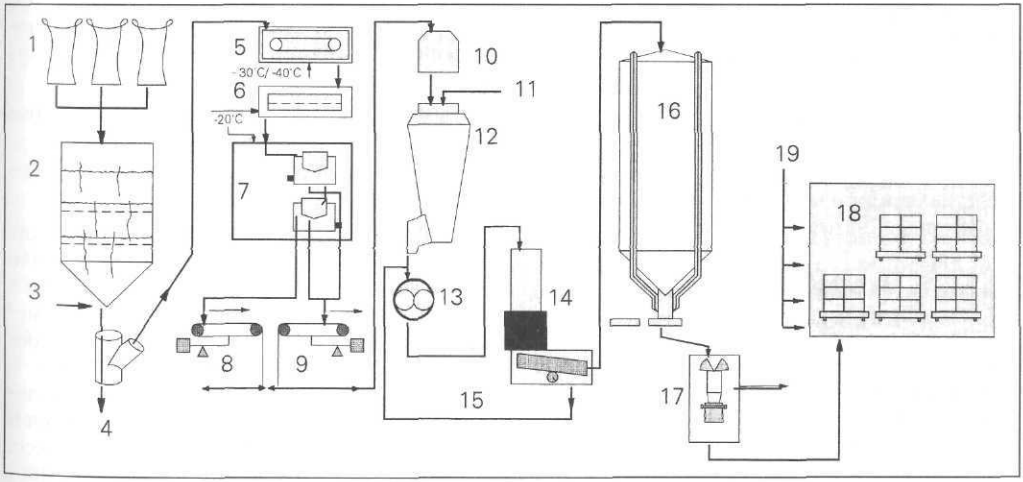


Рис. 1.13б. Производство изомеризованного гранулированного хмеля:

1 — разрезание хмелевых упаковок; 2 — сушка хмеля-сырца; 3 — теплый (50 °С) воздух; 4 — отделение посторонних примесей (камни, стебли); 5 — глубокое замораживание; 6 — измельчение; 7 — разделение на ситах на две фракции; 8 — лепестки шишек; 9 — лупулин; 10 — размалывание; 11 — смесительная емкость; 12 — добавление окиси магния; 13 — гранулирование; 14 — охлаждение и рассев гранул; 15 — измельченные частицы; 16 — гомогенизация гранул; 17 — упаковка; 18 — тепловая камера; 19 — теплый (50 °С) воздух

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

- после упаковки гранул с окисью магния в фольгу и картонные коробки они содержатся в термокамере при температуре до 50° С до обеспечения полной изомеризации.

Этот процесс контролируется; так как гранулы в фольге упакованы герметично, дополнительный кислород к ним проникнуть не может. (Следует заметить, что в Германии применение изомеризованных гранул не разрешено.)

1.2.7.2. Экстракты хмеля

Под экстракцией понимают извлечение отдельных составляющих из твердого вещества с помощью соответствующих растворителей. В пищевой промышленности чаще всего не ограничиваются процессом растворения, а концентрируют жидкости путем испарения растворителей. Задача растворителя — извлечь вещество из твердого тела, то есть он лишь выполняет роль транспортного средства.

В качестве растворителя при производстве хмелевых экстрактов сегодня используют преимущественно жидкий CO_2 или этанол, которые, по соображением защиты окружающей среды, заменили метиленхлорид, прежде долгое время применявшийся для экстракции. Оба упомянутых растворителя хорошо подходят именно для экстракции хмеля, так как полностью растворяют хмелевые смолы и масла.

Применение других органических растворителей весьма проблематично, так как приготовленные из них экстракты неизбежно содержат остатки веществ, которые либо считаются токсичными, либо не соответствуют представлениям о чистоте в смысле немецкого «Закона о чистоте пивоварения».

1.2.7.2.1. Экстракция хмеля этанолом

Экстракция хмеля этанолом осуществляется непрерывным способом, при этом обычный товарный хмель направляется в сепараторы тяжелых и металлических примесей и затем перемешивается шнеками с 90%-ным этанолом. Хмелеспиртовая смесь перекачивается на дробилку мокрого помола и попадает в непрерывно работающий многоступенчатый противоточный экстрактор. В противотоке с хмелем постоянно протекает спирт, который при этом обогащается компонентами хмеля. Почти полностью выщелоченная хмелевая дробина покидает установку и обезвоживается, тогда как спиртовой раствор, так называемая мицелла, содержит все ценные составляющие.

Мицелла, однако, должна быть сгущена в спиртовой экстракт. Это происходит в многоступенчатой вакуумной испарительной установке со стадией сгущения до высокой концентрации. В этой установке экстракт-сырец превращается в концентрированный экстракт. На следующей ступени обработки происходит дальнейшее снижение содержания спирта и разделение на экстракт смол и экстракт, растворенный в горячей воде.

В ходе заключительной стадии процесса в промывочной колонне спирт удаляется без остатка с помощью водяного пара. Этот процесс происходит в вакууме (120 мбар), так что обработка паром может происходить при щадящих условиях (температура 60 °С), при этом в экстракте остается больше хмелевого масла и изомеризуется небольшое количество α-кислоты.

1.2.7.2.2. Экстракция хмеля жидкой двуокисью углерода

Компоненты хмеля можно перевести в раствор с помощью жидкого CO_2. Так как CO_2 при нормальных условиях находится в газообразном состоянии, его необходимо сжижать. Это возможно:

- при нормальном давлении только путем сильного охлаждения или
- при нормальной температуре путем существенного повышения давления.

Экстракцию хмеля жидким CO_2 проводят при температуре около 20 °С и давлении около 70 бар. При этом в экстракционной емкости жидкий CO_2 обогащается компонентами хмеля. Во второй емкости CO_2 испаряется, и остается нелетучий хмелевой экстракт.

Испарившийся CO_2 посредством подведения механической энергии снова сжимается и сжижается, а затем опять вводится в процесс.

На 1 кг хмеля требуется около 20 кг жидкого CO_2. Расход энергии при этом методе несколько больше, и поэтому сам метод становится дороже. Поскольку продукт при использовании данного метода получается очень чистым, то около трети сбора урожая хмеля

перерабатывается в экстракт именно этим методом.

1.2.7.2.3. Экстракция хмеля сверхкритическим CO_2

Принципиально существуют два состояния CO_2, при которых возможна экстракция. Критическое давление для CO_2 составляет 73 бара, критическая температура – 31°С. Выше этого давления и ниже этой температуры CO_2 находится в жидком состоянии, но его растворяющие свойства очень ограничены.

За пределами критических точек говорят о сверхкритическом или жидком (флюидном) CO_2. Для нас растворяющие свойства сверхкритического CO_2 играют важную роль, начиная со 120 бар.

Во всем мире в настоящее время используют экстракцию хмеля сверхкритическим CO_2 при давлении 150–300 бар и температурах 32–100 °С.

Экстракция хмеля сверхкритическим CO_2 представлена на рис. 1.14.

Экстрагируемый хмель в виде гранул подается в экстракционную емкость (*1*), давление в которой поднимается до экстракционного давления. Жидкий CO_2 при давлении 60–70 бар отбирается из рабочего танка (*2*) и сжимается до экстракционного давления (*3*). В теплообменнике (*4*) устанавливается температура экстракции, и сверхкритический CO_2 прокачивается через экстракционную емкость. При этом горькие и ароматические вещества растворяются в CO_2. Далее обогащенный CO_2 попадает в резервуар-сепаратор (*5*). Предварительно давление в расширительном клапане (*6*) понижается до 60–80 бар и CO_2 испаряется в теплообменнике (*7*), но при этом CO_2 теряет свойство растворителя, и экстракт осаждается (*5*). Газообразный CO_2 сжижается в конденсаторе (*8*) и снова попадает в циркуляционный контур экстракции.

Весь процесс экстракции осуществляется порциями; большинство экстракционных установок снабжено несколькими экстракторами. При экстракции под высоким давлением можно изменять растворяющую способность CO_2 путем варьирования температуры и давления. При этом процессы окисления, приводящие к загрязнению окружающей среды, исключаются, и ароматические компоненты извлекаются полностью.

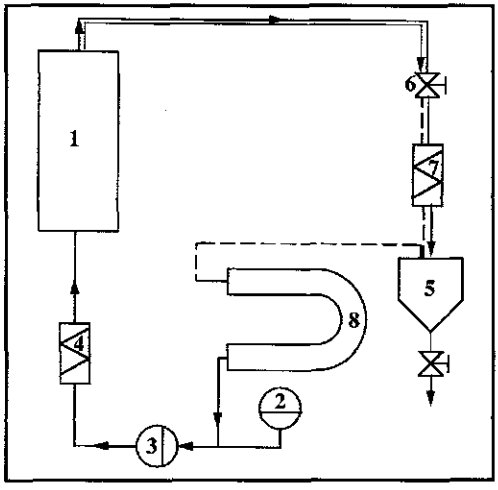


Рис. 1.14. Экстракция хмеля сверхкритическим CO_2:

1 — экстракционная емкость; 2 — рабочий танк; 3 — сжатие; 4 — теплообменник; 5 — резервуар-сепаратор; 6 — расширительный клапан; 7 — теплообменник; 8 — конденсатор

Полученный с помощью CO_2 экстракт хмеля в настоящее время находит широкое применение.

1.2.7.2.4. Порошкообразный экстракт хмеля

Под ним понимают экстракт хмеля, нанесенный на силикагель. Чтобы порошок приобрел сыпучесть, для него требуется как минимум 30–40% силикагеля. Вместо последнего можно использовать хмелевой порошок или гранулированный хмель, но в этом случае содержание порошка или гранул должно быть больше, так как они не могут воспринять так много экстракта, как силикагель, и порошок иначе стал бы клейким и потерял бы свойства сыпучести.

1.2.7.2.5. Изомеризованный экстракт хмеля

Экстракт хмеля можно изомеризовать. Благодаря уже проведенной изомеризации изомеризованный экстракт хмеля можно вносить на различных ступенях пивоваренного производства. Это позволяет увеличить степень использования горьких веществ хмеля до 95%,

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

тогда как при применении натурального хмеля или гранул может использоваться только 25–30%, поскольку в процессе варки промежуточные продукты осаждаются.

Для хранения и транспортировки изомеризованного хмелевого экстракта требуются относительно небольшие расходы; он может храниться в закрытом виде два года без потери качества. После разведения его легко дозировать, обеспечивая точную дозировку содержания горьких веществ в пиве. Если изомеризованный хмелевой экстракт комбинировать с другими хмелепродуктами, то его содержание должно составлять 30–40%.

Примечание: в Германии применение изомеризованных экстрактов не разрешено.

Производство изомеризованного экстракта хмеля

Изомеризованный экстракт хмеля получают из CO_2-экстракта (рис. 1.14а).

Экстракт нагревается и эмульгируется деаэрированной водой (*1*). Эта эмульсия снова нагревается (*2*) и изомеризуется благодаря введению щелочного катализатора (*3*). Процесс изомеризации должен контролироваться. После изомеризации от основного продукта отделяют хмелевые воски и нехарактерные мягкие смолы (*4*), не представляющие интереса для дальнейшей переработки. Раствор охлаждают (*5*) и в нем устанавливают значение pH в размере от 7 до 8. При этом осаждаются и отделяются β-кислоты (*6*). Благодаря дальнейшему сдвигу pH в направлении значений от 5 до 6 в сепараторе отделяются неизомеризованные α-кислоты (*7*).

Свободные изо-α-кислоты осаждают путем радикального снижения значения pH до 2 (*9*) и в этом виде их хранят до окончательной расфасовки. Лишь перед самой поставкой на пивоваренные предприятия изо-α-кислоты переводят в форму калийной соли (*3*) и разводят дистиллированной водой до товарной концентрации, после чего разливают в тару (*10*).

1.2.7.2.6. Тетрагидроизоэкстракт

В этом экстракте, как и в восстановленном изо-экстракте, α-кислота CO_2-экстракта пол-

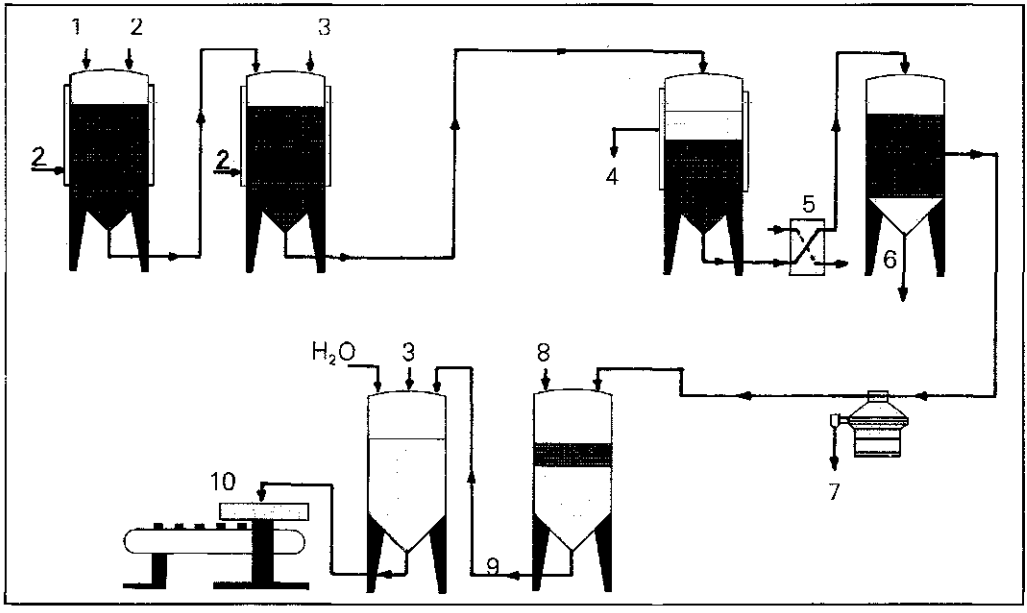


Рис. 1.14а. Производство изомеризованного экстракта хмеля:

1 — деаэрированная вода; 2 — пар; 3 — добавление карбоната калия; 4 — отделение мягких смол; 5 — охлаждение; 6 — отделение β-кислот; 7 — отделение неизомеризованных α-кислот; 8 — добавление кислоты; 9 — выпадение свободного изогумулона; 10 — стандартный изомеризованный экстракт (20/30%) и розлив изомеризованного экстракта

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

ностью изомеризована и восстановлена. Применение этого экстракта дает следующие преимущества:

- не возникает «засвеченного» вкуса (см. раздел 4.6.3); благодаря этому не происходит ухудшения вкуса пива из-за действия света даже при розливе пива в бесцветные пивные бутылки;
- заметно улучшается пеностойкость пива, изготовленного с использованием этого экстракта;
- экстракт очень прост в применении и благодаря эффективному использованию горьких веществ является очень выгодным продуктом, несмотря на то что производство этого продукта довольно сложное и он не дешев.

Тетрагидроизоэкстракт дает смягченную горечь, а гексагидроизоэкстракт заметно улучшает пенообразование.

1.3. Вода

В производстве пива наибольшей по своей массе составной частью сырья является вода, причем только часть воды идет непосредственно в пиво; другая часть расходуется на мойку, ополаскивание и т. п.

Получение и подготовка воды в пивоварении имеет особое значение, так как качество воды существенно влияет на качество производимого пива.

1.3.1. Круговорот воды

Вода на Земле находится в постоянном круговороте (рис. 1.15).

Солнце испаряет воду с поверхности водоемов и земли, а дождь и снег возвращают ее на землю. Количество осадков сильно зависит от климатических условий.

Около 50% осадков поглощается непосредственно растениями и снова ими испаряется. Оставшаяся часть стекает большей частью на поверхность земли, только часть просачивается в глубокие подземные слои, где она собирается в виде грунтовых вод.

Наличие воды и ее использование в отдельных водных бассейнах существенно различается и подвержено в течение года сильным колебаниям. Если в жаркие летние месяцы во многих областях наблюдается хроническая нехватка воды, то после сильных дождей или во время снеготаяния огромное количество воды бесполезно стекает в море.

В последние десятилетия потребность в питьевой воде постоянно растет из-за дальнейшей модернизации домашнего хозяйства, возрастающей индустриализации и роста потребностей сельского хозяйства. Одновременно постоянно растут требования к качеству питьевой воды.

Тем не менее во многих регионах качество воды является серьезной проблемой. Из-за обильного внесения в почву удобрений и накопления отходов вода зачастую не обладает требуемым качеством. Из атмосферы в воду поступают окислы азота, двуокись серы, ам-

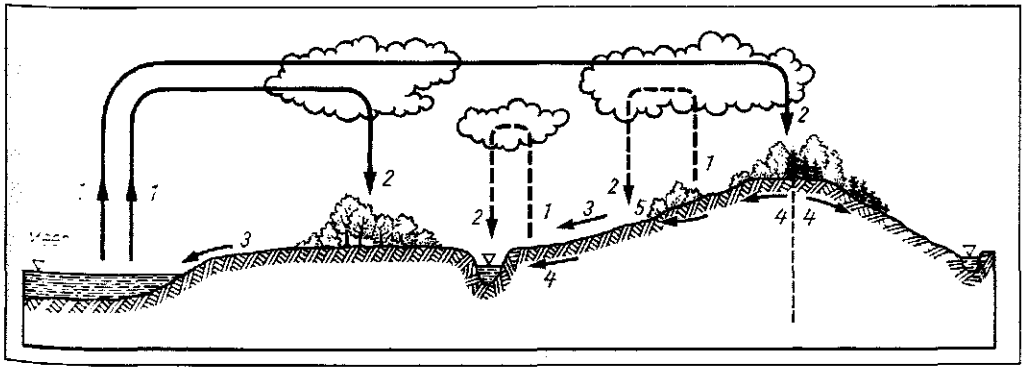


Рис. 1.15. Круговорот воды:

1 — испарение; 2 — осадки; 3 — поверхностный сток; 4 — подземный сток; 5 — родники

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис ХМЕЛЬ
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

миак, а из вносимых в почву удобрений и применяемых средств защиты растений — нитраты, соли тяжелых металлов, галогенсодержащие производные углеводородов и другие ядовитые вещества. Поэтому естественно, что законодатели все в большей степени пытаются исключить ущерб почвам и воде с помощью постановлений и прочих соответствующих мер. Законодатели также добиваются, чтобы и в пивоварении применялась исключительно вода, удовлетворяющая по качеству ***требованиям, предъявляемым к питьевой воде***. Для любой воды, применяемой в пивоваренном производстве, должны соблюдаться данные требования (в Германии — ***«Trinkwasserverordnung»***), которые более подробно будут рассмотрены в разделе 1.3.4.

1.3.2. Потребление воды в пивоваренном производстве

Потребление воды для производства пива колеблется от 3 до 10 гл воды на 1 гл товарного пива, то есть, в среднем, 5–6 гл воды/гл пива.

Потребность в воде на 1 гл товарного пива в отдельных подразделениях пивоваренного предприятия можно определить следующим образом [89].

Приведенные величины являются средними для многих пивоваренных производств, причем:

первое число относится к оценке относительно крупных предприятий (250 000 гл);
второе число относится к оценке малых предприятий (20 000 гл);
третье число определено как оптимальное для относительно крупных пивоваренных производств.

При среднем потреблении от 8,5 до 13,5 гл воды на гл пива и оптимальном потреблении 6,6 гл воды исследованные в 1990 г. пивоваренные предприятия можно отнести к группе с потреблением воды выше среднего. В последние годы в связи с ростом стоимости водопотребления и водоотведения большинство немецких пивоваренных заводов повсеместно снизили свое водопотребление, составляющее в настоящее время в среднем 5–6 гл воды/гл пива. Оптимальное потребление свежей воды при современном уровне развития техники (1998 г.) составляет 3,4–3,8 гл на 1 гл пива.

Наименование подразделения	Потребность в воде: (гл воды/гл пива)	Оптимальная потребность
Приемка сырья до весов	0,16–0,26	0,13
Варочный цех до входа в отделение брожения	1,95–3,11	1,53
Отделение брожения и перекачка молодого пива	0,44–0,70	0,34
Отделение дображивания	0,50–0,80	0,39
Фильтрование	0,47–0,76	0,37
Розлив в бутылки	1,79–2,86	1,40
Розлив в кеги	0,56–0,90	0,44
Розлитое пиво до входа в экспедицию	0,48–0,77	0,38
Экспедиция, сбыт и т. п.	0,37–0,59	0,29
Административное здание; мастерские	0,55–0,87	0,43
Котельная	0,40–0,64	0,31
Цех выработки сжатого воздуха	0,45–0,71	0,35
Холодильное отделение	0,32–0,51	0,25
Технические службы	1,17–1,86	0,91
Безалкогольные напитки	2,00–2,50	1,70
Получение рекуперированной углекислоты	0,70	0,55

Так как для производства пива требуется сравнительно много воды, она становится одним из важнейших факторов его себестоимости. В связи с этим представляет интерес возможность ограничения водопотребления путем ее повторного применения (там, где это возможно) без снижения качества готовой продукции.

Нехватка воды в некоторых регионах в жаркое время года также вынуждает снижать водопотребление. Остановимся на этом подробнее.

1.3.3. Забор воды из водных источников

Одной из основ жизни человека, животных и растений является достаточное водоснабжение. В Германии основное количество питье-

вой воды получали из подземных источников и лишь в отдельных случаях для получения питьевой воды использовались поверхностные воды и их прибрежный фильтрат. Позднее началось строительство первых заводов для забора подземных вод, а затем стали строить плотины с целью получения имевшихся в достаточном количестве поверхностных вод в незагрязненном состоянии. Небольшую часть воды забирают непосредственно из родников.

1.3.3.1. Забор подземных вод

Подземной называется та вода, которая просочилась в почву. Просачивание воды зависит от свойств грунта и его строения, а также от длительности и интенсивности осадков.

Различные виды грунтовых пород по-разному сопротивляются просачиванию воды. В зависимости от своей пористости слои грунта либо поглощают воду (***водоносные слои***), либо не пропускают ее (***водоупорные слои***). Просачивающаяся вода движется по естественным склонам до водоупорного слоя (например, глины, сланцев, мергеля, гранита, сиенита и т. п.) и заполняет поры находящегося над ним водоносного слоя (например, песка, гальки, гравия, извести, гипса, лесса и т. п.). Такая вода называется ***грунтовой***, а ее поверхность — ***зеркалом грунтовых вод***. (Подземные воды по условиям залегания разделяются на верховодку, грунтовые и артезианские. Верховодка залегает наиболее близко к поверхности и ввиду отсутствия водоупорной кровли легко подвергается загрязнению. К грунтовым относятся воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного слоя. Артезианские напорные воды залегают между водоупорными слоями. — *Прим. ред.*)

Высота зеркала грунтовых вод подвержена сильным колебаниям. Зеркало грунтовых вод поднимается из-за выпадающих в течение года осадков с различной интенсивностью — оно может понижаться благодаря естественному оттоку и вследствие забора воды из колодцев и скважин. Из-за постоянно растущей потребности в воде и, соответственно, растущего водозабора в некоторых странах уровень грунтовых вод понизился до величины, вызывающей закономерное беспокойство. Даже в дождливое лето уровень грунтовых вод может подниматься лишь незначительно, так как большая часть осадков уходит на потребление воды растениями. Подъем уровня грунтовых вод происходит прежде всего в невегетационный и морозный периоды — обычно с октября по март.

Вода, фильтрующаяся в прибрежных полосах рек, занимает промежуточное положение между поверхностными и грунтовыми водами. Под ней понимают речную воду, которая сравнительно хорошо фильтруется водонепроницаемыми слоями прибрежных полос рек. По своему составу такая вода колеблется в тех же пределах, что и речная, поскольку растворенные в ней вещества не отфильтровываются.

Забор подземных вод осуществляется:

- через буровые скважины (преимущественно);
- через колодцы с горизонтальным фильтром;
- через шахтные колодцы старой конструкции (редко);
- из родников, через которые подземные воды выходят на поверхность (в некоторых случаях).

Под буровой скважиной понимают устройство для забора подземных вод, подающее воду через вертикальную скважину, стенки которой изготовлены из перфорированных труб. Такую скважину бурят на глубину до 300 м и более, и при этом по всей своей длине она фильтрует водоносный горизонт, охватывая его по всей глубине. В связи с этим подобная скважина, как правило, имеет довольно высокую производительность.

> Чем больше глубина залегания воды, тем меньше в ней микроорганизмов, так как по мере прохождения через слои грунта происходила ее фильтрация, которая биологически очистила воду. Разумеется, в скалистых районах этого не происходит.

Подъем воды на поверхность происходит с помощью насосов. Так как у центробежных насосов ***высота всасывания ограничена (приблизительно до 6,5 м)***, то подача воды осуществляется насосом с трансмиссионным валом (рис. 1.16) или погружным насосом, где сам насос и электродвигатель объединены в водонепроницаемый агрегат, работающий под водой.

1.3.3.2. Забор поверхностных вод

Поверхностные воды забираются из рек или озер, а в больших объемах — из водохранилищ. Речная вода всегда загрязнена сточными водами промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также городскими сточными водами. Очистка речной воды довольно затруднительна, и от ее применения зачастую отказываются по гигиеническим соображениям. Если приходится пользоваться речной водой, то водозабор осуществляют выше по течению от населенных пунктов и от мест сброса сточных вод. При этом используют прямые участки берега или внешнюю сторону поворотов реки, так как эти места загрязнены меньше.

Все большее значение приобретает сооружение плотин в верховьях рек. Путем создания водохранилищ можно:

регулировать сток поверхностных вод, избегать наводнений, осуществлять забор относительно чистой поверхностной воды и использовать часть задержанной воды для выработки электроэнергии.

Водохранилища располагают в верховьях рек. В благоприятном с геологической точки зрения месте в верховье реки долину перего-

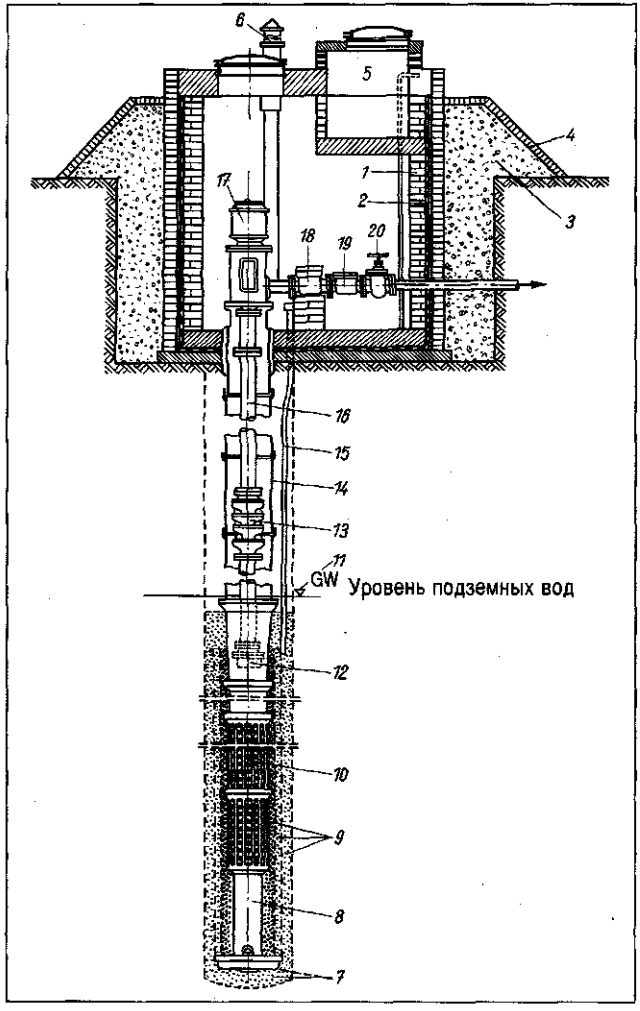


Рис. 1.16. Буровая скважина для забора подземных вод:

1 — помещение насосной станции; 2 — изоляция; 3 — дренажная подсыпка грунта; 4 — дерновое покрытие; 5 — электрощитовая; 6 — вентиляционная труба; 7 — дно скважины; 8 — керамическая труба; 9 — гравийная засыпка фильтра; 10 — керамическая труба фильтра; 11 — уровень (зеркало) подземных вод; 12 — всасывающий патрубок; 13 — насос; 14 — керамическая обсадная труба; 15 — направляющая труба; 16 — подъемная труба; 17 — электродвигатель; 18 — водомер; 19 — обратный клапан; 20 — заслонка (шибер)

раживают плотиной так, чтобы получить большую вместимость водохранилища. Для водохранилищ с питьевой водой необходимо, чтобы на территории водоохранной зоны не было промышленных предприятий и других потребителей, сбрасывающих свои сточные воды. Именно по этой причине в подобных водохранилищах даже запрещено купание. Собирающаяся в водохранилище вода остается в нем несколько месяцев и за это время самоочищается.

Так как поверхностные воды еще не имели соприкосновения с внутригрунтовыми солями, содержание солей в них еще невелико. Тем самым такая вода не обладает буферной способностью и имеет низкий pH, что делает ее агрессивной по отношению к железу и стали.

1.3.3.3. Значение собственного водоснабженния

Вода стоит денег! При получении воды от коммунальных источников за водоснабжение — в зависимости от местных условий — приходится платить, и немало. Выше уже говорилось, что на 1 гл товарного пива необходимо от 4 до 10 гл воды.

Поэтому вполне понятно, почему большинство пивоваренных предприятий располагают собственными установками по забору воды. Как правило, в их распоряжении несколько скважин, из которых они и качают воду.

Естественно, следует учитывать, что собственная вода должна иметь особые качества. Доказательством тому служат названия отдельных сортов пива и их рекламные материалы (например, «с использованием воды из горных источников»).

1.3.4. Требования к воде

Полученная из различных источников с помощью соответствующих устройств вода не всегда удовлетворяет требованиям по качеству. Чтобы соответствовать всем этим требованиям, она должна, как минимум, исследоваться на наличие определенных показателей.

Прежде всего вода для пивоварения должна обладать качествами питьевой воды в соответствии с действующими нормативами по питьевой воде, то есть удовлетворять всем органолептическим, физико-химическим, микробиологическим и химическим требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Кроме того, она должна соответствовать ряду специфических для пивоваренной промышленности технологических требований, соблюдение которых оказывает положительное влияние на процесс производства пива.

1.3.4.1. Требования к питьевой воде

Согласно немецкому Положению о питьевой воде она должна быть бесцветной, прозрачной и без запаха. По своему содержанию и составу растворенных в воде веществ согласно директивам ЕЭС установлены следующие исходные показатели и предельные значения [134]:

Параметр	Ед. измерения	Исходное значение	Предельное значение	
Цветность	Pt/Co, мг/л	1	20	
Мутность	SiO_2, мг/л	1	10	
Температура	°C	12	25	
pH	pH	6,5–8,5	9,5	
Электропроводность	мкS/см	400	—	
Хлориды	Cl, мг/л	25	—	
Сульфаты	SO_4, мг/л	25	250	
Кальций	Ca, мг/л	100	—	
Магний	Mg, мг/л	30	50	
Натрий	Na, мг/л	20	175	(с 1984 г.)
			150	(с 1987 г.)
Калий	K, мг/л	10	12	
Алюминий	Al, мг/л	0,05	0,2	

Параметр	Ед. измерения	Исходное значение	Предельное значение	
Общая жесткость	Ca, мг/л	—	60	(min значение)
Сухой остаток	мг/л	—	1500	
Нитраты	NO_3 мг/л	25	50	
Нитриты	NO_2 мг/л	—	0,1	
Аммиак	NH_4 мг/л	0,05	0,5	
Азот по Кьелдалю (кроме NO_2 и NO_3)	N мг/л	—	1	
Окисляемость (по $KMnO_4$)	O_2 мг/л	2	5	
Хлороформ экстрагируемый	Остаток после испарения, мкг/л	0,1	—	
Углеводороды	мг/л	—	10	
Фенолы	C_6H_5OH мкг/л	—	0,5	
Бор[1]	B, мг/л	1000	—	
Поверхностно-активные вещества	Лаурилсульфат мкг/л	—	200	
Органические соединения хлора	мкг/л	1	25	
Железо	Fe, мг/л	50	200	
Марганец	Mn, мг/л	20	50	
Медь	Cu, мг/л	100(3000*)		
Цинк	Zn, мг/л	100(5000*)		
Фосфор[2]	P_2O_5, мг/л	400	5000	
Фториды	F, мг/л			
	При 8–12° C		1500	
	При 25–30° C		700	
Нерастворимые вещества		0	0	
Остаточный хлор	Cl, мг/л	0	0	
Барий	Ba, мг/л	100		
Серебро	Ag, мг/л	—	10	
Мышьяк	As, мг/л	—	50	
Кадмий	Cd, мг/л	—	5	
Цианиды	CN, мг/л	—	50	
Хром	Cr, мг/л	—	50	
Ртуть	Hg, мг/л	—	1	
Никель	Ni, мг/л	—	50	
Свинец	Pb, мг/л	—	50	
Сурьма	Sb, мг/л	—	10	
Селен	Se, мг/л	—	10	
Пестициды	мг/л		0,1	по отдельности
			0,5	всего
Полициклические ароматические углеводороды	мг/л		0,2	

* После 12-часового пребывания в трубопроводе.

[1] соответствует борной кислоте H_3BO_3, мг/л 6 —

[2] соответствует фосфату PO_4 мг/л 535 7000

Высокие требования предъявляются и к микробиологическим свойствам воды.

После соприкосновения с землей загрязняется любая вода. Число бактерий при этом изменяется в зависимости от степени загрязнения. По мере проникновения в подземные слои во все возрастающей степени осуществляется фильтрация и происходит — в общем

случае — улучшение биологических свойств воды. Так как питьевая вода является важнейшим средством поддержания жизни, ее чистоте следует уделять максимальное внимание.

Вода почти всегда содержит хотя бы несколько микроорганизмов, о которых без проведения трудоемких исследований нельзя судить, насколько они болезнетворны или безвредны. Большинство находящихся в воде бактерий не болезнетворны, но как это определить?

Болезнетворные (патогенные) организмы могут происходить только от человека или животных — носителей возбудителей заболеваний. В толстом кишечнике человека и животных в большом количестве присутствуют безвредные, легко определяемые бактерии — **B. Escherichia coli (кишечная палочка)**, служащие показателем возможности наличия в воде болезнетворных микроорганизмов.

Вода исследуется на наличие Escherichia coli. При их наличии можно судить о возможности передачи постоянно присутствующих возбудителей болезней и, следовательно, последующих эпидемий.

В немецком Положении о питьевой воде и о воде для пищевых производств приводится следующая трактовка: (1) питьевая вода должна быть свободна от возбудителей болезней. Это требование считается не выполненным, если в 100 мл питьевой воды обнаруживается Escherichia coli (предельное значение). Организмы coli-формы не должны присутствовать в 100 мл воды (предельная величина); эта предельная величина считается обеспеченной, если при выборке как минимум 40 исследований по крайней мере в 95 из 100 проб организмы coli-формы не обнаруживаются. Фекальные стрептококки не должны присутствовать в 100 мл питьевой воды (предельное значение).

Обеззараживание воды может осуществляться следующими методами:

- с помощью стерильного фильтрования;
- с помощью ультрафиолетового облучения или
- с помощью добавления хлора, двуокиси хлора или ионов серебра.

Об этом в немецком Положении о питьевой воде сказано: (4) в питьевой воде, которая дезинфицируется хлором, гипохлоритом натрия, магния или кальция, или хлорной известью должно после окончания обработки определяться не более 0,1 мг свободного хлора на л; в питьевой воде, дезинфицируемой двуокисью хлора, должно после окончания обработки определяться не более 0,05 мг двуокиси хлора на л.

Согласно данному Положению для водообработки разрешены лишь вещества, содержание которых после их удаления из обработанной воды может иметь следующие остаточные значения:

Вещество	Назначение	Максимальная добавка, мг/л	Остаток, мг/л
Хлор	Дезинфекция	1,2	0,3 Cl_2
ClO_2	То же	0,4	0,2 Cl_2O_2
Озон	—"—	10	0,05 O_3
Серебро	—"—	—	0,03 Ag
H_2O_2	Окисление	17	0,1 H_2O_2
$KMnO_4$	То же	—	0,05 Mn
Кислород, SO_2 и др.	—"—		
Сульфиты	Восстановление	5	2 SO_3
Тиосульфат натрия	Восстановление до Cl_2	6,7	2,8 S_2O_3

1.3.4.2. Требования к воде для пивоварения

В воде всегда растворены соли, причем поскольку степень разбавления очень велика,

они содержатся в воде не в виде солей, а почти полностью диссоциированы на ионы. Поэтому правильнее говорить о растворенных ионах.

Большая часть этих ионов не реагирует при затирании с компонентами солода (когда они встречаются в первый раз). Другие же, напротив, реагируют с определенными его компонентами. Соответственно, различают:

химически неактивные ионы и химически активные ионы.

Химически неактивные (пассивные) ионы

Под химически пассивными понимают все те ионы, которые не вступают в химические реакции с составляющими солода и переходят в пиво без изменения. Если они присутствуют в повышенных концентрациях, то могут оказывать на вкус пива как положительное, так и отрицательное воздействие. Например, вкус пива округляется при наличии хлорида натрия NaCl. К химически неактивным солям относятся хлорид натрия, хлорид калия KCl, сульфат натрия Na_2SO_4, сульфат калия K_2SO_4 и др.

Однако некоторые из этих химически неактивных ионов при производстве пива влияют на те или иные процессы. Так, присутствие 20–30 мг/л нитратных ионов может приводить к торможению брожения, если в сусле содержатся нитратредуцирующие бактерии. Понятие «химическая неактивность» по отношению к упомянутым ионам относится только к их индифферентности по отношению к компонентам солода, с которыми они могут контактировать во время приготовления сусла.

Химически активные ионы

Ряд ионов, присутствующих в используемой для производства пива воде, при затирании реагируют с компонентами солода, что в ходе технологического процесса влияет на изменение водородного показателя pH.

Водородный показатель pH

Химически чистая вода состоит не только из молекул, так как очень небольшая их часть электролитически диссоциирована.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

Вода имеет нейтральную реакцию, поскольку число H^+-ионов равно числу OH^--ионов: в 1 л воды при 25 °C содержится 10^{-7} грамм-ион H^+, то есть одна десятимиллионная часть грамм-ион H^+ и 10^{-7} грамм-ион OH^-, то есть также одна десятимиллионная часть грамм-ион OH^-.

Если с помощью добавления кислоты увеличить содержание H^+-ионов, то по закону сохранения массы уменьшится процентная доля OH^--ионов, и наоборот, при добавлении оснований и гидроокисей доля OH^--ионов увеличивается, а доля H^+-ионов уменьшается.

Любой водный раствор (не важно, идет ли речь об очень сильной кислоте или основании) содержит H^+- и OH^--ионы, однако их содержание, естественно, различное. Одинаково оно только в нейтральной воде.

Характер раствора определяется содержанием в нем H^+-ионов.

Концентрация H^+-ионов в растворе выражается десятичным показателем степени. Так как в этом случае получились бы очень длинные числа (вплоть до 14 десятичных знаков), на практике применяется только отрицательный показатель степени, обозначаемый pH.

Водородный показатель pH — это отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов в растворе ($-lgC_{H^+}$).

Пример

В некотором растворе содержится 0,000000001 г-ион H^+. В виде десятичного показателя это выражается как 10^{-9} г-ион H^+. pH раствора составляет 9,0. Нейтральной точкой является pH чистой воды, равный 7,07, в которой содержится одинаковое число H^+ и OH^--ионов (рис. 1.17).

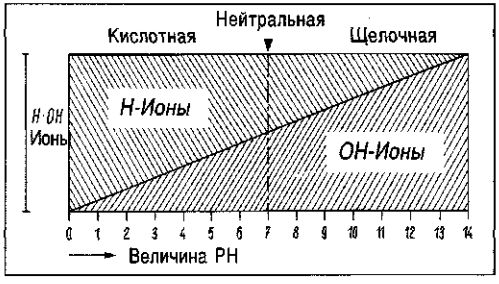


Рис. 1.17. Концентрация H^+-и OH^--ионов.

По их реакции растворы делятся на три группы:

pH < 7 кислая реакция	pH = 7 нейтральная реакция	pH > 7 щелочная реакция
Все кислоты, например, соляная HCl, серная H_2SO_4 и т.д.	Вода, нейтральные соли, например, хлористый натрий NaCl, сульфат натрия Na_2SO_4	Все основания, например, гидроокись натрия NaOH, гидроокись кальция $Ca(OH)_2$, основные соли, например, карбонат натрия Na_2CO_3, карбонат калия K_2CO_3

pH измеряется электрометрически и калориметрически, а для приблизительной оценки — при помощи специальных пропитанных бумажных полосок для определения pH. Значение pH в некоторых жидкостях, в том числе применяемых при производстве пива, примерно составляет:

0,1 н HCl	1,0
0,1 н CH_3-COOH	2,9
Вино	2,8–3,5
Пшеничное пиво	3,3–3,7
Светлое пиво	4,4–4,7
Готовое сусло	5,4–5,5
Водопроводная вода	7,4–7,8
0,1 н $NaHCO_3$	7,6
0,1 н Na_2CO_3	8,5
0,1 н NaOH	13,0

Влияние ионов на pH

При производстве пива величина pH существенно влияет на многие процессы. Например, ферменты действуют оптимально при определенном pH, при других же его значениях их воздействие незначительно. От pH также зависят состояние горьких веществ хмеля и развитие микроорганизмов.

Показатель pH затора и сусла определяется находящимися в них диссоциированными солями и органическими соединениями, попадающими в раствор из воды, солода и из несоложеного зернового сырья и хмеля.

При затирании находящиеся в воде химически активные ионы и растворимые вещества затора образуют различные соединения.

Пример 1. Обладающий щелочной реакцией двузамещенный фосфорнокислый калий из солода реагирует с нейтральным сульфатом кальция:

$$4K_2HPO_4 + 3CaSO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 2KH_2PO_4 + 3K_2SO_4$$

$4K_2HPO_4$ — двузамещенный фосфорнокислый калий; $3CaSO_4$ — сульфат кальция; $Ca_3(PO_4)_2$ — фосфат кальция; $2KH_2PO_4$ — Однозамещенный фосфорнокислый калий; $3K_2SO_4$ — Сульфат калия

Образовавшийся фосфат кальция нерастворим; однозамещенный фосфорнокислый калий имеет кислую реакцию, и поэтому pH затора уменьшается.

Пример 2. Обладающий кислой реакцией однозамещенный фосфорнокислый калий реагирует с нейтральным гидрокарбонатом кальция:

$$2KH_2PO_4 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow K_2HPO_4 + CaHPO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

$CaHPO_4$ — гидрофосфат кальция; $2H_2O$ — вода; $2CO_2$ — двуокись углерода

Из имеющего кислую реакцию однозамещенного фосфорнокислого калия образуется основной двузамещенный фосфорнокислый калий, pH возрастает.

С участием химически активных ионов pH в процессе приготовления пива изменяется.

Смещение значения pH может происходить в кислую или щелочную сторону (см. выше). Для качества пива важны даже самые малые изменения величины pH.

Большинство процессов при производстве пива протекает лучше или быстрее, если pH больше сдвигается в кислую область.

Поэтому в ходе процесса производства величина pH должна быть, по возможности, низкой. При повышении pH придется столкнуться с некоторыми технологическими затруднениями. Поэтому химически активные ионы соли подразделяются на повышающие pH и понижающие pH ионы. Так как соли в применяемой в пивоварении воде находятся большей частью в форме диссоциированных ионов, то лучше говорить об ионах, повышающих значения pH или понижающих его, или о

увеличивающих кислотность = понижающих pH ионах и
снижающих кислотность = повышающих pH ионах.

Жесткость воды

Жесткость воды образуется из-за растворенных в ней ионов кальция и магния. Данные приводятся в немецких градусах жесткости (°d). Немецкий градус жесткости воды определяется следующим образом:

1°d = 10 мг CaO/л = 1 г CaO/гл или также 7,19 мг MgO/л.

По степени жесткости воду классифицируют следующим образом (при этом 1°d = 0,357 мг-экв./л = 0,18 ммоль/л):

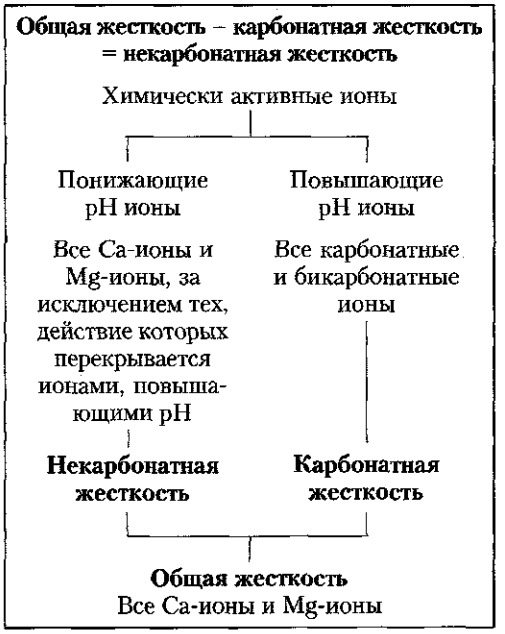
При °d	Характеристика жесткости воды	Щелочноземельные ионы на л	
		мг-экв./л	ммоль
0–4	Очень мягкая	0–1,44	0–0,7
4,1–8	Мягкая	1,45–2,88	0,7–1,5
8,1–12	Средней жесткости	2,89–4,32	1,5–2,2
12,1–18	Достаточно жесткая	4,33–6,48	2,2–3,2
18,1–30	Жесткая	6,49–10,8	3,2–5,3
>30	Очень жесткая	>10,8	>5,3

По более современной классификации:
область жесткости 1
до 1,3 ммоль/л = до 7°d (мягкая);
область жесткости 2
1,3 ммоль/л – 2,5 ммоль/л = 7–14°d (средней жесткости);
область жесткости 3
2,5 ммоль/л – 3,8 ммоль/л = 14–21,3°d (жесткая);
область жесткости 4
свыше 3,8 ммоль/л = свыше 21,3°d (очень жесткая).

Повышающие pH ионы (карбонатные и бикарбонатные) ухудшают ход технологического процесса и качество пива (см. раздел 6.4).

Содержание в воде карбонатных и бикарбонатных ионов называется **карбонатной жесткостью**, временной жесткостью или общей щелочностью.

Повышающему pH действию карбонатных ионов противостоит понижающее действие прочих кальциевых и магниевых ионов, имеющихся в виде хлоридов и сульфатов кальция и магния. Действие этих солей объединяется под понятием **«некарбонатная жесткость»** (или остаточная, а также сульфатная, гипсовая жесткость, так как часть жесткости образуется соответствующими солями).



Карбонатную и общую жесткость в Германии определяют по DIN 17640

Для оценки характера воды, содержащей как повышающие, так и понижающие величину pH ионы, служит такой параметр, как остаточная щелочность (ОЩ). Под ОЩ понимают разность между карбонатной жесткостью (КЖ) и некарбонатной жесткостью (НКЖ), выражающуюся отношением

$$\text{ОЩ} = \text{КЖ} - \frac{\text{КЖ} + 0{,}5\ \text{магниевой жесткости}}{3{,}5}$$

Чем выше остаточная щелочность, тем сильнее проявляется действие карбонатной жесткости, и следует ожидать большего значения pH. Например, для производства пива типа Pilsner ОЩ не должна превосходить 2 °dH, в противном случае используемую воду следует умягчать.

1.3.5. Способы улучшения состава воды

Зачастую качество воды нуждается в улучшении. При этом следует определиться с тем, что именно требует улучшения или изменения — цель определяет способ водоподготовки. К примеру, при использовании воды в качестве питающей для паровых котлов совершенно не важно, содержит ли вода микроорганизмы, тогда как количество растворенных в ней солей, наоборот, имеет решающее значение. С водой для мойки все обстоит как раз наоборот. В связи с этим различают следующие способы водоподготовки:

- для удаления взвешенных веществ;
- для удаления растворенных в воде веществ;
- для уменьшения остаточной щелочности воды при производстве пива;
- для удаления микроорганизмов;
- для удаления растворенных в воде газов.

1.3.5.1. Способы удаления взвешенных частиц

Под взвешенными частицами понимают попавшие в воду нерастворимые частицы почвы и растений. Их удаление обычно осуществляется в два этапа.

Осветление в отстойнике

С помощью снижения скорости движения воды захваченные ею взвешенные частицы медленно осаждаются.

Чем отстойник больше по площади, тем сильнее эффект осветления (при том же объемном расходе), поскольку скорость движения воды падает почти до нуля. Естественными отстойниками являются водохранилища. В отстойном бассейне удаляется, как правило, 60–70% взвешенных частиц.

Однако с помощью осветления в отстойнике все взвешенные вещества удалить не удается, и поэтому воду необходимо отфильтровать.

Фильтрование предварительно осветленной воды

При фильтровании воду пропускают сквозь слой чистого, прокаленного кварцевого песка одинаковой крупности. Взвешенные в фильтруемой воде частички остаются в его порах.

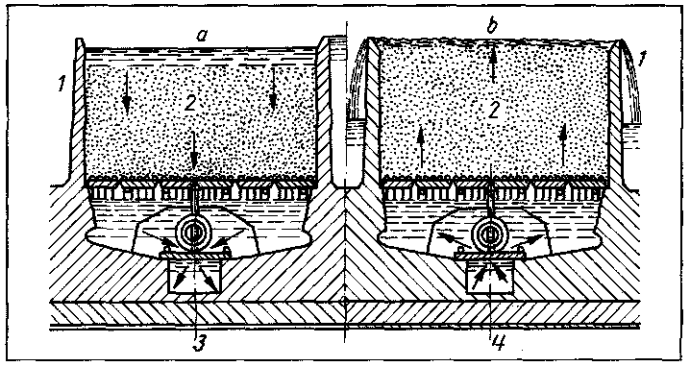


Рис. 1.18. Открытый гравийный фильтр:
a) фильтрование;
b) обратная промывка;

1 — фильтрационный резервуар; 2 — фильтрующий гравий; 3 — канал чистой воды; 4 — подача промывной воды

При больших расходах воды в установках коммунального промышленного водоснабжения применяются открытые фильтры (рис. 1.18) площадью до 150 м^2.

На дне фильтра находится слой кварцевого песка высотой около 2 м, и через него проходит фильтруемая вода. Раз в несколько дней фильтр промывается в обратном направлении, причем процесс промывки дополняется продувкой сжатым воздухом.

Закрытые песочные (гравийные) фильтры применяются в небольших производствах, например, на пивоваренных заводах. Кварцевый песок с диаметром частиц 0,8–1,2 мм уложен на перфорированное днище слоем высотой до 2 м. Проходящая через него сверху вниз вода фильтруется.

У песочного (гравийного) фильтра обратная промывка осуществляется в три приема. По очереди подаются:

- воздух;
- водо-воздушная смесь;
- вода.

Эффект очистки обеспечивается прежде всего промывкой водо-воздушной смесью. Обратная промывка важна прежде всего потому, что она препятствует развитию микроорганизмов [159], однако при фильтровании через гравий об обеззараживании речи не идет.

У закрытых фильтров, работающих под давлением, производительность составляет от 10 до 20 м^3 воды на 1 м^2 площади фильтра в час. Увеличение давления сигнализирует о необходимости промывки фильтра, которую осуществляют в противоположном направлении, причем весь фильтрующий материал разрыхляется так, чтобы были удалены все посторонние вещества. Аналогичным образом работает и фильтр в декарбонизирующих установках.

1.3.5.2. Удаление растворенных в воде веществ

Растворенные в воде соли присутствуют в ней в виде ионов. Некоторые из них с течением времени могут осаждаться в сети трубопроводов и постепенно их забивать или разрушать. Поэтому соли следует удалять, особенно если их содержание в воде повышено.

Прежде всего речь идет о растворенных в воде солях железа и марганца, которые активно осаждаются в трубопроводной сети. Удаление железа и марганца осуществляется путем аэрирования в форме дождевания, разбрызгивания, распыления или других видов аэрации. Таким образом, соли переводятся в нерастворимую форму и удаляются:

$$2\ Fe(HCO_3)_2 + 1/2\ O_2 + H_2O \rightarrow 2\ Fe(OH)_3 + 4\ CO_2.$$

$$2\ MnCl_2 + O_2 + 4\ H_2O \rightarrow 2\ MnO(OH)_2 + 4\ HCl.$$

$$4\ FeS_2 + 3\ O_2 + 6\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ S.$$

Затем требуется стадия последующего фильтрования солей, осаждающихся в виде хлопьев. Наряду с этим в воде присутствуют и другие ионы, которые, хотя и не влияют на трубопроводные сети, но могут иметь определенное значение для производства пива.

Различают открытые и закрытые установки для аэрации с целью удаления солей железа и марганца. В закрытых установках следует обращать внимание на то, чтобы давление воздуха превышало давление воды.

1.3.5.3. Способы улучшения остаточной щелочности

Улучшение остаточной щелочности осуществляется путем ее понижения. Это возможно:

- путем снижения карбонатной жесткости (декарбонизации);
- путем повышения некарбонатной жесткости или
- путем нейтрализации; при этом карбонатная жесткость благодаря добавлению кислот переводится в некарбонатную; необходимо учитывать, что данный способ при применении небиологического подкисления в Германии не разрешен! (Согласно «Закону о чистоте пивоварения».)

1.3.5.3.1. Декарбонизация

Под декарбонизацией понимают удаление карбонатной жесткости. Декарбонизацию можно проводить с помощью:

- нагрева;
- добавления гашеной извести;
- ионообменника.

Декарбонизация с помощью нагрева

Если содержащую карбонаты воду нагреть до 70–80 °С, то гидрокарбонат кальция превращается в нерастворимый карбонат кальция с выделением CO_2, и осаждается на стенках емкости в виде накипи:

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{нагрев}} \underline{CaCO_3} + CO_2 + H_2O.$$

Данный процесс в миниатюре происходит в любой кастрюле с водой, где через некоторое время можно обнаружить слой накипи, из-за которой ухудшается теплопередача. Еще сильнее накипь образуется в паровых котлах, что чревато их взрывом. В связи с этим вода для подпитки котлов должна предварительно умягчаться (например, с помощью ионообменника).

Для воды, применяемой в пивоварении, декарбонизация путем нагрева практически не используется. Так как вода затем снова должна охлаждаться, этот способ совершенно нерентабелен. Однако у него имеется и свое преимущество, поскольку данный процесс практически не требует контроля.

Декарбонизация с помощью гашеной извести

Обычный способ декарбонизации — добавка гашеной извести в виде известковой воды. Гидроокись кальция известковой воды реагирует с гидрокарбонатом воды и образует нерастворимый карбонат кальция:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underline{2\ CaCO_3} + 2\ H_2O.$$

На рис. 1.19 представлена современная **двухступенчатая декарбонизационная установка.**

В сатураторе (*1*) находится насыщенный известковый раствор $Ca(OH)_2$, куда добавляется известковое молоко из смесителя (*2*). Раствор смешивается в реакторе (*3*) с декарбонизируемой необработанной водой и, реагируя, опускается по центральной трубе вниз. Образующийся известковый шлам осаждается в конусе и должен периодически удаляться, тогда как осветляемая вода медленно поднимается вверх и повторяет тот же процесс в следующей емкости для облагораживания (*4*), причем состав воды может свободно регулироваться путем добавления необработанной воды. В находящемся далее гравийном фильтре (*5*) происходит полное удаление еще имеющихся взвешенных веществ.

О работе закрытого гравийного фильтра см. раздел 1.3.4.1.

Декарбонизация известью в настоящее время получила широкое распространение и может проводиться в одну или две стадии. Преимущество данного способа, наряду с его простотой, состоит в относительно низкой стоимости химикатов, а также в том, что, кроме железа и марганца, с его помощью осаждаются и другие тяжелые металлы, и поэтому вода лучше очищается. К недостаткам данного способа можно отнести необходимость уда-

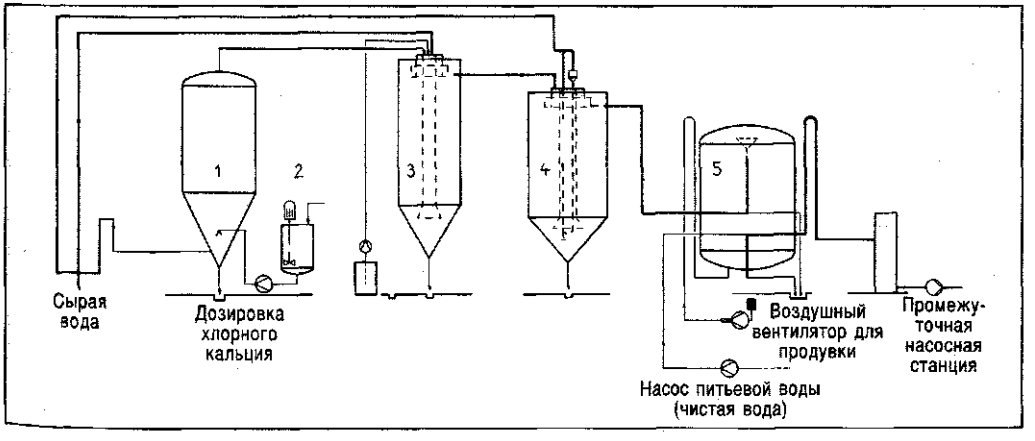


Рис. 1.19. Декарбонизационная установка (с двухступенчатым осаждением)

1 — сатуратор извести; 2 — смеситель; 3 — реактор; 4 — емкость для облагораживания; 5 — гравийный фильтр

ления шлама и изменения дозировки при переменном качестве воды.

1.3.5.3.2. Обессоливание

Уже довольно длительное время для улучшения воды, применяемой в пивоварении, применяются ионообменники, с помощью которых из воды удаляются катионы и тем самым существенно уменьшается ее жесткость. Такие ***катионообменники*** позволяют при плохом качестве воды в особых случаях предварительно подключать известковый декарбонизатор для своего рода предочистки воды и экономить химикалии для регенерации [30]. С помощью ***анионообменника*** можно удалять анионы неорганических кислот после прохождения катионообменника и таким образом получать практически полностью обессоленную воду, не отличающуюся от дистиллированной. Подобная установка с сильнокислотным катионообменником (*1*) и сильноосновным анионобменником (*2*) представлена на рис. 1.20.

В этой установке ионообменники смонтированы попарно, и когда один регенерируется, другой работает, то есть таким образом обеспечивается непрерывное функционирование установки.

Поскольку во избежание коррозии не следует стремиться к абсолютному обессоливанию воды (за исключением воды для паровых котлов), целесообразно в конце подключать регулирующее устройство (*4*) для придания воде желаемой остаточной карбонатной жесткости.

Вода может также подготавливаться способом ***обратного осмоса*** (см. раздел 7.3.1.1.1), но при прочих равных условиях мембранная система требует предварительной очистки воды, так как иначе блокируются мембраны тонкой очистки. Агрессивная двуокись углерода удаляется в основном посредством орошения и дополнительной нейтрализации известковой водой или мраморной крошкой.

При биологическом подкислении (см. раздел 3.2.1.8) к остаточной щелочности пивоваренной воды предъявляется меньше требований. Здесь важно определенное содержание ионов кальция (минимум 50 мг на 1 л) и возможно более низкое содержание нитратов [31].

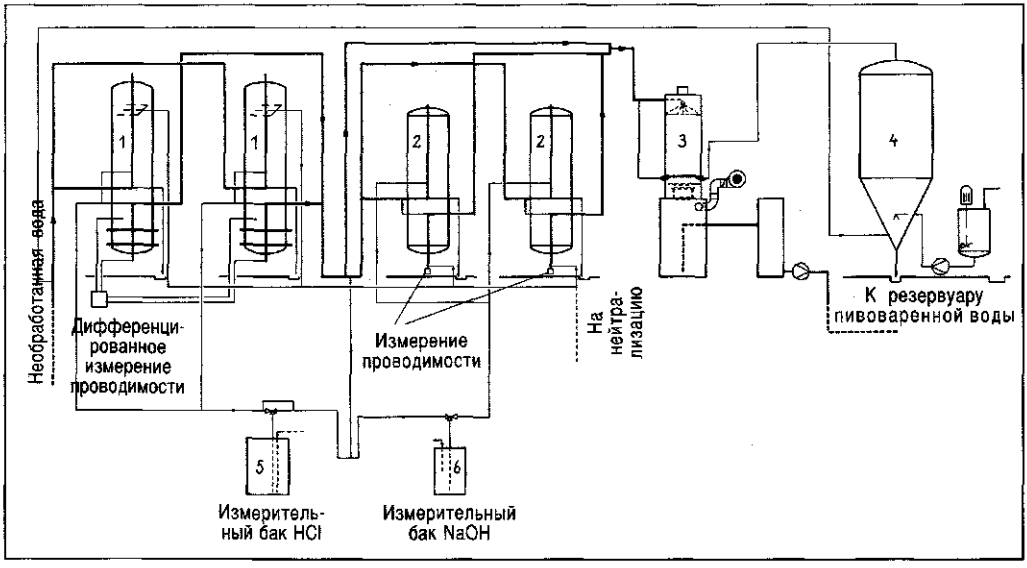


Рис. 1.20. *Установка для подготовки воды, применяемой в пивоварении (две линии попеременно работающей ионообменной установки):*

1 — катионообменник; 2 — анионообменник; 3 — CO_2-ороситель пивоваренной воды; 4 — установка для регулирования карбонатной жесткости; 5 — бак дозировки соляной кислоты; 6 — бак дозировки NaOH

Полное обессоливание воды нежелательно из-за соображений, связанных с неблагоприятным воздействием на здоровье человека и из-за ее повышенной коррозионной способности. Небольшая остаточная жесткость может создаваться путем добавления необработанной воды или солей $CaSO_4$, $CaCl_2$. Ионы кальция необходимы для осаждения оксалатов пивоваренной воды. Кроме того, различные соли участвуют в округлении вкуса пива.

Наряду с химической подготовкой воды большую роль играет и подготовка с применением биологических методов.

1.3.5.4. Обеззараживание воды

Применяемая в пивоварении вода должна соответствовать нормативам, действующим для питьевой воды. Чтобы довести воду до безупречного состояния и иметь возможность хранить ее, можно применить:

- активный хлор (в дозировке до 1,2 мг/л);
- двуокись хлора (максимальная дозировка 0,4 мг/л) и
- озон (максимальная дозировка10 мг/л и концентрация 0,005%).

После применения активного хлора и озона по немецким нормативам допускается обнаружение max 0,001% тригалогенметана, например, хлороформа.

Применяются следующие способы обеззараживания воды.

1.3.5.4.1. Обеззараживание фильтрованием

В качестве обеззараживающих современная промышленность предлагает довольно хорошие и производительные фильтры. В любом случае важна хорошая предварительная подготовка воды, так как иначе фильтр слишком быстро выйдет из строя (о подобных фильтрах см. раздел 4.5).

1.3.5.4.2. Обеззараживание ультрафиолетом

При облучении ультрафиолетовыми лучами микроорганизмы погибают. Данный способ экологически чист и надежен, однако

- затраты на аппаратуру велики, а результат мал;
- толщина облучаемого слоя должна быть небольшой, причем помутнения и окрашенность уменьшают эффект облучения; при высокой мутности приходится применять высокую дозу облучения, УФ-лампы следует периодически менять, а их работу необходимо контролировать

1.3.5.4.3. Обеззараживание озоном

Озон получают из кислорода воздуха с помощью электрического разряда. Озон действует как окислитель, разрушая тем самым клеточные мембраны. Данный способ надежен и экологически чист, но требуемые на него затраты довольно велики. Оба способа (УФ + озон) могут применяться также в сочетании.

1.3.5.4.4. Обеззараживание с помощью хлорирования

При введении газообразного хлора образуется хлорноватистая кислота (HOCl). Она разлагается на HCl и атомарный кислород, обладающий высокой окислительной способностью и убивающий микроорганизмы путем окисления клеточных мембран. Данный способ относительно более дешев в аппаратурном исполнении, но при его применении образуются вредные вещества (AOX, хлорфенолы, тригалогенметаны и др.), — особенно если вода содержит органические вещества или фенол.

1.3.5.4.5. Обеззараживание двуокисью хлора

Двуокись хлора — нестабильный газ, получаемый из соляной кислоты (HCl) и гипохлорита натрия ($NaClO_2$) и сразу же дозируемый в воду. По сравнению с вышеприведенными способами обеззараживания данный метод имеет больше преимуществ, поскольку он:

- не вызывает изменения вкусовых качеств воды;
- образует меньше AOX и хлороформа;
- стоимость его применения относительно невысока;
- его применение безопасно;
- обеспечивает надежное обеззараживание.

Однако необходимо отметить, что время реакции после внесения дозы двуокиси хлора

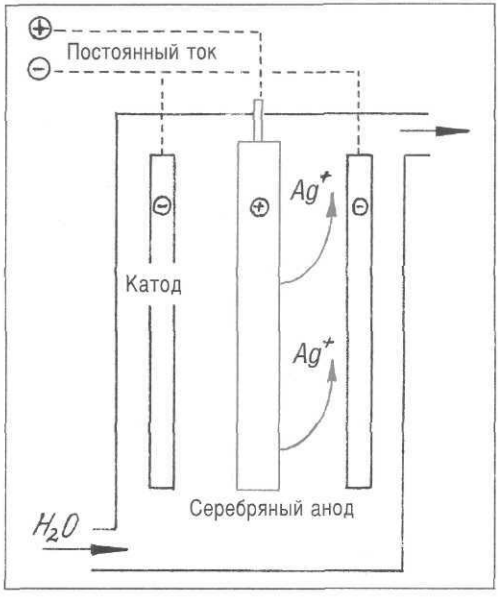


Рис. 1.20а. Обеззараживание ионами серебра

должно быть достаточно велико; необходимо также следить за точностью дозировки. Применение данного способа требует контроля.

Всегда следует учитывать, что с ростом температуры стабильность двуокиси хлора снижается.

1.3.5.4.6. Обеззараживание ионами серебра

Ионы серебра обладают бактерицидным действием. Если струю воды пропускать между серебряными электродами, то можно достичь ее обеззараживания (рис. 1.20а).

1.3.5.5. Способы деаэрации воды

В воде всегда растворено много воздуха, а кислород воздуха вреден для качества пива и уменьшает его стойкость к старению. Вода контактирует с пивом на стадиях технологического процесса и если она содержит растворенный кислород, то это оказывает неблагоприятное воздействие на пиво.

Растворимость воздуха в воде уменьшается с повышением температуры. Очень горячая вода, например, вода для промывки дробины, практически не содержит кислорода, но в воде при низкой температуре его еще много, и это наверняка неблагоприятно скажется на качестве пива. Это относится, прежде всего, к воде на следующих стадиях:

- вода, входящая в состав фильтрационных осадков, образующихся в начале и в конце процесса фильтрования;
- вода для получения суспензии кизельгура и его намывки;
- вода для затирания.

Для деаэрации воды применяют следующие *способы*:

- промывку CO_2;
- вакуумную деаэрацию;
- восстановление водородом;
- термическую деаэрацию;
- деаэрацию с использованием мембран в виде полых волокон.

Промывка CO_2

При этом способе, называемом также стриппингом CO_2, вода подводится через оросительную форсунку, в то время как свободный от кислорода CO_2 протекает встречным потоком снизу вверх. Благодаря большому избытку CO_2 и, следовательно, большой поверхности массообмена, происходит эффективное удаление кислорода.

Вакуумная деаэрация

При вакуумной деаэрации вода закачивается в емкость с вакуумом. Чтобы получить полное удаление кислорода, следует комбинировать данный способ с промывкой CO_2.

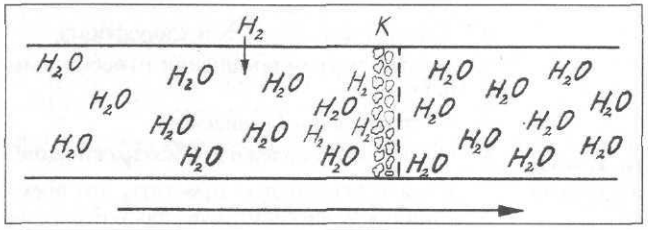


Рис. 1.20б. Удаление из воды газов при помощи водорода (принцип):

K – катализатор палладий

DOHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Восстановление водородом

Если добавлять водород, то содержащийся кислород с ним соединяется, образуя воду (рис. 1.20б).

Для реакции всегда необходим катализатор, в качестве которого используются шарики палладия. Поскольку стоимость подобного оборудования и его эксплуатация достаточно дороги, эту установку следует тщательно проверять и очищать [36].

Термическая деаэрация

Воду при применении данного способа нагревают как минимум до 85 °С. Затем вода распыляется, и содержащийся в ней воздух отгоняется с паром. Преимуществом здесь является одновременное обеззараживание воды.

Деаэрация с использованием мембран в виде полых волокон

Как и при использовании диализа (см. раздел 4.8.3.1), в данном случае имеют дело с модулями, в которых около 30 000 полых волокон длиной около 68 см диаметром около 300 мкм и с порами размером 0,05 мкм, соединены параллельно. Содержащая газы вода обтекает эти волокна, внутри которых движется в противотоке диоксид углерода в качестве промывающего газа. Для перемещения кислорода к CO_2 движущей силой является разность концентраций воды и CO_2, чем и обеспечивается удаление кислорода из полых волокон. Этот способ можно применять без постоянного контроля (Centec, г. Ханау).

1.4. Дрожжи

Дрожжи являются одноклеточными микроорганизмами, которые могут получать свою энергию:

- в присутствии кислорода (аэробно) путем дыхания и
- в отсутствие кислорода (анаэробно) путем брожения.

Сахара сусла при производстве пива сбраживаются дрожжами в спирт. Для этого в пивоварении применяют дрожжевые грибы вида ***Saccharomyces cerevisiae***. Выбранные штаммы этих дрожжей систематически разводятся в виде чистой культуры и выращиваются как пивные дрожжи. Другие штаммы этих дрожжей используются как пекарские, спиртовые или винные.

Так как дрожжи не только осуществляют спиртовое брожение, но своим обменом веществ оказывают и большое влияние на вкус и характер пива, то знание компонентов дрожжей, их метаболизма и размножения имеет большое значение. Различные виды и расы культурных дрожжей имеют ряд отличительных признаков.

1.4.1. Строение и состав дрожжевой клетки

Дрожжи применяют в пивоварении в виде густой массы, состоящей из миллиардов дрожжевых клеток, существующих независимо друг от друга. Эти клетки имеют форму от овальной до круглой, длину — от 8 до 10 мкм и ширину — от 5 до 7 мкм (рис. 1.21).

Дрожжевая клетка состоит примерно на 75% из воды. Сухое вещество имеет состав, изменяющийся в определенных пределах, а именно:

белковые вещества	от 40 до 60%;
углеводы	от 25 до 35%;
жиры (липиды)	от 4 до 7%;
минеральные вещества	от 6 до 9%.

Минеральные вещества состоят из (на 100 г СВ, приблизительно):

2000 мг	фосфатов;
2400 мг	калия;
200 мг	натрия;
20 мг	кальция;
2 мг	магния;
7 мг	цинка и следов железа, марганца и меди.

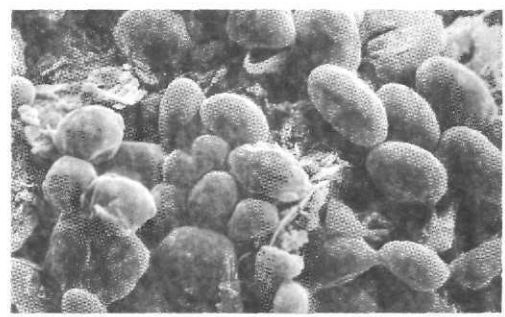


Рис. 1.21. Дрожжевые клетки (фото REM. Schenk—Filterbau, г. Вальдштеттен)

DOHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Кроме того, дрожжи содержат ряд витаминов, среди которых:

тиамин (B_1) 8–15 мг
на 100 г СВ дрожжей;
рибофлавин 2–8 мг;
никотиновая кислота 30–100 мг;
фолиевая кислота 2–10 мг;
пантотеновая кислота 2–20 мг;
пиридоксин 3–10 мг;
биотин 0,1–1 мг.

Каждая дрожжевая клетка (рис. 1.21а) состоит из ***клеточной плазмы*** (цитоплазма, цитозол) (*1*), которая окружена ***клеточной мембраной*** (*3*) и в которой находится ряд органелл, обеспечивающих реакции обмена веществ. При этом важнейшей органеллой является, естественно, ***клеточное ядро*** (нуклеус) — управляющий центр клетки (*10*). Оно окружено двойной пористой мембраной ядра, замкнутой, но пористой.

Ядро клетки содержит основное вещество (плазму), матрицу ядра и хромосомы. В них каждая клетка хранит свой структурный план, закодированный в форме генов. Гены построены из полимерной молекулы, дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), информационный объем которой составляет 10^9–10^{10} бит. ДНК управляет всеми процессами обмена веществ, роста и развития клетки. В ядре клетки размещено также ядрышко ***(nucleolus)*** (*12*), состоящее из рибонуклеиновой кислоты.

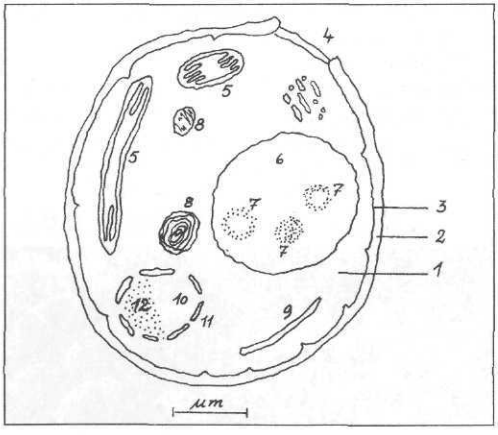


Рис. 1.21а. Дрожжевая клетка (по Hough, Briggs и Stevens):

1 — цитоплазма; 2 — клеточная стенка; 3 — клеточная мембрана; 4 — почечный рубец; 5 — митохондрии; 6 — вакуоль; 7 — полиметафосфатная гранула; 8 — липидная гранула; 9 — эндоплазматическая сеть, 10 — клеточное ядро (нуклеус); 11 — мембрана ядра; 12 — ядрышко

Дрожжевая клетка содержит большое количество ***митохондрий*** (*5*). Митохондрии получают пируват (см. раздел 4.1.2.1.1), образующийся в цитоплазме, и разлагают его в процессе дыхания на CO_2 и воду путем сложных ступенчатых превращений. При этом образуется аденозинтрифосфат (АТФ) и аденозиндифосфат (АДФ) (см. об этом подробнее разд. 4.1.2.1.2), которые представляют собой весьма важные носители энергии. Поэтому митохондрии называют иногда «энергетическими станциями клетки».

Шероховатая ***эндоплазматическая сеть (ЭС)*** (*9*) служит для синтеза протеина, а гладкая ***эндоплазматическая сеть*** синтезирует липиды и отвечает за процессы освобождения от ядовитых веществ. Образующийся протеин блокируется и перемещается в предусмотренное место в везикулах, снабженных оболочкой. Эту задачу берет на себя ***комплекс Гольджи,*** представляющий собой своего рода «сортировочную станцию». Секреторная везикула с ядовитым веществом (например, со спиртом) транспортируется таким образом к клеточной мембране и выносится наружу.

За переработку отходов клетки отвечают ***лизосомы,*** которые обеспечивают внутриклеточное пищеварение и разлагают высокомолекулярные структуры в низкомолекулярные. ***Рибосомы*** синтезируют протеин и распределяют его в клетке. Тем самым они отвечают за «поточное производство», заключающееся в соединении аминокислот с образованием продуктов генного синтеза в соответствии с информацией, получаемой из ядра клетки.

Особенно важны ***клеточные мембраны***, которые окружают не только всю клетку, но и ее многочисленные органеллы. Эндоплазматическая сеть осуществляет интенсивное производство этих мембран.

Важными структурными элементами клеточных мембран являются фосфолипиды. Они обладают весьма типичной структурой, имеющей значение для их функционирования:

где ОЖК — остаток жирной кислоты

DOHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Соответственно два остатка жирной кислоты этерифицируются глицерином ($C_3H_5(OH)_3$), на третью ОН-группу глицерина прикрепляется через фосфатный остаток аминокислота (фосфолипид).

Построение клеточной мембраны из молекул фосфолипидов (рис. 1.22) обусловливает два взаимно противоположных свойства структуры: в то время, как глицериновый остаток с фосфором и аминокислотным остатком (показанным на рис. 1.22 в виде шариков) притягивает воду (является гидрофильным), хвосты кислотных остатков, расположенные в клеточной мембране плотно друг к другу, а в двух слоях — друг против друга, отталкивают воду (являются гидрофобными). В результате образуется непроницаемый двойной слой (мембрана) без наличия связей между фосфолипидными молекулами. По такому образцу построены все клеточные мембраны в животном и растительном мире.

Хотя клеточная мембрана дрожжевой клетки обладает толщиной 6 нм и составляет всего 1/1000 клеточного диаметра, не следует забывать, что она окружает не только весь объем дрожжевой клетки, но и образует мембраны вокруг клеточных органелл и разделяет отдельные области клетки. Поверхность дрожжевой клетки составляет порядка 150 мкм^2; 10 г спрессованных дрожжей имеют контактную поверхность около 9–10 м^2.

Следует подчеркнуть, что при размножении дрожжей необходима очень высокая интенсивность синтеза жирных кислот, так как дрожжевая клетка должна заново построить клеточную субстанцию, объем которой в 4–5 раз превышает ее собственный объем.
О каком количестве молекул идет речь, можно представить, если мысленно увеличить клетку до размера в 1 м: тогда клеточная мембрана имела бы толщину лишь 1 мм!

Энергоемкое образование липидов, представляющих собой главные составные части мембран, зависит от наличия кислорода. При этом часть имеющихся жирных кислот превращается в ненасыщенные жирные кислоты, имеющие более низкую температуру плавления и соответственно обладающие более высокой текучестью. При недостатке кислорода построение клеток преждевременно прекращается.

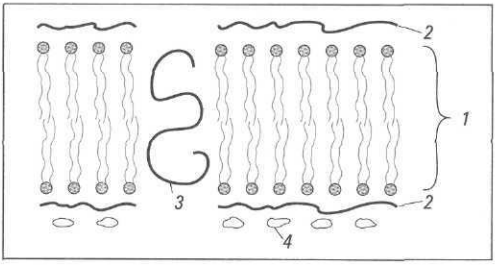


Рис. 1.22. Структура клеточной мембраны:

1 — фосфолипиды; 2 — присоединенные протеины; 3 — транспортные протеины; 4 — присоединенная трегалоза

Стенка клетки полупроницаема. Поступление растворенных веществ (например, сахаров, аминокислот и жирных кислот, минеральных веществ) происходит избирательно через нерастворимые транспортные протеины, находящиеся в мембране (рис. 1.21а, *3*) и пропускающие совершенно определенные вещества или группы веществ. Выделение наружу продуктов распада или ядов, например, образованного спирта, происходит через мембрану при помощи так называемой везикулы Гольджи.

К внешней поверхности клеточной мембраны прикреплены гликолизированные полисахаридные остатки (гликокаликс) (рис. 1.22а).

Они на 30–40% состоят из маннана и на 30–40% — из глюкана. Находящийся снаружи маннан связан сложной эфирной связью с фосфором, а находящийся внутри глюкан связан сложной эфирной связью с серой и интегри-

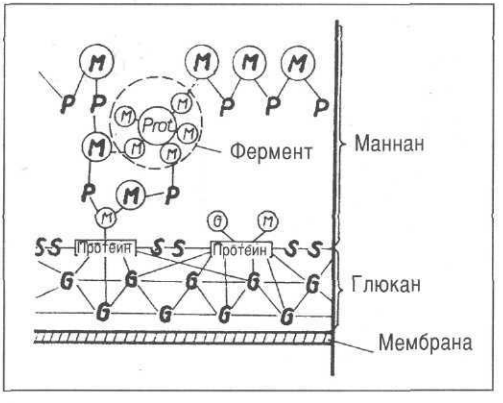


Рис. 1.22а. Схематическая структура клеточной стенки (по Hough, Briggs и Stevens)

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

рован в общем комплексе белков и ферментов, которые обеспечивают расщепление веществ для прохода их через клеточную мембрану. Поэтому структура этих сложных образований играет большую роль.

На внутренней и внешней стороне мембраны находятся периферийные протеины (см. рис. 1.22а); на внутренней стороне расположен еще слой трегалозы (рис. 1.22, *4*).

Совокупность оболочки, состоящей из клеточной мембраны, прикрепленных слоев и гликолизированных остатков (гликокаликса) называется ***стенкой клетки***.

На рис. 1.22б еще раз представлено строение клеточной мембраны из фосфолипидов, на этот раз в объемном изображении. Присоединенные транспортные протеины в состоянии обеспечить прохождение через мембрану только специфических для данных протеинов соединений (мальтозы, пептидов и других соединений).

Цитоплазма (цитозол), занимающая более 50% объема клетки, является важнейшей частью ее внутреннего содержимого. Это центральное реакционное пространство клетки, в котором располагается большинство путей обмена веществ при расщеплении питательных компонентов и при построении собственных элементов клетки. Весь промежуточный обмен веществ — гликолиз (см. п. 4.1.2.1), синтез жирных кислот, биосинтез протеинов и многое другое протекает здесь в своем многообразии параллельно друг другу. В водной среде движутся рибосомы, ферменты и продукты расщепления — близко друг от друга в мощных потоках среды.

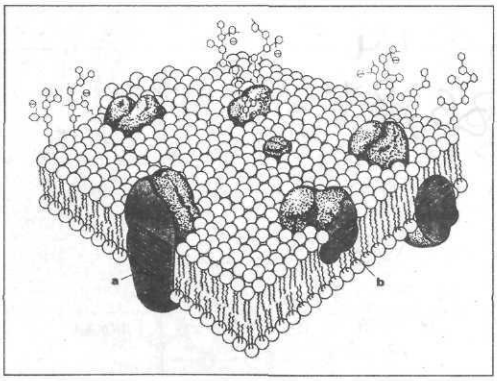


Рис. 1.22б. Построение мембраны клетки (состоит из фосфолипидов с транспортными протеинами)

На рисунке обозначены гликолизированные полисахаридные остатки

При избытке питательных веществ, например, после начала брожения, дрожжевая клетка запасает резервные вещества. Так, содержание ***гликогена***, резервного углевода, может возрасти на более чем 30% от содержания СВ дрожжей; он помещается в аккумулирующих гранулах, расположенных в цитоплазме. Точно так же, как фосфаты и липиды, которые требуются дрожжам для построения новых веществ клетки, откладывается ***трегалоза*** (дисахарид).

Зачастую в клетке можно обнаружить наполненные кислым клеточным соком и окруженные мембраной пространства — так называемые ***вакуоли***. Здесь откладываются определенные протеины и избыточные соли, частично — в виде кристаллов. С помощью обратимой мобилизации кристаллов солей клетка может регулировать ее внутреннее давление (тургор), если, например, осмотическое давление снаружи увеличится благодаря повышенному содержанию экстракта или спирта.

Дрожжевая клетка размножается путем почкования. После отделения дочерней клетки на материнской клетке остается ***почечный рубец*** (рис. 1.21а, *4*). По числу рубцов (от 4 до 6) можно узнать возраст клетки.

1.4.2. Обмен веществ дрожжевой клетки

Для осуществления жизненно необходимых процессов обмена веществ и для образования новой клеточной субстанции дрожжи, подобно любым другим клеткам, нуждаются в энергии и питательных веществах. Энергию для поддержания этих процессов дрожжи, как и все другие живые существа, добывают главным образом с помощью дыхания. Получение энергии при дыхании весьма значительно, поскольку глюкоза разлагается без остатка. При дыхании полученные питательные вещества (например, сахара) *полностью расщепляются* на CO_2 и воду:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,H_2O + 6\,CO_2.$$

При отсутствии воздуха дрожжи (единственный живой организм) переходят на спиртовое брожение. При этом из глюкозы образуется спирт (этанол) и CO_2:

PÖHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 12\ C_2H_5OH + 2\ CO_2.$$

Путем брожения дрожжевая клетка получает несравнимо меньше энергии, чем путем дыхания (см. также раздел 4.1).

Расщепление глюкозы до спирта или – при дыхании – до CO_2 и воды проводится путем большого числа последовательных реакций. При этом каждая из них осуществляется с помощью специального фермента-катализатора. В дрожжевой клетке эти ферменты связаны с определенными клеточными структурами. Так, ферменты для глюкозы и спиртового брожения находятся в цитоплазме, тогда как дыхание осуществляется благодаря ферментам, локализованным в митохондриях.

Органические вещества, необходимые для процесса дыхания и для сбраживания, поглощаются интегрированными протеинами клеточной мембраны и транспортируются через нее. Поэтому дрожжевой клеткой могут быть поглощены лишь такие вещества, для которых имеются соответствующие транспортные механизмы. Это, в свою очередь, зависит от количества и типов ферментов дрожжевой клетки.

Клетка осуществляет комплексный обмен веществ, а именно:

- углеводный;
- белковый;
- жировой;
- обмен минеральных веществ.

Углеводный обмен веществ служит прежде всего для получения энергии путем дыхания и брожения, при этом лишь небольшая часть содержащихся в сусле сахаров откладывается в качестве резерва в виде гликогена и трегалозы.

Белковый обмен веществ так же, как обмен жировых и минеральных веществ, служит, в первую очередь, для построения новых клеточных субстанций, причем здесь существенную роль играют как процессы их построения, так и процессы распада. Эти очень сложные процессы обмена веществ, оказывающие решающее влияние на качество пива, будут более подробно рассмотрены в разделе 4.1.2.

1.4.3. Размножение и рост дрожжей

Типичным способом размножения дрожжей является почкование, и поэтому их еще называют почкующимися грибами. При почковании из материнской клетки образуется маленькая пузырьковая выпуклость, в которую переходит часть цитоплазмы, а также дочернее ядро, образующееся путем деления. У одних некоторых штаммов дрожжей материнская и дочерняя клетки отделяются друг от друга, причем на материнской клетке остается почечный рубец (рис. 1.23). У других штаммов клетки остаются взаимосвязанными и образуют почечные сообщества.

Если микроорганизмы перенести в свежий питательный раствор, как это происходит, например, при засеве сусла дрожжами на пивоваренном заводе, то последние начинают расти. Этот рост характеризуется определенными закономерностями – различают шесть фаз роста, протекающих с различной скоростью (рис. 1.24).

Латентная, или индукционная фаза. В этой фазе, называемой также фазой разбега, происходит активизация обмена веществ. Длительность этой фазы сильно варьирует. Она зависит от вида микроорганизма, возраста культуры и от условий выращивания. Эта фаза, называемая также лаг-фаза (lag-phase), заканчивается с началом деления клеток. *(«lag» по-английски – отставание, задерживание – Прим. ред.)*

Фаза ускорения. В этой фазе, примыкающей к латентной, скорость деления клеток возрастает с ускорением.

Экспоненциальная фаза. В этой фазе экспоненциального или логарифмического

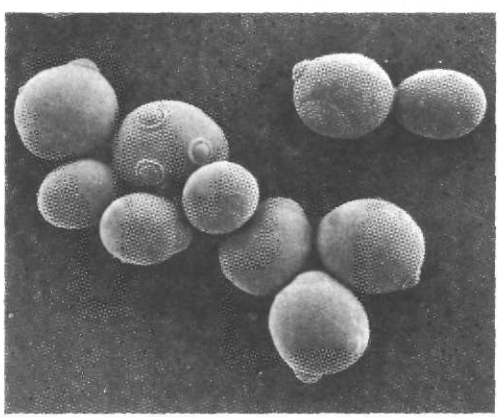


Рис. 1.23. Почкующаяся дрожжевая клетка. Хорошо заметны почечные рубцы. Фото: д-р Inge Russel, Labatt Brewing Co

DOHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Рис. 1.24. Фазы размножения дрожжей:

1 — латентная фаза; 2 — фаза ускорения; 3 — экспоненциальная фаза; 4 — фаза замедления; 5 — стационарная фаза; 6 — фаза отмирания

размножения, для краткости называемой лог-фазой (log-phase), скорость размножения постоянна и максимальна. Время генерации, то есть отрезок времени, за которое число клеток удваивается, достигает в этой фазе своего минимума. Для дрожжей в типичных для пивоварения условиях размножения он составляет несколько часов.

Фаза замедления. В результате действия различных факторов — например, обеднения субстрата питательными веществами или насыщения тормозящими рост продуктами обмена веществ — лог-фаза ограничена по времени и переходит в фазу замедления с убывающей скоростью размножения.

Стационарная фаза. В заключительной, стационарной фазе число микроорганизмов остается постоянным. Устанавливается равновесие между числом вновь образующихся и отмирающих клеток.

Фаза отмирания. В этой, последней, фазе число погибающих клеток превышает число образующихся путем размножения, и общее число клеток сокращается.

На длительность и интенсивность отдельных фаз роста существенно влияют субстрат, температура и физиологическое состояние дрожжей. Субстрат должен содержать все необходимые для их роста питательные вещества. Так же существенны состав воды, pH и концентрация кислорода в субстрате.

Вода — главная составная часть живой материи и играет в жизнедеятельности микроорганизмов чрезвычайно важную роль. В общем, микроорганизмы могут развиваться только в субстратах, содержащих как минимум 15% воды. Микроорганизмы отличаются друг от друга в отношении оптимального значения pH. Дрожжи предпочитают расти в кислых растворах. О значении снабжения кислородом для роста дрожжей уже было сказано выше. На пивоваренных предприятиях росту дрожжей способствует аэрация сусла перед введением дрожжей.

На рост микроорганизмов решающим образом влияет и температура. Каждый вид микроорганизмов отличается своей оптимальной для развития температурой, при которой латентная фаза и время генерации минимальны. Однако рост дрожжей возможен не только при оптимальной температуре, но может происходить и в более или менее относительно широком диапазоне температур. Для дрожжей рода Saccharomyces она лежит в области температур от 0 до 40 °C, а оптимум составляет около 25–30 °C.

Физиологическое состояние клеток микроорганизмов, возраст, состояние питательной среды питания — все эти факторы сильно влияют на продолжительность латентной фазы. Очень быстрая активация обмена веществ происходит у тех дрожжевых клеток, которые в экспоненциальной фазе роста были перенесены в свежий субстрат. В условиях пивоваренного предприятия это означает, что быстрое наступление брожения легче всего достичь с теми дрожжами, которые отбираются в стадии главного брожения и без промежуточного хранения вводятся в готовое сусло.

1.4.4. Характеристики пивоваренных дрожжей

Среди дрожжей вида Saccharomyces serevisiae, применяемых преимущественно в пивоварении как культурные дрожжи, различают многочисленные штаммы. В пивоваренной практике эти штаммы делят на две большие группы — **дрожжи верхового и низового брожения**. Между ними существуют морфологические, физиологические и технологические различия, которые будут описаны ниже.

1.4.4.1. Морфологические признаки

Дрожжи верхового и низового брожения можно отличить под микроскопом по картине их почкования. Дрожжи низового брожения представляют собой почти исключительно отдель-

ПЁЛЕР 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

ные клетки или их пары, тогда как дрожжи верхового брожения образуют почечные сообщества (рис. 1.25, 1.26)

У дрожжей верхового брожения материнская и дочерняя клетки, как правило, долго между собой связаны, благодаря чему образуются разветвленные сообщества клеток. У дрожжей низового брожения материнские и дочерние клетки после размножения отделяются друг от друга. Форма же клеток у тех и других дрожжей одинакова.

1.4.4.2. Физиологические различия

Важнейший физиологический отличительный признак дрожжей верхового и низового брожения состоит в сбраживании трисахарида рафинозы. **Низовые дрожжи** со своим набором ферментов могут полностью перерабатывать рафинозу, тогда как **верховые дрожжи** сбраживают трисахарид лишь на 1/3.

Другие отличительные признаки касаются обмена веществ при дыхании и брожении, а также способности к спорообразованию. В то время как низовые дрожжи в основном используют обмен веществ путем брожения, верховые дрожжи отличаются выраженным обменом веществ путем дыхания. В соответствии с этим после брожения прирост биомассы у верховых дрожжей больше, чем низовых. Низовые дрожжи беднее ферментами, чем верховые. У низовых дрожжей ограничена способность образовывать аскоспоры — по сравнению с верховыми они образуют споры реже, а спорообразование продолжается дольше.

1.4.4.3. Технологические различия при сбраживании

Название штаммов дрожжей верхового или низового брожения происходит от характерной картины их поведения при брожении. Верховые дрожжи в процессе брожения в основном поднимаются на поверхность, тогда как низовые по окончании брожения опускаются на дно.

Верховые дрожжи также опускаются на дно по окончании брожения, но значительно позже низовых. К моменту сбора дрожжей в конце главного брожения они еще находятся наверху и продолжают размножаться (если используются открытые чаны).

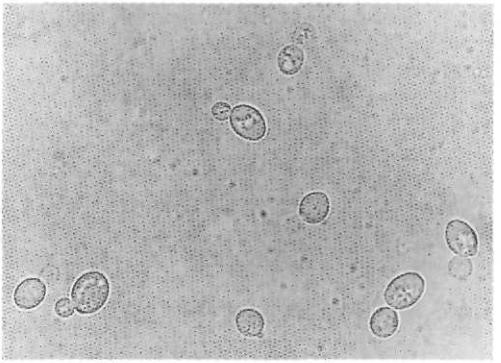


Рис. 1.25. Пивные дрожжи низового брожения (хорошо заметны почки) — примерно 1000-кратное увеличение

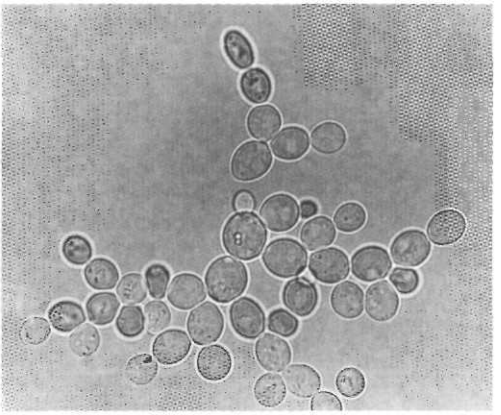


Рис. 1.26. Пивные дрожжи верхового брожения — примерно 1000-кратное увеличение (фото: C. Muller)

Другим существенным признаком низовых дрожжей является особенность хлопьеобразования, и по этому признаку низовые пивные дрожжи разделяют на пылевидные и хлопьевидные. **У пылевидных дрожжей** клетки тонко распределены в бродящем сусле и медленно опускаются на дно лишь в конце брожения. Клетки **хлопьевидных дрожжей** через некоторое время собираются в большие хлопья и затем быстро оседают. Способность дрожжей образовывать хлопья обусловлена генетически и передается по наследству. Верховые дрожжи хлопья не образуют.

Способность штаммов дрожжей образовывать хлопья имеет большое практическое значение. Хлопьевидные дрожжи дают пиво лучше осветленное, но с более низкой степенью сбраживания, чем пылевидные и верхо-

POHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел (095) 9167411

вые дрожжи, тогда как верховые пылевидные дрожжи дают не такое прозрачное пиво, но с повышенной степенью сбраживания.

Верховые и низовые дрожжи различаются также по применяемым температурам брожения. Низовыми дрожжами сбраживают сусло при температурах от 4 до 12 °С, а с верховыми штаммами дрожжей работают при температурах от 14 до 25 °С. Температуры брожения устанавливает пивовар.

1.4.4.4. Систематическая классификация

С использованием вышеописанных отличительных признаков отдельные штаммы пивных дрожжей разделяются на дрожжи верхового и низового брожения. При этом следует учитывать, что эти признаки для верховых и низовых штаммов дрожжей не являются неизменными свойствами. Они могут меняться в большей или меньшей степени, причем это относится прежде всего к показателю сбраживания рафинозы, так как некоторые низовые дрожжи могут сбраживать рафинозу только на 1/3. Учитывая недостаточное постоянство отличительных признаков, по новой систематике дрожжи как низового, так и верхового брожения относятся к одному и тому же виду Saccharomyces cerevisiae.

Выбор штаммов, которые выводятся как чистая культура и применяются для введения в сусло, определяется на основе определенных критериев. К ним относятся в основном:

- ***поведение при брожении (верховые или низовые дрожжи);***
- ***хлопьеобразование (пылевидные или хлопьевидные);***
- ***интенсивность брожения (скорость брожения и степень сбраживания);***
- ***интенсивность размножения;***
- ***образование и расщепление побочных продуктов брожения (образование аромата).***

К виду дрожжей Saccharomyces cerevisiae относятся не только культурные штаммы, но также дикие дрожжи, опасные для пивоварения. Например, для пива вредителями являются винные дрожжи, а также дрожжи некоторых других видов и родов. Попадание таких микроорганизмов в пиво называется ***контаминацией*** (инфицированием).

Эти микроорганизмы, называемые, в отличие от культурных дрожжей, дикими дрожжами, попадают в пивоваренное производство главным образом с сырьем и всегда нежелательны. Они могут вызывать в пиве неприятные вкус и запах, а также помутнение (см. раздел 8.3).

1.5. Несоложеное сырье

Ферментативный потенциал солода достаточен, чтобы расщеплять добавочное количество крахмала. Поэтому во всем мире часть солода — в среднем порядка 15–20% — заменяют несоложеными зернопродуктами. Это сырье, более дешевое, чем сравнительно дорогой солод, принято называть несоложеным сырьем.

Особенно популярны такие виды зерновых, которые возделываются в данном регионе в сравнительно большом объеме, например:

- в Америке — кукуруза и рис;
- в Азии — рис;
- в Африке — сорго (см. табл. на следующей странице).

1.5.1. Кукуруза

Кукурузу (зерно) убирают с влажностью 25–30% и высушивают до влажности 10–14%. Сухое вещество кукурузного зерна состоит на 76–78% из углеводов, на 9–12% из белка и 4–5% из масла, а также из небольшого количества сырой клетчатки и минеральных веществ. Масло содержится в зародыше зерна. Поскольку следует помнить о вредном влиянии масла на пену, у кукурузы перед переработкой удаляют зародыши, практически исключая тем самым масло. Такая кукуруза содержит еще около 1% масла (при допустимом его количестве в 1,5%).

Содержание белка при переработке на крупу и хлопья понижают до 7–9%. Этот белок в основном остается в процессе затирания нерастворенным, так что с содержанием белка, несколько меньшим в кукурузе, следует считаться, и это может особенно сказаться на снабжении дрожжей низкомолекулярными соединениями азота (FAN, см. раздел 4.1.3.1).

Кукурузный крахмал (рис. 1.27) по внешнему виду примерно соответствует крахмалу ячменя.

КОМПАНИЯ РИСОВАЯ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Температура клейстеризации кукурузного крахмала составляет 60–70 °С, и поэтому особых проблем при его переработке ожидать не следует. Содержание экстракта в кукурузе без зародышей составляет 88–90% на АСВ (= 77–78% на ВСВ), то есть приблизительно такое же, как у солода.

Перед переработкой кукурузу в сухом состоянии освобождают от зародышей, причем зародыши вместе с шелухой удаляются с помощью плоского вибросита, подключенного к системе аспирации. Кукурузу можно перерабатывать в следующие продукты:

- кукурузную крупку;
- кукурузные хлопья;
- рафинированную крупу;
- кукурузный сироп.

Кукурузная крупка

Эта крупка характеризуется относительно крупным размером частиц (0,3–1,5 мм). Размельчение может проводиться на мельнице для несоложеного сырья непосредственно на пивоваренном предприятии. Кукурузную крупку предварительно обрабатывают в заторном котле для разваривания несоложеного сырья приблизительно с одной четвертой частью солодового затора (см. разделы 3.2.4, 3.5).

Кукурузные хлопья

Легко увлажняемую крупку раскатывают на вальцах в плоские хлопья и при этом клейстеризуют. В таком виде хлопья можно затирать без предварительного растворения.

Рафинированная крупка

Крупка замачивается в течение 30–40 часов в теплой воде при 50 °С; при этом вода обрабатывается SO_2, чтобы подавить развитие микроорганизмов. Зерна дробятся в мельнице, а зародыши удаляются в разделительном устройстве. После этого крахмал отделяют от мякинных оболочек и белка путем сепарации, а сырой крахмал перед сушкой многократно промывают. Этот процесс осуществляют на специальных установках вне пивоваренного предприятия. Частицы полученного кукурузного крахмала очень мелкие (средняя величина частиц примерно 0,2 мм). Эта рафинированная крупка доставляется на пивоваренное предприятие в специальных автомашинах. Из-за малых размеров частиц возникает опасность взрыва пыли. Рафинированная крупка состоит из чистого кукурузного крахмала, очень легко клейстеризуется и может хорошо разжижаться.

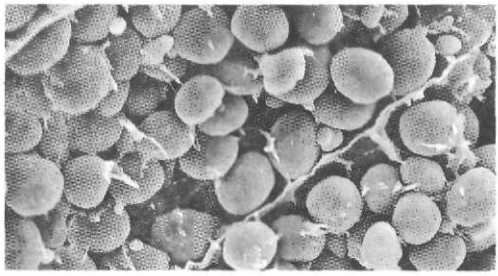


Рис. 1.27. Кукурузный крахмал (1000-кратное увеличение). Фото: VLB Берлин, Институт исследования сырья

Кукурузный сироп

Изготовляется из невысушенной рафинированной крупки. Крахмал с помощью гидроли-

Производство зерновых (млн т) 1990–1992 [125]

	Африка	Северная и Центральная Америка	Южная Америка	Азия	Европа	Бывший СССР	Океания	Всего
Пшеница	15	100	16	208	127	88	14	568
Рис	13	10	15	478	2	2	1	521
Кукуруза	30	235	38	133	54	9	<1	500
Ячмень	6	22	1	19	68	48	5	169
Сорго	14	23	4	18	<1	<1	<1	60
Просо	10	<1	<0,1	16	<0,1	2	<0,1	28
Овес	<1	7	<1	1	10	14	2	35
Рожь	<0,1	<1	<0,1	1	11	19	<0,1	32
Всего	89	399	75	874	272	183	23	1914

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис РИСОВАЯ СЕЧКА Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

за расщепляется до сахаров. Для этого можно использовать три способа:

- гидролиз в кислой среде;
- сочетание гидролиза в кислой среде и ферментативного гидролиза или
- ферментативный гидролиз.

Известно (см. раздел 1.1.4.1.1), что крахмал (амилопектин, а также амилоза) состоит из длинных цепочек глюкозных остатков. При добавлении кислоты связи между молекулами глюкозы в присутствии молекулы воды распадаются (рис. 1.28) и образуется глюкоза.

Этот процесс осуществляется добавлением разведенной соляной кислоты (0,10–0,15 N) в теплой среде и под давлением, причем вода распадается все больше, и образуется сироп, состоящий из сахаров и декстринов. Нерастворимые вещества удаляют с помощью центрифугирования, и сироп сгущается примерно до 60%.

Если расщепление производят в комбинации с ферментными препаратами или проводят отдельно посредством ферментных препаратов (см. раздел 3.2.4.3.5), то глюкозу и мальтозу можно получить в большем количестве, что значительно улучшает сбраживаемость экстракта.

Состав кукурузного сиропа может меняться в довольно широких пределах. Его определяют по декстрозному эквиваленту (ДЭ) – содержанию редуцирующих сахаров, выраженных через декстрозу. Поэтому осахаренный сироп с 95 ДЭ содержит практически только глюкозу.

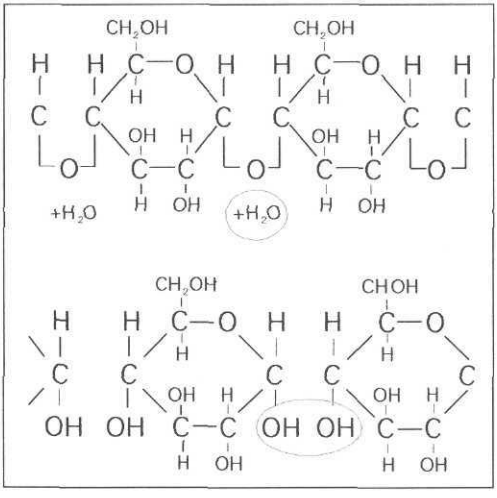


Рис. 1.28. Разрыв связи между молекулами посредством кислотного гидролиза

1.5.2. Рис

Для производства пива применяют рисовую сечку, то есть раздробленные зерна, получаемые при обмолоте и полировке риса, но потерявшие при этом только внешний вид. Зерно риса имеет влажность около 12–13%. Сухое вещество риса состоит на 85–90% из крахмала, на 5–8% из белка, на 0,2–0,4% из масла и небольшого количества минеральных веществ.

Рис обладает высокой крахмалистостью. Крахмал риса состоит из отдельных ассоциированных зерен своеобразной формы (рис. 1.29).

Рисовый крахмал очень сильно набухает и клейстеризуется при температуре 70–85 °C. При этом определенные сорта и виды риса из районов с жарким климатом склонны к повышенным температурам клейстеризации (80–85 °C), что следует обязательно учитывать при переработке риса (см. раздел 3.2.4.3.5).

Небольшое количество белка, имеющееся в рисе, при последующем затирании плохо растворяется, так что необходимый для дрожжей свободный аминный азот (FAN) должен добавляться из солодового затора.

Таким образом, рис

- либо размалывают непосредственно на пивоваренном заводе в крупку, либо используют готовую рисовую крупку и вместе с частью солодового затора предварительно разваривают в заторном котле для несоложенного сырья, или

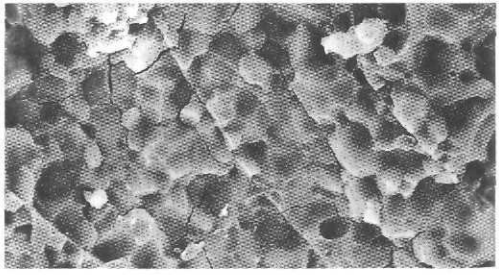


Рис. 1.29. Рисовый крахмал (1000-кратное увеличение). Фото: VLB Берлин, Институт исследования сырья

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис РИСОВАЯ СЕЧКА Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

- перерабатывают в рисовые хлопья; при этом он клейстеризуется и без дальнейшей предварительной подготовки добавляется в заторный чан.

1.5.3. Ячмень

Ферменты солода могут без проблем осахаривать 15–20% ячменя в виде несоложеного сырья. Ячмень может дополнительно перерабатываться в форме:

- дробленого ячменя;
- хлопьев ячменя, очищенного или не очищенного от мякинной оболочки.

Более низкая по сравнению с солодом стоимость ячменя входит в противоречие с более низким выходом экстракта. При его переработке проблемы могут возникнуть из-за того, что β-глюкан в связи с отсутствием стадии солодоращения еще недостаточно растворился и, соответственно, при затирании будет недостаточно расщепляться. В связи с этим можно ожидать проблем при фильтровании пива.

Ячменный сироп

Ячменный сироп можно производить непосредственно на пивоваренном предприятии, где ячмень измельчается и расщепляется добавленными ферментами при обычной температуре затирания. При этом образуются не только мальтоза и декстрины, но происходят и другие процессы распада (расщепление белков, β-глюкана и т. д.), как при затирании, так что в результате получают похожий на затор сироп, который нужно сгустить и применять как добавку.

1.5.4. Сорго

Крупное зерно сорго — это вид зерновых продуктов, получаемых при выращивании этих растений в сравнительно жарких и засушливых регионах Африки. В противоположность крупному мелкозерновое просо (Millet-Hirsen) возделывают и в Европе (птичий корм).

Для производства пива используют обычно только крупнозерновое сорго (рис. 1.30), которое имеет различные сорта с типами соцветий «початок» и «метелка», возделываемые главным образом в качестве продукта питания.

Естественно, что во многих африканских странах все больше стремятся использовать в качестве источника экстракта для пивоварения местное сырье (сорго) и, кроме того, стараются произвести из него солод, чтобы таким образом сэкономить на дорогом импорте. Помимо этого, его климатические условия во многих странах Африки не позволяют выращивать пивоваренный ячмень. Так как сорго прорастает, то у него, естественно, развивается и ферментный потенциал, с помощью которого можно расщеплять компоненты зерна. Этот потенциал у сорго, однако, все же меньше, чем у ячменя.

Рис. 1.30. Зерна сорго.
Фото: P.Seidl, Мюнхен

Возделывание сорго, а также его уборку осуществляют в сезон дождей, поэтому приходится считаться с сильным заражением его микроорганизмами, особенно плесневыми грибами. Чтобы исключить порчу, убранный урожай необходимо специально обрабатывать.

Выведение и возделывание чистых сортов находится в этих странах еще в самом начале пути, и поэтому получить из различных сборов урожая какие-то средние показатели пока не представляется возможным [131]. Для большинства сортов сорго можно принять следующие значения:

содержание белка	11–12,6%;
содержание жиров (на СВ)	2–6%;
содержание крахмала (на СВ)	62–67%;
способность прорастания (5-е сут)	свыше 90%;
масса гектолитра	свыше 70 кг;
масса 1000 зерен	более 25 г (до 44 г).

Зерна крахмала весьма плотно упакованы в эндосперме (рис. 1.31).

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис РИСОВАЯ СЕЧКА Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

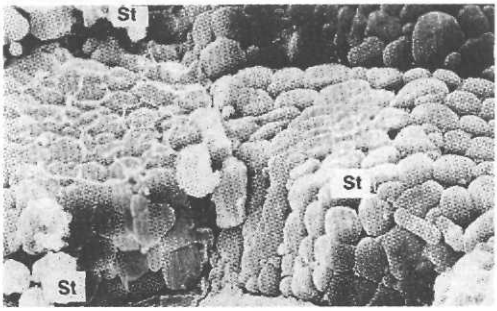


Рис. 1.31. Эндосперм сорго (600-кратное увеличение). Фото: д-р А. Д. Айсиен (A. D. Aisien), Лагос

1.5.5. Пшеница

Пшеница редко перерабатывается как несоложеное сырье, но часто применяется в виде солода, например, для производства пива верхового брожения типа Hefeweizen, Wei bier и др. Благодаря высокой экстрактивности доля пшеничного солода при производстве пшеничного пива находится в пределах 50–60%. В качестве пивоваренных используются только некоторые сорта пшеницы, причем большим спросом пользуются озимые сорта из-за более низкого содержания белка и повышенного содержания экстракта, а также как дающие более светлое пиво.

Для пшеничного белка характерна клейковина. Под этим названием понимают смесь различных белковых субстанций, составляющих около 80% общего белка. В клейковине содержатся прежде всего глютелин и глиадин (вместо гордеина ячменя). Глютеном называют клейкую, тянущуюся массу, поставленную и вымешанную из пшеничной муки с водой, которая при высушивании становится роговидной.

Для пивоваренных целей нежелательно подвергать солодоращению высокобелковистую пшеницу, так как она плохо поддается переработке.

Данные о других хлебных злаках (полбе, ржи, пшенице-двузернянке, тритикале) и их сбраживаемости приведены в разделе 2.9.10.

1.5.6. Сахарный колер

Сахарный колер применяют для окрашивания темного пива верхового брожения. Колер получают путем сильного нагревания глюкозного сиропа с низким содержанием декстринов в щелочной среде; при этом образуются темные, водорастворимые продукты перегруппировки (енолы), обладающие сильной красящей способностью (18 000 единиц по EBC). Путем их разведения и получают сахарный колер.

Колер можно добавлять в сусло или в пиво в том случае, если он биологически безупречен и не приводит к помутнению пива. С его помощью, так же как с помощью красящего пива (Farbebier, см. раздел 2.9.12) можно без проблем регулировать цветность пива. Согласно немецкому Закону о чистоте пивоварения применять сахарный колер для производства пива запрещено, и вместо него применяют специальный продукт — красящее пиво.

1.5.7. Сахар

Если пиво выпускается не в соответствии с немецким законом о чистоте пивоварения, то для подслащения напитка возможно применение **сахара** (сахарозы) в форме неотбеленого кристаллического сахара.

Из всех свойств сахара прежде всего интерес представляет его растворимость, которая в воде очень велика. При 20 °C в 100 частях воды растворяется 204 части сахара.

Концентрированный раствор сахара в воде называют сиропом, и для его получения сахар растворяют в воде. При температуре 15–20 °C в раствор переходит от 66,3 до 67,1% сахара.

Рекомендуется приготовлять 65%–ный сахарный сироп. Для этого 65 кг сахара растворяют в 35 кг воды и получают 100 кг 65%–ного сиропа. Так как сахарный сироп не взвешивают, а добавляют по объему, необходимо определять объем требуемой массы сиропа.

Растворенный сахар имеет плотность

$$\frac{1{,}6\ \text{г}}{\text{см}^3} = \frac{1{,}6\ \text{г}}{\text{мл}}.$$

$$\text{Объем V} = \frac{\text{масса m}}{\text{плотность d}}.$$

Объем 1 кг сахара составляет

$$V = \frac{1000\ \text{г}}{1{,}6\ \text{мг/л}} = \frac{10000\ \text{мл}}{16} = 0{,}625\ \text{л}.$$

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис РИСОВАЯ СЕЧКА Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru г. Новосибирск (3832) 10-2196 г. Кисловодск (87937) 4-7717

65 кг сахара $\hat{=}$ 0,625 л · 65 $\hat{=}$ 40, 6 л сахара;
35 кг воды $\hat{=}$ 35,0 л воды;
100 кг сахарного сиропа (65%) $\hat{=}$ 75,6 сахарного сиропа (65%).

Сахарный сироп изготовляется как минимум 65%-ным — тогда он хорошо хранится и не подвержен воздействию микроорганизмов, так как последние в высококонцентрированном растворе плазмолизируются. Чаще сахар растворяют в холодной воде, но иногда — и в горячей.

Благодаря применению резервуарных весоизмерительных расходомеров, работающих по принципу Коредиса (Coredis), возможна точная дозировка по массе.

Для производства пива, приготавливаемого без соблюдения немецкого Закона о чистоте пивоварения, сахар можно добавлять в готовое сусло в целях повышения содержания сбраживаемого экстракта. В небольших количествах добавка сахара не влияет неблагоприятно на вкус пива; однако следует учитывать, что в сахаре не содержится продуктов распада белков, и поэтому содержание аминного азота в сусле может оказаться недостаточным, что может привести к затруднениям при брожении. Использование сахара как «поставщика» экстракта имеет смысл лишь в тех редких случаях, когда имеется источник дешевого сахара — ведь экстракт из зерна, как правило, намного дешевле.

Карамелизированный пивоваренный сахар

Путем плавления сахара или нагрева сахарного сиропа получают коричневато окрашенный продукт с типичным карамельным вкусом. Этот процесс можно в зависимости от pH направлять либо преимущественно в сторону образования красящих веществ (например, колер), либо больше в сторону образования ароматических веществ. Если сахарозный сироп нагревается в буферном растворе, то получается особенно много ароматических веществ (дигидрофуранонов, циклопентенолонов и др.), что представляется особо желательным для карамелизованного пивоваренного сахара.

Карамелизованный пивоваренный сахар поступает в продажу в виде сахарного сиропа или в виде твердого сахара, имеющего коричневый цвет.

VERSUCHS- UND LEHRANSTALT FÜR BRAUEREI IN BERLIN

Курсы для пивоваров... ... на английском языке!

VLB BERLIN
Research, Teaching, Consulting, Information and Service since 1883

Курсы для пивоваров на базе VLB проводятся полностью на английском языке и предоставляют все знания, необходимые для управления технологическим процессом на пивоваренном предприятии. Очень важны небольшая стоимость и относительно краткая продолжительность (всего 10 мес.). Обучение в малых группах (не более 20 чел.) гарантирует интенсивность и индивидуальность подготовки под руководством опытных преподавателей Берлинского технического университета и консультантов VLB.

Для записи на курсы желательно (но это не является обязательным условием) иметь базовую профессиональную подготовку в области пивоварения и солодоращения, а также опыт работы на пивоваренных и солодовенных предприятиях.

Заявления принимаются до 31 июля, обучение начинается 1 октября того же года.

За более подробной информацией обращайтесь на www.brauwesen.tu-berlin.de

VLB BERLIN / Brewing School
Seestrasse 13, 13353 Berlin/Germany
Phone: +49 (0)30 45080-290 Fax: +49 (30) 453 30 52

Internet: www.brauwesen.tu-berlin.de
E-mail: Brauwesen@TU-Berlin.DE

Хорошая вода нужна для того, чтобы...

и в особенности для приготовления отличнейшего пива

уже более 100 лет мы заботимся о том, чтобы чистая вода оставалась величайшей ценностью, существующей в природе.

EUWA
Оборудование для водоподготовки

EUWA H. H. Eumann GmbH
Daimlerstrasse 2–10
D-71116 Gärtringen/Германия
Тел.: +49 7034/275-0
Факс: +49 7034/275-90
eMail: info@euwa.com
Web: www.euwa.com

2. Производство солода

Без солода приготовить пиво невозможно, и поэтому первым этапом его приготовления является производство солода. Конечно, солод можно получить не только из ячменя, но и из других видов зерновых (например, из пшеницы, ржи или сорго), однако исторически по ряду причин для изготовления пива в качестве наиболее целесообразного сырья применяется именно ячменный солод. Поэтому далее, когда речь будет идти о солоде, имеется в виду главным образом ячменный солод.

Для производства 1 гл пива с содержанием в готовом сусле 11% сухих веществ требуется около 17 кг солода.

По соображениям экономии в большинстве стран часть солода при производстве пива заменяют несоложеным зерном, благодаря чему уменьшается потребность в солоде. Сравнивая производство пива в разных регионах мира и соответствующую потребность в ячмене и солоде с производством в этих регионах пивоваренного ячменя, можно обнаружить впечатляющие несовпадения [125]:

Данное сопоставление свидетельствует о чрезвычайно большом несоответствии в различных регионах между производством ячменя и потребностью в нем для приготовления солода. Достаточное обеспечение пивоваренным ячменем и большие мощности для производства солода делают Европу и Австралию крупнейшими мировыми экспортерами солода. Другими крупными его экспортерами являются Канада и Турция.

Много ячменя и солода экспортируется в Южную Америку, в Африку и особенно в Восточную Азию, где происходит становление сильной пивоваренной промышленности.

Естественно, в зависимости от колебаний урожаев и качества, а также в связи с ценовой ситуацией на мировом рынке приходится почти ежегодно учитывать и менять потоки товаров.

Производство солода из ячменя (солодоращение) осуществляется в настоящее время почти исключительно на крупных промышленных солодовенных заводах, тогда как прежде пивоваренные предприятия обычно готовили солод в своих солодовнях.

Регион	Производство пива (млн гл)	Потребность в солоде (млн т)	Производство ячменя (млн т)	
			всего	для солода
Америка				
Северная и Центральная Америка	317	3,8	22,3	5,5
Южная Америка	115	1,4	1,1	0,3
Европа				
(без СНГ)	381	4,6	68,0	10,3
страны СНГ	50	0,6	47,9	1,4
Азия				
Ближний Восток	8	0,1	13,4	0,4
Дальний Восток (без Китая)	120	1,4	3,0	0,1
Китай	120	1,4	2,3	0,1
Океания				
Австралия	18	0,2	4,7	1,2
Новая Зеландия	5	0,1	0,4	0,1
Африка	53	0,6	5,3	0,2
В мире всего	1187	14,2	168,4	19,5

MSSP GROUPE SOUFFLET
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

Цель солодоращения состоит в том, чтобы накопить в ячменном зерне ферменты и обеспечить с их помощью определенные биохимические изменения веществ зерна.

Для этого ячмень проращивают и в необходимый момент прерывают этот процесс. Полученный солод выглядит почти так же, как и ячмень, из которого он получен (рис. 2.1).

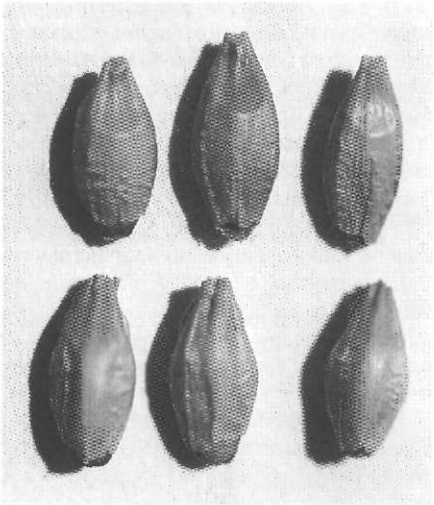


Рис. 2.1. Зерна ячменя и солода. Найдите различия

Для решения указанных задач поставленный на солодовенный завод ячмень очищают, сортируют и до момента переработки складируют в большие силосы.

При замачивании ячмень поглощает необходимую для прорастания воду и затем проращивается в больших ящиках. В заключение прорастание прерывают сушкой при высокой температуре. Готовый солод хранится в силосах до его продажи.

2.1. Приемка, очистка, сортирование и транспортирование ячменя

Ячмень в настоящее время доставляют на солодовенный завод главным образом на основании предварительно заключенных договоров с сельскохозяйственными производителями, которые таким образом имеют возможность планировать выращивание тех или иных сортов ячменя. Чистота сорта является основой для получения ячменя одинакового качества. Как правило, поставленный ячмень предварительно очищают и складируют (рис. 2.2).

Затем выполняют главную очистку (подготовку), направленную прежде всего на то, чтобы

- **удалить примеси, не поддающиеся солодоращению;**
- **удалить** такие примеси, как **семена сорняков**, ухудшающие качество солода и повышающие его влажность;
- **отсортировать ячмень по толщине.**

Для этого служит установка по очистке и сортированию ячменя.

Солодовенное предприятие оснащено большим количеством транспортных устройств. Так как во всех машинах солодовни образуется пыль, необходимы также установки по ее удалению.

2.1.1. Приемка ячменя

Доставка ячменя осуществляется рельсовым, автомобильным или водным транспортом.

2.1.1.1. Приемка ячменя с рельсового или автомобильного транспорта

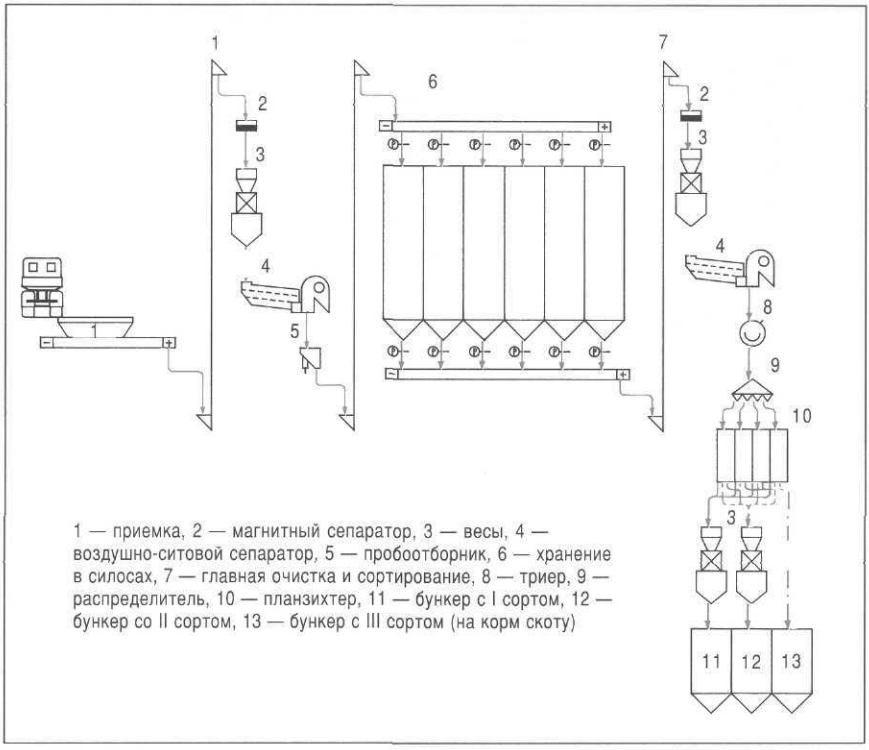
На приемку ячмень поступает в мешках или навалом. Если он транспортируется навалом в железнодорожных вагонах, то их опорожнение обычно осуществляют механической лопатой. Большее количество ячменя перевозят в саморазгружающихся вагонах-силосах грузоподъемностью до 64 т (рис. 2.3).

Размеры приемного желоба и производительность приемки зависят от мощности солодовенного завода.

Если доставка осуществляется грузовым автотранспортом, то необходимо обеспечить разгрузку автомобилей в кратчайшие сроки.

Боковые стенки приемного желоба должны иметь такой уклон, чтобы ячмень стекал полностью. Крупные посторонние предметы

MSSP
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru



1 — приемка, 2 — магнитный сепаратор, 3 — весы, 4 — воздушно-ситовой сепаратор, 5 — пробоотборник, 6 — хранение в силосах, 7 — главная очистка и сортирование, 8 — триер, 9 — распределитель, 10 — планзихтер, 11 — бункер с I сортом, 12 — бункер со II сортом, 13 — бункер с III сортом (на корм скоту)

Рис. 2.2. Схема установки для очистки и сортирования ячменя

задерживаются защитной решеткой. При разгрузке образуется пыль, которую необходимо удалять.

2.1.1.2. Приемка ячменя с водного транспорта

Современные солодовенные заводы стараются располагать вблизи водных путей, так как в этом случае можно относительно просто и дешево транспортировать ячмень до солодовенного завода и тем же путем отправлять готовый солод.

В удаленных от моря областях транспортировку осуществляют баржами по возможности вплоть до солодовенного завода; там баржи разгружают пневматическим способом при помощи устройств с производительностью 50 т/час и более (рис. 2.4).

В международной практике суда также очень часто разгружают механическим транспортом. Речной транспорт оснащают более дешевыми в эксплуатации погрузочно-разгрузочными ковшами, а морской — специальными транспортерами (нориями, ленточными транспортерами).

Доставленный ячмень направляется в приемный силос. При этом отбирается усредненная проба, которая исследуется в лаборатории, однако рекомендуется провести и экспресс-контроль (впоследствии это поможет избежать неприятных неожиданностей).

Прежде чем приступить к предварительной очистке, ячмень взвешивают. Результаты взвешивания заносят в специальную книгу (весовую) или в компьютерную базу данных.

2.1.2. Очистка и сортирование ячменя

Очистка заключается в том, чтобы удалить из ячменя все постороннее. Это могут быть, например, **частички соломы, завязки от мешков, куски дерева, гвозди, винты, проволока, камни, чужеродные или битые зер-**

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

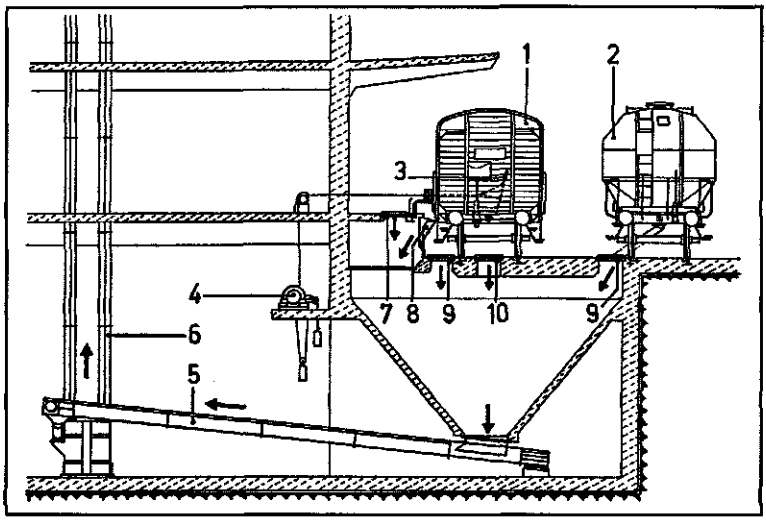


Рис. 2.3. Приемка ячменя, доставленного по железной дороге или грузовым автотранспортом:

1 — вагон с плоским днищем; 2 — вагон-силос с разгрузкой под действием силы тяжести; 3, 4 — разгрузочная лопата с приводом; 5 — ленточно-ковшевой транспортер; 6 — нория; 7 — устройство для опорожнения мешков на эстакаде; 8 — опорожнение мешков сбоку от эстакады; 9 — выпускное отверстие (сбоку); 10 — выпускное устройство (снизу)

на и многое другое. Конечно, все подобные посторонние примеси невозможно удалить с помощью одной машины, и поэтому очистка осуществляется целым рядом машин и аппаратов, подключаемых последовательно. В последние годы подобные механизмы получили наибольшее развитие, в связи с чем на производстве можно встретить самые разнообразные устройства для очистки ячменя.

Очистка ячменя подразумевает следующие этапы:

- удаление грубых загрязнений (предварительная очистка);
- удаление посторонних предметов;
- отделение металлических примесей (гвоздей, шурупов и т. п.);
- отделение ости (при необходимости);
- удаление песка, камней и пыли;

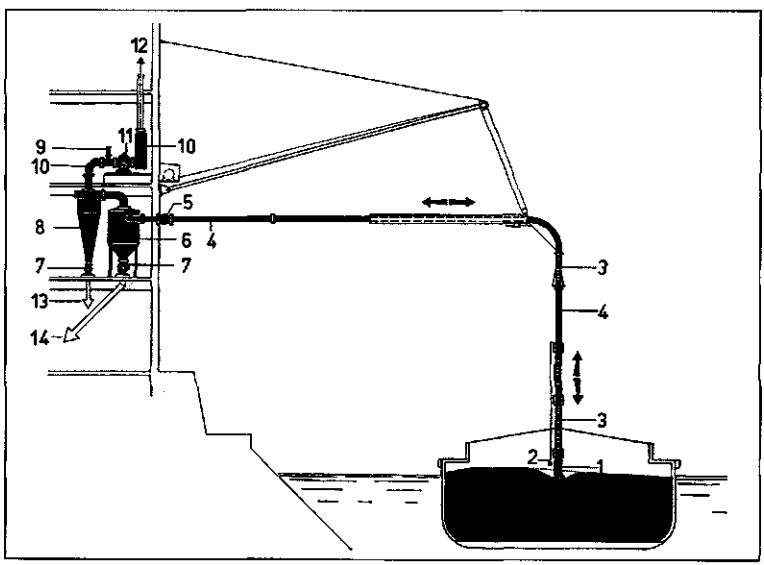


Рис. 2.4. Приемка ячменя с судна:

1 — всасывающее сопло (регулируемое); 2 — перестановка сопла по высоте; 3 — гибкий рукав; 4 — жесткий трубопровод; 5 — шарнир для перестановки (вбок и по высоте); 6 — приемник; 7 — выгрузка; 8 — циклон; 9 — предохранительный клапан; 10 — глушитель; 11 — ротационная воздуходувка; 12 — выход воздуха; 13 — сброс пыли; 14 — выпуск ячменя

M.S.S.P. GROUPE SOUFFLET
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40,** факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

- удаление посторонних видов зерновых культур и поврежденных зерен;
- сортирование зерна по размерам для последующей раздельной переработки;
- учет массы принятых партий и конечного продукта;
- отбор проб и контроль.

2.1.2.1. Предварительная очистка ячменя

Предварительная очистка состоит из:

- механической очистки (при помощи аспиратора, сепаратора, аспирационной колонки);
- очистки с использованием магнитных аппаратов.

После предварительной очистки ячмень складируют.

Первым устройством, через которое проходит ячмень, является **сепаратор или аспиратор**. Предварительная очистка ячменя заключается в:

- удалении через сита крупных примесей (кусочков дерева, завязок от мешков и т. п.), а также мелких частиц (песка, пыли и продуктов истирания);
- удалении пыли с легкими примесями.

На рис. 2.5 приведена схема устаревшей модели аспиратора, из которой ясен основной принцип его действия.

Пыль уносится потоком воздуха (*4*). В аспираторе скорость воздуха уменьшается из-за увеличения поперечного сечения. Захваченные мелкие частицы опускаются вниз и удаляются. Удаление более грубых и более тонких частиц осуществляется затем через вибросита, расположенные в нижней части машины.

Современные аспираторы действуют по аналогичному принципу, но с разделением выполняемых машиной операций на две части:

отсев более грубых и более тонких частиц с помощью комплекта вибрационных сит;

удаление легких частиц с использованием отдельной расширительной камеры с рециркуляцией большей части используемого воздуха.

Примером современного аспиратора может служить сепаратор «Классифайер» (Classifier) фирмы Бюлер (Bühler) (г. Брауншвейг, Германия) (рис. 2.6).

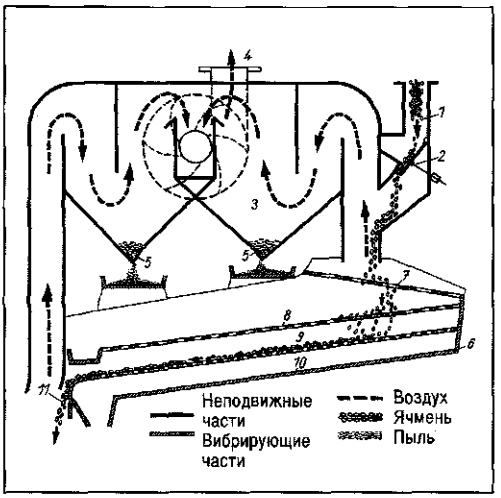


Рис. 2.5. Устройство для аспирационной предварительной очистки (старый вариант):

1 — впуск ячменя; 2 — регулятор впуска; 3 — пылевые камеры; 4 — всасывающий патрубок для удаления пыли; 5 — клапан противоподсоса; 6 — набор вибрационных сит с эксцентриковым приводом; 7 — короткий сход с приемного сита; 8 — длинное зерновое сито; 9 — сито для песка; 10 — отводящий лист; 11 — выпуск ячменя

Как и все аспираторы, этот сепаратор оснащен двумя ситами для отделения более грубых и более тонких примесей, но, естественно, рассчитан на существенно более высокую производительность (до 24 т/час). Привод расположен в центре тяжести ящика в виде двух эксцентриковых электродвигателей, вращающихся синхронно и в противофазе; благодаря этому компенсируется боковая вибрация, которая преобразуется в возвратно-поступательные движения. В находящемся на выходе из аспирационного канала продукте могут отделяться легкие частицы, которые затем очищаются от пыли в центральной аспирационной установке.

Для обеспыливания воздуха в современных установках используют аспираторы с воздушной циркуляцией (рис. 2.7).

С помощью эксцентрикового мотора (*1*) дно емкости (2) периодически приоткрывается и пропускает равномерный регулируемый поток ячменя, который сразу же подхватывается воздухом, легкие частицы поднимаются

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41 E-mail: post@mssp.ru

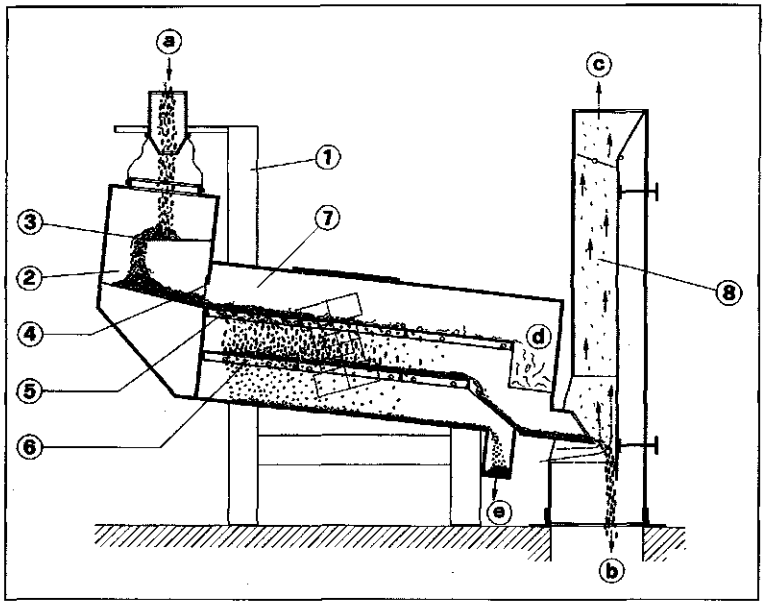


Рис. 2.6. Сепаратор «Классифайер»:

a — впуск ячменя, b — выпуск очищенного ячменя, c — подключение к устройству для удаления пыли, d — удаление грубых примесей, e — выпуск мелких примесей (песок и т. п.)

1 — станина; 2 — приемная камера; 3 — разделение продукта; 4 — распределительный клапан; 5 — главное сито; 6 — сито для песка; 7 — ситовый ящик; 8 — аспирационный канал

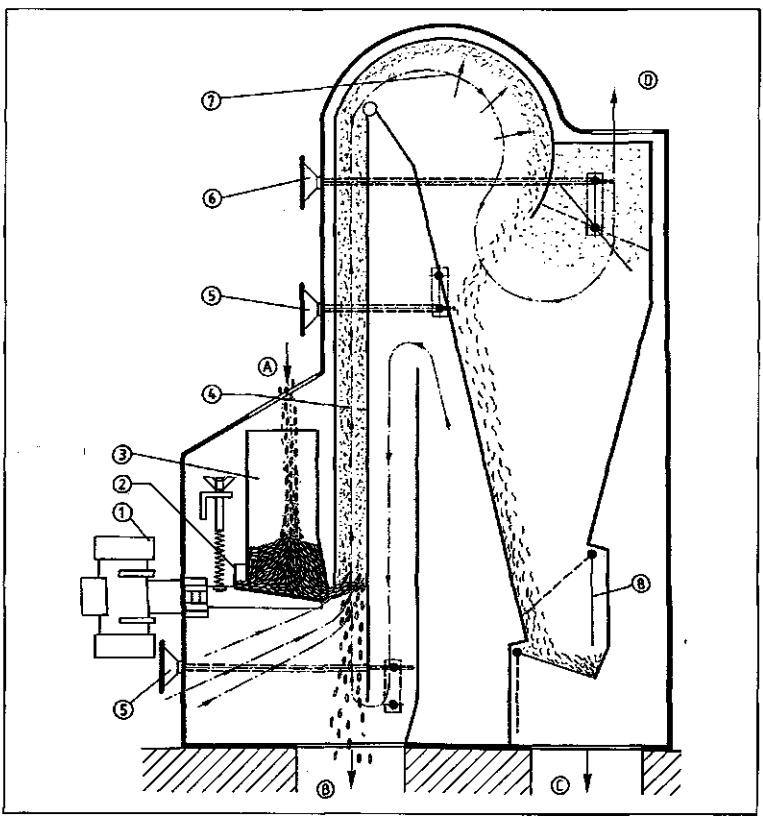


Рис. 2.7. Аспиратор с воздушной циркуляцией

1 — эксцентриковый электродвигатель; 2 — дно емкости с регулируемой настройкой (башмак питателя); 3 — емкость питателя; 4 — переставляемая стенка канала; 5 — устройство для перестановки подъемного канала; 6 — регулировка воздуха с помощью дроссельного клапана; 7 — расширительная камера; 8 — клапанный затвор

A — впуск неочищенного ячменя; B — выпуск очищенного ячменя; C — выпуск легких отходов; D — отвод аспирационного воздуха с пылевидными отходами к циклону

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40,** факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

вверх, а ячмень падает вниз. Поток подводимого воздуха может регулироваться (*5*). В верхней части аспиратора объем пространства больше, и благодаря снижению скорости потока легкие частицы падают вниз и удаляются через клапанный затвор (*8*).

Использованный воздух снова подводится по воздушному каналу и вновь применяется в цикле удаления примесей. Около 10% отводимого воздуха направляется в центральную аспирацию, и поэтому при подаче зерна возникает пониженное давление и из системы отводится пыль.

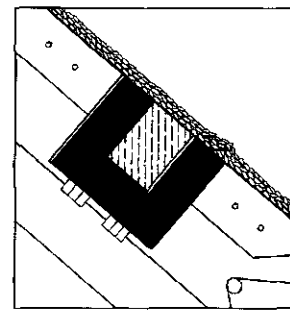


Рис. 2.8. Постоянный магнит

2.1.2.2. Магнитные сепараторы

В начале процесса очистки для предотвращения ущерба от находящихся в потоке продукта металлических предметов устанавливают магнитные сепараторы. Ущерб может быть нанесен вследствие:

- попадания металлических предметов во вращающиеся механизмы, что может привести к их заклиниванию и трению вплоть до красного каления;
- высекания искр в быстро движущихся частях машин и, как следствие,
- взрывов пыли и возникновения пожаров;
- повреждения машин.

В настоящее время на предприятиях используют почти исключительно ***постоянные магниты***, которые благодаря применению специальных сплавов сохраняют магнитную силу в течение почти неограниченного времени.

Постоянные магниты встраивают в наклонную плоскость (рис. 2.8), распределяя поток ячменя по всей их ширине.

Металлические предметы должны удаляться регулярно и полностью; если запоздать с их удалением, то они могут быть увлечены дальше и нанести ущерб оборудованию.

Один из вариантов магнитных сепараторов представляют собой **магнитные сепараторы барабанного типа** с автоматическим отделением металлических предметов (рис. 2.9).

Металлические предметы, притянутые к вращающемуся барабану (a) неподвижно установленным постоянным магнитом (b), падают вниз, миновав магнит.

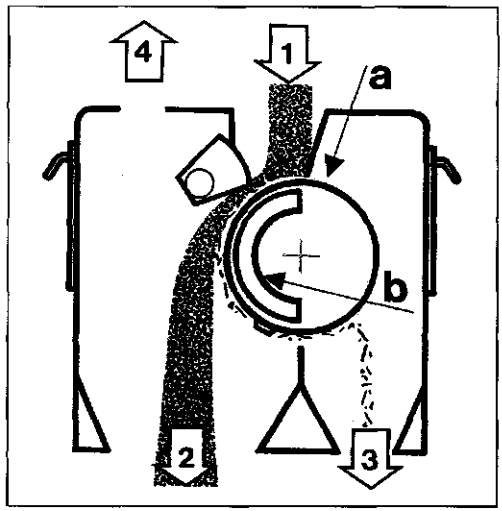


Рис. 2.9. Магнитный сепаратор барабанного типа с автоматическим отделением металлических предметов:

1 — впуск ячменя; 2 — выпуск ячменя; 3 — металлические предметы; 4 — присоединение устройства для удаления пыли; a — вращающийся барабан; b — блок магнита

Основную очистку ячменя обеспечивают установленные далее машины и устройства.

2.1.2.3. Камнеотборник

Магнитом удаляются только металлические предметы; отделить всегда присутствующие камни от зерна он не может. Для удаления камней применяют камнеотборник (рис. 2.10 и 2.10a)

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssb.ru

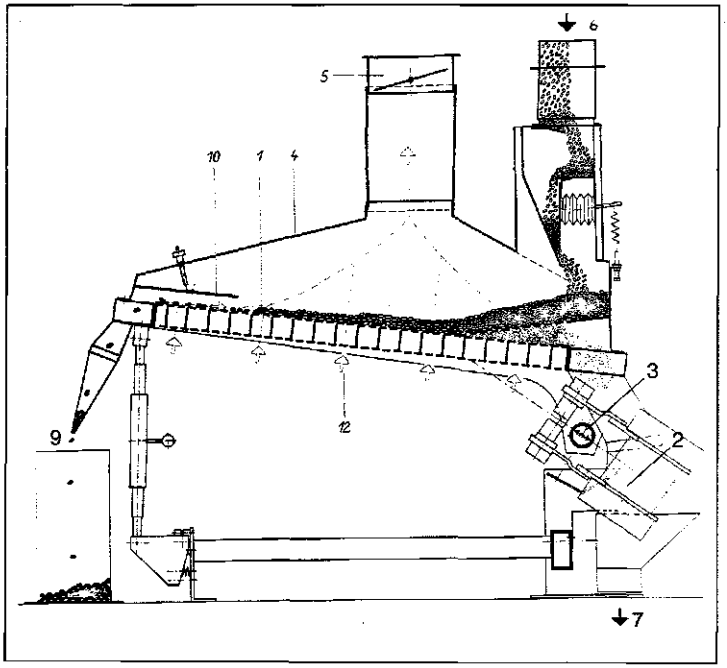


Рис. 2.10. Камнеотборник:

1 — наклонная рабочая поверхность; 2 — эксцентриковый мотор; 3 — направление возвратно-поступательных движений электродвигателя; 4 — верхний кожух; 5 — присоединение аспиратора и дроссельный клапан; 6 — впуск ячменя; 7 — выпуск ячменя; 8 — путь камней; 9 — выход камней; 10 — конец разделительной зоны; 11 — путь ячменя; 12 — подвод воздуха

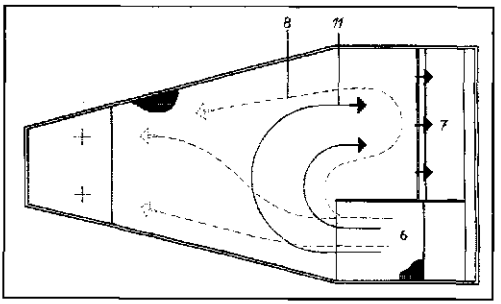


Рис. 2.10а. Направление движения на разделительном сите

Ячмень попадает через впуск (*6*) на наклонную рабочую поверхность (*1*), вибрационно перемещающуюся под воздействием эксцентрикового мотора (*2*), благодаря чему предметы, находящиеся на проволочной решетке, смещаются вверх. Равномерный поток воздуха приподнимает более легкие зерна, которые словно на воздушной подушке стекают вниз над наклонной поверхностью, тогда как более тяжелые камни продолжают двигаться по сотрясающемуся ситу далее вверх и таким образом отводятся к выходу (*9*).

Камнеотборники на солодовенных предприятиях устанавливают достаточно редко, так как небольшие камни производству там не мешают. Их ставят чаще на пивоваренных предприятиях перед дробилкой, чтобы исключить возможные повреждения вальцов и быстрое срабатывание рифлей, повышая тем самым надежность оборудования.

2.1.2.4. Обоечная машина

Ость ячменя отделяют в основном при молотьбе и поэтому обычно для ее отделения не требуется дополнительного устройства. Вместе с тем возможны поставки партий ячменя с неполностью отбитой остью, и в этом случае приходится пропускать ячмень через обоечную машину (рис. 2.11).

Обоечная машина в настоящее время применяется главным образом для обрушивания зерна. Она состоит из цилиндрического перфорированного листа, окруженного кожухом из стального листа. В этом цилиндре вращается ротор с бичами по направлению к выпуску. Благодаря воздействию бичей зерна трутся друг от друга и ость отбивается. В процессе

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40,** факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

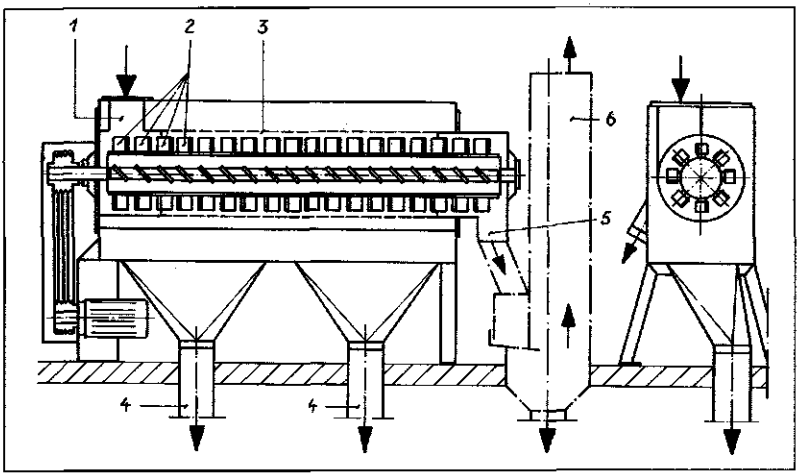


Рис. 2.11. Обоечная машина с аспирационным каналом:

1 — впуск ячменя; 2 — бич; 3 — кожух; 4 — проход кожуха; 5 — выпуск ячменя; 6 — вакуумное удаление пыли

обработки возникает большое количество отходов, которые покидают обоечную машину вместе с ячменем.

В более современных машинах эффект обрушивания достигается благодаря попеременному воздействию выступов ротора и материала кожуха сита или сил трения, возникающих между неподвижными и движущимися выступами в рабочей камере машины. Так как следом должен подключаться как минимум один аспирационный канал или воздушно-циркуляционный аспиратор, имеет смысл располагать обоечную машину перед аспиратором и монтировать его так, чтобы можно было аспиратор с воздушной циркуляцией подключать только при необходимости.

2.1.2.5. Триер

В ячмене всегда содержатся мелкие примеси — семена сорняков и битый ячмень. Семена сорняков ухудшают качество солода, а битый ячмень должен удаляться, так как он плесневеет в месте излома. Однако в ходе предварительной очистки указанные примеси не удаляются, поскольку их размер близок к размеру зерен ячменя, и для их удаления применяют триеры.

В триере удаляются битый ячмень и округлые семена сорняков.

Триер состоит из горизонтально расположенного цилиндра (стального или из нержавеющей стали) диаметром от 40 до 70 см и длиной от 1 до 3 м (в зависимости от требуемой производительности). На внутренней стенке цилиндра расположены штампованные полукруглые углубления, которые в зависимости от требуемой сортировки могут иметь размеры от 1,25 до 26 мм. Для сортировки ячменя используют углубления («кармашки») диаметром 6,5 мм.

Ячмень направляют во вращающийся цилиндр (число оборотов — 20–50 в мин), и зерна им захватываются и поднимаются до тех пор, пока не достигнут определенной высоты и не упадут под действием силы тяжести. Этот процесс многократно повторяется, в то время как ячмень накапливается в низу цилиндра, после чего его отводят (рис. 2.12).

Округлые семена и битый ячмень поднимаются в ячейках выше, чем целые зерна и падают под действием собственной массы позднее, оказываясь в лотке, после чего перемещаются к отдельному выпуску для битого ячменя.

Подобные триеры называют круглозерными (куколеотборниками). В отличие от них длиннозерные триеры отделяют ячмень, например, от овса (овсюгоотборники). В солодовнях применяют почти исключительно круглозерные триеры.

Граница раздела между двумя фракциями помимо величины ячеек может регулироваться высотой края лотка и скоростью вращения цилиндра. Высота края лотка поддает-

MSSP GROUPE SOUFFLET
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40**, факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

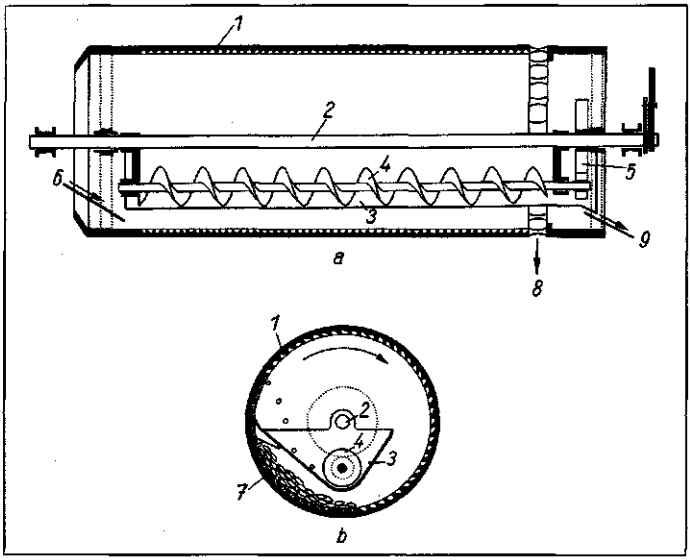


Рис. 2.12. Триер (ячеистый сортировщик):

a) — продольное сечение;
b) — поперечное сечение

1 — оболочка триера; 2 — главная ось; 3 — лоток триера; 4 — шнек; 5 — привод шнека; 6 — впуск ячменя; 7 — ячменная ячейка; 8 — выпуск ячменя; 9 — выпуск битого ячменя

ся регулировке извне. Иногда оказывается, что в лоток вместе с отходами попадают полные, но короткие зерна ячменя, и это приводит к прямым потерям сырья. С другой стороны не исключено и то, что в основном потоке могут оказаться половинки зерен, снижая тем самым его качество. Поэтому иногда в дополнение к главному цилиндру триера устанавливают следом один или несколько контрольных, благодаря чему достигается более точное сортирование.

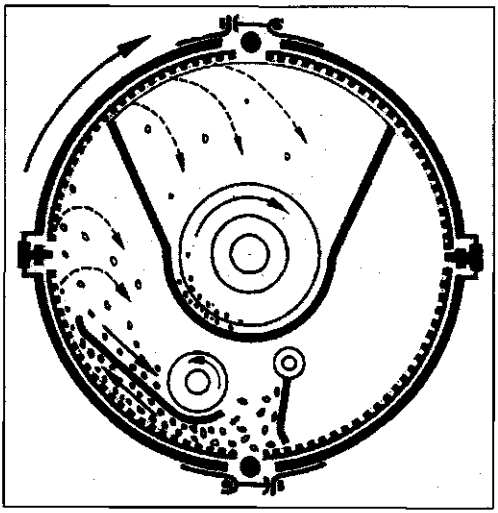


Рис. 2.13. Высокопроизводительный триер *со сменными элементами цилиндра*

Большие, высокопроизводительные триеры зачастую имеют сменные элементы цилиндра. Также находят применение встраиваемые элементы устройства, препятствующие расслоению материала по массе, из-за которого производительность триера могла бы снизиться (рис. 2.13).

В настоящее время существуют триеры с производительностью до 15 т/час.

2.1.2.6. Сортирование ячменя

2.1.2.6.1. Основа для сортирования

При очистке ячменя ранее были удалены грубые и мелкие примеси, пыль, металлические предметы и округлые зерна. Если не считать небольшого количества примесей в виде посторонних зерен с размерами, близкими к ячменю, то сейчас ячмень состоит из зерен различной величины.

Мелкие зерна при замачивании поглощают воду быстрее, чем крупные, и если их заранее не отделить то, может получиться солод неравномерного качества. Для предотвращения этого ячмень сортируют на фракции зерен одинаковой величины через сита с отверстиями 2,2 и 2,5 мм.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

Так как в начале различие в водопоглощении между более крупными и более мелкими зернами очень велико, но впоследствии оно выравнивается, то в настоящее время все больше солодовенных предприятий отказываются от дальнейшего сортирования и перерабатывают в солод все зерна вместе (зачастую с толщиной от 2,2 мм); иногда осуществляют сортирование лишь готового солода. Сортовая чистота партии ячменя оказывается важнее однородности величины зерен.

С помощью двух сит ячмень разделяют на 3 фракции.

Фракция 1 — первый сорт или крупный ячмень

В эту фракцию попадает та часть ячменя, которая остается на сите с отверстиями 2,5 мм. Крупный ячмень состоит из наиболее крупных и толстых зерен, от которых следует ожидать наибольшего выхода и которые поэтому являются наилучшими для производства солода и пива. Фракция полного ячменя должна быть наибольшей по количеству и является важнейшим признаком качества ячменя — именно по ней определяют стоимость поставленной партии.

Фракция 2 — второй сорт или мелкий ячмень

В эту фракцию попадает та часть ячменя, которая проходит через сито с отверстиями 2,5 мм и задерживается на сите с отверстиями 2,2 мм. Содержание этой фракции должно быть как можно меньше и эта фракция перерабатывается отдельно.

Отходы сортировки

Под этим названием объединяют все, что проходит через сита с отверстиями 2,2 мм. Отходы состоят из малоценных плоских зерен, непригодных для производства солода, но представляющих собой ценный корм для скота. Максимальное количество отходов не должно превышать 2,5% (точное процентное соотношение количества отходов может специально оговариваться в контрактах между заказчиком и поставщиком). Следует заметить, что количество отходов в конкретной партии зачастую зависит от климатических условий того или года.

По форме сортировочных листов различают устройства с плоскими ситами и сортировочные цилиндры.

2.1.2.6.2. Сортировочный цилиндр

Сортировочный цилиндр состоит из вращающегося, слегка наклоненного каркаса из стального листа цилиндрической формы диаметром около 60 см и длиной 2–3 м, на котором натянуты сита со щелевыми отверстиями длиной около 25 мм. На передних ситах имеются прорези шириной 2,2 мм, а во второй половине цилиндра — шириной 2,5 мм. В установках повышенной производительности для каждого сорта используют отдельный цилиндр.

Когда все зерно медленно движется вверх, то каждое зерно соприкасается с прорезью и либо проходит через нее, либо остается на сите. Если диаметр зерна точно равен ширине прорези, то оно в ней застревает, и чтобы исключить засорение, предусмотрено наличие подвижной щетки в виде валика для очистки сита. Так как верхняя часть поверхности цилиндра с ячменем не соприкасается, то поверхность сит используется не более, чем на 25%. У современных высокопроизводительных сортировочных цилиндров поверхность сит используется почти на 50% благодаря встроенной вращающей лопасти, которая разбрасывает зерна по направлению к ситам и одновременно исключает вероятность того, что часть зерен из середины слоя вообще не попадет наружу к поверхности сита. (рис. 2.14).

Производительность сортировочного цилиндра составляет от 1 до 6 т/час.

В настоящее время сортировочные цилиндры из-за их относительно невысокой производительности и высокой потребности в пло-

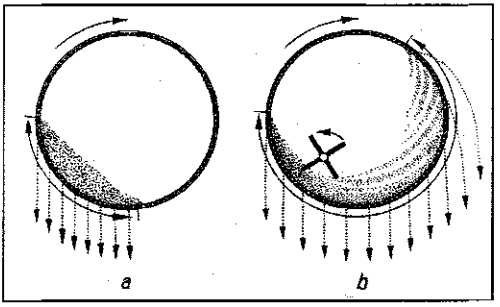


Рис. 2.14. Увеличение сортировочной поверхности с помощью распределяющего вальца:

a — сортировочный цилиндр, b — сортировочный цилиндр повышенной производительности

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40**, факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

щадях применяются лишь в небольших старых солодовнях.

2.1.2.6.3. Планзихтер

Планзихтер — это сортировочная машина, состоящая из 20–28 рам с горизонтальными ситами, расположенными друг под другом. Планзихтер подвешен на канатах или стекловолоконных стержнях и приводится в круговое движение с помощью эксцентрикового привода. Сортируемые зерна ячменя постоянно распределяются по всей поверхности сит, постоянно изменяя свое положение и направление движения.

Для подачи и удаления ячменя используются гибкие рукава, так как из-за кругового движения планзихтера жесткое соединение невозможно.

Привод планзихтера осуществляют с помощью электродвигателя с ременным приводом, передающим вращательное усилие вертикально расположенному валу или с помощью электродвигателя, качающегося вместе с планзихтером. Во всех случаях электродвигатель соединен с качающимся грузом из свинца, определяющим амплитуду вращательного движения, диаметр которого при 220 об/мин составляет около 74 мм. Ситовые рамы (рис. 2.15) состоят из сортировочных листов (*1*) с перекрестно расположенными по отношению друг к другу прорезями, под которыми на некотором расстоянии расположено крупноячеистое сито (*2*). Между сортировочным листом и крупноячеистым ситом помещают резиновые шарики (*3*), нарезанные из ремня кубики или мелкие пластмассовые предметы различной геометрической формы, которые благодаря эксцентриковому движению постоянно находятся во взвешенном состоянии и препятствуют тем самым застреванию в сортирующих прорезях зерен, размеры которых совпадают с шириной прорезей. Чтобы шарики или фасонные предметы не скатывались, а оставались в нужном месте, предусмотрены разделители поверхности (*4*). На отводном листе находятся мелкие пластмассовые предметы, очищающие днище сита.

В настоящее время планзихтеры выполняются в виде шкафа с короткими выдвижными ящиками. При этом сортировочные элементы подобно ящикам в комоде располагаются рядом и друг над другом так, чтобы все эти элементы были равномерно загружены. С этой целью при подаче поток зерна делится на несколько потоков (рис. 2.16) и в соответствии с процентным соотношением первого и второго сортов ячменя распределяется по ситам. Этим способом достигается достаточно хорошее сортирование. На фото (рис. 2.17) показан высокопроизводительный планзихтер «Квадростар» с открытым средним отделением, где можно видеть сортирующие элементы, расположенные друг над другом. Их можно в случае необходимости извлечь для очистки, ремонта или замены.

Другое расположение плоских сортирующих элементов приведено на схеме рассева **сортировочной машины TS200** (Фирма Schmidt, г. Байльнгрис) (рис. 2.18). Ячмень распределяется по большей поверхности сит и сортируется.

Ситовые поверхности очищаются резиновыми шариками и кубиками. Воздух с пылью удаляется при помощи вакуума и после грубого обеспыливания приблизительно 85% воздуха возвращается для повторного ис-

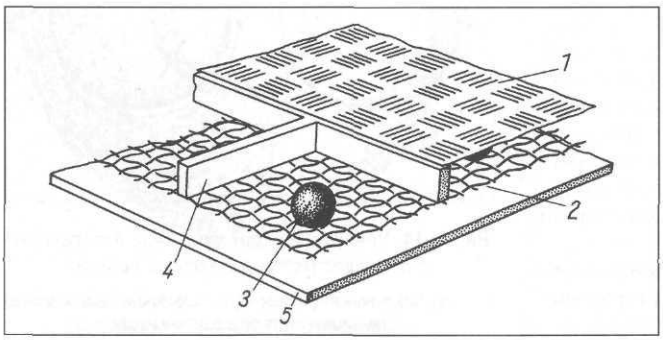


Рис. 2.15. Сортирующий элемент:

1 — сортировочный лист; 2 — сито с шариками; 3 — резиновый шарик; 4 — разделитель поверхности; 5 — отводной лист

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40,** факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

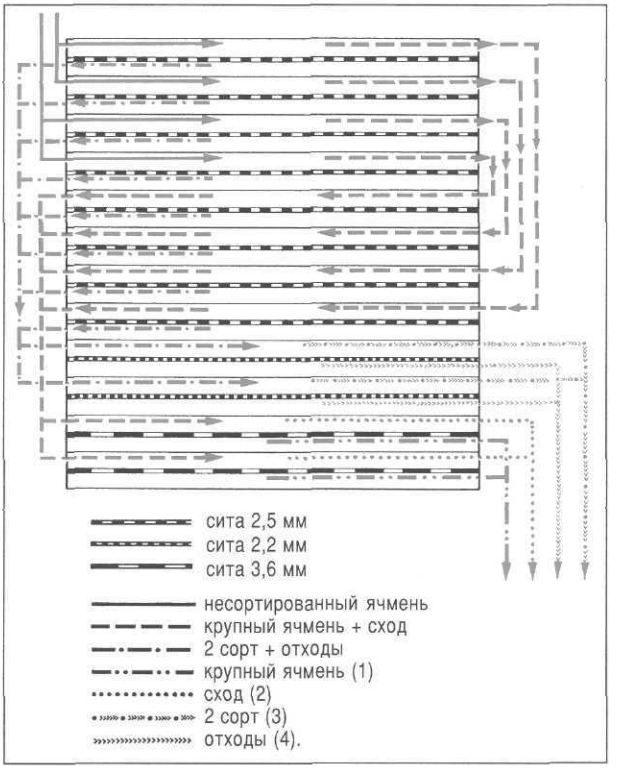


Рис. 2.16. Принцип работы планзихтера

Поступающий ячмень делится на несколько потоков и распределяется по многочисленным ситам с прорезями 2,5 мм, после чего он повторно сортируется на большом числе сит с отверстиями 2,2 мм

Это делается таким образом потому, что большая часть ячменя состоит из крупного ячменя толщиной 2,5 мм и более и таким образом часть ячменя второго сорта отсортировывается. Составляющие меньшую часть отходы и сход с сита рассортировываются затем на меньшем числе сортирующих элементов

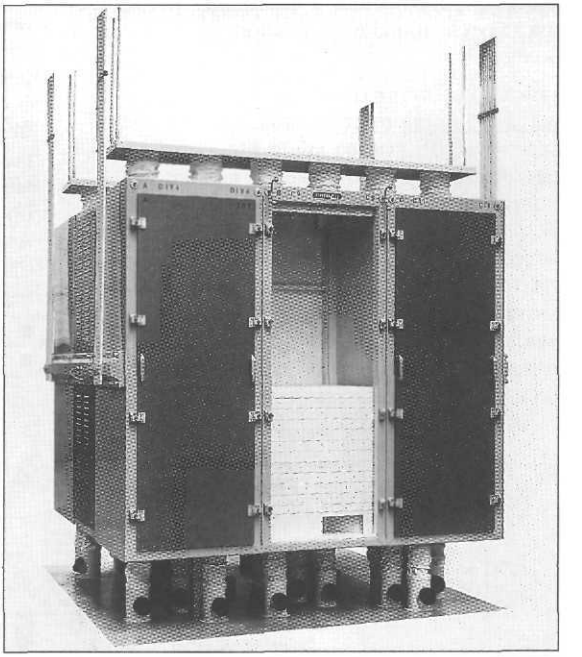


Рис. 2.17. Высокопроизводительный планзихтер «Квадростар» фирмы Бюлер, г. Брауншвейг (Германия)

Среднее отделение открыто; видны некоторые сортирующие элементы

На фото также хорошо видна подвеска планзихтера. Жесткое соединение с помощью вращающихся элементов привело бы к перерасходу энергии и быстрому износу

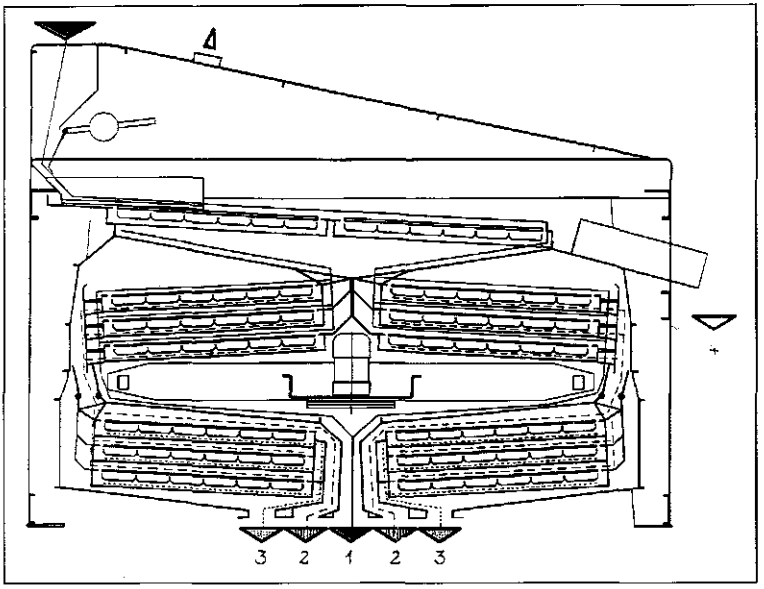


Рис. 2.18. Сортировочная машина TS200 (Фирма Schmidt, г. Байльнгрис):

1 — 1-й сорт; 2 — 2-й сорт; 3 — 3-й сорт; 4 — сход

пользования. Меньшая часть пыльного воздуха отводится в систему центральной аспирации. На рисунке схема обеспыливания не приведена (подробнее см. раздел 2.1.2.1).

Сортировочные установки с хорошим рассортировыванием в настоящее время выпускаются производительностью 15 т/час и более.

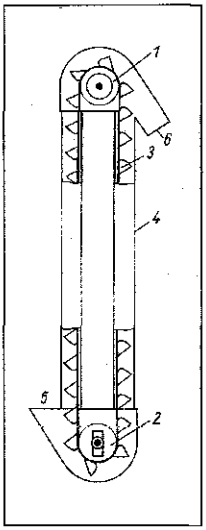


Рис. 2.19. Нория или элеватор:

1 — верхний ролик с приводом; 2 — нижний ролик с натяжным устройством; 3 — лента с ковшами; 4 — кожух; 5 — желоб башмака нории; 6 — выпуск

2.1.3. Транспортирование ячменя и солода

Ячмень, свежепроросший и готовый солод в пределах солодовенного предприятия должны неоднократно перемещаться. То же можно сказать и о транспортировании солода на пивоваренном предприятии до момента его дробления.

Поскольку во всех случаях приходится перемещать довольно большие количества сыпучего материала, важно предусмотреть минимальную длину транспортных путей и применение транспортных средств приемлемой стоимости.

Различают в основном две группы транспортных средств:

- **механические;**
- **пневматические**, с помощью которых сыпучий материал перемещается по трубопроводам потоком воздуха.

2.1.3.1. Механические транспортные средства

Эти средства перемещают материал механическим путем. Различают:

- ***нории, или элеваторы для вертикального перемещения;***

шнековые транспортеры;

скребковые цепные транспортеры;

ленточные транспортеры для горизонтального перемещения.

2.1.3.1.1. Нория или элеватор

Нория (рис. 2.19) состоит из кольцевой ленты (*3*), изготовленной из хлопчатобумажного полотна, искусственного материала или из цепей, движущейся между двумя роликами (*1*), (*2*), расположенными вертикально друг над другом.

На ленте размещены ковши на расстоянии 0,3–0,4 м друг от друга, каждый из которых вмещает от 2 до 15 дм^3 ячменя или солода. Ковш изготавливают из:

- сварного стального листа;
- кованого листа;
- пластмассы.

Привод подъемника подключают к верхнему ролику (*1*), так как именно на него приходится масса ленты. На нижнем конце нории имеется натяжное устройство (*2*), обеспечивающее постоянное натяжение ленты с ковшами (*3*). Для предотвращения несчастных случаев и потерь сырья нория обшивается металлическим листом (в более старых конструкциях — древесиной) (*4*).

Работает нория следующим образом: лента с наполненными ячменем ковшами движется с максимальной скоростью 4 м/с (с солодом — 2,5 м/ с). Ковш зачерпывает транспортируемый материал из желоба (5) и поднимает его вверх, опорожняясь при повороте вокруг верхнего ролика. Через выпуск (6) сыпучий материал выходит наружу.

Для транспортировки свежепроросшего солода применяют цепные элеваторы или ленточные элеваторы с решетчатым приводом, который необходим для того, чтобы исключить сползание ленты из-за налипания влажного пророщенного материала.

Преимущества нории заключаются в том, что это наиболее рентабельное транспортное средство (в связи небольшим энергопотреблением), и именно поэтому нории получили широкое распространение. Их легко обслуживать, они безопасны в эксплуатации и требуют минимального ухода и ремонта.

К недостаткам нории можно отнести то, что нижняя часть нории (башмак) никогда полностью не опорожняется. Это особенно негативно сказывается, когда одним и тем же подъемником поднимают различные виды сыпучих материалов. Кроме того, если происходит сбой в электроснабжении, то нория под тяжестью наполненных ковшей начнет движение в обратную сторону. В связи с этим монтируют специальное блокирующее устройство. Подъемники относятся к наиболее пожаро- и взрывоопасным транспортным средствам, так как при сползании или соскальзывании ленты с ковшами может возникнуть пожар или взрыв пыли. Для предотвращения подобных случаев в крупных агрегатах предусматривают автоматический контроль числа оборотов и выровненности хода ленты.

2.1.3.1.2. Шнековый транспортер

Наиболее распространенным средством для горизонтальной транспортировки ячменя и солода до сих пор остается шнековый транспортер (рис. 2.20).

В желобе из стального листа, закрытом от несанкционированного проникновения, движется стальной шнек (винт). Через каждые 2–3 метра для исключения провисания предусмотрены промежуточные опоры. Привод вала осуществляется от двигателя; число оборотов вала — ниже 200 об./мин., и поэтому необходим двигатель с редуктором. При вращении шнек бережно перемещает ячмень или солод до расположенных снизу шиберов для опорожнения, которое осуществляется путем простого открывания одного из шибе-

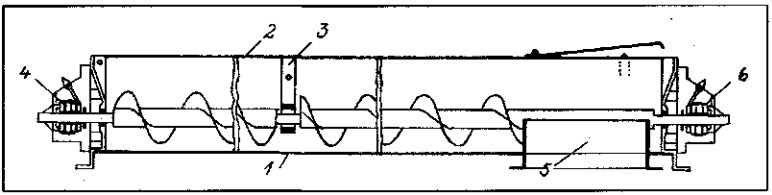


Рис. 2.20. Шнековый транспортер:

1 — желоб; 2 — крышка желоба; 3 — промежуточный подшипник; 4 — концевой подшипник; 5 — выпуск; 6 — привод

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел.: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

Рис. 2.21. Виды винта шнеков

ров. Во избежание перегрузки шнека желоб должен заполняться не более чем на одну треть.

К преимуществам шнекового транспортера относится то, что несмотря на довольно высокое энергопотребление, он является вполне рентабельным видом горизонтального (или с подъемом до 30°) транспорта. Поэтому для перемещении на короткие расстояния в солодовнях применяют большей частью именно шнековые транспортеры.

Недостатком его является то, что между желобом и винтом шнека всегда должен оставаться зазор от 3 до 5 мм (иначе шнек будет задевать за желоб), и поэтому полное опорожнение желоба невозможно. Это особенно неблагоприятно сказывается при транспортировании свежепроросшего солода. Кроме того, края винта шнека со временем остро затачиваются и могут повреждать зерно, особенно при транспортировке свежепроросшего солода.

Шнеки бывают:

- с простым сплошным винтом;
- с ленточным винтом и открытой внутренней частью;
- с прерывистым ленточным винтом, исполненным в виде взаимно смещенных полудуг;
- лопастные с раздельными винтовыми лопастями (рис. 2.21).

Со шнеками в их различных исполнениях и с их вертикальным расположением мы еще встретимся при рассмотрении ворошения зеленого солода с использованием пневматических установок.

Разновидностью шнекового транспортера, похожего на рассмотренные выше типы, является гибкий трубчатый шнек **«Flexauger»**. Это транспортное устройство состоит из безосевого винта, изготовленного из пружинной стали и вращающегося внутри гибкой полиэтиленовой трубы, благодаря чему продукт перемещается. Труба полностью опорожняется этим винтом и может располагаться с изгибами и подъемами до 45°.

2.1.3.1.3. Скребковый цепной транспортер

Такой транспортер применяется для горизонтального и наклонного перемещения материалов и известен также под названием «редлер».

В плоском прямоугольном желобе (рис. 2.22) движется со скоростью от 0,4 до 0,6 м/с замкнутая вилочная цепь с поперечными перемычками специальной формы. Желоб можно наполнять ячменем или солодом на две трети или три четверти. Материал захватывается при движении цепи. Скребковый цепной

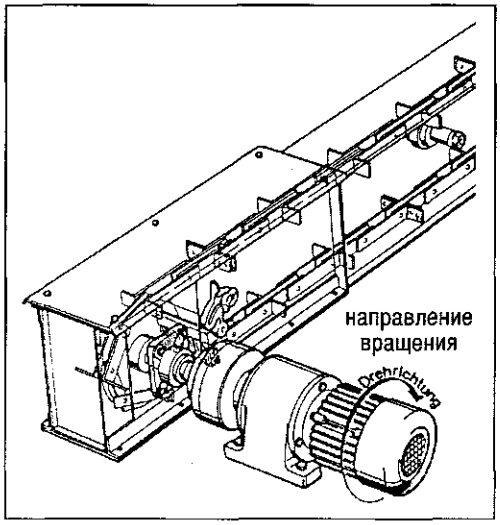


Рис. 2.22. Скребковый цепной транспортер («редлер»)

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

транспортер издает сильный шум из-за касания элементами цепи металлического днища желоба, особенно на холостом ходу.

Привод осуществляется от цепного колеса на станции привода. Полная выгрузка продукта с помощью цепи осуществляется на приводной станции, но может происходить и через промежуточные выпуски. Опорожнение желоба бывает не совсем полным.

Скребковый цепной транспортер работает без образования пыли и отличается низким энергопотреблением.

2.1.3.1.4. Ленточный транспортер

Для ленточных транспортеров характерны «бережность» при перемещении материала и низкое энергопотребление. Подобные транспортеры целесообразны лишь для перемещения больших объемов материала, так как они занимают относительно большую площадь. Конструкция станции приемки и выгрузки материала должны исключать потери сырья и пылеобразование. Выгрузка может быть организована в нескольких точках.

Транспортная лента преимущественно изготовляется на тканевой основе и может быть плоской или корытообразной в зависимости от перемещаемого материала (рис. 2.23).

Корытообразные ленты характеризуются большей производительностью по сравнению с плоскими, так как могут принимать больше материала без его потерь.

Лента движется со скоростью от 2 до 3 м/с. С помощью натяжного устройства на подвижном ролике лента находится всегда в натянутом состоянии. Привод чаще всего осуществляется через ленточные барабаны.

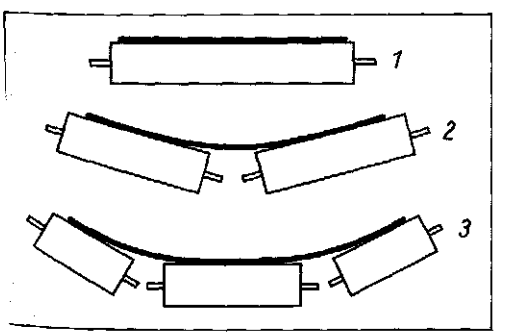


Рис. 2.23. Форма ленты ленточного транспортера:

— плоская лента; 2 — корытообразная лента; 3 — корытообразная лента с центральным роликом

2.1.3.2. Пневматические транспортные средства

Для перемещения бестарных сыпучих материалов наряду с механическим транспортом на солодовенных и пивоваренных предприятиях широко используется пневмотранспортное оборудование. В этих устройствах ячмень или солод перемещаются по трубопроводам мощным воздушным потоком. Чтобы поднять транспортируемый материал, требуется скорость воздуха около 11 м/с, однако чтобы сырье перемещалось надежно, обычно применяют значительно большие скорости потока воздуха — порядка 20м/с. Такой воздушный поток получают при помощи роторных лепестковых воздуходувок или вентиляторов высокого давления.

Преимущества пневмотранспорта заключаются в следующем:

- можно перемещать большие массы сырья;
- потребность в площадях невелика;
- в установке не остается остатков;
- пневмотрубопроводы можно делать изогнутыми;
- нет опасности возгорания.

Однако следует заметить, что по сравнению с механическими транспортными средствами в данном случае существенно возрастает энергопотребление.

Существует два вида пневмотранспорта:

- всасывающие установки с разрежением в транспортном трубопроводе;
- нагнетательные пневмоустановки с избыточным давлением в транспортном трубопроводе.

2.1.3.2.1. Всасывающая пневмоустановка (рис. 2.24)

При использовании всасывающей установки (если на трубопроводе имеется достаточное количество разветвлений) ячмень можно засасывать из нескольких точек.

Отбор ячменя осуществляется только в точке размещения отделителя от воздуха (рис. 2.25), который поэтому располагают на

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

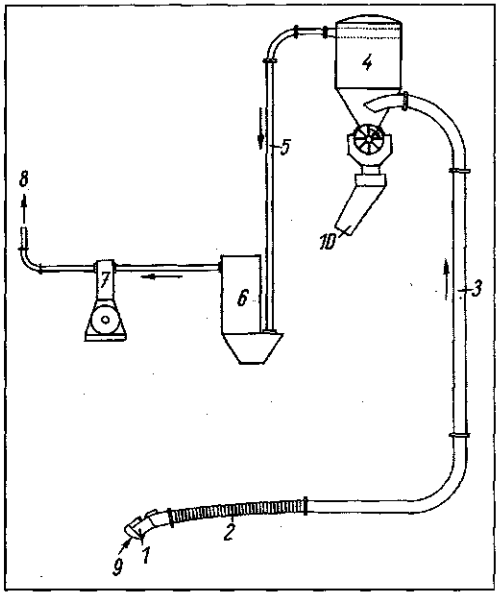


Рис. 2.24. Всасывающая пневмоустановка (принцип действия):

1 — всасывающий раструб, 2 — подвижный рукав, 3 — трубопровод, 4 — отделитель, 5 — вакуумный трубопровод, 6 — пылевой фильтр, 7 — воздуходувная установка, 8 — выпуск воздуха, 9 — подача ячменя, 10 — отбор ячменя

самом высоком месте, то есть над сушилкой, над зернохранилищем или над замочным чаном.

2.1.3.2.2. Нагнетательная пневмотранспортная установка с избыточным давлением

При использовании подобных установок (рис. 2.26) материал подается в шлюз, затем через шлюзовый затвор он подводится к трубопроводу с мощным потоком воздуха. Чтобы иметь

Пояснения к рис. 2.24

Часть установки	Назначение	Исполнение	Примечания
Всасывающий раструб (1) или	Всасывание воздуха	Переставляемая труба с двойной оболочкой	Необходимо постоянное засасывание достаточного количества воздуха, иначе будет забита труба
Засыпная воронка	Всасывание ячменя	Для подвода достаточного количества воздуха	Всасывается воздух, увлекая за собой ячмень
Подвижный рукав (2)	Обеспечение подвижности в месте всасывания	Труба со спиральным проволочным каркасом	
Транспортный трубопровод (3)	Перемещение воздуха и ячменя	Трубы диаметром 15–20 см с изгибами большого радиуса	В местах крутых изгибов зерно со временем протирает стенки труб. С помощью скруглений можно создать разветвленную систему со множеством мест всасывания
Отделитель зерна (4)	Остановка ячменя	Емкость с коническим выпуском, в который встроен шлюзовый затвор с механическим приводом и уплотнением (рис. 2.25)	Шлюзовый затвор выгружает только транспортируемый материал, не выпуская воздух. Пыльный транспортный воздух отсасывается через ситовые патроны и фильтруется
Вакуумный трубопровод (5)	Подвод воздуха к воздуходувке (7)	Усиленные трубы по сравнению с линией подачи зерна	Скорость воздуха снижается
Пылевой фильтр (6)	Удаление пыли	См. раздел 2.1.4.2	Зачастую необходим дополнительный водяной фильтр для очистки воздуха
Воздуходувка (7)	Всасывание транспортного воздуха	Вентилятор высокого давления	

Во избежание засорения установки заполнять раструб или всасывающую воронку сыпучим материалом следует осторожно

возможность подавать материал из разных мест, шлюзовый затвор иногда делают передвижным на тележке. Выпуск осуществляется через циклон, однако отводимый воздух еще содержит пыль. Передвижные нагнетательные воздуходувки с быстро монтируемыми трубопроводами применяются при загрузке на хранение пивоваренного ячменя.

Сопоставление свойств нагнетательных и всасывающих пневматических установок

	Нагнетательные установки	**Всасывающие установки**
Источник воздушного потока	Почти исключительно ротационная воздуходувка	Большей частью вентиляторы высокого давления
Впуск продукта	Всегда через шлюз	Всасывающее сопло
Выпуск продукта	Со шлюзом или без него	Всегда необходим шлюз
Скорость перемещения	Сравнительно низкая	Высокая
Отделение но продукта	Возможны все виды отделителей	Самостоятельработающий отделитель. Без шлюзового затвора и пылеотделительного фильтра неприменим
Рабочее давление	Может быть высоким. Возможны длинные транспортные пути	Относительно низкое

Следует отметить, что стоимость пневмотранспортных установок и их эксплуатации значительно выше, чем механических. Поэтому их целесообразно применять в основном там, где необходимо перемещать значительное количество сыпучих материалов с многочисленными изменениями направления транспортировки.

Особую проблему представляет собой каждое изменение направления трубопроводов, так как ячмень, включенный в воздушный по-

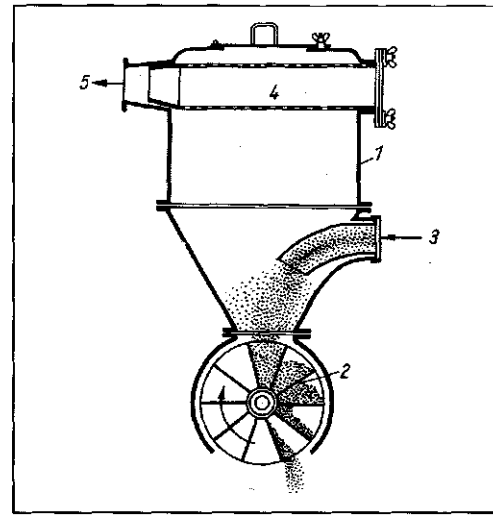


Рис. 2.25. Отделитель зерна:

1 — корпус; 2 — шлюзовый затвор с приводом; 3 — подвод воздуха; 4 — ситовые патроны; 5 — отделение пыльного воздуха

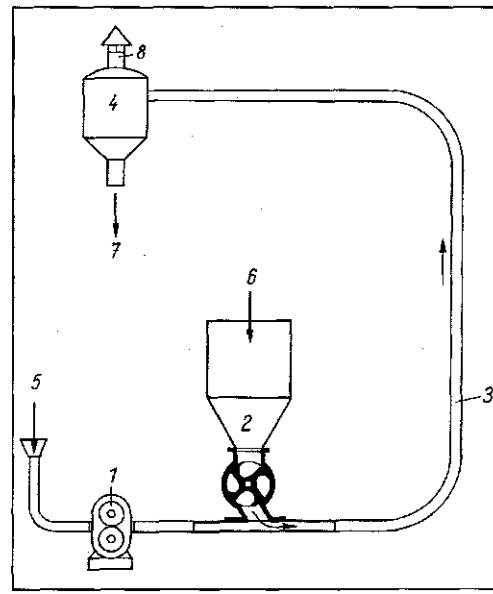


Рис. 2.26. Нагнетательная пневмотранспортная установка (принцип действия):

1 — нагнетательная воздуходувка; 2 — шлюзовый затвор; 3 — транспортный трубопровод; 4 — емкость для выгрузки; 5 — вход воздуха; 6 — подача ячменя; 7 — выгрузка ячменя; 8 — выпуск воздуха к общей системе аспирации

ток, обладает значительно большей удельной массой, чем воздух, и на каждом повороте пытается сохранить прямолинейное движение (рис. 2.27). Из-за этого зерна повреждаются, и с течением времени миллионы зерен протирают стенку. Во избежание этого повороты делают большого радиуса и с толстыми стенками.

Дальнейшим развитием пневмотранспорта стал пневмотранспортер с пульсирующей подачей — транспортная система, в которой перемещение сыпучего материала осуществляется не в условиях равномерного распределения продукта в потоке воздуха, а в виде отдельных порций (рис. 2.28).

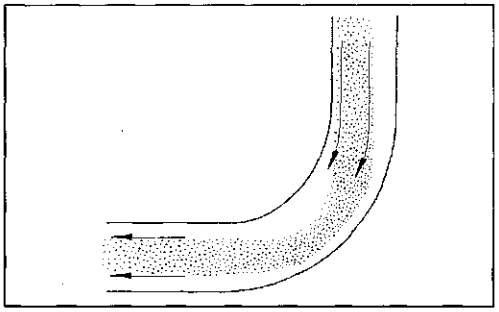


Рис. 2.27. Поток зерна на повороте трубопровода

Подаваемый в шлюз через впуск сыпучий материал толчками подаваемого сжатого воздуха делится на отдельные порции (так называемые пробки). Добавка сжатого воздуха поддерживает зерна в легко разрыхляемом состоянии и облегчает движение пробки вперед. Таким способом получают высокую экономичность этой установки, а также бережное перемещение материала при скоростях от 2 м/с, благодаря чему на 40% снижается потребность в энергии по сравнению с непрерывной пневмотранспортировкой. Подобные установки применяются при довольно больших грузопотоках (до 50т/ч) и расстояниях.

Пневматические пульсирующие транспортеры перемещают материал с низкой скоростью, но их нежелательно останавливать на длительное время, например, из-за перерыва в подаче электропитания. При повторном включении в таком случае образуется крупная пробка, от которой, начиная от ее конца, отделаются порции до тех пор, пока транспортный трубопровод не освободится.

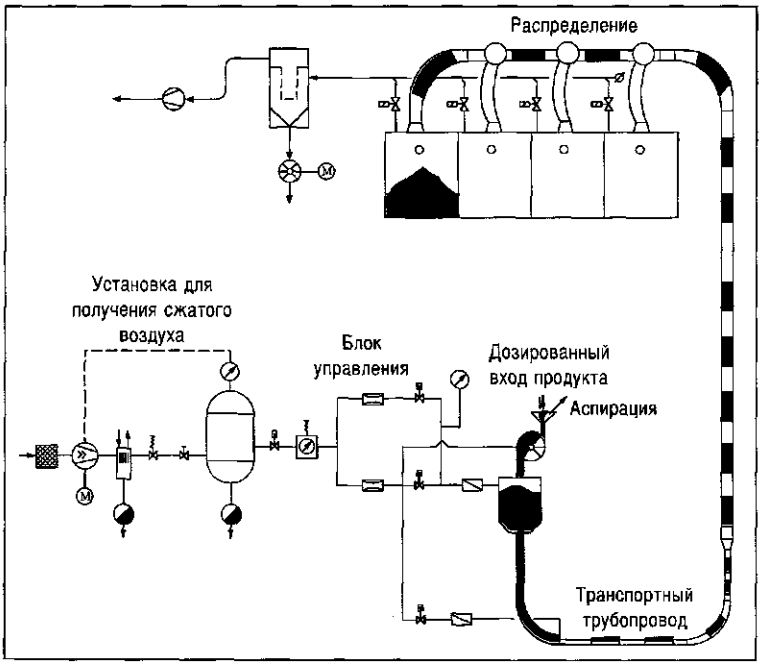


Рис. 2.28. Пневмотранспортер с принудительной пульсирующей подачей

2.1.4. Установки для удаления пыли

На поверхности зерен и ячменя и солода всегда присутствует пыль, поднимаемая при каждом движении сыпучего материала. Ее количество нельзя заранее точно определить.

Во всех местах возникновения пыли воздух следует удалять и обеспыливать, так как пыль:

взрывоопасна,
ухудшает условия труда,
загрязняет рабочее помещение и оборудование и
является источником заражения микроорганизмами.

Для удаления и обеспыливания воздуха применяются специальные установки — ***аспираторы***. Их можно легко распознать по большим трубам, так как для удаления пыли приходится отводить много воздуха.

Необходимый для этого воздух получают с помощью осевых или центробежных вентиляторов (см. раздел 10.5.2). Отделение пыли из потока воздуха можно производить

- при помощи циклона или
- при помощи фильтра.

2.1.4.1. Циклоны

Циклон (рис. 2.29) состоит из цилиндрической верхней части (*1*), в которую тангенциально вдувают воздух. Сверху вниз циклон сужается на конус, и при этом частички пыли прижимаются к стенке центробежной силой, скользят вниз и через выпускной шлюз (*4*) выпускаются и собираются в мешки. Очищенный воздух выходит сверху (*6*).

Добиться полного отделения пыли из воздушного потока при помощи циклона не удается практически никогда — остаток мелких частиц покидает циклон вместе с потоком воздуха. В ФРГ выпуск воздуха с остатками пыли в последнее время запрещен, особенно в густонаселенных местностях.

В связи с этим в современных аспирационных установках циклон используется только в качестве предварительного очистителя — даже в новейших циклонах, где отделение пыли происходит не столько за счет ее оседания благодаря падению скорости потока воздуха, сколько из-за действия центробежной силы, удовлетворительного обеспыливания не достигается. Достаточно полного удаления пыли добиваются с помощью фильтров.

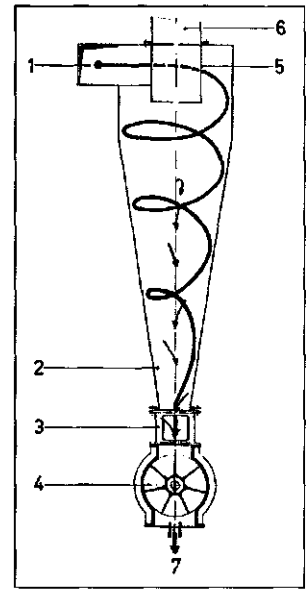


Рис. 2.29. Циклон (отделитель пыли и материалов):

1 — вход воздуха; 2 — конус отделителя; 3 — смотровое окно; 4 — выпускной шлюз; 5 — опускная труба; 6 — выход очищенного воздуха; 7 — выпуск пылевых частиц

2.1.4.2. Пылеотделительный фильтр

Применение фильтра обеспечивает отделение от воздушного потока частичек пыли размером до 6 мкм. Такой воздух можно считать очищенным. Абсолютно обеспыленного воздуха в значительных технических объемах не производят из-за его высокой стоимости.

2.1.4.2.1. Пылеотделительный фильтр старой конструкции

Старейшим представителем подобных фильтров является ***нагнетательный рукавный фильтр***, который еще можно подчас встретить на старых предприятиях. Между двумя камерами натягиваются до 100 м матерчатых рукавов, в которые вдувается пыльный воздух. Скользящие взад-вперед грабли стряхивают пыль внутрь, которая падает вниз и удаляется. При появлении дефектов в рукавах все близлежащие помещения покрываются

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

толстым слоем пыли, но и при отсутствии дефектов по прошествии определенного количества времени пыль постепенно просачивается и скапливается в помещении.

В солодовенных предприятиях иногда можно встретить и **всасывающий рукавный фильтр** (рис. 2.30). Пыльных воздух здесь входит в рукава снизу и удаляется сверху. В 3–8 камерах подвешивается по 18 рукавов. Для очистки тот или иной отсек отключают, прерывая воздушный поток. Специальным устройством рукава сверху ослабляют, а затем снова туго натягивают, благодаря чему пыль падает вниз и удаляется. Затем впуск воздуха возобновляют, и ставят на очистку другой отсек. Этот процесс следует держать под постоянным контролем.

2.1.4.2.2. Пылеотделительный фильтр новой конструкции

Такие фильтры в настоящее время конструируют в виде форсуночных фильтров и ряда других их видов, размещаемых на небольших площадях и применяемых для очистки воздуха в соответствии с требованиями законодательства об охране окружающей среды.

2.1.4.2.2.1. Рукавный фильтр

Рукавный фильтр с пневматической очисткой (рис. 2.31, 2.32) состоит из цилиндрической и конической частей. В цилиндрической части размещены рукава из натянутого на проволочный каркас синтетического войлока дли-

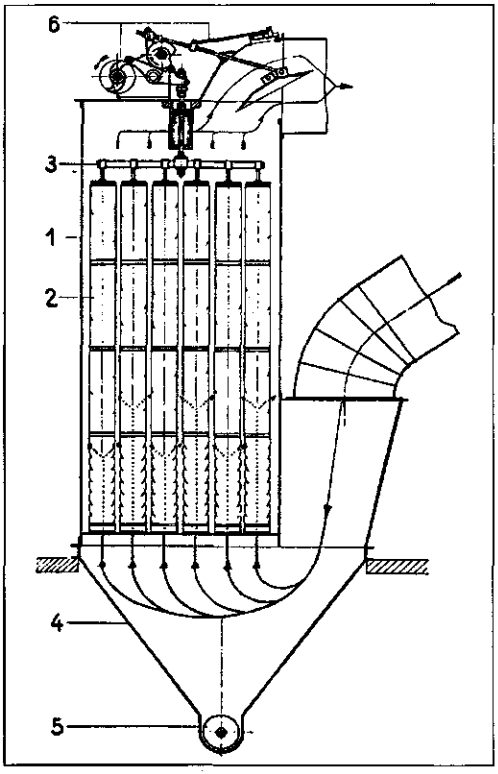


Рис. 2.30. Всасывающий рукавный фильтр (старая конструкция):

1 — корпус фильтра; 2 — фильтрующие рукава; 3 — подвеска рукавов; 4 — пылесборник 5 — шнек пылесборника; 6 — управляющее устройство

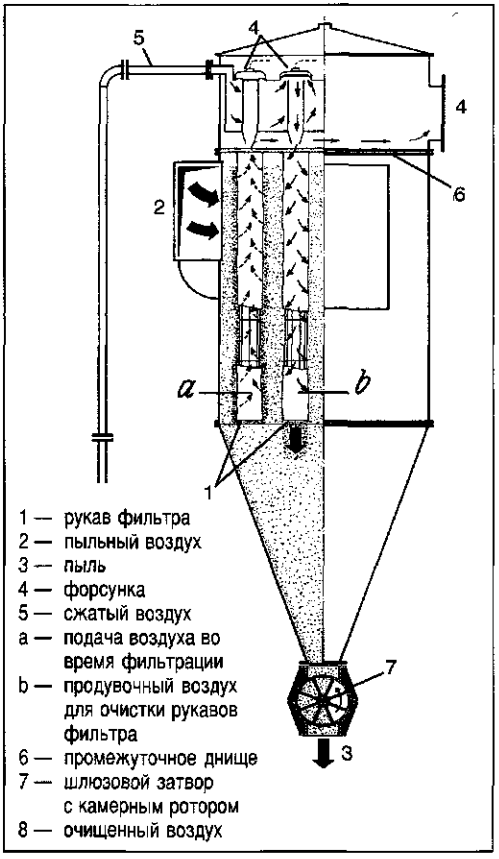


Рис. 2.31. Рукавный фильтр с пневматической очисткой

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40**, факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

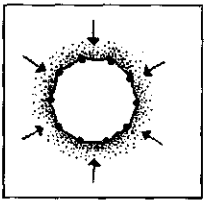


Рис. 2.32. Фильтрующий элемент в разрезе

ной до 3 м. Благодаря тангенциальной подаче пыльного воздуха часть пыли оседает под действием центробежной силы и отводится. Воздух проходит сквозь рукав и очищается. Для поочередной очистки рукавов через расположенную над каждым рукавом форсунку подается короткий, но очень мощный поток воздуха. Благодаря этому скачку давления изнутри находящиеся на внешней стороне рукава частицы пыли стряхиваются, падают вниз и удаляются через шлюзовый затвор с камерным ротором.

Управляющий блок работает на пневматической основе. Во время очистки одного рукава остальные продолжают функционировать, и поэтому фильтр работает непрерывно. Производительность рукавного фильтра – до 800 м^3 воздуха в минуту.

Для уменьшения возможных последствий и предотвращения возможного взрыва пыли все современные фильтры снабжены корпусами повышенной прочности и специальными взрыворазрядителями для сброса внутреннего давления.

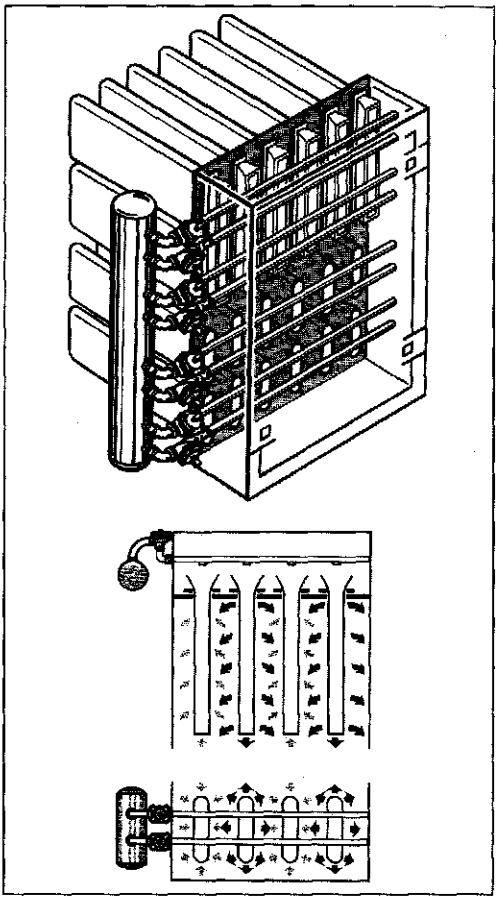


Рис. 2.33. Воздушный фильтр

2.1.4.2.2. Прочие современные воздушные фильтры

Проблемой для воздушной фильтрации является необходимая площадь для размещения фильтров. Если для нагнетательного рукавного фильтра на один квадратный метр фильтрующей поверхности расход воздуха составляет 1–1,5 м^3 в минуту, а для всасывающего рукавного фильтра – уже 3 м^3, то для рукавного фильтра с пневматической очисткой удельная нагрузка может быть поднята до 4–9 м^3 воздуха/мин. на 1 м^2.

Некоторые дополнительные возможности дает переход от круглых рукавов к прямоугольным (тем самым обеспечивается лучшее использование имеющейся площади) (см. рис. 2.33, 2.33а).

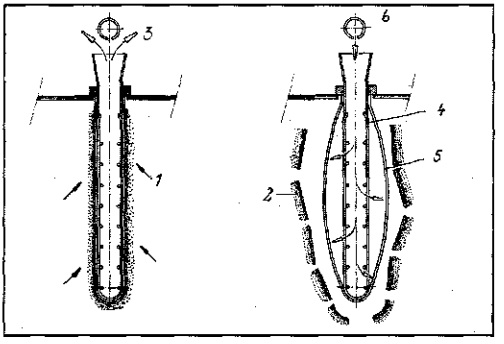


Рис. 2.33а. Принцип работы рукавного фильтра с пневматической очисткой:

1 — пыльный воздух; 2 — слой пыли; 3 — очищенный воздух; 4 — опорный каркас; 5 — ткань фильтра; 6 — форсунка для сжатого воздуха

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

2.2. Сушка и хранение ячменя

Ячмень превращается в солод не сразу – до момента переработки он некоторое время должен храниться. В послеуборочный период ячмень проходит еще **стадию дозревания**, длящуюся в условиях Западной Европы от 6 до 8 недель, и лишь после этого он приобретает полную энергию прорастания.

Под **физиологической зрелостью** (для солодоращения) понимают стадию, в которой ячмень может полностью выполнять все свои жизненные функции.

Во время хранения ячмень дышит, и поэтому его следует аэрировать. Хранение осуществляется в силосах. Сырой ячмень непригоден для хранения и должен предварительно высушиваться. Зараженный вредителями ячмень должен обрабатываться специальным газом для их уничтожения.

2.2.1. Дыхание ячменя

Ячмень во время хранения живет и дышит, хотя при этом все его жизненные функции сведены к минимуму. При дыхании происходят химические превращения, которые в итоге можно выразить следующей формулой:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O,$$

$$Q = 2822 \text{ кДж} = 674 \text{ ккал}.$$

Для дыхания необходим кислород. При его отсутствии осуществляется интрамолекулярное (анаэробное) дыхание, и при этом образуются клеточные яды (например, спирты и альдегиды), в результате действия которых зародыш может погибнуть. Поэтому хранящийся ячмень следует аэрировать. При дыхании потребляется прежде всего крахмал – через глюкозу $C_6H_{12}O_6$. Позднее крахмал чрезвычайно необходим как важнейший поставщик экстракта, а дыхание приводит к потерям крахмала, которые следует по возможности снижать.

Чем меньше крахмала будет израсходовано при дыхании ячменя, тем меньше будет потерь при производстве солода и тем рентабельнее будет работать предприятие.

Так как ячмень хранят от уборки до переработки, в это время важно добиться максимально низких потерь на дыхание. Основными факторами здесь выступают влажность и температура хранения.

Влияние влажности на дыхание очень велико. Каждый килограмм ячменя за сутки при 20 °C дает следующее количество двуокиси углерода:

при влажности 11%	0,3 мг
при влажности 12%	0,4 мг
при влажности 14–15%	1,4 мг
при влажности 17%	100 мг
при влажности 19,6%	123 мг
при влажности 20,5%	359 мг
при влажности 30%	2000 мг

При влажности более 15% дыхание усиливается настолько, что такой ячмень до хранения обязательно должен быть подвергнут сушке.

Температура влияет на дыхание меньше, но также довольно заметно. Каждый килограмм ячменя при влажности 14% за сутки дает при дыхании следующее количество двуокиси углерода:

при температуре 15 °C	1,3–1,5 мг
при температуре 30 °C	7–8 мг
при температуре 40 °C	20 мг
при температуре 52 °C	249 мг

Если во время дыхания хранящегося ячменя не отводить тепло и влагу, то начинается цепная реакция: при дыхании образуется тепло и влага, которые, в свою очередь, усиливают дыхание, в результате чего влажность ячменя возрастает, он нагревается и иногда даже образуется плесень, а ячмень теряет свою ценность.

В нормальных условиях хранения и при влажности 14–16% образуются следующие потери при хранении (в процентах от складированного количества):

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

	Способ хранения материала	Процент потерь		
		Длительность хранения (в мес) до 3	Длительность хранения (в мес) от 3 до 6	Длительность хранения (в мес) свыше 6
Ячмень	При бестарном хранении на полу	1,0	2	3
	При хранении в силосе	0,5	1	2
Пшеница	При бестарном хранении на полу	0,7	1,4	2,5
	При хранении в силосе	0,6	1,2	2

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать следующие принципы хранения ячменя:

1. **Ячмень следует хранить по возможности сухим. Влажный ячмень перед закладкой на хранение нужно высушивать.**
2. **Во время хранения ячмень для поддержания его жизнеспособности следует аэрировать. Одновременно следует отводить двуокись углерода, влагу и тепло, подводя кислород.**
3. **Срок хранения ячменя увеличивается благодаря охлаждению всей партии, поступающей на хранение.**

2.2.2. Сушка ячменя

Содержание влаги в ячмене изменяется в широких пределах при средней влажности, как правило, около 13–15%. В сухие годы уборки влажность может составлять 11–12%, а при влажной уборке она вырастает до 20% и даже свыше 25%.

Заложенный на хранение влажный ячмень теряет всхожесть и дает плохой солод. Поэтому ячмень с влажностью более 15% следует перед хранением высушивать. Благодаря сушке стадия дозревания ячменя сокращается.

Сушка ячменя осуществляется ***теплым воздухом*** или в ***вакуумных установках.***

Шахтная зерносушилка, работающая с подогретым воздухом (рис. 2.34), состоит из четырех шахт, в которых просушиваемый ячмень медленно движется вниз, а через жалюзи горизонтально пропускается подогретый воздух, благодаря которому из зерна удаляется влага.

Температура подогреваемого воздуха зависит от влажности зерна, так как влажный ячмень чувствителен к температуре и из-за слишком сильного подогрева может существенно снизить свою прорастаемость.

В нижней части сушилки — зоне охлаждения — зерно обдувается холодным свежим воздухом и таким образом охлаждается. Необходимо следить за равномерностью темпе-

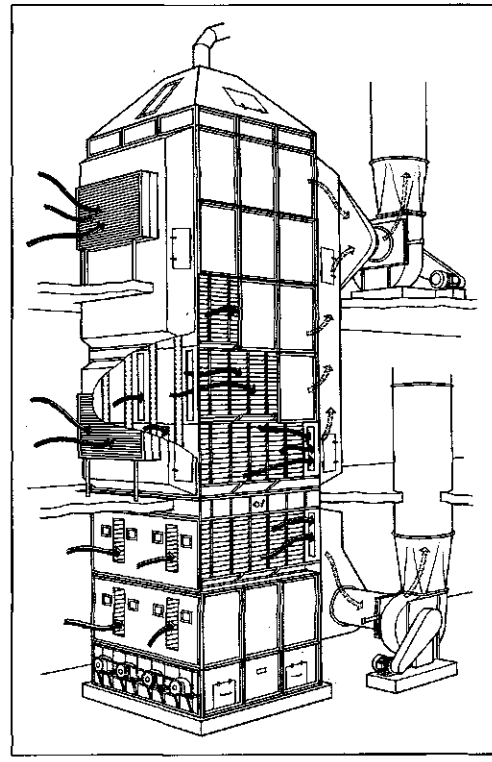


Рис. 2.34. Противоточная шахтная сушилка для ячменя

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

ратуры сушки, чтобы не допустить повреждения зародышей. Закладываться на хранение ячмень должен только в охлажденном состоянии.

2.2.3. Охлаждение ячменя

Выше было показано, что при хранении ячмень живет и дышит, а при дыхании выделяет тепло. Чем выше температура ячменя, тем быстрее дыхание усиливается, и при этом растет влажность и температура. Чем выше влажность и температура ячменя, тем быстрее развиваются микроорганизмы, плесневые грибы и бактерии, а также насекомые, получающие идеальные условия для жизни. Чем холоднее заложенное на хранение зерно, тем лучше оно хранится. Зависимость длительности хранения от влажности приведена в следующей таблице:

Влажность, %	Температура хранения, °С	Срок хранения без порчи
12,0– 15,0	9–12	Длительно
15,0–16,5	8–10	1–1,5 года
16,6–18,0	5–7	4–6 месяцев
18,0–20,0	5	3–4 месяца
20,0–22,0	5	2–3 месяца
22,0–25,0	5	1–2 недели
25,0–30,0	4–5	2–3 дня
Свыше 30	–	–

Следовательно, путем охлаждения можно повысить срок хранения ячменя, убранного в ходе влажной уборки. Если все же кроме охлаждения необходима и сушка, то необходимую степень высушивания можно снизить, используя охлаждение всей партии ячменя.

Для охлаждения ячменя отлично зарекомендовал себя охладитель зерна **Granifrigor** фирмы Sulzer Escher-Wyss (рис.2.35).

Выходящий из охладителя холодный воздух поступает снизу (*3*) в закрытый силос и охлаждает сначала самый нижний слой зерна. При этом воздух поглощает от зерна тепло и движется вверх через весь силос. Поэтому в течение всего периода охлаждения воздух отводится уже как теплый отходящий воздух.

В ходе охлаждения охлаждаемая зона расширяется и постоянно смещается вверх. Процесс охлаждения заканчивается, когда наверху появляется более холодный воздух. В качестве температуры хранения выбирают температуру ниже 15 °С; особое значение это имеет для защиты от насекомых и плесневых грибов.

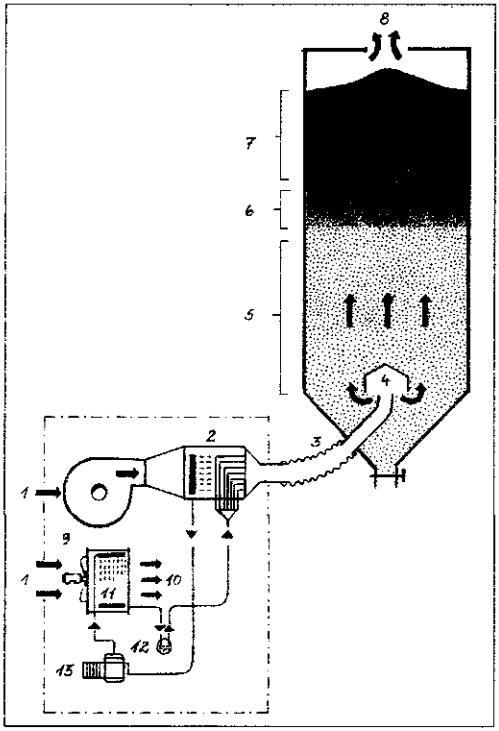


Рис. 2.35. Охладитель зерна:

1 — свежий воздух; 2 — охладитель воздуха с регуляторами влажности и температуры («Hydrotherm»); 3 — впуск холодного воздуха; 4 — распределение воздуха; 5 — зона охлажденного зерна; 6 — зона охлаждения (перемещается в направлении потока воздуха); 7 — зона неохлажденного зерна; 8 — теплый воздух; 9 — вентилятор; 10 — отвод воздуха; 11 — конденсатор с воздушным охлаждением; 12 — сборник хладагента; 13 — холодильный компрессор

2.2.4. Хранение ячменя

Ячмень хранят преимущественно в силосах; на более старых предприятиях его могут хранить также на полу в закромах.

2.2.4.1. Хранение в силосах

Большинство силосов сооружают из **железобетона**. Они обладают низкой теплопровод-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

ностью, высокой огнестойкостью и отличаются относительно небольшой стоимостью эксплуатации. Силосы бывают в плане круглыми, прямоугольными или примыкающими друг к другу в виде сот (для максимального использования имеющегося пространства). Чтобы гарантировать полную выгрузку зерна, следует обеспечить угол выпуска в 40°. Однако следует учитывать, что силос опорожняется неравномерно и что в зависимости от различных факторов (эффекта свода, например) при опорожнении возникает рассортировка материала по размеру зерен. (рис. 2.36).

Силосы **из стального листа** дешевле и легче в монтаже, однако сталь обладает высокой теплопроводностью. Это приводит к тому, что вследствие более интенсивного дыхания слои ячменя, расположенные около стенок силоса, начинают быстро отпотевать, из-за чего может начаться конденсация воды.

В силосах всех типов следует предусмотреть аэрацию и регулярную пересыпку ячменя. При аэрации необходимо контролировать состояние воздуха (температуру, влажность). Наблюдение за температурой следует вести на различных по высоте уровнях силоса.

Общий объем силосов в солодовенном заводе должен быть рассчитан на прием 80–100% зерна, перерабатываемого за уборочную кампанию.

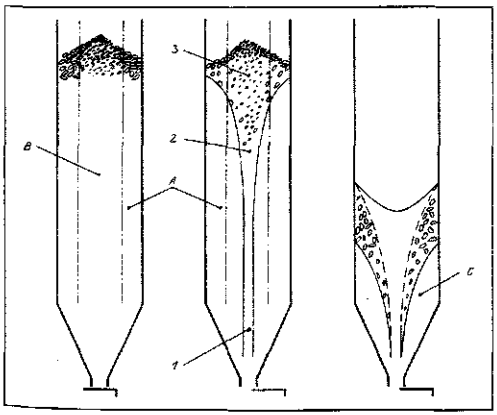


Рис. 2.36. Рассортировка ячменя при силосном хранении и выгрузке:

A — зона с более легким продуктом; B — зона с более тяжелым продуктом; C — застойная зона с более легким продуктом; 1–3 — выгрузка продукта (последовательность выхода после открывания шибера)

2.2.4.2. Хранение на складах

В настоящее время хранение ячменя на складах почти не применяется, поскольку оно требует очень больших затрат труда и площадей, а солодовенные предприятия, как правило, оборудованы силосами. Однако на старых и небольших солодовнях склады еще сохранились, и в них партии ячменя хранят в закромах раздельно, чтобы иметь возможность и перерабатывать ячмень по партиям.

Для аэрации ячмень перекачивают с одного склада на другой. В некоторых солодовнях имеются самотечные этажные зернохранилища — размещенные на нескольких этажах друг над другом склады, в полу которых оборудованы отверстия, расположенные на равных расстояниях друг от друга. Для аэрации открывают шибер, и зерно самотеком ссыпается через небольшой распределитель в ниже расположенный склад.

В ходе хранения влажность воздуха влияет на влажность ячменя, который может становиться более сухим или влажным.

При соприкосновении с ячменем воздух охлаждается (если воздух теплее ячменя), и в этом случае снижается его способность удерживать влагу, которая отдается ячменю. Поэтому окна помещений складов при холодном *наружном воздухе следует всегда держать открытыми.*

Холодный, сухой ночной воздух всегда высушивает ячмень.

Однако весной, когда ячмень холодный, при повышении наружной температуры воздуха возникает опасность увеличения влажности ячменя. Специалист солодовенного завода должен уметь использовать погодные условия для аэрации ячменя. При этом важно знать, что его влажность зависит от относительной влажности воздуха.

Влажность ячменя, %	Относительная влажность воздуха, %
13,5	60
14,0	65
15,0	70
16,0	75
17,0	80
19,0	85
21,0	90

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40,** факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

Измерения проводят с помощью измерителя влажности воздуха.

Воздух для сушки должен быть более холодным, чем хранящийся ячмень. Если воздух будет теплее, то он должен иметь меньшую влажность.

Высота засыпки в хранилище зависит от допустимой нагрузки на перекрытие и влажности ячменя.

Чем выше влажность ячменя, тем меньше должна быть высота его слоя.

Влажность ячменя, %		Максимальная высота засыпки, м
до	15,5	3
	15,5–17,0	2,25
свыше	17,0	1

Для свежеубранного обмолоченного ячменя высота засыпки должна быть существенно ниже, поскольку дозревание и процесс отпотевания легко приводит к повышению температуры, а значит, и к снижению качества зерна.

Преимуществу хорошей обозреваемости заложенных партий при складском хранении противостоят следующие негативные факторы: большая потребность в энергии и рабочем времени из-за необходимости пересыпки ячменя, а также нерациональное использование пространства. Поэтому новые предприятия для хранения зерна оснащаются в основном силосами.

2.2.4.3. Заражение вредителями

Наряду с повреждениями от высокой влажности и температуры ячмень подвержен также повреждениям от вредителей, которые относятся к представителям животного и растительного мира.

2.2.4.3.1. Насекомые-вредители

Из вредителей наибольшую опасность представляют **амбарный долгоносик** и **амбарная зерновая моль**.

Амбарный долгоносик (рис. 2.37) имеет длину 3–4 мм и очень быстро размножается. Самка долгоносика откладывает яйца по одному в предварительно поврежденное зерно.

Рис. 2.37. Амбарный долгоносик

Личинки выгрызают зерно изнутри до пустоты и покидают его уже взрослыми особями. По этим отверстиям легко определить пораженные зерна. При быстром размножении долгоносика в короткое время может быть нанесен большой вред. Если своевременно повреждения не будут обнаружены, придется уничтожать всю партию зерна.

Для борьбы с вредителями вся партия обрабатывается подходящим для этой цели газом, который сначала уничтожает долгоносика и его личинки, а затем без остатка улетучивается (например, фосфористый водород, фостоксин, актелик50 (Actelic50) и др.).

Таким же образом уничтожают зерновую амбарную моль, которая съеденные зерна и свои собственные выделения обволакивает паутиной в клубочки.

2.2.4.3.2. Плесени

Так же, как и на других растительных продуктах, на поверхности ячменя поселяются плесневые грибы. Большинство этих грибов безвредно; развиваются они только на отмерших частях растений и выполняют тем самым важную роль в природном круговороте. Живую материю они не повреждают, однако их присутствие становится неблагоприятным тогда, когда они сильно разрастаются на убранном зерне из-за повышенной влажности при хранении. Некоторые плесневые грибы образуют клеточные яды, могущие оказывать негативное действие [67].

Другие плесневые грибы, так называемая плесневая микрофлора, обладают способностью использовать содержимое клеток растений в качестве своей питательной среды. Зачастую они наносят большой ущерб сельскому хозяйству, негативно влияя как на качественные, так и на количественные показатели сельскохозяйственного производства.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

Плесневые грибы выделяют продукты обмена веществ, служащие в первую очередь для захвата нового жизненного пространства и собственной защиты — так называемые **микотоксины** («грибные яды»).

Растущие на ячмене полевые плесневые грибы:

- **Fusarium graminearum;**
- **Fusarium culmorum.**

образуют в своем грибном мицелии, растущем внутри зерна, микотоксины (цеараленон, дезоксиниваленол — DON), которые могут окрашивать содержимое зерна в красный цвет. Токсическое действие этих микотоксинов проявляется в определенных ограниченных пределах и из-за их незначительного содержания оно относительно невелико. Грибок фузариум известен тем, что при своем появлении (**покраснение содержимого зерна**) он может привести к образованию пресловутого «гашинг»-эффекта (если имеются также и другие необходимые для этого условия).

Под «гашингом» (gushing — неуемность, англ.) понимают непредсказуемость поведения, сильное пенообразование пива (фонтанирование) при открывании бутылки. В некоторые годы этот эффект заметно усиливается и негативно сказывается на престиже того или иного пивоваренного предприятия.

Помимо условий, имевшихся в поле и при хранении, важную роль в заражении плесневыми грибами играют условия солодоращения. Если во время замачивания споры грибов смываются с поверхности зерна, то при проращивании ячменя плесневые грибы растут и размножаются внутри зерна и уничтожаются большей частью лишь при сушке. Особенно это относится к грибам рода фузариум. Однако в этом случае бороться с ними уже поздно, и поэтому особое внимание следует уделять борьбе с заражением плесневыми грибами во время созревания, уборки и хранения зерна.

Образование митоксинов при поражении плесневыми грибами может представлять опасность и для человека, особенно в тропическом и субтропическом климате, когда образуется афлотоксин (например, внутри зерен кукурузы или риса). Поэтому в тропических зонах следует проверять возможность заражения зерновых плесневыми грибами и определять уже образовавшиеся микотоксины.

2.3. Замачивание ячменя

При хранении ячменя ферменты, важные для процесса солодоращения, не активны или обладают сильно пониженной активностью. При замачивании внутрь зерна попадает вода, и благодаря этому имеющиеся ферменты активируются и способствуют процессу прорастания. Этот процесс не относится только к производству солода: все зерновые и бобовые, корнеплоды или семена начинают прорастать сразу после увлажнения.

Одновременно усиливается и дыхание ячменя, а с ним и потребность в кислороде. Так как замачивание и прорастание являются двумя переходящими друг в друга процессами, их всегда следует рассматривать во взаимосвязи.

Так как проращивание необходимо провести как можно быстрее, ячмень при замачивании следует обеспечивать как водой, так и кислородом.

Осуществляют замачивание в замочных чанах.

2.3.1. Процессы, происходящие при замачивании

Во время замачивания ячмень должен поглощать воду, снабжаться кислородом и очищаться.

2.3.1.1. Водопоглощение

Прежде всего вода проникает в область зародыша зерна, а затем через боковые оболочки — в зерно. **Водопоглощение зависит от длительности замачивания, температуры, размеров зерна, сорта ячменя, а также особенностей года его уборки.**

Длительность замачивания

Водопоглощение сначала идет быстро, замедляясь со временем. При 10 °C кривая замачивания имеет следующий вид (рис. 2.38).

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

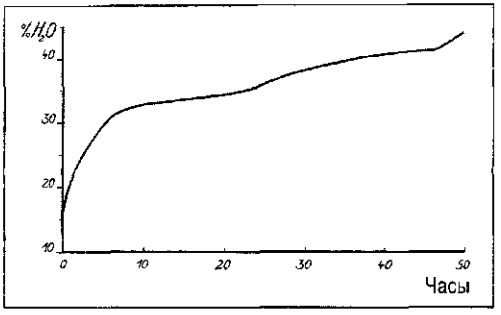


Рис. 2.38. Кривая замачивания

Температура замачивания

Чем теплее вода для замачивания, тем быстрее она поглощается. Например, для достижения влажности в 42% требуется:

- при 5 °С — 100 ч;
- при 10 °С — 75 ч;
- при 15 °С — 50 ч.

Размеры зерна

Мелкие зерна поглощают воду значительно быстрее, чем крупные. Так, при 88-часовом замачивании ячменные зерна достигают следующей влажности.

Размеры зерна, мм	Влажность, %
2,9	43,7
2,8	43,3
2,7	43,6
2,6	43,7
2,5	43,7
2,4	44,7
2,3	45,6
2,2	48,9
2,1	47,8
2,0	49,0

Чтобы исключить неравномерный рост и с ним — снижение качества, полученный ячмень сортируют на I и II сорта + отходы.

Сорт ячменя и год уборки

Не меньшее влияние на водопоглощение ячменного зерна имеют сорт ячменя и год его уборки. Ячмень, собранный вдали от моря, набухает и прорастает быстрее, чем ячмень из приморских областей.

При анализе водопоглощения следует иметь в виду, что некоторые сорта ячменя более чувствительны к воде, чем другие.

Под водочувствительностью понимают явление, при котором энергия прорастания сильно уменьшается при превышении уровня влажности зерна, требуемого для прорастания. Водочувствительность зависит от свойств мякинной оболочки зерна и исчезает с появлением корешка зародыша (или при снятии оболочки зерна). Поэтому целесообразно подождать до начала проклевывания зерна при влажности 37–40%, а затем поднять влажность до значения, предусмотренного технологией.

Водопоглощение зависит не только от различных физических свойств ячменя (влажности, массы 1000 зерен, содержания белка), но и от ряда **физиологических свойств**. С возрастающей продолжительностью процесса замачивания эти физиологические свойства все сильнее влияют на характер водопоглощения.

Вода поступает в основном в зародыш зерна, то есть в его главную часть, и оттуда проникает внутрь зерна (в эндосперм). Далее в ходе замачивания, особенно в его второй и третьей фазе, заметны различия в распределении влаги, зависящие от сорта и условий окружающей среды [98]. При этом видно, что высокое водопоглощение не равнозначно быстрому и равномерному увлажнению мучнистого тела, так как распределение поглощенной воды очень неравномерно.

В целом при водопоглощении у ячменя следует различать два основных типа:

а) сорта ячменя с сильным ростом корешка и интенсивным прорастанием. Такой ячмень характеризуется высоким водопоглощением, но медленным распределением влаги, так что увеличение содержания влаги в эндосперме происходит замедленно (рис. 2.38а);

б) сорта ячменя с низкой интенсивностью прорастания и слабым ростом корешка. Такой ячмень характеризуется низким водопоглощением, но быстрым поступлением влаги в эндосперм (рис. 2.38, б), так что влажность эндосперма быстро возрастает.

Различное поведение в процессе замачивания требует также различной обработки яч-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

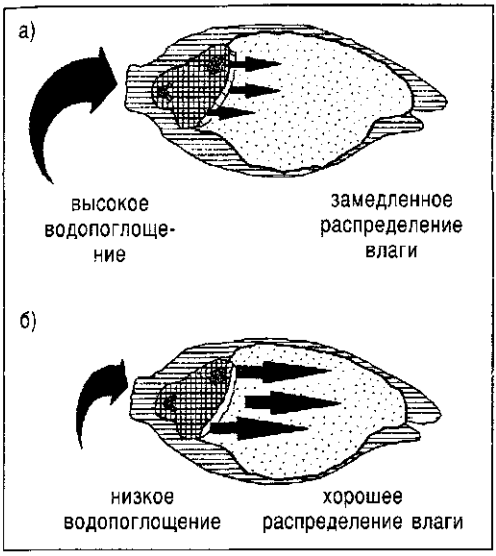


Рис. 2.38. Поведение различных сортов ячменя при водопоглощении:

а) ячмени с повышенной жизнеспособностью;
б) ячмени с пониженной жизнеспособностью

меня при замачивании, чтобы добиться оптимального водопоглощения и распределения влаги.

а) жизнеспособные, интенсивно прорастающие сорта ячменя:

- **интенсивное водопоглощение при замачивании путем замачивания в потоке и орошения водой в процессе проращивания;**

б) менее активные сорта ячменя:

- **при замачивании очень важно обеспечить достаточное снабжение кислородом;**
- **следует применять способы замачивания с длительными воздушными паузами.**

Влажность замачиваемого ячменя называется степенью замачивания, которая приводится в процентах. Обычно считают, что у ячменей для светлого солода (Пилзнер) степень замачивания – 42–44%, для темного солода степень замачивания – 44–47%.

Если степень замачивания повышать постепенно, то для светлого солода можно увеличивать влажность до 48%; у определенных сортов ячменя такое повышение даже необходимо. Благодаря этому сокращается время проращивания и явно снижаются потери при солодоращении.

Большое значение имеет степень замачивания для ведения проращивания, поскольку она существенно влияет на образование ферментов, а также на процессы роста и обмена веществ.

Определение степени замачивания можно производить:

- с помощью специального сетчатого стакана (стакана Бернрейтера),
- путем определения массы 1000 зерен,
- прямым измерением влажности и
- практическим примером.

Сетчатый стакан представляет собой небольшой металлический цилиндр с отверстиями и длинной ручкой. Сначала определяют влажность сухого ячменя, затем отвешивают 100 г ячменя и помещают их в цилиндр. Прибор с ячменем опускают в замочный чан и держат там вместе с замачиваемым ячменем. В конце замачивания ячмень извлекают из цилиндра, осушают тканью и взвешивают. По увеличению массы можно рассчитать степень замачивания.

Пример

Было взвешено 100 г ячменя влажностью 16,0%. После замачивания ячмень весит 150 г. Какова степень замачивания?

В 100 г ячменя содержалось 16 г воды.

150 г замоченного ячменя содержит

$$16\text{ г} + 50\text{ г} = 66\text{ г воды.}$$

$$x = \frac{100\text{ г} \cdot 66\text{ г}}{150\text{ г}} = 44\text{ г.}$$

Следовательно, 100 г замоченного ячменя удерживают 44 г воды, и

$$\text{степень замачивания} = \frac{44\text{ г} \cdot 100\%}{100\text{ г}} = 44\%.$$

Прямое определение влажности в лаборатории.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

Замоченный материал внешне обсушивают и точно взвешивают. Это количество подсушивают, часть его измельчают, в сушильном шкафу полностью досушивают и снова определяют влажность. Полученную потерю воды пересчитывают на общее количество.

Практический прием определения степени замачивания. Чтобы получить ориентировочное представление о полном замачивании, зерно сдавливают с концов между большим и указательным пальцами. Хорошо замоченное зерно должно сгибаться, но не раскалываться. При этом должно быть слышно характерное потрескивание.

При поглощении влаги ячмень увеличивает свой объем на 40–45%, и это следует учитывать при замачивании. На 100 кг ячменя необходимо примерно 2,3 гл объема замочного чана.

2.3.1.2. Снабжение кислородом

При сильном водопоглощении начинается интенсивное дыхание с одновременным увеличением потребности ячменя в кислороде. Если ячмень не аэрировать, то возникает анаэробное дыхание, которое в результате может привести к гибели зародыша. (так называемое «переомоченное зерно»).

Достаточное снабжение замачиваемого ячменя кислородом является основной предпосылкой для быстрого развития и безупречного хода проращивания.

Замочная вода содержит растворенный кислород, который быстро потребляется. Хотя длительное время делались попытки повысить содержание кислорода в замочной воде путем частого прокачивания через нее воздуха, этот способ не дал желаемого результата.

В настоящее время замачивание водой снижают до минимума и как можно чаще и дольше продувают ячмень воздухом (так называемое «воздушное замачивание»). Так как образующаяся двуокись углерода опускается вниз, ее следует удалять. Эффект аэрации повышают путем орошения или промывания ячменя, не прерывая процесс поглощения влаги.

2.3.1.3. Очистка

Хотя ячмень уже предварительно обеспыливался, на него все равно прилипает определенное количество пыли. При замачивании очистку производят соударением зерен об отражательные щитки, перекачкой и использованием других механических процессов, а также путем растворения различных химических соединений в замочной воде.

У первой замочной воды видно и ощущается по запаху, как определенное количество грязи переходит с поверхности ячменя в раствор. Это относится и к дубильным и горьким веществам, кремниевой кислоте и белковым веществам оболочек, что существенно, так как данные вещества могли бы ухудшить вкус пива и привести к его помутнению.

2.3.2. Замочные чаны

Последние десятилетия замачивание осуществляют в основном в цилиндроконических **емкостях.** Изготавливают их из стального листа, а в последнее время — из нержавеющей стали. Такая форма емкостей выбрана для обеспечения полного опорожнения замочки в ящик.

Как правило, замочное отделение размещают над помещением для проращивания. В старых замочных цехах до сих пор существуют традиционные конструкции замочных чанов (рис. 2.39), когда два замочных чана размещаются друг под другом, и замачиваемый ячмень через них проходит последовательно.

Подобная форма замочного чана себя оправдывает, но проблемы возникают для части ячменя, находящегося в нижней части воронки. С поглощением воды усиливаются жизненные процессы, в частности дыхание. Для зерна, находящегося в нижней части воронки, это означает, что после ухода из нее воды она продолжает еще поступать вниз из верхних слоев зерна, тогда как зерно вверху уже аэрируется. С развитием дыхания образующаяся двуокись углерода опускается в нижнюю часть воронки и затрудняет дыхание находящегося там зерна. Если ничего не предпринимать, то может получиться неравномерно развивающийся солод.

Со временем была предложена (впервые — Вильдом (Wild)) **замочная емкость с**

MSSP GROUPE SOUFFLET
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

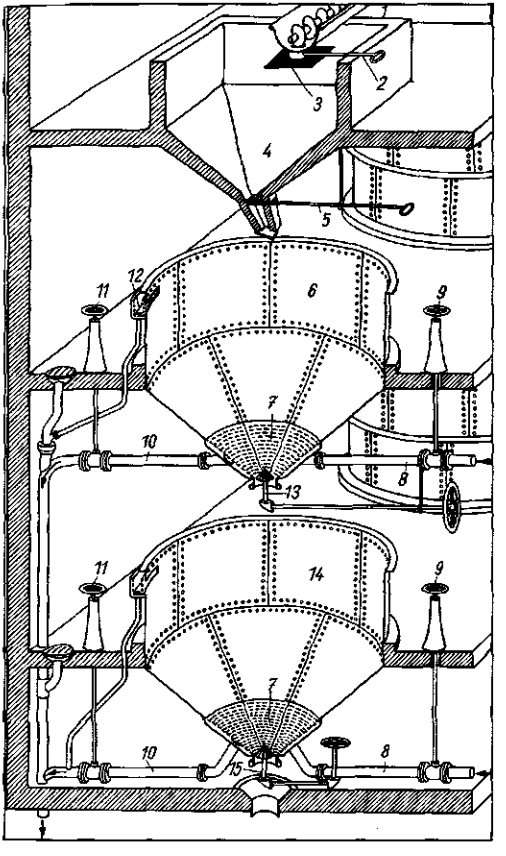


Рис. 2.39. Замочное отделение с расположенными друг под другом замочными чанами (старая конструкция):

1 — распределительный шнек; 2 — шибер; 3 — проволочное сито; 4 — чан для смешивания зерна с водой (буферная емкость); 5 — шибер накопителя; 6 — чан для мойки зерна; 7 — спускной люк замочного чана с ситовым кожухом; 8 — подача свежей воды; 9 — вентиль для подачи свежей воды; 10 — выпуск замочной воды; 11 — вентиль для выпуска замочной воды; 12 — перепуск сплава с ситом; 13 — вентиль для выпуска ячменя в главный замочный чан; 14 — основной замочный чан; 15 — вентиль для выпуска замоченного ячменя

центральной вертикальной трубой, через которую в первый день замачивания ячмень перекачивался внутри емкости («предварительное замачивание по Вильду») (рис. 2.40).

Благодаря этому исключается невыгодное положение зерна в воронке и достигается равномерное снабжение его водой, а также аэрация всего зерна в чане. Такая конструкция чана

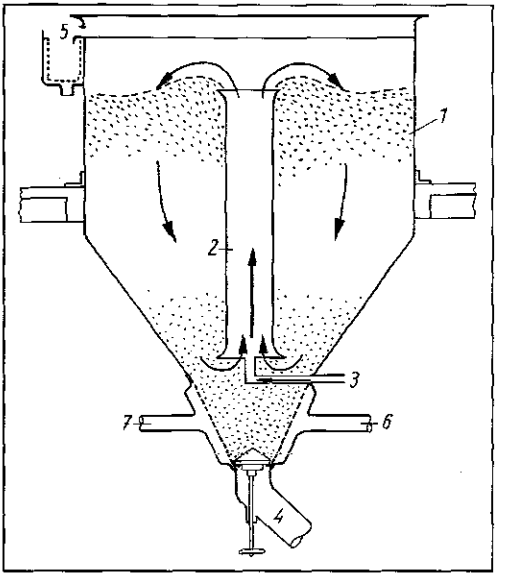


Рис. 2.40. Замочный чан с центральной вертикальной трубой:

1 — замочная емкость; 2 — вертикальная труба для перекачки (эйрлифт); 3 — подача сжатого воздуха; 4 — выпуск замоченного ячменя; 5 — перелив сплава; 6 — подача свежей воды; 7 — выпуск замочной воды

используется и в настоящее время, но вместо прежнего механического перемещения ячменя через центральную трубу используется более бережная его перекачка сжатым воздухом.

Если не используется чан с воронкой, то в настоящее время большей частью применяют чаны, в которых **сжатый воздух вдувается через форсунки**, что гарантирует обеспечение ячменя воздухом и во время водопоглощения. Если замоченный ячмень транспортируется далее механическими средствами («сухая выгрузка»), то в конце выпуск должен быть под более острым углом (около 60°), чем при последующем гидравлическом транспортировании (около 90°, «мокрая выгрузка»).

В последнее время разработан **тип замочного чана с плоским дном**. Такие чаны могут применяться самостоятельно или в качестве второго чана в комбинации с цилиндро-коническим чаном (рис. 2.41).

Подобный замочный чан представляет собой цилиндрическую емкость с плоским дном, на ситовом днище которого из нержавеющей стали, имеющем 24–32%-ную щелевую про-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail:

ходную поверхность, размещается ячмень. Распределение ячменя и выгрузка уже наклюнувшегося материала осуществляется с помощью многорукавного радиального разгрузочного механизма, который при необходимости может подниматься или опускаться. Находящиеся на нем «весла» могут перемещать материал либо к середине или на края, либо разравнивать его (рис. 2.42).

Для аэрации замачиваемого материала под ситовым днищем имеются форсунки сжатого воздуха. Для промывки пространства под ситовым днищем размещены водяные форсунки. Благодаря размещению материала равномерным слоем в замочном чане возможно добиться быстрого и равномерного его прорастания.

Чаны с плоским днищем требуют несколько большего расхода воды, чем чаны с воронкой, так как пространство под ситовым дном нельзя уменьшить. Чтобы, несмотря на это, экономить воду, на некоторых солодовенных заводах применяют специальное устройство для поддержания над ячменем пониженного уровня воды.

В замочных чанах с плоским дном уже нет той части зерна, которая в замочных чанах с воронкой оказывается в невыгодном положении.

Еще одну возможность дают **шнеки для замачивания**, которые могут применяться для мойки, а также для предварительного и основного замачивания ячменя (рис. 2.43).

Ячмень подается в заполненный водой желоб и медленно перемещается из воды наклонно установленным шнеком. При этом ячмень естественно насыщается водой. Сплав удаляется через предварительно установленное устройство.

Особенно интенсивно процесс мойки протекает в замочном барабане (рис. 2.43а и 2.43б).

Во вращающемся барабане ячмень в течение 30–45 мин заливается водой при 25 °С, при этом продвигаясь вверх с помощью подъем-

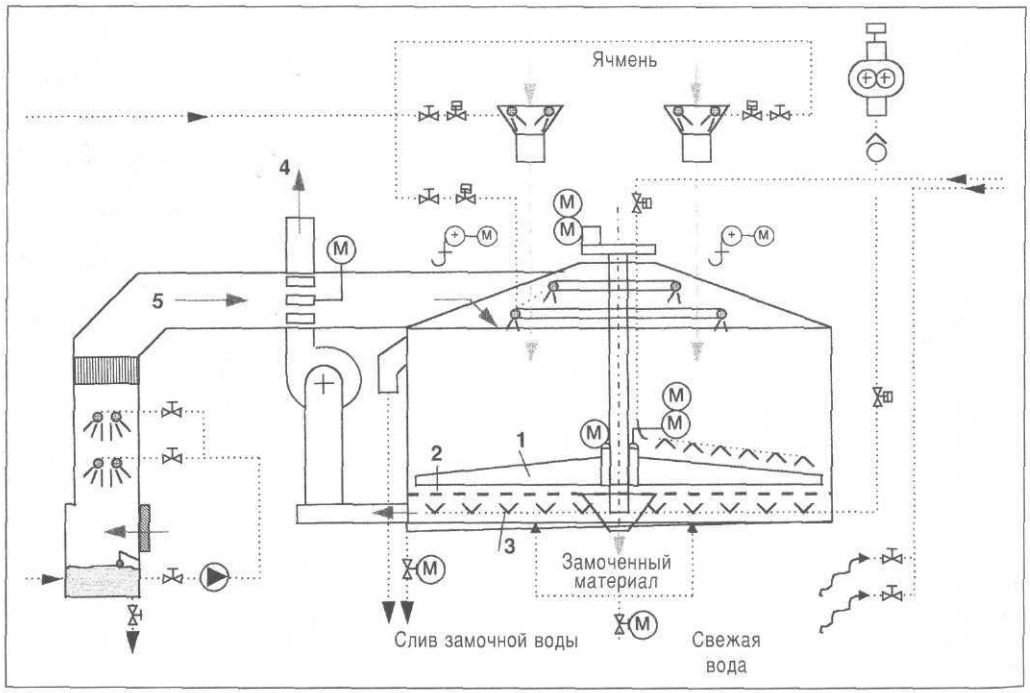


Рис. 2.41. Замочный чан с плоским дном:

1— радиальный разгрузочный механизм; 2— плоское дно; 3— промывка подситового пространства; 4— удаление CO_2; 5— подвод свежего воздуха

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
Пожалуйста, обращайтесь к нам: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

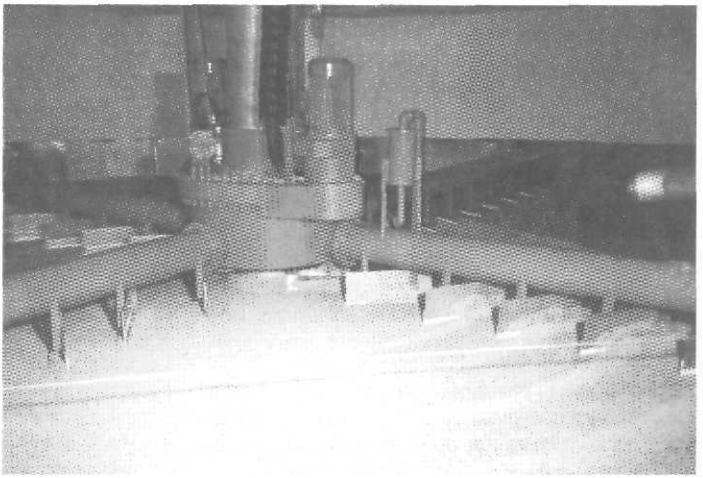


Рис. 2.42. Радиальный разгрузочный механизм («Giracleur»). Фото: Fa Seeger, г. Плюдерхаузен)

Направление транспортирования определяется здесь направлением вращения рукавных штанг

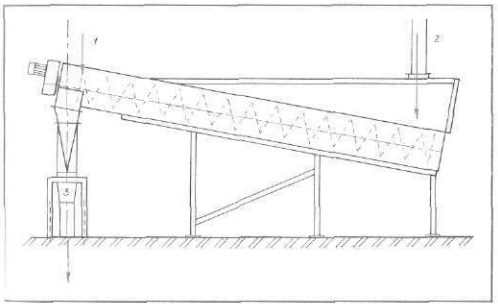


Рис. 2.43. Шнек для замачивания:
1 — впуск воды для замачивания; 2 — загрузка ячменя; 3 — выпуск ячменя

Рис. 2.43б. Вид внутри замочного барабана. Фото: Солодовенный завод Friedrich Weissheimer

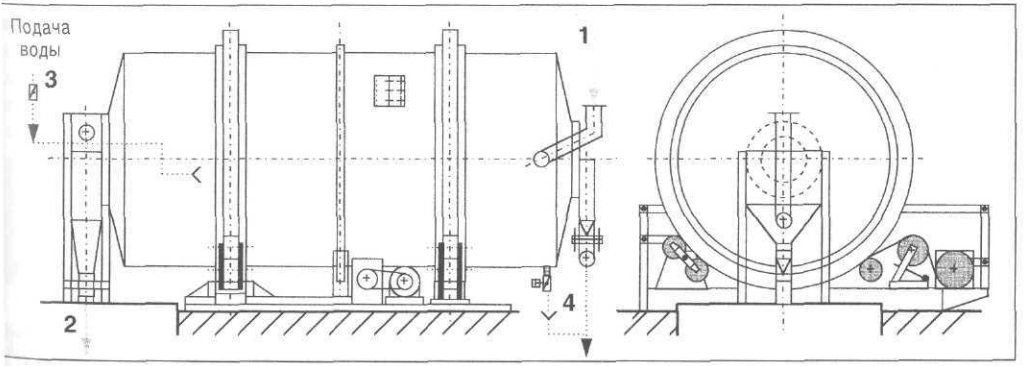


Рис. 2.43а. Моечный или замочный барабан — продольный разрез, поперечный разрез с приводом:
1 — подача ячменя; 2 — промытый ячмень; 3 — подача воды; 4 — слив воды

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

ных корзин, расположенных внутри корпуса. Хороший эффект промывки барабаном сказывается прежде всего на удалении с поверхности зерен спор плесневых грибов («антигашинговый барабан»). Замочный барабан способствует также ускоренному водопоглощению ячменя до 27–30% влажности.

На рис. 2.44 приведен разрез современного цеха для замачивания.

Используются также и другие варианты размещения.

Для сравнения:

Конусные замочные чаны

Используемые размеры — на 50–60 т ячменя; для увеличения суточной выработки используют несколько чанов, работающих параллельно. Расход воды — 4–6 м^3 на тонну ячменя.

Чаны с плоским дном

Рассчитаны на загрузку больших партий и обеспечивают равномерную переработку продукта. К их недостаткам относят:

- увеличение затрат на устройство решетчатого настила, погрузочной и разгрузочной машины;
- увеличение водопотребления — до 5–7 м^3 на тонну ячменя — из-за неиспользуемого пространства под решеткой;
- необходимость ручной очистки пространства под решеткой.

Замочные барабаны

Особенно хороши для первой фазы замачивания в комбинации с последующим замачиванием в непрерывном токе воды и воздуха или с воздушно-оросительным замачиванием. Водопотребление в них невелико, от 0,6 до 0,8 м^3 на тонну ячменя.

Объем чана с воронкой вычисляют как сумму объемов цилиндра и конуса с одинаковыми диаметрами основания. Объем плоского чана вычисляют как объем цилиндра.

$$V_ч = V_ц + V_к;$$

$$V_ц = \pi r^2 \cdot h_ц,\ V_к = \pi r^2 \cdot \frac{h_к}{3};$$

$$V_ч = \pi \cdot r^2 \cdot (h_ц + \frac{h_к}{3}).$$

Пример

Диаметр чана составляет 4,90 м. Высота цилиндрической части 1,9 м, конической — 2,40 м. Каков объем чана с воронкой?

а) Объем цилиндрической части:

$$V_ц = \pi \cdot r^2 \cdot h_ц = 3{,}14\ (2{,}45)^2 \cdot 1{,}90\ м;$$

$$V_ц = 35{,}81 м^3.$$

б) Объем конической части:

$$V_к = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_к}{3} = 3{,}14 \cdot 2{,}45\ м \cdot 2{,}45\ м : 3$$

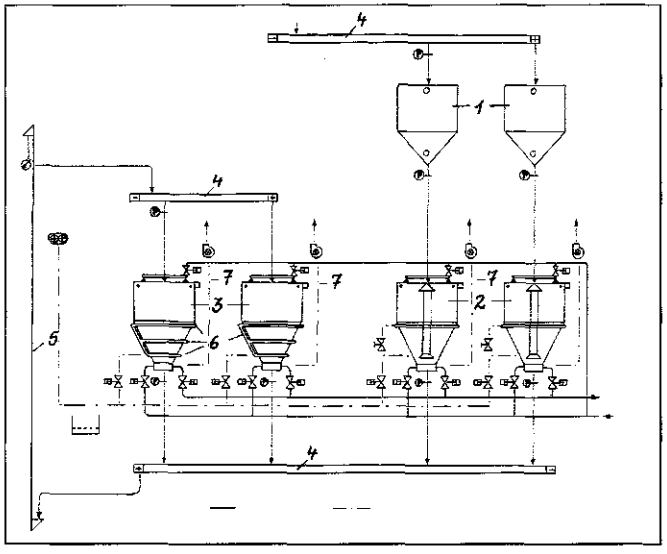


Рис. 2.44. Цех для замачивания (современное размещение):

1 — смесительные бункеры; 2 — моечные чаны с центральными трубами; 3 — главные замочные чаны; 4 — транспортные шнеки; 5 — подъемник; 6 — трубы для аэрации; 7 — удаление CO_2

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

$$V_к = 15{,}08\ м^3.$$

в) Объем замочного чана с воронкой:

$V_ч = V_ц + V_к = 35{,}81\ м^3 + 15{,}08\ м^3 = 50{,}89\ м^3$.

Чан имеет объем 50,9 $м^3$.

Задание

Определить, сколько ячменя можно поместить в этом чане?

Мы исходим из средней массы 1 гл ячменя, составляющего около 70 кг (см. раздел 1.1.5.2.3). При замачивании объем ячменя возрастет из-за водопоглощения примерно на 40%, и поэтому 1,40 гл замоченного ячменя будет равно 70 кг незамоченного ячменя:

$$1{,}40\ гл = 70\ кг,$$

$$508{,}90\ гл = \frac{508{,}9\ гл \cdot 70\ кг}{1{,}40\ гл} = 25445\ кг.$$

Итак, в этом чане можно замочить примерно 25 т ячменя.

В настоящее время замочные чаны изготавливают для загрузки 75 т ячменя. В общем случае считают, что на одну тонну ячменя требуется 2,4 $м^3$ объема чана (включая пространство для его подъема при аэрации).

2.3.3. Проведение замачивания

Выше уже было показано, что на первой фазе замачивания водопоглощение очень велико, а затем оно снижается. С другой стороны, жизнедеятельность зерна к началу замачивания еще относительно низка, а затем скачкообразно растет (особенно дыхание).

Это означает, что лишь в первые часы можно без особых забот держать ячмень под водой, а затем следует заботиться о подводе воздуха и отводе CO_2.

Замачивание осуществляют так, чтобы чан был заполнен водой; затем ячмень подается через отражательные щитки. Небольшая часть замачиваемого зерна не погружается под воду, несмотря на движение. Это мертвые зерна, которые собираются в переливе и затем реализуются как менее ценный корм. Эта часть, так называемый **сплав**, относительно невелика (от 0,1 до 0,2%).

Первая замочная вода всегда довольно сильно загрязнена, и поэтому ее следует быстро заменить. С другой стороны, важно экономить воду из-за ее высокой стоимости.

Поэтому некоторые солодовенные заводы удалением сплава пренебрегают, предполагая, что эти пустые зерна, не представляющие особой ценности даже как корм, в значительной мере уже удалены на рассеве в процессе очистки ячменя.

В замочном отделении потребляется около 90% всей воды, необходимой для работы солодовни. Считается, что в зависимости от способа замачивания потребность в воде составляет от 4 до максимум 7 $м^3$. При повторном использовании воды эту потребность можно снизить до 3,5 $м^3$, но 0,94 $м^3$ на 1 т ячменя уходит только на то, чтобы поднять влажность с 12 до 45–46%. Дальнейшее снижение потребности в воде ниже указанной величины невозможно потому, что вода требуется еще и для промывки ячменя.

В этой связи возрастает значение сухой предварительной очистки [157] ячменя с помощью полировочной машины. Таким образом, количество промывочной воды (от 3 до 3,5 $м^3$/т) можно сократить и уменьшить плату за промышленные стоки. Данные по среднему загрязнению стоков солодовни составляют:

- от 2,9 до 4,5 кг $БПК_5$ /т готового солода или, соответственно,
- от 3,4 до 7,95 кг ХПК /т готового солода.

Экономия воды достигается прежде всего **повторным применением замочной воды**. Уже использованная вода должна применяться для замачивания следующей партии зерна. При этом стараются удалить не только загрязнения на поверхности зерен, но прежде всего – бактерии и плесневые грибы, которые в некоторых странах устраняют с помощью хлопьеобразующих средств — флокулянтов, таких как сульфат алюминия, полиакриламид или формальдегид (формалин). В Германии подобные методы запрещены согласно Закону о чистоте пивоварения.

С учетом вышеизложенного имеется большой спрос на недорогие методы оборотной

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@suffle.ru

водоподготовки, помогающие снижать стоимость воды и стоков.

В ряде новых исследований [188] было показано, что при повторном применении уже использованной замочной воды количество микроорганизмов существенно возрастает, однако их состав сильно изменяется в положительную сторону. Грибок фузариум, образующий микотоксин, вытесняется значительным ростом плесневых грибов рода *Geotrichum* или *Aureobasidium* (а также в связи с добавкой стартовой культуры). В готовом солоде исследователи смогли обнаружить лишь очень небольшое количество микроорганизмов.

Повторное применение замочной воды приводит поэтому не только к уменьшению удельного количества стоков, но при прочих равных условиях действует оздоравливающе (в микробиологическом смысле) на конечной продукт — солод.

Через 4, максимум 6 часов первую замочную воду спускают, а ячмень обильно аэрируют. Затем он продолжает впитывать воду со своей поверхности, и влажность, называемая степенью замачивания, продолжает повышаться. Образующийся CO_2 отводят в течение 10–15 мин каждый час, чтобы в прорастающем ячмене могли полностью продолжаться жизненные процессы.

Подобная смена водяной и воздушной пазы к настоящему времени изменилась настолько, что сегодня почти 80% времени замачивания составляет воздушная пауза.

При таком способе замачивания пребывание ячменя в замочном чане можно сократить до 1–1,5 суток, так как водопоглощение продолжается на месте проращивания. В принципе оба этих процесса отделить друг от друга не представляется возможным.

Однако чтобы получить требуемую степень замачивания (44–47%), водопоглощение в замочном чане следует довести примерно до 36–38%. Как правило, это достигается путем двукратной водяной паузы по 4 часа каждое в течение суток.

Пример

Рабочий этап	Продолжительность	Повышение влажности
Водяная пауза, при этом аэрация	Начало	4 часа	От 14 до 30%
	2-й + 3-й час	По 15 мин	
Затем воздушная пауза	4-й час	20 часов	От 30 до 34%
водяная пауза	24-й час	3 часа	От 34 до 38%
при этом аэрация	Каждый час	По 15 мин	

В заключение ячмень выгружают и разбрызгивают еще необходимую воду в отделении проращивания.

Нет необходимости обязательно придерживаться 24-часового ритма. Значительно важнее уметь «подстроиться» к условиям роста ячменя и его превращений, так что ритм может быть совершенно другим. Естественно, что это требует от обслуживающего персонала определенной гибкости.

При таком интенсивном снабжении ячменя кислородом и водой следует иметь в виду, что уже в конце замачивания происходит равномерное наклевывание ячменя.

Замачивание завершается:

- мокрым замачиванием под водой;
- воздушной паузой.

2.4. Проращивание ячменя

При проращивании из зерна возникает новое растение. Для его формирования ячмень нуждается в большом количестве энергии и «строительных материалов», которые он добывает с помощью дыхания и других жизненных процессов. Прежде чем молодое растение будет в состоянии взаимодействовать с окружающей средой и самостоятельно производить крахмал через ассимиляцию, оно должно использовать свои резервные вещества, содержащиеся в мучнистом теле.

Вещества мучнистого тела перед началом процесса солодоращения находятся в стабильной высокомолекулярной форме. Поскольк-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

ку транспортируются они с помощью воды, то эти вещества должны быть «развалены» в низкомолекулярные продукты. Их расщепление происходит при помощи ферментов, образующихся во время проращивания.

Главная цель солодоращения — образование ферментов. Эти ферменты безусловно необходимы для расщепления веществ при затирании. Во избежание потерь веществ при солодоращении процессы ферментативного расщепления следует тормозить.

В настоящее время проращивание осуществляют в пневматических установках и очень редко — на токах.

2.4.1. Процессы, происходящие при проращивании

Эти процессы разделяют на процессы роста, образования ферментов и превращения веществ.

2.4.1.1. Процессы роста

В прорастающем зерне развиваются зародышевые корешки и листок зародыша.

Зародышевый корешок

В конце замачивания корешок зародыша проникает через основание зерна и становится видимым (рис. 2.45).

Вид корешка характеризует ту или иную стадию роста и дает название проращиваемому в грядках материалу. Говорят, например, о грядках с наклюнувшимся ячменем (когда проклюнулся корешок), о развивающихся грядках (когда корешки начали ветвиться) и о схватившихся грядках (когда корешки большинства зерен сплелись). **Корешок зародыша**, который примерно через 2 дня ветвится на 2–4 корешочка, **у светлого солода пильзенского типа должен иметь длину корешков около полуторной длины зерна, а у темного солода — около одной длины зерна.**

Корешки зародыша после сушки отбиваются и **образуют составную часть потерь при солодоращении.**

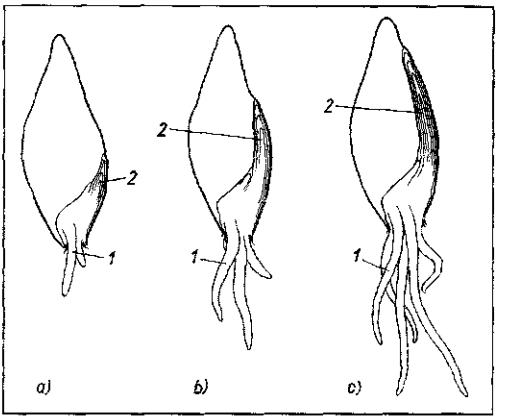


Рис. 2.45. Процессы роста прорастающего ячменного зерна: a) на первый день; b) на третий день; c) на пятый день прорастания:

1— корешок зародыша; 2— листок зародыша

Для минимизации потерь следует учитывать факторы, влияющие на образование корешков, а именно длительность проращивания и температуру проращиваемого материала. Чем больше длительность проращивания и температура материала, тем длиннее корешки и больше потери.

Чтобы предельно сократить подобные потери, проращивать ячмень следует при возможно более низких температурах, добиваясь минимальной длины корешков.

Потери, связанные с удалением корешков, обычно составляют около 4% от сухого вещества солода.

Листок зародыша

Листок зародыша проникает сквозь тесту (семенную оболочку), но не проникает через мякинную оболочку, двигаясь под ней на спинной стороне зерна по направлению к его верхнему концу. Обнаружить его можно под мякинной оболочкой по утолщению, и это является важнейшим отличительным признаком по сравнению с ячменем без этого листка (ср. с рис. 2.1). Так как листок зародыша не выходит из зерна, то при очистке солода он не отбивается подобно корешку и поэтому не образует потерь. Длина листка определяется процессами обмена веществ внутри зерна (см. раздел 2.4.1.3).

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

Развитие листка зародыша и ход растворения зерна протекают приблизительно параллельно.

Поскольку растворение должно проходить лишь до определенной степени (иначе превращение веществ и связанные с ним потери слишком возрастут), длина листка у светлого солода пильзенского типа должна достигать от 2/3 до 3/4 длины зерна, а у темного солода — от 3/4 до одной длины зерна.

Различное растворение у этих типов солода обусловлено разным содержанием образующихся внутри зерна продуктов расщепления.

Когда листок превысит длину зерна, его можно заметить на кончике зерна. Такое состояние называется **гусаром**. Если гусары появились в конце проращивания, то причина этого заключается либо в слишком высокой температуре проращивания, либо в неправильной обработке гряды (недостаточное ворошение).

2.4.1.2. Образование ферментов

Образование и активация ферментов является важнейшим процессом проращивания и всего солодоращения. В ячмене ферменты содержатся в достаточном количестве, и во время проращивания они активируются или вновь образуются во все возрастающем количестве.

Среди содержащихся в ячмене и солоде многих ферментов и их комплексов особый интерес представляют:

ферменты, расщепляющие крахмал, прежде всего α- и β-амилазы;

цитолитические ферменты, прежде всего β-глюканаза, цитаза;

ферменты, расщепляющие белок, или протеолитические ферменты (протеазы);

ферменты, расщепляющие жиры (липазы);

фосфорнокислые эфирорасщепляющие ферменты (фосфатазы).

За исключением α-амилазы, которой в ячмене нет, все другие ферменты содержатся в ячмене в небольшом количестве. Образование ферментов происходит благодаря гормонам, которые с проникновением воды от щитка и вдоль алейронового слоя распределяются и способствуют высвобождению, активации и образованию ферментов [104]. Эти гормоны состоят из гиббереллиновой кислоты или подобных ей веществ. При этом от них отделяются аминокислоты и образуются ферменты (рис. 2.46), сначала β-глюканаза, затем α-амилаза и протеазы.

β-амилазы образуются и закладываются не в алейроновом слое, а в эндосперме. Образование ферментов протекает параллельно с дыханием. Хорошо аэрируемый прорастающий материал образует ферменты раньше и в большем количестве.

2.4.1.2.1. Ферменты, расщепляющие крахмал (амилазы)

Амилазы, без сомнения, являются в солоде важнейшими ферментами. С их помощью позже, при затирании, осуществляется расщепление крахмала.

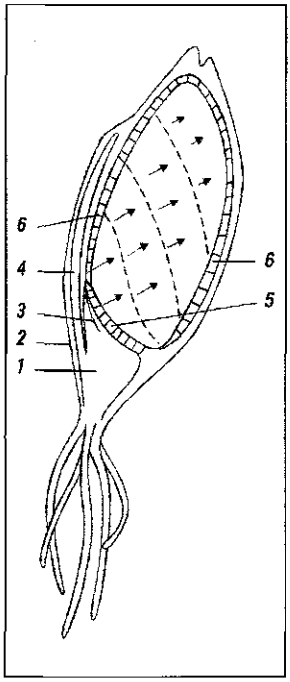


Рис. 2.46. Образование ферментов в прорастающем ячменном зерне (по Palmer):

1 — зародыш; 2 — мякинная оболочка; 3 — прорастающий листок зародыша; 4 — листок зародыша; 5 — эпителиальный слой; 6 — алейроновый слой

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

α-амилаза

α-амилаза в непроросшем ячмене не обнаруживается (рис. 2.46а) Основное количество α-амилазы образуется на 2-й–4-й день проращивания. Содержание ее продолжает повышаться и в дальнейшем ходе проращивания.

Для получения солода, очень богатого ферментами, предназначенного, например, для переработки больших количеств крахмала на спиртовых заводах, можно проращивать ячмень очень долго, причем содержание α-амилазы постепенно возрастает и в то же время корешки (а с ними и потери) становятся все больше.

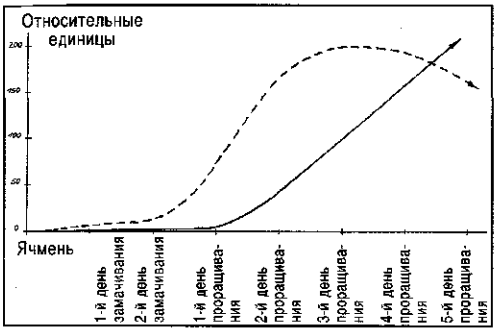


Рис. 2.46а. Образование α-амилазы (дыхание обозначено штриховой линией)

β-амилаза

β-амилаза уже содержится в непроросшем ячмене, причем в довольно большом количестве (см. рис. 2.46б).

Образование β-амилазы в первые дни проращивания непосредственно связано с дыханием зерна. Поэтому для ее образования важна достаточная аэрация в первой фазе проращивания.

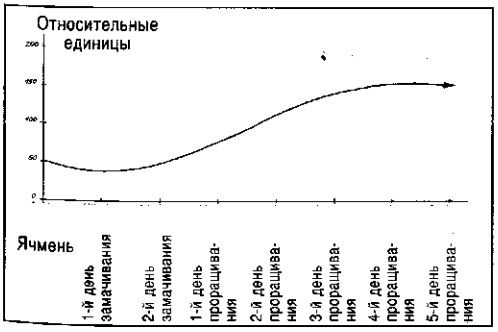


Рис. 2.46б. Образование β-амилазы

В последующие дни проращивания содержание β-амилазы почти не меняется. Количество α- и β-амилазы, полученное при проращивании, зависит от ряда факторов [104, 105]:

1. Содержание амилаз является **сортовым свойством**, на которое влияют климатические условия.
2. **Крупные зерна** определенного сорта ячменя образуют больше амилаз, чем мелкие зерна того же сорта.
3. **При повышении влажности** в свежепроросшем солоде количество амилаз повышается.
4. **Холодное ведение проращивания** дает всегда наибольшее количество амилаз. Повышенные температуры замачивания и проращивания не способствуют образованию ферментов, и уже образовавшееся их количество даже снижается.

Активность амилаз измеряется как диастатическая сила и задается в «единицах Виндиша-Кольбаха» (так называемые WK-единицы).

2.4.1.2.2. Прочие группы ферментов

Выше было показано, что при солодоращении кроме расщепляющих крахмал ферментов **образуются** также **цитолитические, протеолитические и другие ферменты.**

В ячмене эти ферменты содержатся в очень небольших количествах, образуясь на 3–4 дни проращивания. Сказанное выше о формировании амилаз можно отнести и к образованию данных групп ферментов.

2.4.1.3. Превращения веществ при проращивании

При проращивании не только образуются ферменты и возрастает их количество, они уже и потребляются в ограниченном количестве, давая тем самым возможность обеспечивать зародыш питательными веществами. Поэтому ферменты способствуют превращениям, переводящим все высокомолекулярные вещества в низкомолекулярные продукты расщепления.

Так как продукты расщепления в дальнейшем расходуются на дыхание или транспортируются для формирования новых клеточ-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

ных веществ, для дальнейшей переработки они теряются. Поэтому специалист солодовенного завода заинтересован в том, чтобы дыхание и формирование новых клеточных тканей происходили ограниченно.

Среди всех превращений веществ специалиста солодовенного цеха интересуют прежде всего:

процессы расщепления, объединяемые термином «растворение»;
расщепление крахмала;
расщепление белковых веществ.

2.4.1.3.1. Растворение и расщепление β-глюкана

Стенки клеток эндосперма состоят преимущественно из каркаса гемицеллюлоз и белка. Во время проращивания часть стенок клеток расщепляется ферментным комплексом цитазы. К этому ферментному комплексу среди прочих относятся гемицеллюлазы и β- глюканаза. Благодаря этому цитолитическому (растворяющему стенки клеток) расщеплению освобождается путь внутрь эндосперма другим ферментам, и поэтому ферментативное расщепление протекает легче.

Растворение становится заметным по возрастающей растираемости зерна.

В конце проращивания можно растереть между пальцами первоначально очень твердое содержимое ячменного зерна. Когда содержимое при растирании не образует больше катышков, образуя мелообразное пятно, считается, что зерно достаточно растворилось и проращивание можно заканчивать. Таким образом можно определить длительность проращивания, поскольку основное количество ферментов образуется уже через 3–4 дня.

При растворении происходит расщепление гемицеллюлоз и белковых веществ, содержащихся в стенках клеток. Основной составной частью гемицеллюлоз является β-глюкан (см. раздел 1.1.3.1.4).

Расщепление β-глюкана при солодоращении происходит благодаря

эндо-β-1,4-глюканазе, ***которая уже имеется в ячмене, а также***
эндо-β-1,3-глюканазе, ***которая образуется лишь при солодоращении.***

К ним добавляется ***β-глюкан-солюбилаза,*** растворяющая и отделяющая β-глюкан из соединений с протеинами. Количество β-солюбилазы при солодоращении увеличивается на 150–170%.

Повышение содержания β-глюкана не равнозначно ухудшению фильтруемости. Последняя зависит от того, в каком количестве β-глюкан образовался в виде геля.

Получение солода с низким содержанием β-глюкана представляет особый интерес. Так как содержание β-глюкана зависит от сорта ячменя, большое значение имеет выведение сортов пивоваренных ячменей с низким его содержанием.

Когда содержание высокомолекулярного β-глюкана возрастает, увеличивается и возможность образования геля, а с ним — и ухудшение фильтруемости. К примеру, в перерабатываемом ячмене содержится не способное к прорастанию зерно. В подобных случаях возрастает содержание высокомолекулярного β-глюкана без существенного изменения вязкости сусла; несмотря на это могут возникнуть проблемы с фильтрованием.

Поэтому очень важен контроль энергии прорастания, поскольку полученный из ячменя с недостаточной энергией прорастания солод создает трудности с фильтрованием. Важно:

перерабатывать только здоровое зерно с высокой энергией прорастания!
хранить ячмень в сухом состоянии — влажность 12%!

Что касается применения новых сортов ячменя, отличающихся очень высокой цитолитической и протеолитической растворимостью, для производства солода требуется замедлять растворение путем:

- уменьшения влажности проращиваемого материала;
- снижения температуры проращивания.

В первую очередь это влияет на равномерность прорастания, важную для получения однородного солода.

Любое смешение с партиями, содержащими непрорастающее зерно, приводит к появлению определенных проблем и дает высокомолекулярный глюкан, который еще при 60–

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

70 °C переходит в варочном цехе в раствор и больше не поддается расщеплению. В таких случаях последним шансом является кратковременное нагревание пива до 70–80 °C в течение 30–50 с и последующее охлаждение. При такой температуре гели растворяются и обеспечивается фильтруемость.

Решающим фактором для появления в сусле и пиве β-глюкана является качество солода. Содержание β-глюкана в сусле должно быть не более 200 мг/л.

Так как высокомолекулярный β-глюкан — главный «виновник» возможного образования геля (и проблем с фильтрованием), в солоде для его расщепления должно содержаться достаточное количество эндо-β-глюканазы. На 1 кг солода обычно стремятся иметь 120 единиц эндо-β-глюканазы.

Оценка растворения

Растворение — достаточно сложный процесс, имеющий большое значение для качества солода.

Данные о степени растворения получают с помощью:

- фриабилиметра (раздел 2.8.2.6);
- определения разности экстрактивности в тонком и грубом помоле (раздел 2.8.3.2);
- определения степени растворимости белка (числа Кольбаха);
- измерения вязкости сусла (раздел 2.8.3.2);
- метода окрашивания продольного среза (раздел 2.8.2.10).

При оценке степени растворимости белка (*числа Кольбаха*) следует контролировать, сколько процентов белков ячменя было расщеплено при солодоращении и перешло в растворимую форму. *Эта величина составляет* обычно 38–42%, но может колебаться в широких пределах.

Чем ниже степень растворимости белка (число Кольбаха), тем хуже растворен солод и тем меньше расщепление. Следует ожидать в связи с этим, что стенки клеток расщеплены недостаточно, и позже могут возникнуть проблемы с переведением крахмала в растворимую форму, особенно на кончиках зерен. Кроме того, нерасщепленный β-глюкан может вызвать трудности с фильтрованием.

С другой стороны, очень высокая степень растворимости белка приводит к появлению в солоде многих продуктов расщепления — например, аминокислот. Многочисленные аминокислоты дают при сушке с уже образованными сахарами меланоидины (см. раздел 2.5.1.3), которые не только усиливают цветность пива, но и своими производными участвуют в снижении его вкусовой стабильности.

В связи с этим специалисты заинтересованы в том, чтобы число Кольбаха не превышало 41%.

Склонность к повышенной или пониженной растворимости белка зависит главным образом от сорта ячменя, тогда как факторы окружающей среды и т. п. играют подчиненную роль [183]. Такие сорта, как Alexis, Chariot или Scarlett среднерастворимы, а, например, сорта Thuringia, Maresi или Krona склонны к высокой растворимости. Это следует учитывать при проращивании.

В этой связи определенную роль играет уменьшение подачи кислорода, начиная с третьего дня проращивания, так как благодаря подобному мероприятию:

- снижаются потери при солодоращении;
- уменьшается число Кольбаха.

2.4.1.3.2. Расщепление крахмала

Крахмал — энергетический потенциал зародыша. С помощью дыхания зародыш получает энергию, необходимую для выполнения жизненных функций и формирования новых клеточных субстанций, до тех пор, пока он не окажется в состоянии осуществлять фотосинтез самостоятельно.

Для расщепления в процессе дыхания крахмал должен быть превращен в транспортабельный сахар и доставлен к зародышу. Однако при этом расщеплении крахмал перестает быть поставщиком экстракта для производства сусла, и поэтому для уменьшения потерь солодовщики заинтересованы в предельном ограничении расщепления крахмала во время дыхания.

Как будет показано ниже, объем превращений больше, чем кажется на первый взгляд.

При проращивании содержание крахмала уменьшается, а сахара возрастает.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

	Содержание, %	
	Крахмал	Сахар
Ячмень	63	2
Солод	58	8

Соответственно 5–6% крахмала было бы расщеплено в сахар, но такой расчет некорректен, поскольку проценты относятся не к одной и той же исходной величине.

Из 100 г сухого вещества ячменя получают 90 г сухого вещества солода (упрощенная расчетная величина).

В 100 г ячменя содержится 63 г крахмала. Если бы продукты расщепления крахмала не разлагались при дыхании, то полученные из 100 г ячменя 90 г солода еще содержали бы 63 г крахмала, то есть 70%. Но поскольку его имеется лишь 58%, то около 12% крахмала расщепилось; половина образованного сахара была израсходована при дыхании. Такое расходование продуктов расщепления крахмала для солодовни означает прямые потери. Дыхание же зависит от длительности проращивания, температуры и от степени аэрации.

Чтобы минимизировать потери при дыхании, ячмень следует проращивать как можно быстрее и при возможно более низкой температуре, причем проращиваемый материал должен получать необходимое количество воздуха.

Начиная с третьего дня проращивания дыхание ограничивают, чтобы

- снизить потери на дыхание;
- уменьшить число Кольбаха;
- повысить активность липоксигеназы и тем самым
- способствовать вкусовой стабильности пива [151].

Изображенные на рис. 2.46с зерна крахмала, на которых явно заметно ферментативное действие амилаз, взяты из высохших остатков пива 3000-летней давности, найденных на глиняном осколке из рабочего поселения египтян. На фото четко видно, что в солоде содержатся сахара — прежде всего глюкоза, а также фруктоза и сахароза. Мальтозы почти нет, так как она практически сразу же расщепляется дальше. Зерна крахмала после проращивания имеют ту же форму и размеры. Из-

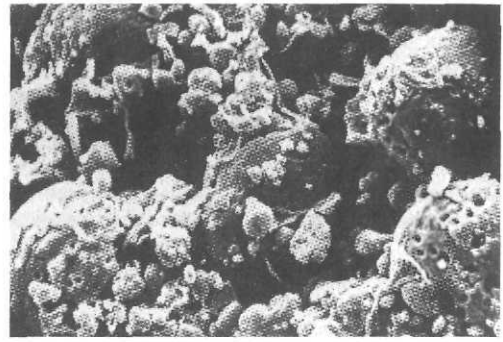


Рис. 2.46с. Расщепление крахмала 3000 лет назад. Фото: S. Delwen, Society for General Microbiology

за недостаточного расщепления крахмала его зерна изменены довольно слабо, что можно наблюдать под микроскопом.

2.4.1.3.3. Расщепление белковых веществ

При дыхании белковые вещества не разлагаются, а используются для построения новой клеточной ткани, например, при образовании корешка. Для их перемещения нерастворимые высокомолекулярные белковые вещества должны быть превращены в растворимые низкомолекулярные продукты расщепления. Состав белковых веществ при этом изменяется.

35–40% белковых веществ при прорастании превращаются в растворимую форму (степень растворения белка по Кольбаху), причем под действием пептидаз прежде всего появляются низкомолекулярные соединения (аминокислоты, олигопептиды). Расщепление белков протекает параллельно с растворением и отдельно не контролируется.

Часть белковых веществ переходит в корешок зародыша, и поэтому их содержание в солоде уменьшается примерно на 0,3% по сравнению с их содержанием в переработанном ячмене.

2.4.1.3.4. Расщепление жиров (липидов)

С помощью расщепляющих жиры ферментов (липаз) разрываются связи сложных эфиров между жирными кислотами и глицерином, высвобождая тем самым жирные кислоты.

MSSP
GROUPE SOUFFLET
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

Дальнейшее расщепление жирных кислот осуществляется липоксигеназами, содержащимися главным образом в листке и корешке зародыша. Образовавшиеся продукты расщепления (например, нонадинал) ответственны за появление явно ощущаемого в зеленом солоде *огуречного запаха*.

2.4.1.3.5. Образование диметилсульфида (ДМС) при прорастании

Диметилсульфид (далее ДМС) — это летучее соединение серы, придающее пиву запах, который можно назвать «травяным» или «овощным». Поэтому вопрос об уменьшении или исключении образования ДМС представляет определенный интерес.

В ходе проращивания образуется предшественник ДМС, который термически не стабилен и распадается при повышенных температурах.

При замачивании и проращивании мы заинтересованы в том, чтобы в ДМС превращалось как можно меньшее количество его предшественника. Его образуется тем больше, чем

- выше степень замачивания;
- выше температура проращивания.

Поэтому:

- более низкая степень замачивания и более низкая влажность проращиваемого материала,
- более низкая температура проращивания и более низкая степень растворения,

являются хорошими предпосылками для низкого содержания предшественника (прекурсора) ДМС — S-метилметионина (СММ).

Существенная его часть уходит в корешок зародыша, и только часть остается в очищенном солоде. Однако при сушке эта часть сильно изменяется (см. раздел 2.5.1.4). Ниже проблема ДМС будет прослежена вплоть до получения готового пива.

2.4.1.3.6. Регуляторы прорастания

Повлиять на механизм превращения, чтобы достичь ускоряющих или замедляющих эффектов, можно путем введения определенных веществ, которые называют регуляторами прорастания. Различают:

- *стимуляторы*, вызывающие ускорение процессов;
- *ингибиторы*, способствующие их замедлению.

Стимуляторы

Наиболее распространенным стимулятором является гиббереллиновая кислота, содержащаяся также в непроросшем ячмене, но в небольших количествах. Будучи продуктом обмена веществ плесневого гриба Fusarium moniliforme, она была получена в Японии еще в 1926 г. Получают гиббереллиновую кислоту путем выращивания этого плесневого гриба. Она представляет собой белый кристаллический порошок ограниченной стойкости. Применяют этот препарат в водных растворах, для чего ее расчетное количество предварительно растворяют в спирте или ацетоне (1 г в 50 мл), и этот раствор разводят в требуемом количестве воды. Данный раствор готовят не более чем за сутки до применения, поскольку гиббереллиновая кислота разлагается и ее действие ослабевает. Подготовленный раствор впрыскивают в проращиваемый материал через форсунку со сжатым воздухом или подают с помощью насоса. Распылительную форсунку устанавливают на ворошитель в ящиках для проращивания и распыление проводят при ворошении.

Гиббереллиновую кислоту следует добавлять только своевременно.

При этом гиббереллиновая кислота наиболее эффективна в том случае, если ее распылять на наклюнувшийся материал, с которого стекла вода. Тогда раствор останется на зерне и будет быстро поглощен зародышем.

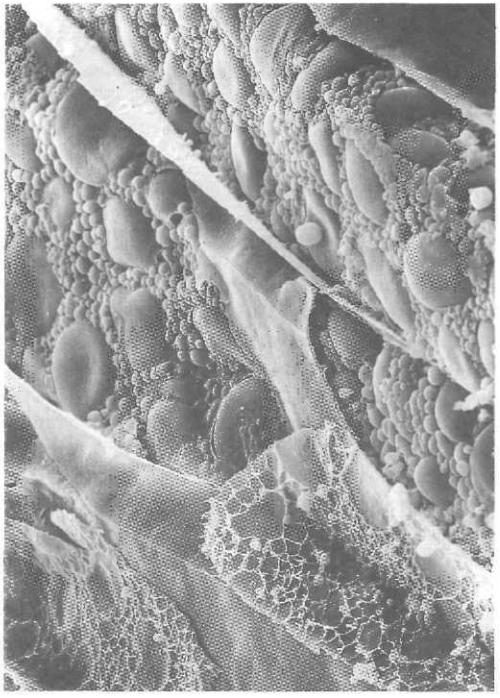
Количество добавляемой гиббереллиновой кислоты составляет 0,03–0,08 г на 1 т ячменя.

Величина добавки зависит от сорта и года уборки ячменя, а также от момента солодоращения. Так как гиббереллиновая кислота сокращает время покоя зародыша, то максимальное ее количество добавляют к началу обработки, впоследствии его сокращая.

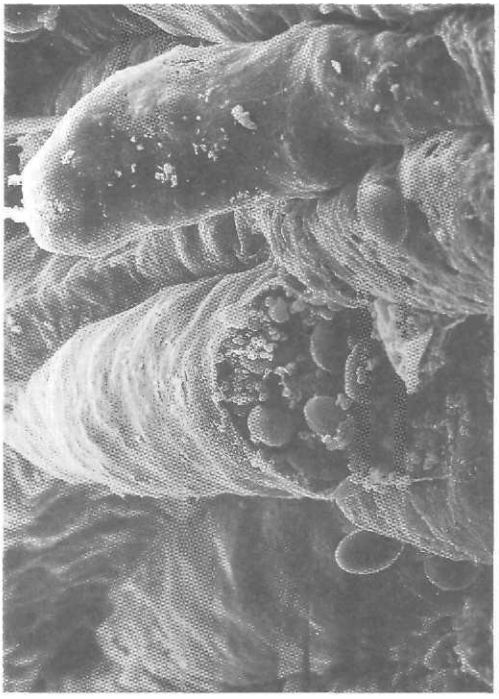
Преимущества применения гиббереллиновой кислоты при солодоращении состоят в:

- сокращении сроков прорастания на 2 суток;

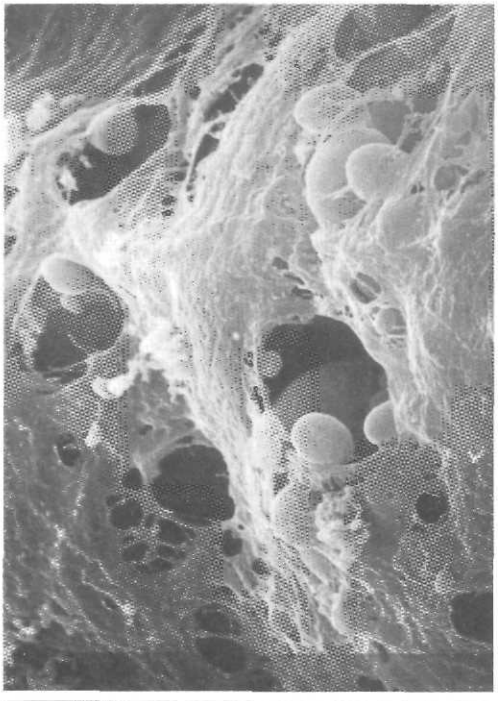
Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

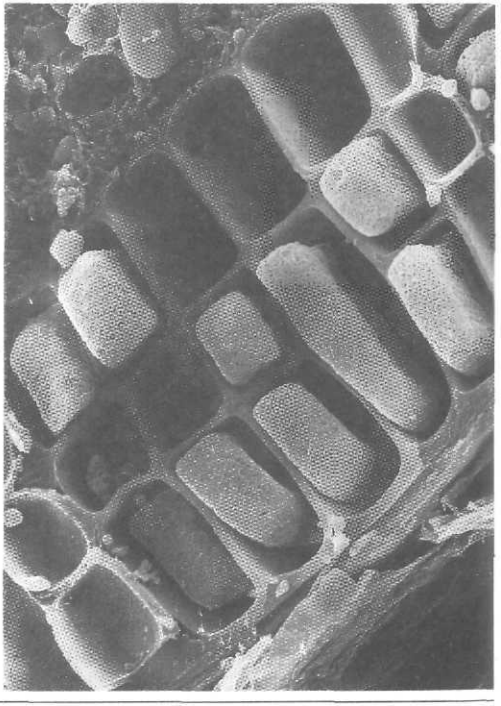


(1) ▲ ▼ (3)

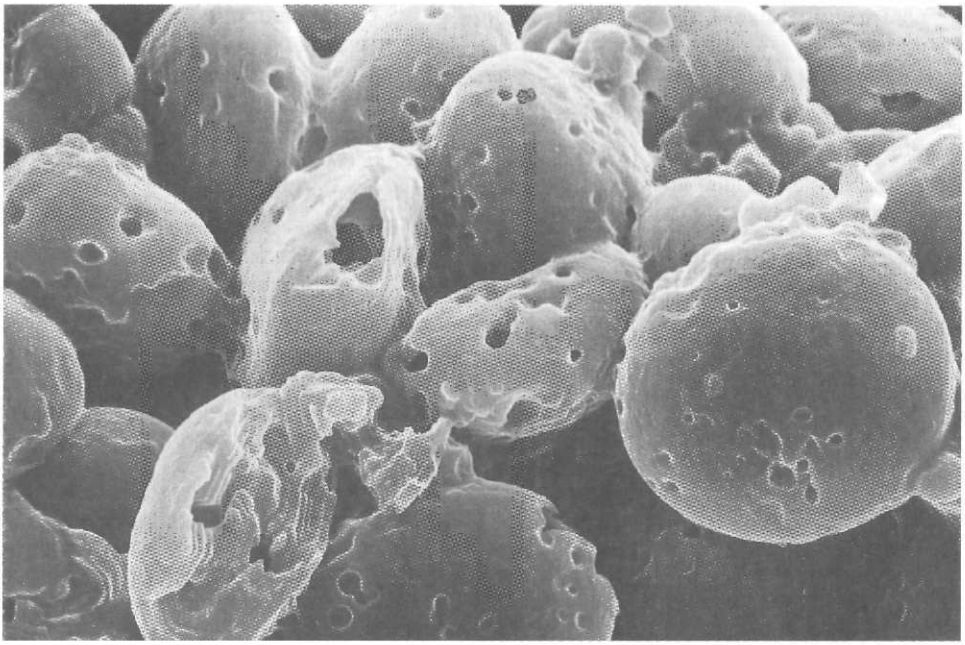


(2) ▲ ▼ (4)





Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40**, факс: (812) **326 61 41**, **E-mail: post@mssp.ru**



(5)

Внутренность зерна

(1) Клетки крахмала в эндосперме

Еще пока не целиком поврежденная стенка клетки частично удалена, и мы смотрим как бы внутрь клеток крахмала. Можно ясно различить очень большие зерна крахмала (величиной до 30 мкм) и очень маленькие зерна (величиной до 5 мкм); зерна средней величины у ячменя отсутствуют. Зерна крахмала стабильно прикреплены к крахмальным клеткам.

(2) Крахмальные клетки

Зерна крахмала объединены в крахмальных клетках словно в прочной сумке или мешке. Это четко видно на вскрытой крахмальной клетке, содержимое которой в данный момент выливается. Прочные структуры крахмальных клеток дают ячменному зерну очень твердое содержимое зерна, с трудом поддающееся измельчению.

(3) Твердые стенки клетки стали проницаемыми

Благодаря ферментативному расщеплению части клеток растворились, и прежде прочная структура имеет отверстия, став проницаемой. Мы видим, что содержимое клеток стало доступным, и растираемость содержимого зерна увеличивается во все возрастающей степени. Этот процесс и понимается под понятием «растворение».

(4) Алейроновый слой

Алейроновый слой охватывает слой эндосперма и состоит из многочисленных клеток, богатых белками. Эти совершенно иначе организованные клетки не содержат крахмала, но имеют алейроновые зерна, состоящие из веществ белковой природы и, как четко видно на фото, при солодоращении они уже также несколько разрушены. В прорастающем ячмене алейроновый слой является местом образования ферментов.

(5) Начинающееся расщепление крахмала

С повышением влажности в ячменном зерне усиливается дыхание; зародыш теперь нуждается для дыхания в сахаре, который получается путем ферментативного расщепления крахмала, находящегося по соседству с зародышем. Мы видим точечное воздействие фермента на зерна крахмала и продолжающееся расщепление; при этом можно хорошо видеть чашеобразное строение крахмальных зерен. (Фото: Институт технологии пивоварения, Технический университет, г. Мюнхен)

MSSP

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40,** факс: (812) **326 61 41. E-mail: post@mssp.ru**

- повышении выхода экстракта примерно на 1%;
- *сокращении периода покоя зародыша ячменя.*

Ингибиторы

Вещества, замедляющие процессы прорастания, играют значительно меньшую роль, чем стимуляторы.

Например, с помощью добавления бромата калия можно замедлить протеолиз.

Для пива, производимого согласно немецкому Закону о чистоте пивоварения, применение солода, обработанного регуляторами прорастания, не допускается.

2.4.1.4. Проведение проращивания (выводы)

Основные положения при проведении проращивания можно сформулировать следующим образом.

1. **Прорастание является интенсивным жизненным процессом, который может проходить только при достаточном количестве воды, и поэтому важно, чтобы проращиваемый материал во время прорастания имел влажность более 40%. При испарении части воды другая ее часть благодаря дыханию образует так называемый «пот». Если отпотевания не наблюдается, то воду необходимо добавлять (опрыскивать грядку).**
2. **Для обеспечения активного дыхания проращиваемый материал должен обеспечиваться достаточным количеством кислорода. При слишком сильной аэрации избыточное количество веществ зерна разлагается через дыхание, а при недостаточной аэрации развивается анаэробное дыхание, могущее привести к гибели зародыша.**
3. **Благодаря дыханию поднимается температура, в связи с чем увеличиваются потери (вследствие дыхания и роста корешка зародыша) и уменьшается количество образующихся ферментов.**

С третьего дня проращивания дыхание можно ограничить.

При этом максимальная температура проращивания в проращиваемом материале составляет:

- для светлого солода — 17–18 °C;
- для темного солода — 23–25 °C.

Для рационального ведения проращивания необходимо регулировать влажность, аэрацию и температуру.

2.4.2. Способы проращивания

В настоящее время проращивание ведут почти исключительно в круглых и прямоугольных растильных ящиках. Так было не всегда: еще несколько десятилетий и даже лет назад проращивание вели на токах.

2.4.2.1. Токовая солодовня

В токовой солодовне проращиваемый материал укладывался на ток — помещение высотой около 3 м с совершенно ровным полом, который по возможности выкладывали плитами Зольнхофера (Solnhofer), так как благодаря высокой пористости они хорошо поглощали избыточную влагу.

Температура тока должна быть по возможности равномерной и не слишком высокой. Поэтому токи располагали частично под землей или защищали их от влияния наружного воздуха очень толстыми стенами. Так как максимальная температура при проращивании не должна превышать 17–18 °C, то, как нам уже известно, солодоращение в токовых солодовнях велось лишь в прохладное время года, а в теплые периоды было невозможно без охлаждения.

Считается, что в токовой солодовне потребность в площади составляет 1,7 м^2 на 50 кг ячменя, поскольку проращиваемый материал укладывают слоем в несколько сантиметров. В связи с этим токовые солодовни требуют больших площадей, причем тока располагают на нескольких этажах друг над другом.

Вместе с тем существовала и проблема обработки на току проращиваемого материала. Обработка осуществлялась с помощью деревянной *лопаты солодовщика*, которая представлена на немецком **гербе пивовара** (рис. 2.47). Чтобы переместить нижнее проращива-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

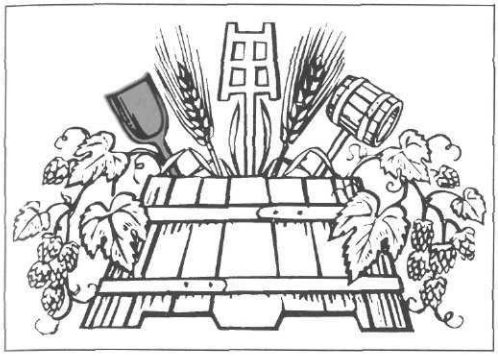


Рис. 2.47. Лопата солодовщика на немецком гербе пивовара

емое зерно наверх и наоборот, каждую гряду приходилось перелопачивать дважды в сутки.

Температура могла регулироваться путем перемещения гряды и вентиляцией помещения. При помощи вспомогательных инструментов — плугов, крючьев, трясущихся граблей и др. — труд несколько облегчался, но основные недостатки токовых солодовен, а именно большая потребность в рабочей силе и площадях, а также зависимость от наружной температуры воздуха положили конец периоду токовых солодовен.

Однако с тех времен в солодовнях сохранились некоторые важные для нас термины. Так, говорят о:

- ***«наклюнувшихся» грядках*** (растильных грядках в стадии наклевывания), когда корешок пробил основание зерна и заметен в виде светлой точки (зерно «строит глазки»);
- ***«развиливающихся» грядках*** (растильных грядках в стадии развиливания), когда корешки зародыша стали ветвиться;
- ***«схватывающихся» грядках*** (растильных грядках в стадии схватывания), когда корешки зародыша удлинились и перепутываются.

Если не уследить, корешки могут полностью перепутаться («схватиться»). Такие полностью схватившиеся друг с другом клубки или комки зеленого солода называются ***«зайцами»*** (в Германии — ***«воробьями»***). Поскольку температура в подобных клубках повышается, то и корешки растут быстрее; затем обычно можно разглядеть и листки зародышей. Такие зерна называют ***«гусарами»*** или ***«шпорами»***.

Когда в конце проращивания зеленый солод транспортируют на сушилку, то говорят, что ***грядку тянут*** или ***ставят***, а также, что ***сушилку грузят*** (передают на сушку).

2.4.2.2. Системы солодоращения с подачей воздуха

Современные системы солодоращения работают при большей высоте засыпки свежепроросшего солода (из экономических соображений). Поскольку воздух уже не может свободно проходить через проращиваемый материал, в подобных пневмосистемах солодоращения воздух прокачивают через проращиваемый материал, предварительно охлаждая и увлажняя (кондиционируя).

В системах солодоращения с принудительной подачей воздуха влажность и температуру регулируют путем продувки холодного влажного воздуха.

В связи с этим системы солодоращения с подачей воздуха состоят из

- ***кондиционирующей установки*** для подготовки холодного влажного воздуха и
- ***устройства для проращивания*** (ящика, барабана и т.п.), где ячмень проращивают.

2.4.2.2.1. Кондиционирование аэрационного воздуха

Тонкий слой проращиваемого материала находится в естественном контакте с окружающим воздухом только в токовых солодовнях. Во всех других системах солодоращения свежепроросший солод располагают на перфорированном дне слоем высотой до 1,5 м. Для аэрации интенсивно дышащего ячменя необходимо прокачивать через проращиваемый материал столько воздуха, сколько его нужно для интенсивного течения жизненных процессов. Обычно расход воздуха составляет

от 300 до 700 м³ на 1 т ячменя в час (на свежепроросший солод).

Для этого всегда требуются довольно мощные вентиляторы центробежного или осевого типа (см. раздел 10.5.2) (рис. 2.48).

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

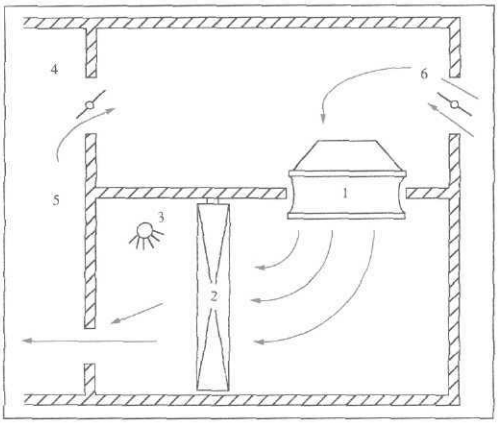


Рис. 2.48. Кондиционирование воздуха:

1 — осевой вентилятор; 2 — испаритель с непосредственным охлаждением; 3 — распылитель; 4 — клапан возврата воздуха; 5 — проращиваемый материал; 6 — свежий воздух

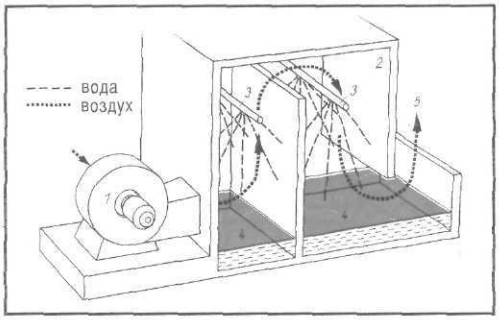


Рис. 2.48а. Увлажняющая установка:

1 — центробежный вентилятор, 2 — увлажняющая камера, 3 — водяные трубы с форсунками, 4 — водосборник, 5 — увлажненный холодный воздух

При дыхании ячменя образуется тепло, которое нужно отводить. Можно считать, что тепловыделение за все время проращивания составляет около

850 000 кДж = 200 000 ккал/т ячменя.

Так как воздух для аэрации должен быть примерно на два градуса холоднее проращиваемого материала, большую часть времени года его следует охлаждать. Для этого преимущественно применяют испаритель с непосредственным охлаждением (см. раздел 10.3.4), с помощью которого автоматически устанавливается требуемая температура воздушного потока. Следует также учесть, что когда зимой температура наружного воздуха резко понижается, воздух необходимо нагревать.

Проращиваемый материал должен иметь влажность около 45% в течение всего срока проращивания. Если через свежепроросший солод прокачивать сухой воздух, то солод высохнет. В связи с этим воздух необходимо увлажнять водой (рис. 2.48а).

Зависимость между температурой воздуха, ее изменениями, содержанием воды и относительной влажностью можно наглядно представить при помощи диаграммы Моллиера (Mollier) (i, d – диаграмма Л. К. Рамзина. — *Прим. ред.*) Подобное увлажнение воздуха осуществляется путем мельчайшего распыления воды (3), однако чтобы вода преждевременно не оседала, ее распыляют по возможности перед самой подачей в свежепроросший солод. ***Потребность в воде составляет около 0,5 м³ на 1 т ячменя.***

Избыточная вода после очистки может распыляться вновь. Для подвода дополнительного количества воды в растильный цех к зеленому солоду, в некоторых системах на ворошилках устанавливают дополнительные форсунки.

Во время проращивания ячмень интенсивно дышит, расходуя при этом ценные вещества зерна. Однако в конце проращивания нас больше интересуют процессы ферментативного растворения в прорастающем зерне, протекающие независимо от дыхания. На этом этапе нам не нужно, чтобы зерно расходовало для дыхания так много своих веществ, и поэтому подводится сбрасываемый, насыщенный CO_2 воздух, который «тормозит» дыхание с помощью дополнительного количество ***обратного воздуха***, который в конце проращивания смешивается со свежим.

Этот холодный и влажный воздух в любых системах солодоращения пропускают через проращиваемый материал. Ворошение последнего в любых системах солодоращения преследует цель исключить срастание корешков зародышей и постоянно подставлять под более холодный и увлажненный воздух новые объемы прорастающего материала.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

2.4.2.2.2. Солодовня барабанного типа

В солодорастильном барабане проращиваемый материал находится в закрытом пространстве, где он и аэрируется. Ворошение осуществляется с помощью вращения барабана.

Солодорастительный барабан с плоским ситом («ящичный» барабан) (рис. 2.49) представляет собой цилиндр из листовой стали (*1*) диаметром 2–4 м и длиной от 3 до 15 м.

В нижней части барабана горизонтально расположено солодорастительное сито (*2*), на котором размещается проращиваемый материал (*3*). Увлажненный воздух продувается снизу (*4*) через проращиваемый материал и покидает барабан через сито расположенное в торцевой части барабана (*5*). Для ворошения материала барабан медленно вращается. В зависимости от размера барабана вращение длится от получаса до часа. Для вращения используются опорные ролики (*6*). Привод осуществляется через зубчатую передачу (*7*), которая приводится в движение с помощью червячной передачи. Для исключения потерь воздуха воздушные каналы вращающегося барабана уплотняются.

Барабан наполняют примерно на 70% и в определенное время (в общей сложности 1/10 часть от всего времени проращивания) медленно вращают. Чтобы не допустить наклонного, а значит и неравномерного размещения проращиваемого материала на ситовом листе, барабан сначала проворачивают некоторое время вперед, а затем его вращают в обратную сторону.

Преимущество барабана заключается в хорошем сохранении проращиваемого материала, однако такая система перерабатывает максимально лишь 20 т на барабан, что недостаточно экономично. В связи с этим в настоящее время на производстве таких установок осталось довольно мало.

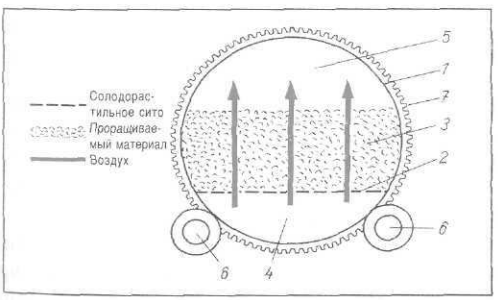


Рис. 2.49. Солодорастильный барабан с плоским ситом («ящичный» барабан):

1 — цилиндр из листовой стали; 2 — плоское сито; 3 — проращиваемый материал; 4 — увлажненный воздух; 5 — отработанный воздух; 6 — опорные ролики; 7 — зубчатая передача привода (червячный привод)

2.4.2.2.3. Солодовня ящичного типа

Солодовни с такой системой солодоращения в настоящее время наиболее распространены и охватывают широкий спектр вариантов и размеров ящиков.

Во многих случаях солодорастильные ящики имеют прямоугольную форму и рассчитаны на 5–300 т ячменя и более. С некоторых пор сооружают также ящики круглой формы («круглые солодовни»), вмещающие до 300 т ячменя, причем чаще всего ящики располагают друг над другом в виде башни (**«башенная солодовня»**). Но во всех случаях принцип их работы одинаков.

В течение всего времени проращивания материал находится на сите. Его переворачивают шнековым ворошителем так, чтобы постоянно подавать снизу холодный влажный воздух на все новые части материала.

2.4.2.2.3.1. Прямоугольные солодорастильные ящики

Прямоугольные солодорастильные ящики выкладывают из кирпича или сооружают из железобетона («ящик Саладина»). С целью полного перемешивания проращиваемого солода при помощи шнекового ворошителя внутренние углы ящика выполнены закругленными в виде желоба. В солодорастильном цехе в соответствии с длительностью проращивания последовательно располагают до шести солодорастильных ящиков. Это отделение термоизолировано, стены и потолок — гладкие, и в нем постоянно поддерживают небольшое избыточное давление, для чего делают герметичные двери, которые следует постоянно держать закрытыми (рис. 2.50).

На высоте около 60 см от дна ящика располагают металлические сита, на которых находится проращиваемый материал. Его выгружают вместе с замочной водой слоем от 0,5 до 0,9 м, а за время проращивания высота слоя увеличивается до 0,8–1,3 м.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

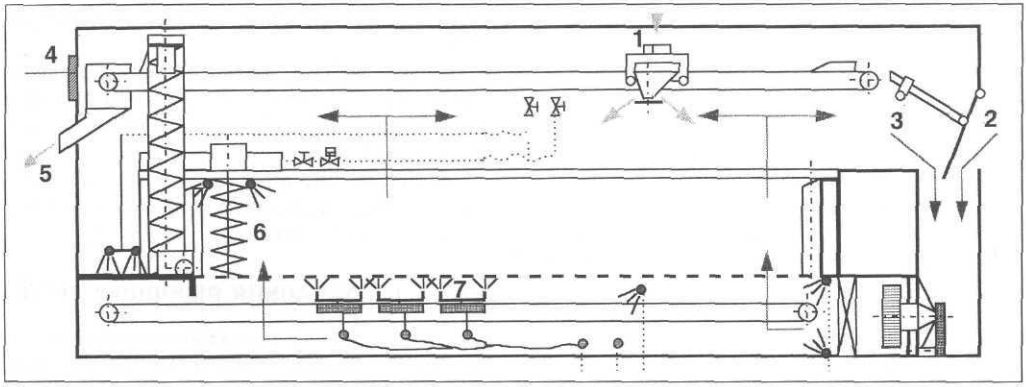


Рис. 2.50. Солодорастильный ящик Саладина:

1 — подача проращиваемого материала; 2 — подвод свежего воздуха; 3 — оборот воздуха; 4 — выпуск воздуха; 5 — подача свежепроросшего солода к сушилке; 6 — ворошитель; 7 — механическое оросительное устройство

Сита исполняются в виде:

- несущих листов с фрезерованными щелевыми отверстиями; живое сечение которых составляет 20% (рис.2.50а) или
- сварных решеток из профильных элементов; с щелевыми отверстиями, живое сечение которых составляет 40%.

Для проверки и очистки решетки могут быть съемными, если высота пространства под ними не обеспечивает свободный проход.

В больших ящиках под ситами создают вакуум (для эффективного отвода более тяжелого диоксида углерода. — *Прим. ред.*). Под решеткой находится:

- воздушная шахта для подвода или отвода аэрационного воздуха;
- форсунки высокого давления для очистки сит и пространства под ними (см. рис. 2.50, *7*).

По расчету на 1 м^2 поверхности сит помещают от 300 до 500 кг ячменя.

Как правило, используют шнековый (винтовой) ворошитель (рис. 2.51 и 2.51а).

На длинной балке ворошителя (*1*) располагают до 20 шнеков (*2*), которые вращаются навстречу друг другу, благодаря чему проращиваемый материал разрыхляется. Первый привод медленно вращает шнеки со скоростью около 8 об/мин.

Второй привод обеспечивает движение каретки ворошителя вдоль грядки со скоростью 0,4–0,6 м/мин. Подобное ворошение осуществляется в первые дни проращивания дважды в сутки, а в последующие дни — только раз в сутки.

На шнеках размещены выравнивающие стержни, которые вращаются вместе со шнеками, обеспечивая по возможности одинаковую высоту поверхности проращиваемого материала для равномерности прохождения прокачиваемого воздуха. На ворошителе размещены также оросительные форсунки, подающие во время проращивания дополнительную воду для свежепроросшего солода.

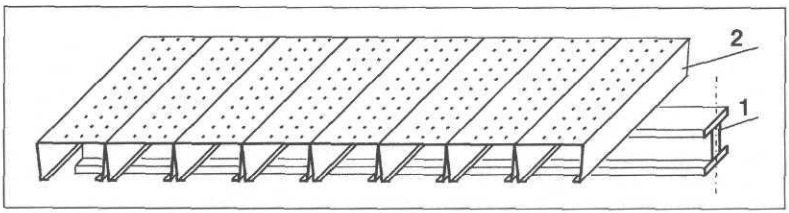


Рис. 2.50а. Ситчатый лист П-образного профиля:

1 — несущая двутавровая балка; 2 — П-образный профиль

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
(812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

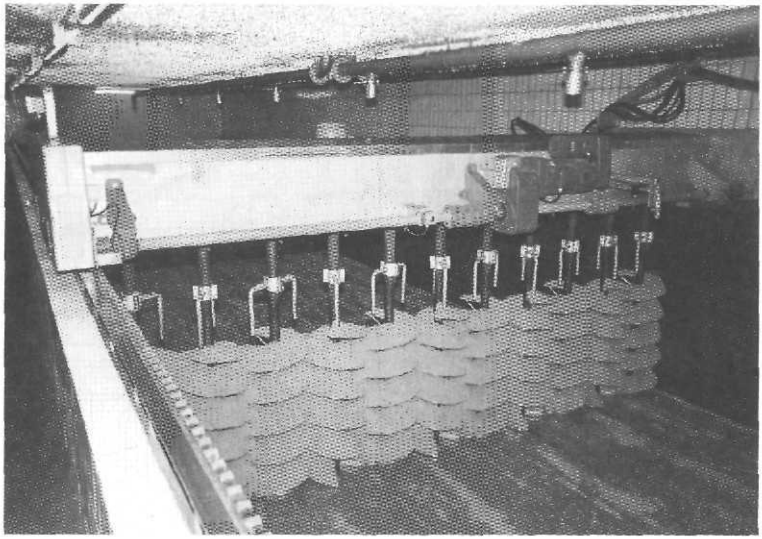


Рис. 2.51. Шнековый ворошитель (фото: Seeger GmbH, г. Плюдерхаузен)

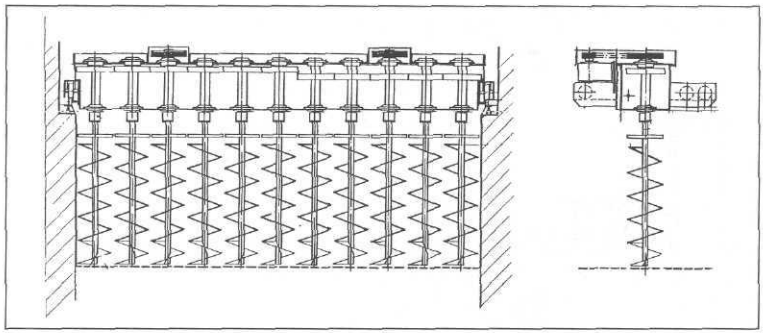


Рис. 2.51а. Шнековый ворошитель (схема)

Загрузка и разгрузка ящика — важная функция, которую хотелось бы выполнять с минимальными затратами времени и энергии. В более старых установках для выгрузки свежепроросшего солода использовали переносные каретки с лопатой, как у бульдозера, перемещавшие материал в сборный лоток для дальнейшей транспортировки.

В современных установках ворошитель выполняет функции транспортера как для перемешивания, так и для выгрузки материала, для чего с ним интегрирован выгружной механизм. При этом на небольших установках ворошитель с выгружным устройством перемещает материал поэтапно в открытый лоток, для чего шнеки устанавливают в определенное положение, при котором они закрывают проход и опорожняют ящик, который очищается скребком. При таком подходе полностью исключается ручной труд.

В крупных установках используют систематически опорожняемые съемные транспортеры, постоянно работающие на выгрузку.

2.4.2.2.3.2. Круглые ящики

Круглые ящики в основном устроены по тому же принципу, что и прямоугольные. Различают:

- **круглые ящики со вращаемым ситчатым дном и неподвижной балкой** ворошителя. Ситчатое дно устанавливается на роликах с уплотнениями по стенкам (рис. 2.52). При такой конструкции отбитые ростки всегда попадают в одно и то же место, расположенное под ворошителем;

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

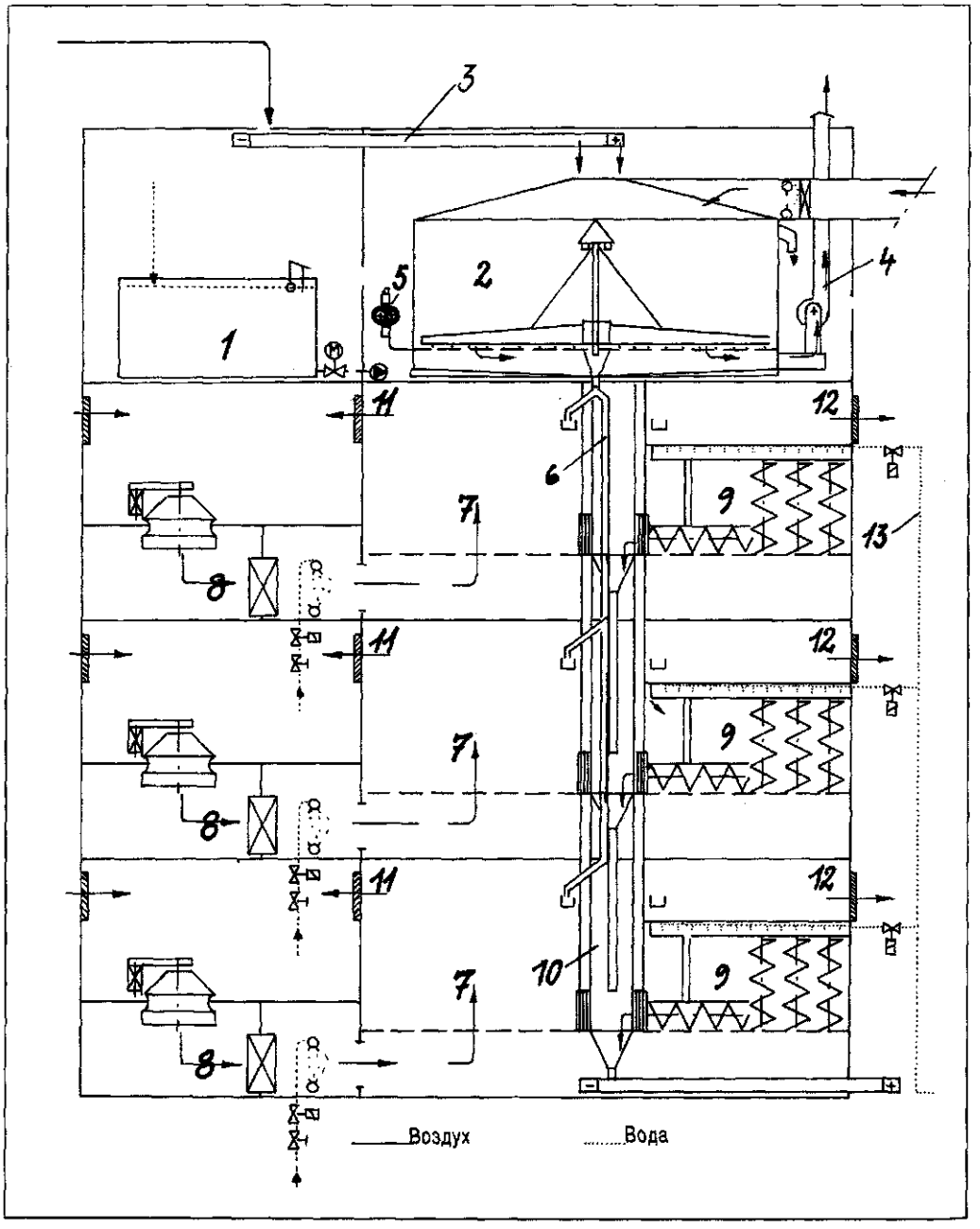


Рис. 2.52. Принцип работы башенной солодовни:

1 — запас воды; 2 — плоскодонный замочный чан; 3 — подача ячменя; 4 — отбор CO_2; 5 — нагнетательная воздуходувка; 6 — трубопровод для выгрузки замоченного материала; 7 — растильные ящики; 8 — камеры кондиционирования; 9 — ворошитель с погрузоразгрузчиком; 10 — шахта для выгрузки; 11 — оборотный воздух; 12 — выпуск воздуха; 13 — подача воды для замачивания

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

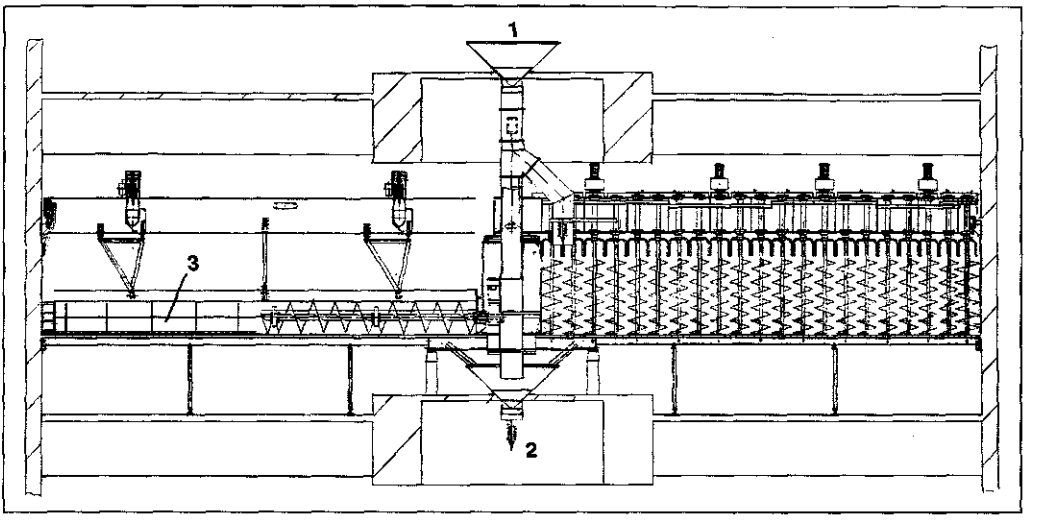


Рис. 2.52а. Шнековый ворошитель с погрузоразгрузочным устройством для круглых ящиков:

1 — подача замоченного материала; 2 — выгрузка свежепроросшего солода; 3 — поднимаемые и опускаемые погрузоразгрузочные шнеки

- **круглые ящики с неподвижным ситчатым дном** и вращающейся балкой ворошителя.

В настоящее время на производстве используют оба вида круглых ящиков; обычно несколько ящиков располагают друг над другом в виде башни.

Так как внешняя часть балки ворошителя проходит большее расстояние, чем внутренняя, внешние шнеки должны вращаться быстрее и обрабатывать большее количество солода, чем шнеки, расположенные ближе к центральной оси.

Погрузка и разгрузка осуществляются при помощи переставляемых по высоте горизонтальных шнеков, чаще всего размещаемых позади балки ворошителя. Благодаря определенному расположению достигается поверхностное перекрытие, обеспечивающее полное опорожнение растильной решетки (рис. 2.52а, б).

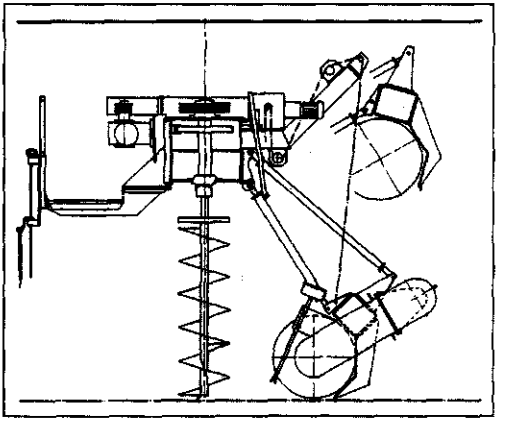


Рис. 2.52б. Шнековый ворошитель с погрузоразгрузочным устройством (вид сбоку)

2.4.2.2.4. Системы с ежесуточным перемещением

В солодовне ящичного типа зеленый солод всегда ворошат на месте, однако ворошение можно применять и для того, чтобы перемещать зеленый солод от замочного чана в направлении сушилки. В этом случае проращиваемый материал 1 или 2 раза в сутки делает как бы «шаг» к сушилке. Отсюда ведет свое происхождение и название для подобной старейшей, до сих пор иногда практикуемой на токах системы солодоращения — «передвижная грядка».

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

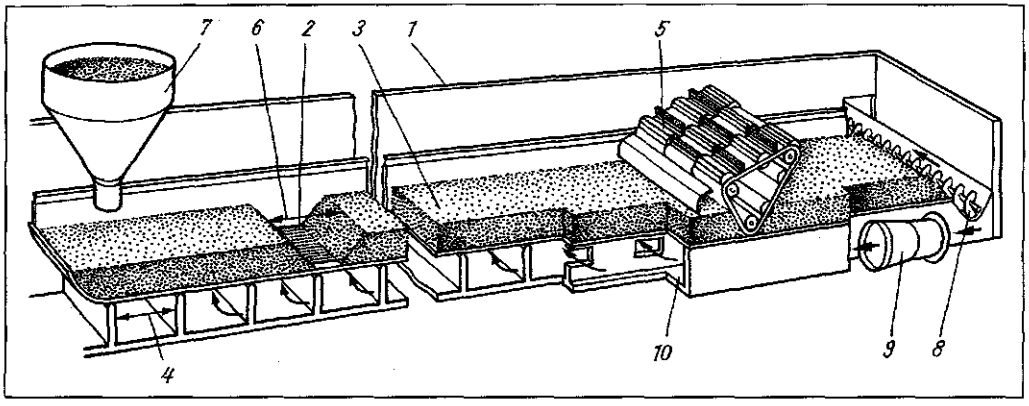


Рис. 2.53. Устройство передвижной грядки:

1 — солодорастильная грядка; 2 — ситчатое дно; 3 — проращиваемый материал; 4 — деление на полусуточные участки; 5 — ворошитель (старой конструкции); 6 — свободный участок для очистки; 7 — замочный чан; 8 — разгрузочный шнек; 9 — вентилятор; 10 — канал аэрации

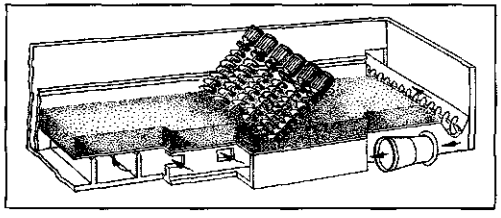


Рис. 2.54. Шнековый ворошитель (современная конструкция)

Солодовня с передвижной грядкой

Устройство передвижной грядки (рис. 2.53) состоит из большого растильного ящика 50–60 м длиной и 3–4 м шириной — солодорастильной грядки. Такая солодорастильная грядка сооружается как обычный солодорастильный ящик, но под ситчатым дном (*2*) она разделяется на 16 полусуточных участков (*4*). У первых установок такого типа ворошитель (*5*) сооружался в рассмотренном выше варианте — с лопаточными ковшами и резиновыми очищающими скребками. Более современные установки снабжены наклонно установленными шнеками (рис. 2.54).

Проращиваемый материал выгружается на первый полусуточный участок из замочного чана (*7*), находящегося непосредственно над ящиком. Дважды в сутки грядка перемещается вперед на длину полусуточного участка, то есть за сутки — на целый суточный участок. Ворошитель, очень бережно обрабатывающий свежепроросший солод, для этого также перемещается дважды в сутки от конца участка (то есть от старой грядки) к его началу концу (к новой загрузке) со скоростью 20–30 см в минуту. Когда ворошитель переместит всю грядку, он поднимается и с более высокой скоростью откатывается назад.

В конце проращивания свежепроросший солод перемещается ворошителем в бетонный лоток, расположенный в конце ящика, откуда этот солод с помощью шнека (*8*) транспортируется к нории для подачи на сушилку. Для обеспечения регулярной очистки растильных решеток через равные промежутки времени один суточный участок оставляется свободным (*6*). Для снабжения проращиваемого материала различным количеством воздуха (по потребности) подводящие клапаны к полусуточным участкам делают регулируемыми.

В настоящее время подобных установок с передвижными грядками уже практически не делают.

Солодовня ящичного типа с передвижной грядкой и собственной сушилкой (системы Lausmann, г. Регенсбург)

У такой системы (рис. 2.55) проращиваемый материал ежесуточно перемещается на длину суточного участка, а затем высушивается на включенной в конструкцию сушилке.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

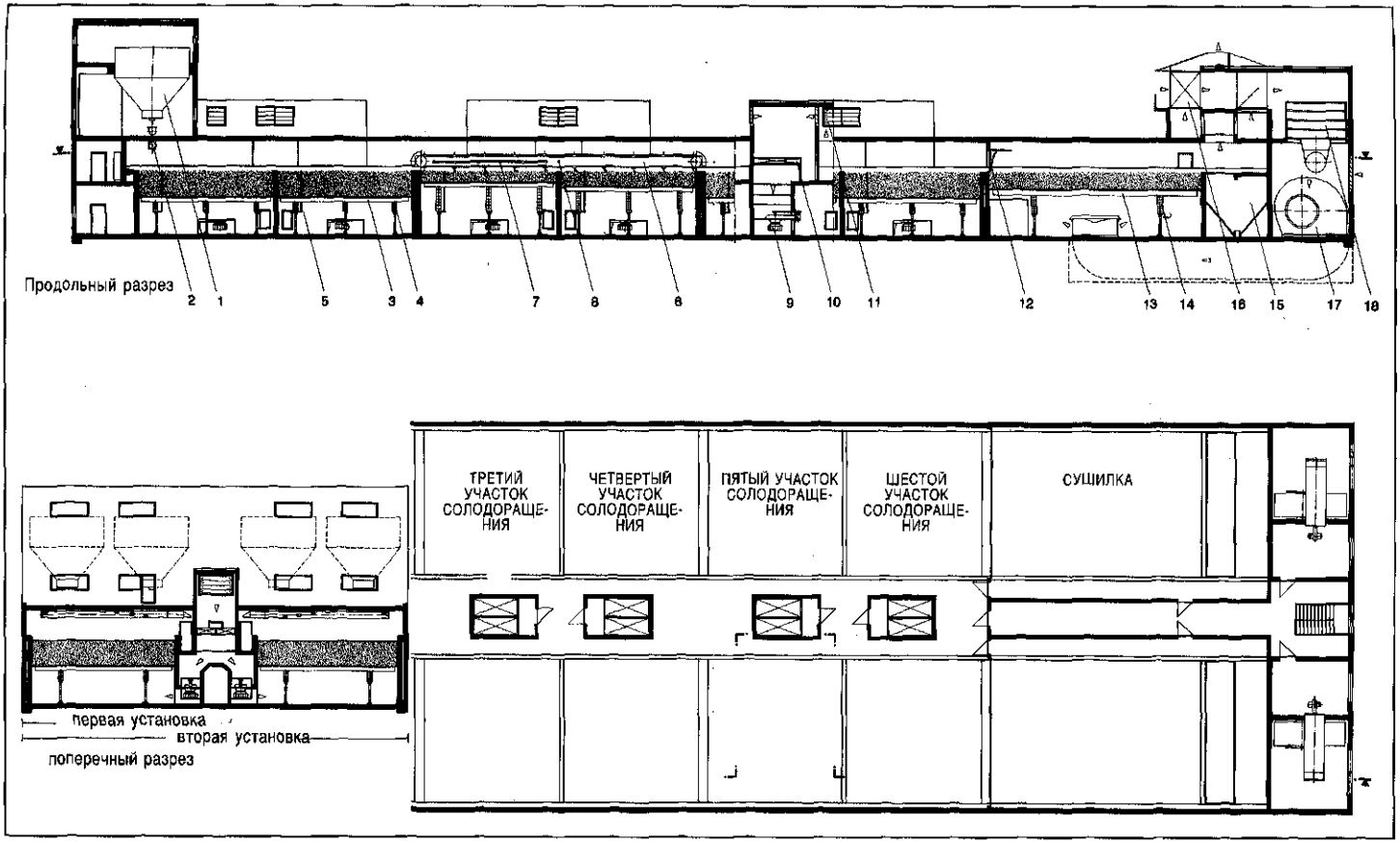


Рис. 2.55. Солодовня ящичного типа с передвижной грядкой и встроенной в систему сушилкой Lausmann:

1 — замочный чан; 2 — распределительный шнек для замоченного материала; 3 — солодорастительное ситчатое дно; 4 —подъемный шпиндель солодорастильного ящика; 5 — колонка для измерения температуры. 6 — ворошитель; 7 — устройство для увлажнения; 8 — устройство для орошения; 9 — вентилятор солодорастильного ящика; 10 — охладитель; 11 — воздушные клапаны; 12 — ворота сушилки; 13 — решетка сушилки; 14 — подъемное устройство сушилки; 15 — бункер для высушенного солода; 16 — теплообменник из стеклянных трубок; 17 — вентилятор сушилки; 18 — подогреватель воздуха

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел. (812) 326 61 40 факс (812) 326 61 41 E-mail: [illegible]

В замочном чане (*1*) ячмень замачивают уже известным нам способом и через разгрузочное устройство (*2*) насухо выгружают на первый суточный участок. Здесь ячмень уложен на подвижном солодорастильном сите (*3*), которое может подниматься и опускаться с помощью четырех подъемных устройств (*4*), работающих синхронно.

Каждый суточный участок снабжают необходимым количеством холодного воздуха (*9, 10, 11*) через специальное аэрационное устройство суточного участка в соответствии с текущим процессом проращивания. Необходимое для этого измерение температуры проращиваемого материала и воздуха осуществляется при помощи измерительной колонки (*5*), встроенной в середину каждого растильного участка.

Перемещение и ворошение проращиваемого материала осуществляется с помощью ворошильной машины (*6*), состоящей из замкнутой ленты со скребками, послойно и бережно перемещающей проращиваемый материал. Для этого ворошитель устанавливают над двумя суточными участками, и он перемещает материал с данного участка на следующий. При этом участок, который ворошат, медленно поднимается, а соседний синхронно с ним опускается. Все это осуществляется ежесуточно на всех участках, начиная от сушилки.

Для дополнительного увлажнения проращиваемого материала на ворошильной машине устанавливают увлажняющее устройство (*7*), которое увлажняет поверхность всего проращиваемого зерна в целях увеличения его влажности на 5%. Устройство для орошения (*8*) обеспечивает повышение влажности на 1–1,5%.

На рис. 2.55 приведен поперечный разрез этой установки, выполненный в области первого и второго участка проращивания. Четыре остальных участка имеют такую же конструкцию и показаны в плане.

Сушилка агрегата отделена от помещения проращивания воротами (*12*). Для выполнения загрузки сушилки тем же ворошителем ворота сушилки открываются, а затем из теплотехнических соображений снова закрываются. Загрузка сушилки (*13*) продолжается около 45 мин, а опорожнение в лоток — около 20 мин. Сушилка оснащена также высокопроизводительной центробежной воздуходувкой (*17*) с регулируемой частотой вращения, которая всасывает свежий или оборотный воздух через подогреватель (*18*) и нагнетает его в высушиваемый материал.

Установка управляется полностью автоматически и обеспечивает раздельную обработку каждого суточного участка. К ее преимуществам можно отнести:

- возможность осуществления различных способов солодоращения;
- небольшие строительные объемы;
- безопасность эксплуатации при минимальных затратах на обслуживание;
- приемлемая стоимость эксплуатации, отсутствие пиковых нагрузок;
- благоприятное соотношение «стоимость : производительность».

Солодовня ящичного типа с передвижной грядкой и собственной сушилкой системы Lausmann может иметь ежесуточную производительность от 5 до 75 т ячменя.

Комбинированные системы проращивания и сушки (Система Unimälzer (Hauner, Diespeck))

Проращивание и сушку можно осуществлять в одной емкости («статическая солодовня»). Для этого, естественно, емкость должна быть оснащена установками для получения воздуха как для проращивания, так и для сушки (включая отопительные устройства). В настоящее время подобные установки сооружают в основном круглой формы.

Их преимущества заключаются в том, что

- исключается транспортировка свежепроросшего солода, а значит, и его повреждение;
- экономится энергия, так как нет ее затрат на транспортировку, а также
- экономится время и площадь, так как все процессы протекают в одном месте.

Проблемой в данном случае остается большая разница температур при проращивании и при сушке, приводящая к высоким напряжениям конструкции здания. В системе Unimalzer (рис. 2.55 а) этому противодействуют, применяя стальную сегментную оболочку с наружной теплоизоляцией. Она свободно деформируется при нагревании, и при этом напряжений строительных конструкции не возникает. Утеплитель (маты из минеральной

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

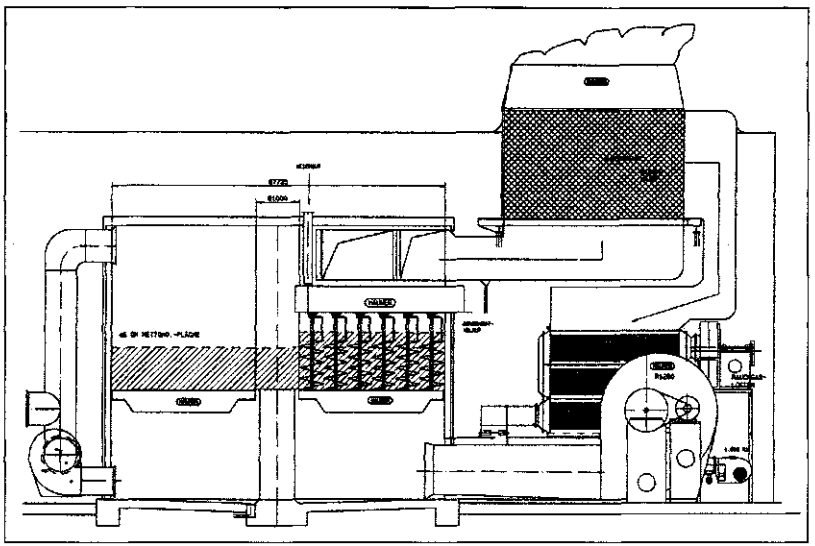


Рис. 2.55а. Солодовня Unim lzer в разрезе: емкость, установка для получения воздуха для вентиляции или проращивания и для сушки (системы Hauner)

ваты) располагают между стенкой из нержавеющей стали и облицовкой из трапециевидных листов, устойчивых к изменениям погоды.

В такой системе применяют поворотные решетки с удельной нагрузкой до 600 кг ячменя на 1 м^2. Привод для поворота решетки со скоростью 0,4–0,5 м/мин осуществляется двумя–четырьмя электродвигателями, закрепленными на стенке из нержавеющей стали и обеспечивающими один оборот примерно за 2 часа.

Жестко закрепленный шнековый ворошитель имеет нечетное число шпинделей, вращающихся с различной скоростью, как и у шнековых ворошителей старой конструкции. При этом угловая скорость снаружи выше, что обеспечивает равномерное ворошение. Так как все процессы в установке Unim lzer проходят в одной емкости, то в каждом ящике можно изменять температуру и подачу воздуха в широких пределах, не будучи связанными с жестко регламентированной схемой производства. Вокруг сушильной, вентиляционной и тепловой магистрали может быть размещено до 8 емкостей, которые оснащаются собственными установками для обеспечения подачи воздуха, необходимого для проращивания.

Солодовня Uni-Cont системы Hauner (Diespeck)

Такая конструкция солодовни представляет интерес с точки зрения энергетики, но она пригодна только для небольших количеств сырья. Все процессы здесь протекают в одной вращающейся емкости (рис. 2.55b).

Ячмень замачивается в емкости (2) высотой до 3,5 м, которая для равномерного распределения воды переворачивается (3); по

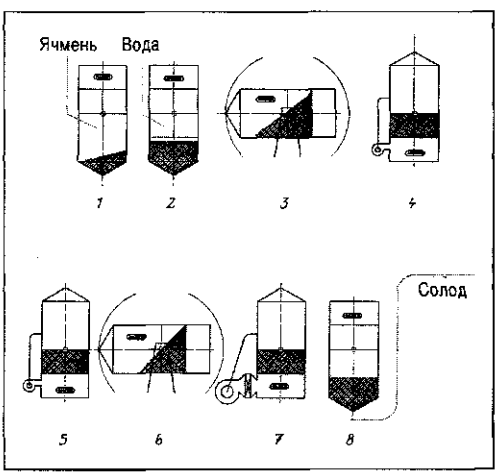


Рис. 2.55б. Солодовня Uni-Cont (системы Hauner):

1 — заполнение; 2 — замачивание; 3 — ворошение (переворачивание); 4 — воздушная пауза; 5 — проращивание; 6 — ворошение (переворачивание); 7 — сушка; 8 — выгрузка солода

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

приведенной выше схеме проводят воздушную паузу (4), причем отводят CO_2 и заменяют его свежим воздухом.

Проращивание и ворошение осуществляют в том же порядке (5+6). Для сушки (7) подключают регулируемый поток теплого воздуха. Для отбора солода (8) емкость переворачивают конусом вниз и опорожняют. Установка монтируется на объем загрузки до 3,8 т, что соответствует возможной годовой производительности в 130 т (= 7600 гл пива). Эти величины могут представлять интерес для мини-пивзаводов при ресторанах.

2.4.2.3. Контроль проращивания

Для завершения темы проращивания остановимся еще раз на факторах, которые необходимо контролировать. Мы исходим из следующих основных положений.

Для производства светлого солода следует избегать проявления факторов, ведущих к усиленному расщеплению веществ и образованию повышенного количества сахаров, аминокислот, ДМС и ДМС-П (подробнее об этом см. раздел 2.5.1.4). Поэтому следует обеспечить:

- медленное нарастание температуры проращивания максимум до 17–18 °C;
- упругость и сочность корешков зародыша, длина которых должна составлять 1,5–2 длины зерна; длинные корешки снижают качество;
- равномерную длину листков зародыша (от 2/3 до 3/4 длины зерна). Появление гусаров нежелательно;
- влажность свежепроросшего солода должна быть примерно на 1% ниже, чем у замоченного ячменя;
- свежий и «огуречный» запах; затхлый и кислотный запах нежелателен.

Для производства темного солода предпочтительнее более сильное расщепление веществ, так как образующиеся при сушке сахара и аминокислоты необходимы для получения красящих веществ. В связи с этим при проращивании необходимо:

- поднимать температуру проращивания до 25 °C;
- получать более длинные корешки зародыша;
- получать длину листка зародыша от 3/4 до 1 длины зерна.

Наряду с этими эмпирическими приемами контроля на современных предприятиях применяют при проращивании высокоточные термометры и другие измерительные приборы, обеспечивающие автоматическое регулирование воздушного потока, температуры, количества обратного воздуха и использование ворошителя.

2.5. Сушка солода

Во избежание дальнейших превращений и потерь веществ процесс проращивания прерывают путем подвяливания и сушки. При этом преследуют следующие цели:

- необходимо понизить влажность с более чем 40 до 5% и тем самым обеспечить необходимую механическую и биологическую пригодность солода для длительного хранения;
- путем снижения влажности следует приостановить в солоде все жизненные процессы, прежде всего прорастание и растворение, а также дальнейшую активность ферментов;
- следует по возможности сохранить образованный потенциал ферментов;
- необходимо большое внимание уделить образованию или предотвращению образования красящих и ароматических веществ (в зависимости от типа солода);
- необходимо отбить и удалить ростки.

2.5.1. Изменения, происходящие при сушке

С учетом вышеуказанных целей ниже мы рассмотрим:

- понижение влажности;
- прерывание проращивания и растворения;
- образование красящих и ароматических веществ.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

2.5.1.1. Понижение влажности

Для получения солода, пригодного для длительного хранения, влажность свежепроросшего солода (свыше 40%) следует понизить до 5% и менее.

Влагу удаляют путем пропускания через свежепроросший солод большого количества теплого воздуха.

При нагревании влажного свежепроросшего солода для сушки следует учитывать, что при высокой температуре и влажности уничтожаются все ферменты (они лучше противостоят высокой температуре при более низкой влажности). Поскольку ферменты необходимы в варочном цехе для расщепления различных веществ, важно, чтобы они сохранялись как можно дольше.

Для сохранения ферментов солод перед сильным нагреванием следует сначала подвялить.

Влажный крахмал свежепроросшего солода при сильном нагревании клейстеризуется и после охлаждения образует не пригодный для дальнейшего применения солод, внутренняя часть которого выглядит словно стекло («стекловидный солод»).

При нагревании влажного крахмала образуется непригодный стекловидный солод. Температура не должна подниматься выше 50 °С до тех пор, пока влажность не снизится до 10–12%.

Медленное снижение влажности при температуре от 40 до 50 °С называют подвяливанием.

2.5.1.2. Прерывание процессов прорастания и растворения

Проращивание завершают путем удаления воды, чем препятствуют дальнейшему росту корешков зародыша. В результате воздействия тепла при сушке большинство зародышей отмирает, так что солод перестает жить и дышать. Одновременно с прекращением прорастания заканчивается и растворение, прекращаются дальнейшие процессы расщепления, и солод можно рассматривать как пригодный для длительного хранения.

2.5.1.3. Образование красящих и ароматических веществ (реакции Майяра)

При повышенных температуре и сроках хранения прежде всего связываются низкомолекулярные продукты расщепления белков с сахарами в красящие и интенсивно ароматизирующие соединения — ***меланоидины***. Наряду с этим соединением возникают продукты реакции дикарбониловых соединений и аминокислот, называемые альдегидами Штрекера (Strecker). Совокупность этих имеющих различное, очень сложное строение соединений объединяется под названием продуктов **реакций Майяра** (Maillard). (Реакция мелоноидинообразования описана Майяром в 1912 г. — *Прим. ред.*)

Реакции Майяра и их продукты нельзя дифференцировать без использования сложных аналитических методов. С другой стороны, в настоящее время известно, что именно эти продукты являются предшественниками веществ, которые наряду с другими вызывают в готовом пиве негативный «привкус старения».

Поэтому необходимо иметь представление о том, в каком объеме эти реакции уже прошли. Поскольку они протекают тем интенсивнее, чем выше температура и продолжительность процесса, то говорят также о **термической нагрузке** на солод, а позднее — на сусло или пиво. Совокупность образовавшихся в их ходе веществ объединяется в показателе тиобарбитуровой кислоты (ТБК).

Чем выше этот показатель, тем больше термическая нагрузка на солод, сусло или пиво.

Так как продукты реакций Майяра являются красящими и ароматическими веществами, то для пивоваренного производства желательно, чтобы

у темного солода этих веществ было больше, а у светлого — как можно меньше.

Продукты реакций Майяра образуются из сахаров и аминокислот при повышенных температурах.

Если стремиться к тому, чтобы избежать образования этих веществ, то нужно не допустить образования их исходных продуктов

Солодовенный завод Суффле. Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

предшественников или ограничить их образование до минимума. Поскольку сахара — важнейшие вещества для дальнейшей переработки, то следует стремиться к тому, чтобы хотя бы ограничить образование продуктов расщепления белков.

Для получения наименьшего содержания продуктов реакций Майяра существует несколько возможностей, а именно:

- применение сортов ячменя со склонностью к низкой степени растворимости белков;
- низкая степень замачивания;
- уменьшение подачи кислорода начиная с третьего дня проращивания;
- поддержание степени растворимости белков ниже 41%;
- подвяливание с начальной температурой 35–50 °C;
- поддержание более высоких температур при сушке в течение более короткого времени (при одинаковом ПТК сушка в течение 3 часов при 85 °C ≈ 5 часам при 80 °C).

Значение ПТК в солоде («конгрессное сусло») должно быть < 14.

Существует определенная корреляция между произведением ПТК на степень растворимости белков и ожидающимся вкусом старения, обнаруженная исследователями для светлого пива.

При производстве темного солода наряду с температурой сушки решающую роль играют исходные для реакции Майяра вещества, образующиеся на этапе подвяливания.

При подвяливании при более высокой температуре и влажности можно получить пиво с приятным интенсивным солодовым ароматом. Образующиеся в темном солоде на этом этапе альдегиды Штрекера влияют на вкус темного пива позитивно, в отличие от производства светлого солода, но иначе, чем в светлом пиве [186].

Так как при хранении темного солода в профиле аромата происходят изменения, то перед переработкой следует его 2–3 месяца выдерживать. Таким способом получают пиво с сильно выраженным солодовым ароматом и высокой стойкостью вкуса.

2.5.1.4. Образование ДМС при сушке

Диметилсульфид (ДМС) в светлом пиве содержится в количестве от 40 до 100 мкг/кг. Содержание его в количествах более 100–150 мкг/кг придает пиву нежелательный овощной или травяной запах и привкус.

Существует три механизма образования ДМС:

- предшественник ДМС, С-метилметионин (СММ) при термическом воздействии разрушается и образует ДМС;
- свободный ДМС образует с кислородом диметилсульфоксид (ДМС-О), который затем определенные виды дрожжей или бактерий могут снова превратить в ДМС;
- серосодержащие аминокислоты могут превратиться в ДМС через реакцию Майяра. В количественном отношении результаты этой реакции незначительны.

С-метилметионин (СММ) как предшественник ДМС (DMS Precursor), обозначается также ДМС-П. Он образуется в процессе проращивания и под действием нагрева (сушки, затирания, кипячения сусла) распадается с отделением летучего ДМС. Этот ДМС очень чувствителен к окислению и под действием кислорода может окисляться, образуя «пассивный» предшественник — диметилсульфоксид (ДМС-О).

- ДМС-О имеет очень высокую температуру кипения и полностью переходит из солода в сусло. В редких случаях он превращается в ДМС дрожжами или бактериями.
- В противоположность этому «пассивный» предшественник С-метилметионин (СММ) не подвергается превращениям, а ассимилируется дрожжами.

ДМС, обнаруживаемый в пиве, является свободным ДМС, который

- не был удален при сушке или кипячении сусла или
- заново образовался путем расщепления СММ во время обработки горячего сусла в вирпуле.

На содержание ДМС очень сильное влияние оказывают исходные свойства ячменя и процесс солодоращения [181].

- От сорта ячменя сильно зависит содержание ДМС. Например, сорт Alexis имеет низкое содержание ДМС, причем озимые сорта ячменя содержат его всегда на 2 мг/кг больше, чем яровые.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

- Заметное влияние на содержание ДМС оказывает место возделывание ячменя, а также год уборки урожая и климат данной местности.
- Влияние влажности проращиваемого материала выше уже обсуждалось (см. раздел 2.4.1.3.5): чем выше влажность, тем больше содержание ДМС-П, а также ПТК. Увеличивает содержание СММ и более сильное расщепление белков, а также повышение температуры проращивания.
- К повышению содержания ДМС-П ведет увеличение длительности проращивания.
- Повышение температуры подвяливания снижает содержание ДМС, но приводит к возрастанию ПТК.
- На содержание ДМС очень сильно влияет температура сушки. Температура сушки в 70 °С недостаточна для его удаления. Даже при обычной температуре (80 °С) в течение 5 часов удаляется не весь ДМС.

В настоящее время рекомендуется применять прежде всего более короткое время сушки при повышенных температурах (3 ч при 85 °С) с целью снижения термической нагрузки (ПТК). Однако следует также учитывать, что ДМС выделяется с дробиной и взвесями. Несмотря на это в сусло попадает еще достаточно большое количество ДМС, и его нужно будет удалять (см. раздел 3.4.1.9).

2.5.1.5. Образование нитрозаминов

Нитрозамины (*нитрозо-диметиламин*, НДМА) — это канцерогенные вещества, образующиеся из аминов (аминокислот) и окислов азота при высоких температурах.

Поскольку со времени замены прямых способов отопления сушилок косвенными горячие газы, использовавшиеся для отопления и содержащие окислы (NO_x), больше не проходят непосредственно через солод, в настоящее время при солодоращении образуется небольшое количество нитрозаминов. Предельным значением для их содержания сейчас является 2,5 мкг НДМА/ 1 кг солода. (По российскому законодательству — СанПин 2.3.2.560—96 — не более 15 мкг/кг. — *Прим. ред.*).

2.5.1.6. Инактивация ферментов

Известно, что ферменты связаны с высокомолекулярными белковыми веществами (см. раздел 1.1.3.5.3). Под воздействием температуры при сушке, белковые вещества частично теряют свою структуру и денатурируются. Денатурация зависит от структуры белкового каркаса и поэтому она протекает у различных ферментов по-разному.

В первой фазе сушки (до температуры около 50 °С) возрастает ферментативная активность амилаз, особенно α-амилазы, но затем она снижается. В конце сушки α-амилаза все еще имеет активность примерно на 15% выше, чем в свежепроросшем солоде (рис. 2.56).

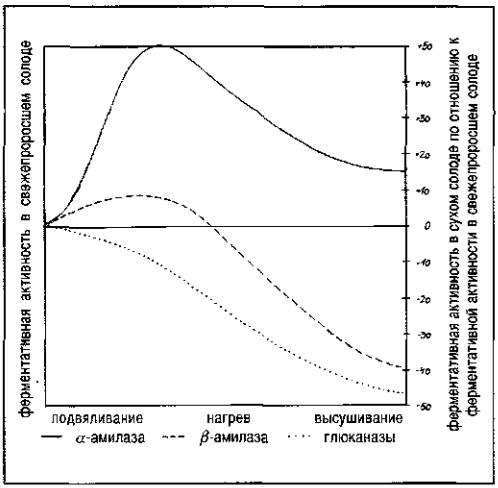


Рис. 2.56. Инактивация ферментов при сушке

При этом термочувствительная β-амилаза в сухом солоде снижает свою активность по сравнению с свежепроросшим солодом примерно на 40% (приведенные данные относятся к изготовлению светлого солода). У более чувствительных к температуре глюканаз потери ферментативной активности еще больше (у эндо-β-глюканазы потери составляют от 20 до 40%, у экзо-β-глюканазы — от 50 до 70%). В противоположность этому большинство термостойких ферментов, расщепляющих белки, увеличивают свою активность в процессе сушки на 10–30%.

Из числа липаз инактивируется частично липоксигеназа, так что в солоде еще сохраняется их значительная ферментативная активность.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

2.5.2. Устройство сушилок

Для сушки необходим подвод теплоты, но поскольку солод лежит толстым слоем, на то, чтобы его высушить, требуется много теплого воздуха. В связи с этим «сердцем» сушилки являются системы отопления и вентиляции.

В прошедшие десятилетия большие изменения произошли именно в тех способах, какими теплый воздух направляется через свежепроросший солод, и в том, каким образом при этом можно работать относительно рентабельно. Однако несмотря на все изменения, с технической точки зрения по-прежнему основным принципом процесса сушки остается его разделение на две стадии:

- **в первой стадии** происходит сушка свежепроросшего солода при различных температурах и влажности, соответствующих типу приготовляемого солода; эта стадия называется **подвяливанием**;
- **во второй стадии** температура повышается до температуры сушки, и солод высушивается; эта стадия называется **сушкой**.

Подобное деление на две стадии и определяет, как правило, техническое устройство сушилок.

2.5.2.1. Отопление и вентиляция сушилки

Отопление сушилок ранее проводилось почти исключительно углем. Однако топочные газы пропускать непосредственно через солод нельзя, так как они содержат неприятно пахнущие вещества, могущие отрицательно сказаться на качестве солода из-за образования нитрозаминов. Исключение составляет сжигание буковых дров, придающих изготовленному пиву дымный привкус, необходимый для приготовления специальных типов пива, например, «копченого» (Rauchbier).

Поэтому в ранних конструкциях сушилок горячие продукты сгорания направлялись в большие металлические трубы (рис. 2.57, *11*), вокруг которых проходил нагревавшийся при этом наружный воздух.

Этот распространенный способ обогрева, в котором нагреваемый воздух не соприкасается с горячими продуктами сгорания, называется воздушным. Позднее вместо угольных стали использоваться топки, работающие на

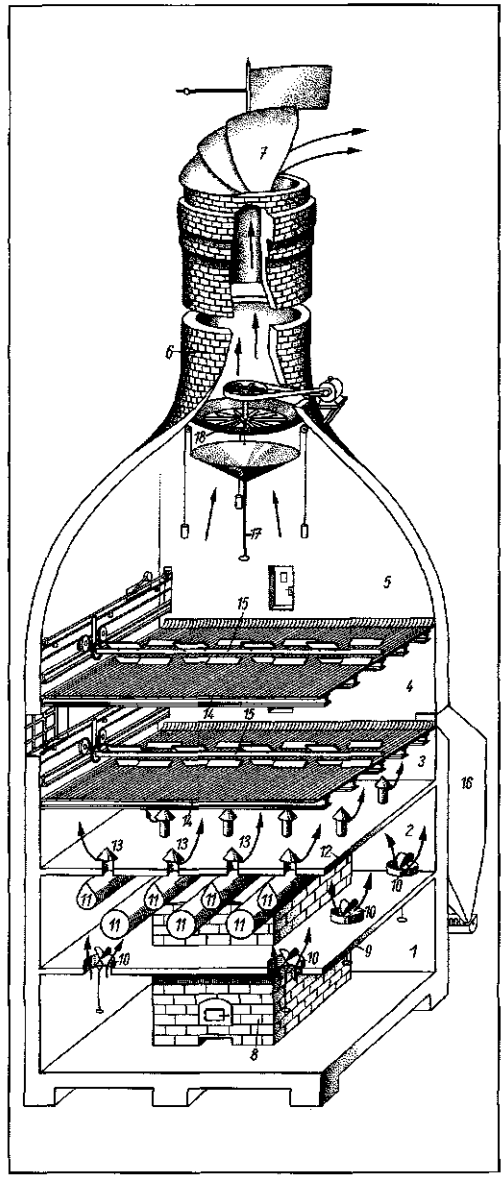


Рис. 2.57. Двухъярусная сушилка (старая конструкция):

1 — помещение топки; 2 — тепловая камера; 3 — камера для ростков; 4 — нижний ярус; 5 — верхний ярус; 6 — вытяжной свод; 7 — дефлектор сушилки; 8 — топка; 9 — межэтажное перекрытие; 10 — откидные заслонки (тяги); 11 — калориферные трубы; 12 — межэтажное перекрытие; 13 — трубы для прохода воздуха; 14 — решетки (яруса); 15 — ворошитель; 16 — бункер для солода; 17 — зонт вытяжной трубы; 18 — вентилятор

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

жидком или газообразном топливе, что позволило облегчить регулировку. Вместо громоздких калориферов, обогреваемых продуктами сгорания, в сушилках стали использоваться калориферы, обогреваемые паром или горячей водой.

Использование воздушного способа обогрева позволяет избежать протекания реакций продуктов сгорания отводимых газов, обогащенных окислами азота (NO_x), с белковыми веществами солода, приводящих к образованию нитрозаминов.

Современные системы обогрева сушилок используют в качестве первичных источников тепловой энергии природный газ или топочный мазут. Горячие продукты сгорания, образующиеся в этих высокоэффективных печах, многократно проходят через трубы калорифера, нагревая при этом проходящий вокруг них воздух, подаваемый в сушилку. Для защиты от сернокислотного конденсата трубы калорифера изготовляют из нержавеющей стали. Путем конденсации продуктов сгорания на их выходе из калорифера получается дополнительная теплота и достигается определенная экономия.

Рекуперация теплоты при сушке

Если не удается применить теплый отходящий воздух в пределах сушилки, то этот воздух уходит и с ним теряется очень много тепловой энергии, особенно если учесть, что отходящий воздух при нагреве в сушилке имеет температуру 45–50 °С, а при отсушке – 80–85 °С.

Чтобы сохранить значительную часть этой тепловой энергии, сбрасываемой вместе с теплым воздухом, применяют нагрев холодного засасываемого воздуха в теплообменнике со стеклянными трубками. Такой теплообменник состоит из нескольких сотен стеклянных трубок, расположенных горизонтально и закрепленных между стенками канала для выпуска воздуха (рис. 2.57а).

Холодный воздух проходит через стеклянные трубки и нагревается теплым отводимым воздухом, который проходит перпендикулярно к направлению стеклянных трубок. Поэтому такой теплообменник называют теплообменником с перекрестным током.

Стеклянные трубки применяют в связи с тем, что они существенно дешевле стальных и не подвергаются коррозии отводимыми агрессивными газами. Кроме того, они легко промываются.

Экономия энергии путем ее обратного использования довольно существенна. Для приведенного примера с нагревом подводимого свежего воздуха можно определить следующую потребность в тепловой энергии (в среднегодовом выражении):

Пример	Нагрев подаваемого воздуха, °С			Потребность в теплоте кВт·ч/т готового солода	
	От	До	В среднем	без теплообменника	с теплообменником
Подвяливание	18,0	25,0	21,6	837	618
Нагрев	28,5	41,0	37,6	159	83
Отсушка	35,0	57,0	53,6	94	38
Всего				**1091**	**740**
Разность составляет 351 кВт·ч					

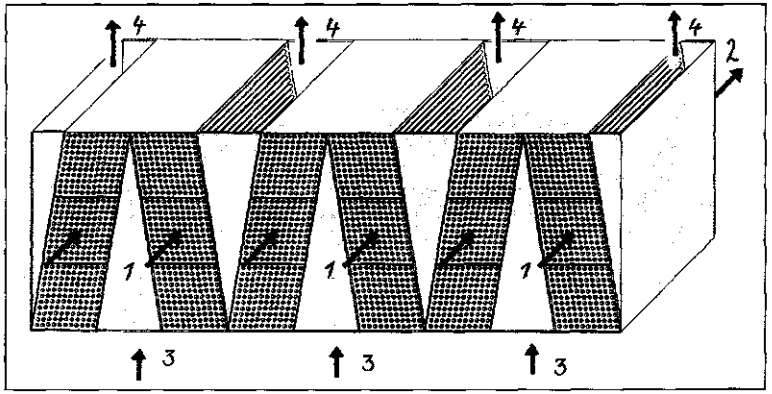


Рис. 2.57а. Теплообменник со стеклянными трубками

1 — холодный свежий воздух; 2 — нагретый свежий воздух; 3 — впуск теплого отводимого воздуха; 4 — выпуск охлажденного отводимого воздуха

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: ...

Таким образом, в нашем примере экономия составляет по крайней мере 32%.

Именно поэтому в настоящее время калорифер со стеклянными трубками применяется практически на каждом современном солодовенном предприятии — он позволяет сэкономить энергию и тем самым сократить затраты.

Зимой возможная экономия на 30–35% больше, чем летом из-за более низких наружных температур.

У сушилок старой конструкции прокачка воздуха осуществлялась мощным вентилятором, расположенном в верхней части сводчатого потолка (рис. 2.57, *18*). При большой высоте слоя зерна (до 1,3 м) в современных сушилках этого уже было бы недостаточно. В настоящее время применяют осевые или центробежные вентиляторы, подающие необходимое количество воздуха в слой солода в режиме всасывания или нагнетания, и тем самым этот слой постепенно становится все более проницаемым. Подаваемое количество воздуха регулируется путем частотного регулирования привода.

При достижении прорыва (окончание стадии подвяливания) необходимое количество воздуха, составляющее 4300–500 м³ воздуха на 1 т солода в час, уменьшается примерно на 50 % от этого значения.

Вместо одного высокопроизводительного центробежного вентилятора в некоторых странах применяют несколько небольших.

Удельная нагрузка в современных высокопроизводительный сушилках составляет примерно 350–500 кг ячменя в виде свежепроросшего солода на 1 м² площади решетки.

Чем больше удельная нагрузка, тем выше слой солода на решетке и тем больше должна быть мощность вентилятора. Поэтому в странах с низкими тарифами на электроэнергию более целесообразно применять большие удельные нагрузки.

Потребность в теплоте для сушки в одноярусных сушилках больше, чем в двухъярусных, так как в последних значительную часть энергии можно применять внутри сушилки повторно. Можно рассчитать среднегодовую потребность в тепле на 100 кг готового солода при использовании калорифера (теплообменника), которая составляет:

	МДж	кВт · ч	кВт · ч в среднем
Одноярусные сушилки	250–300	70–83	75
Двухъярусные сушилки	200–250	55–70	61

Без теплообменника указанные величины увеличиваются примерно на 35%.

Дальнейшего увеличения использования первичной энергии можно добиться путем использования блочных мини-теплоэлектроцентралей (БТЭЦ), производящих и электроэнергию, и теплоту (см. об этом раздел 10.2.5).

2.5.2.2. Двухъярусные сушилки (старая конструкция)

Раньше в основном сооружали двухъярусные сушилки, которые и сегодня еще можно встретить в небольших старых солодовнях. Их можно узнать издалека по типичной форме флюгерного дефлектора сушилки (см. рис. 2.57, *7*).

В такой сушилке свежепроросший солод, проницаемый для теплого воздуха, лежит на решетке из проволоки круглого или профильного сечения. Ворошитель с подвижными лопастями обеспечивает переворачивание солода. Несмотря на это, в подобных сушилках был распространен ручной труд: свежепроросший солод нужно было разбрасывать на верхнем ярусе; перемещение с верхнего на нижний ярус осуществлялось путем открывания заслонок, но солод к ним нужно было перемещать вручную, а на нижнем ярусе его снова нужно было разбросать. Ручной труд был необходим и для опорожнения с помощью механической лопаты. Интенсивность нагрузки на 1 м² площади сушилки составляла 65–80 кг готового солода.

Поэтому на смену старым двухъярусным сушилкам со временем пришли высокопроизводительные сушилки.

2.5.2.3. Сушилки с опрокидывающейся решеткой

Многие сушилки оснащаются опрокидывающейся решеткой. Путем выбора соответствующих температурных и воздушных режимов достигается экономия на ворошении, и такие сушилки обычно не имеют ворошителя. Для

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

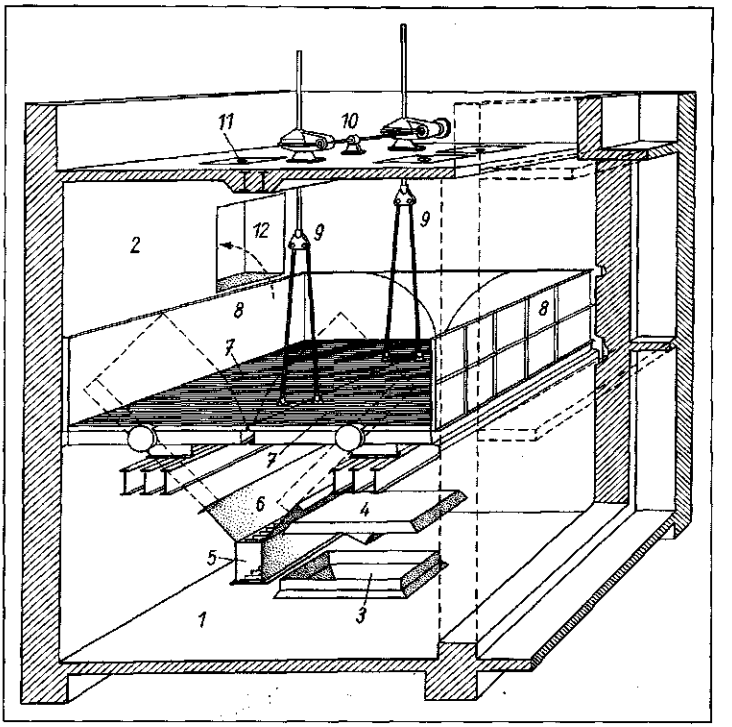


Рис. 2.58. Одноярусная сушилка с опрокидывающейся решеткой:

1 — камера напорного горячего воздуха; 2 — камера сушилки; 3 — выпуск от вентилятора; 4 — распределительная плита; 5 — цепной скребковый транспортер; 6 — направляющий лист; 7 — опрокидывающаяся решетка; 8 — боковая стена; 9 — штанги подвески; 10 — шнековый привод; 11 — подача свежепроросшего солода; 12 — выпуск отработанного воздуха

опорожнения сушилки решетка опрокидывается, и солод ссыпается вниз.

Опрокидывание осуществляется с использованием оси, обеспечивающей вращение решетки вокруг ее центра тяжести. Небольшие сушилки с опрокидывающейся решеткой чаще опрокидываются в одну сторону, а более крупные обычно делятся на две части и опорожняются посередине (рис. 2.58)

Сушилки снабжены загрузочными устройствами различной конструкции. В таких сушилах сушка длится от 18 до 20 часов.

В настоящее время одноярусные сушилки с опрокидывающейся решеткой уже не производят.

2.5.2.4. Высокопроизводительные сушилки с погрузочно-разгрузочными устройствами

Современные сушилки оснащены погрузчиками и разгрузчиками. Такие сушилки бывают в прямоугольном или круглом исполнении и могут иметь конструкцию в виде одно- или двухъярусной сушилки (рис. 2.59, 2.60).

На рис. 2.59 представлен пример одноярусной **высокопроизводительной сушилки с круглой решеткой.** Она оборудована погрузочно-разгрузочным устройством. Для таких сушилок отсутствует необходимость в ворошителе.

Решетки в виде перфорированных листов или сит с прорезями имеют 30%-ную свободную проходную поверхность (см. об этом рис. 2.50а), опираются снаружи на ролики и равномерно приводятся в движение 3–6 двигателями мощностью по 1–2 кВт каждый. Приводы снабжены переключателями для правого и левого вращения, а также имеют две скорости.

Погрузочно-разгрузочное устройство может подниматься и опускаться и имеет в качестве основного элемента конструкции горизонтальный транспортирующий шнек, который по мере необходимости перемещает

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 325 61 40, факс: (812) 325 61 41

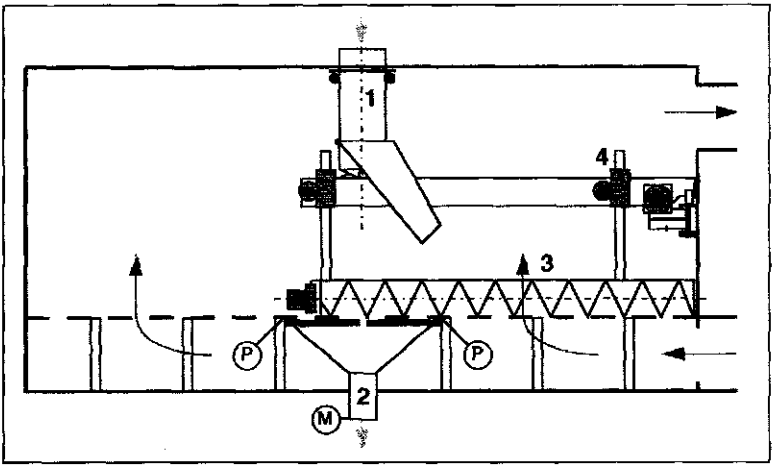


Рис. 2.59. Одноярусная сушилка с погрузочно-разгрузочным устройством и с неподвижной решеткой:

1 — подача свежепроросшего солода; 2 — высушенный солод; 3 — погрузочно-разгрузочный шнек; 4 — подъемно-опускной механизм; 5 — горячий воздух для сушки; 6 — отводимый воздух

продукт из периферии к центру или наоборот. Вся операция занимает обычно около часа.

Для загрузки погрузочно-разгрузочное устройство устанавливается на высоте, соответствующей предусмотренной толщине слоя. В конструкциях со вращающейся решеткой транспортировка и загрузка продукта осуществляется из периферии к центру, при этом полная загрузка сушилки занимает около часа.

По окончании процесса сушки погрузочно-разгрузочное устройство опускается в нижнее положение и при поворачивающейся решетке постепенно перемещает солод к выгружному отверстию.

Весь процесс сушки, включая загрузку и выгрузку, осуществляется автоматически и занимает 18–20 часов.

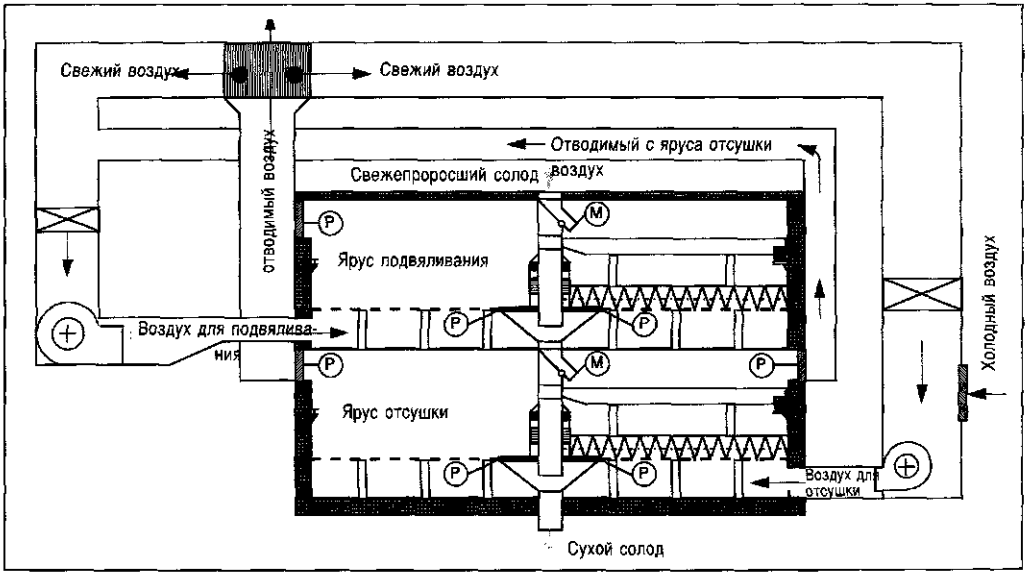


Рис. 2.60. Круглая двухъярусная сушилка с неподвижной решеткой и с перебрасыванием солода

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.

В конструкциях с неподвижной решеткой поворачивается и перемещается в горизонтальной плоскости сам шнек.

Преимущества конструкции с поворачивающейся решеткой заключаются в том, что

- отбиваемые транспортным шнеком ростки солода падают в определенном месте и могут оттуда удаляться;
- солод при опорожнении сушилки может перемещаться к неподвижному отверстию в стенке.

Двухъярусная сушилка состоит из двух решеток, расположенных друг над другом. В то время как на одной решетке идет отсушка, на другой свежепроросший солод находится в фазе подвяливания. При этом горячий сухой воздух от решетки для отсушки можно направлять после добавления свежего воздуха под решетку подвяливания, а затем отводить увлажненный в процессе подвяливания воздух наружу.

Две решетки в двухъярусной сушилке можно:

- располагать в вертикальной плоскости друг над другом или рядом;
- работать с перебрасыванием солода или без него.

При работе с перебрасыванием процессы подвяливания и сушки ведут на отдельных решетках. Необходимость в перебрасывании может отпадать, если подвяливание и сушка проводятся на одной и той же решетке. Однако для реализации этого технического решения необходима система, позволяющая переключать воздушные каналы.

Оба варианта имеют свои преимущества и недостатки. Преимущество переключения воздушных каналов состоит прежде всего в возможности увеличения продолжительности сушки, так как отсутствует перебрасывание, отнимающее примерно 2 часа.

В принципе существует возможность эксплуатировать две одноярусные сушилки как одну двухъярусную.

Если имеется в наличии двухъярусная сушилка с перебрасыванием солода, и с ней хотят работать в два этапа (подвяливание и сушка) в течение 2 × 20 ч, то происходит это так, как показано на рис. 2.60.

Подвод воздуха для верхнего яруса регулируется совершенно независимо от температуры нижнего яруса. Количество воздуха устанавливается таким образом, чтобы отводимый над верхним ярусом воздух при температуре 25–30 °С постоянно насыщался влагой, в то время как независимо от этого процесса нижний ярус мог бы работать при температуре отсушки.

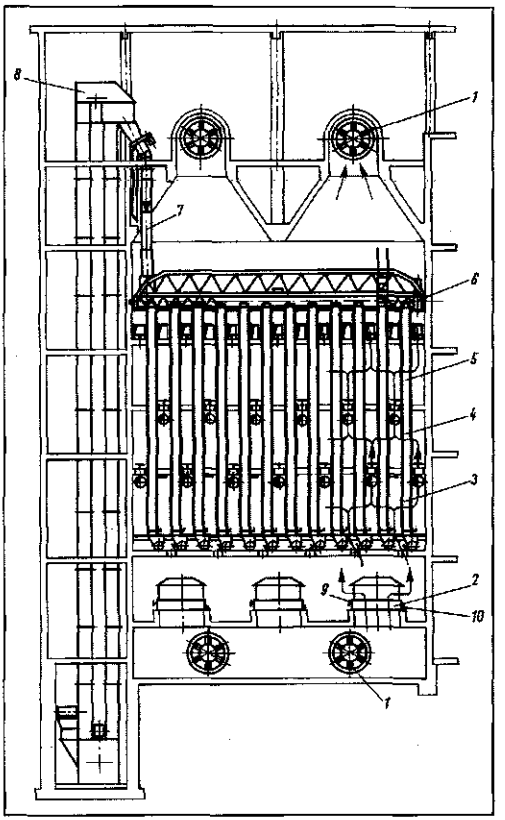


Рис. 2.61. Вертикальная сушилка с тремя решетками:

1 — осевой аксиальный вентилятор; 2 — паровой калорифер; 3 — нижний ярус; 4 — средний ярус; 5 — верхний ярус; 6 —загрузочный шнек; 7 — телескопическая труба; 8 — нория

Загрузка и разгрузка ярусов осуществляется описанными выше способами. Для перегрузки с верхнего на нижний ярус обе решетки и оба шнека двигаются с одинаковой скоростью.

Из экономических соображений следует как можно полнее использовать тепловую энергию отводимого воздуха: вентилятор прогоняет свежий воздух через теплообменник,

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

где воздух предварительно нагревается, а затем с помощью системы отопления доводится до нужной температуры. При эксплуатации двухъярусной сушилки данный процесс проводится несколько по-другому: воздух, пройдя нижний ярус, доводится до требуемой температуры путем регулируемого добавления теплого и холодной воздуха, благодаря чему достигается раздельное управление температурой и подачей воздуха для верхнего и нижнего яруса.

2.5.2.5. Вертикальные сушилки

Совершенно другой принцип сушки используется в вертикальных сушилках. В них солод находится между двумя вертикально расположенными решетками в слое шириной около 20 см и продувается попеременно с одной и с другой стороны теплым воздухом (рис. 2.61).

Такой слой солода называют продуктовой шахтой или секцией. В зависимости от величины сушилки от 3 до 12 таких солодовых шахт отделяют друг от друга воздушными шахтами шириной около 80 см. Межэтажными перекрытиями сушилка делится по высоте на 2 или 3 яруса, благодаря чему в воздушных шахтах получаются проходы. Продуктовые шахты делятся на ярусы на той же высоте, что и воздушные. При открывании заслонок солод под действием силы тяжести падает на ниже лежащую решетку или в транспортное устройство для удаления.

В вертикальной сушилке солод опускается с одного яруса на другой под действием силы тяжести. Свежепроросший солод не ворошат.

Так как в вертикальных сушилках хорошо используется сушильное пространство, их относят к сушилкам высокой производительности. Отопление вертикальных сушилок осуществляется так же, как и горизонтальных: горячий воздух пронизывает слой солода, поступая через воздушные форсунки, расположенные в полах воздушных шахтных проходов.

Энергопотребление вертикальных сушилок составляет около 1,2 млн кДж/кг солода, что очень много, поэтому данные системы в настоящее время почти не применяются.

2.5.3. Процесс сушки

В процесс сушки свежепроросший солод нагревают до температуры отсушки, поддерживаемой в течение 3–8 часов, однако нагрев должен вестись очень осторожно и с учетом достигаемого уменьшения влажности. Иначе

- крахмал солода клейстеризуется, и получается стекловидный солод;
- в процессе сушки могут образоваться продукты расщепления.

Поэтому процесс сушки регулируют в зависимости от вида приготавливаемого солода. Для лучшего уяснения различий ниже приводятся основные требования к производству светлого и темного солода.

	Светлый солод (тип Пилзнер)	**Темный солод (Мюнхенский тип)**
Содержание белка в ячмене	От 8,5 до 11%	От 11 до 13%
Степень замачивания	От 42 до 44%	От 44 до 47%
Максимальная температура проращивания	От 17 до 18 °С	От 22 до 25 °С
Степень растворения	Сравнительно невысокая	Достаточно высокая
Длина листка зародыша	От 2/3 до 3/4 длины зерна	От 3/4 до 1 длины зерна
Подвяливание – верхняя решетка	Быстрое удаление поверхностной влаги путем сильной воздушной тяги, создаваемой вентилятором; инактивация ферментов без расщепления экстрактивных веществ	Создание влажного теплого климата путем циркуляции воздуха; сильная активность ферментов; образование продуктов расщепления экстрактивных веществ
Нижний ярус		
Температура отсушки	От 80 до 85 °С	От 105 до 110 °С
Меланоидинообразование	Очень небольшое	Достаточно высокое

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

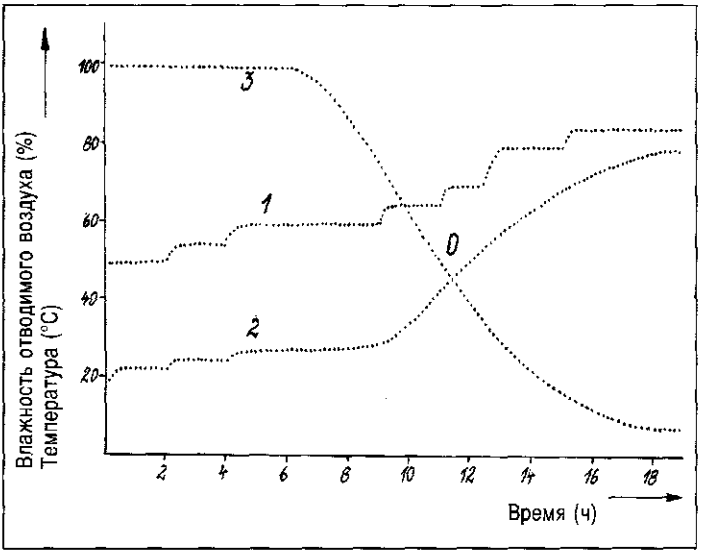


Рис. 2.62. Схема подвяливания и сушки для светлого солода на одноярусной сушилке высокой производительности (по Нарциссу, Narziß):

1 — температура под решеткой;
2 — температура над решеткой;
3 — влажность отводимого воздуха;
D — прорыв

В связи с этим различают три стадии сушки.

Стадия подвяливания

Благодаря большому количеству теплого воздуха влажность свежепроросшего солода медленно снижается до 12–14%, причем температура в нижнем слое солода не должна превышать 55 °C. Более низкие температуры подвяливания и более длительное подвяливание при умеренных температурах дают больше продуктов расщепления жиров в сухом солоде и большую стойкость вкуса [151].

В конце этого периода кривая влажности отводимого воздуха (рис. 2.62, *3*) пересекается с кривой температуры над решеткой (*2*).

Точка пересечения кривых (*D*) называется прорывом и обозначает конец стадии подвяливания.

Стадия нагрева

На стадии нагрева происходит медленное повышение температуры солода до температуры отсушки при одновременном снижении влажности примерно до 5%.

Стадия отсушки

Процесс отсушки – это поддержание температуры отсушки в течение 3–5 часов. (Зачастую эту стадию рассматривают как вторую составную часть стадии нагрева. – *Прим. ред.*)

2.5.3.1. Производство светлого солода (пильзенского типа)

При производстве этого солода должны исключаться все факторы, способствующие меланоидинообразованию, то есть:

используются ячмени с низким содержанием белков (до 11%);

степень замачивания поддерживается на невысоком уровне (42–44%);

процессы расщепления продвигаются не очень глубоко (максимальная температура – 17–18 °C, невысокая степень растворения, листок зародыша составляет 2/3 длины зерна, корешок зародыша – 1,5 длины зерна);

в первой половине процесса при невысоких температурах (J 55 °C) влажность понижается до 8–10 °C, благодаря сильной тяге вентиляторов, так что ферменты не способны далее вести расщепление экстрактивных веществ;

температура отсушки для светлого солода составляет 80–85 °C. Более высокие температуры отсушки дают всегда больше предшественников компонентов старения пива, но расщепление ДМС–П требует определенного термического воздействия.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс (812) 326 61 41, e-mail:

Производство светлого солода при использовании одноярусной сушилки

Часы	Температура солода, °С			Влажность, %			Работа вентилятора
	вверху	посередине	внизу	вверху	посередине	внизу	
1–3-й	20	28	37	41	39	33	Полная мощность
4–7-й	35	45	52	35	30	17	То же
8–11-й	55	59	62	19	16	8	—"—
12–15-й	71	73	78	7	6	6	3/4 мощности
16–19-й	79	82	85	6	4,5	4,5	1/2 —"—
20–22-й	84	85	86	4	4	4	1/2 —"—

Если светлый солод производят на двухъярусной сушилке более старой конструкции с использованием ворошителей на каждом из двух ярусов по 24 часа, то применяют иной режим сушки.

Производство светлого солода при использовании двухъярусной сушилки

Часы	Температура солода, °С		Влажность, %		Режим обработки		
					Ворошитель		Вентилятор
	Верхний ярус	Нижний ярус	Верхний ярус	Нижний ярус	Верхний ярус	Нижний ярус	
1–4-й	20–30		43–40		1-й		Работает с 1-го по 12-й
5–9-й	30–40		40–39		5-й		
10–14-й	40–50		24–12		9-й		
15–19-й	55		11		Далее каждые 2 часа		
20–24-й	60		10				
25–29-й		55–60		11–8		Каждые 2 часа	Работает с 25-го до 37-го
30–34-й		60–64		8–6			
35–39-й		65–74		6–5		До 42	
40–44-й		75–85		4,5		43-й,44-й, 45-й	
45–48-й		85		4		46–48-й	Работает

Производство темного солода с использованием двухъярусной сушилки

Часы	Температура солода, °С		Влажность, %		Обработка ворошителем, ч	Регулирование тяги	
	Верхняя решетка	Нижняя решетка	Верхняя решетка	Нижняя решетка	Верхняя решетка	Часы	Положение
1–4-й	20		44		Каждые 2 часа	1–10-й	Открыть
5–9-й	30		30				
10–14-й	40		25			11–14-й	Прикрыть на 1/4
15–19-й	60		22			14–17-й	Прикрыть на 1/2
20–24-й	65		20		Каждый час	19–23-й	Закрыть
25–29-й		50		16	То же	25–34-й	Открыть
30–34-й		50		12			
35–39-й		65		7	То же	35–38-й	Прикрыть на 1/4
40–44-й		90		5		38–41-й	Прикрыть на 1/2
						41–43-й	Прикрыть на 3/4
45–48-й		195		3	Постоянно	43–47-й	Закрыть

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40**, факс: (812) **326 61 41**. E-mail: **post@mssp.ru**

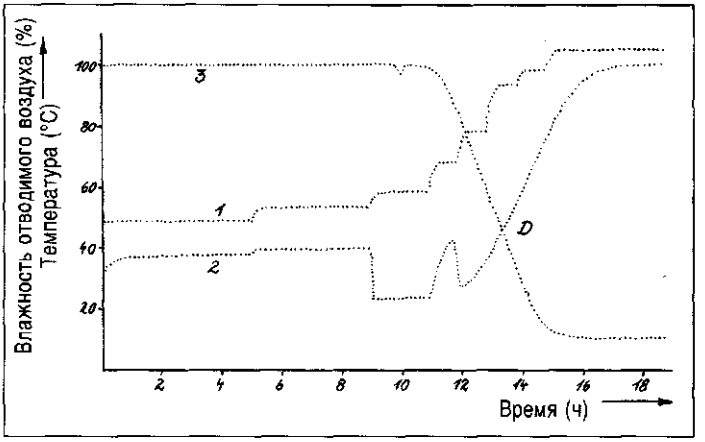


Рис. 2.63. Схема подвяливания и сушки темного солода на одноярусной сушидке высокой производительности (по Нарциссу):

1 — температура под решеткой; 2 — температура над решеткой; 3 — влажность отводимого воздуха; D — точка прорыва

Контроль температуры в 3-х точках (вверху, посередине, внизу) выполняют термометрами, которые должны располагаться на постоянном расстоянии от решетки. Хотя высушиваемый материал не ворошат, солод, как правило, высушивается равномерно, поскольку

сушка происходит на решетке снизу вверх; испаряющаяся при этом влага поддерживает температуру верхних увлажненных слоев солода на более низком уровне и препятствует таким образом появлению стекловидного солода.

В первой стадии процесса сушки температура в верхней части яруса заметно ниже, чем в нижней части яруса, и она поднимается лишь после достижения точки прорыва.

2.5.3.2. Производство темного солода (мюнхенского типа)

При производстве темного мюнхенского солода поддерживаются все факторы, способствующие мелоноидинообразованию.

Применяются богатые белком ячмени, степень замачивания поддерживают на высоком уровне (44–47%), ферменты работают интенсивно и образуют при проращивании большое число продуктов расщепления (максимальная температура 20–25 °C), достаточное растворение, листок зародыша — 3/4 длины зерна, корешок зародыша — 2 длины зерна).

В течение первой половины процесса сушки влажность благодаря уменьшению тяги снижается лишь на 20%, и поэтому ферменты имеют благоприятную возможность для продолжения образования продуктов расщепления экстрактивных веществ. Этот процесс называют подвяливанием (рис. 2.63). Температура отсушки для темного солода — 105 °C.

2.5.3.3. Выгрузка солода из сушилки

После отсушки сушилку следует опорожнить по возможности быстро, чтобы можно было ее снова загрузить.

Для выгрузки высушенного солода

- *в более старых конструкциях* его сдвигают **механической лопатой**;
- в сушилках с опрокидывающейся решеткой — путем ее **опрокидывания**;
- в сушилках с **разгрузочным устройством** солод сдвигают в расположенный с боковой стороны солодовый бункер.

2.5.3.4. Контроль за процессом сушки

Правильность организации работ по сушке зависит от постоянного контроля следующих факторов:

- температуры в солоде, над и под ним, температуры наружного воздуха, а также подаваемого и оборотного воздуха;

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 51 40, факс: (812) 326 51 41, E-mail: ...

- влажности воздуха в слоях солода;
- времени работы ворошителя;
- времени работы вентилятора;
- положения заслонок для свежего и оборотного воздуха, и др.

Контроль за всеми указанными факторами поддается программированию и в современных установках осуществляется автоматически. Так как загрузка и выгрузка сушилки также могут быть автоматизированы, то все большее значение в настоящее время приобретает работа за пультом управления и монитором компьютера. Для обслуживающего персонала солодовенного завода все большее значение приобретает знание взаимосвязей всех происходящих процессов.

2.6. Обработка солода после сушки

После сушки солод охлаждают и как можно быстрее отделяют от оставшихся ростков. В завершение солод хранят до отправки потребителю; иногда перед поставкой производят полировку солода, чтобы улучшить его внешний вид.

2.6.1. Охлаждение высушенного солода

Высушенный солод имеет температуру порядка 80 °С и в таком виде хранится не может. Его следует охладить:

- или путем продувания холодным воздухом до охлаждения как минимум до 35–40 °С;
- или в отдельном холодильном бункере;
- или (в небольших солодовнях) путем медленного пропускания через машину для очистки солода.

Так как в свежевысушенном солоде содержится очень большое количество теплоты, в настоящее время при охлаждении все чаще пытаются использовать его для подвяливания следующей партии свежепроросшего солода. Для этого воздух из камеры для подвяливания нагревается, проходя через сухой солод. При этом отпадает необходимость подачи свежего холодного воздуха. По завершении охлаждения солода отбивают ростки.

2.6.2. Очистка солода

В высушенном солоде еще могут находиться ростки, количество которых обычно колеблется около 3–4%. Для дальнейшей переработки солода они никакой ценности не представляют и должны удаляться. Этот процесс называют очисткой солода (отбивкой ростков).

Ростки представляет собой наиболее ценный из отходов солодовенного производства. Средний состав ростков у светлого солода следующий (по Baumann):

вода	*8,8%;*
белок	*30,0%;*
жиры	*2,0%;*
зола	*6,0%;*
сырая клейковина не содержащие азота	*8,6%;*
экстрактивные вещества	*44,6.*

Небольшая часть ростков при сушке уже была отбита и могла быть удалена. У современных сушилок с вращающимися решетками под неподвижными ворошителями или погрузочными устройствами установлены лотки со шнеками для удаления ростков. В более старых конструкциях сушилок ростки проваливаются через отверстия решетки в находящуюся под ними ростковую тепловую камеру (ростки из сушилки). Если ростки там сильно прогреются, то они становятся коричневыми и их кормовая ценность уменьшается. Поэтому нежелательно, когда большое количество ростков проваливается в тепловую камеру или скапливается на калориферных трубах. Обычно эти ростки из сушилки темнее, чем ростки, полученные после росткоотбивной машины.

Отбивка ростков солода осуществляется на росткоотбивной машине или росткоотделительном шнеке. Все отделители ростков солода работают путем прижимания зерен к поверхности ситового цилиндра, в результате чего ростки отбиваются и удаляются расположенным внизу шнеком (рис. 2.64).

При этом важно не повредить зерна при вращательном движении зерновой массы в процессе отбивки ростков.

2.6.3. Хранение солода

При хранении влажность солода постепенно повышается до 4–5%. При этом в мучнистом

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

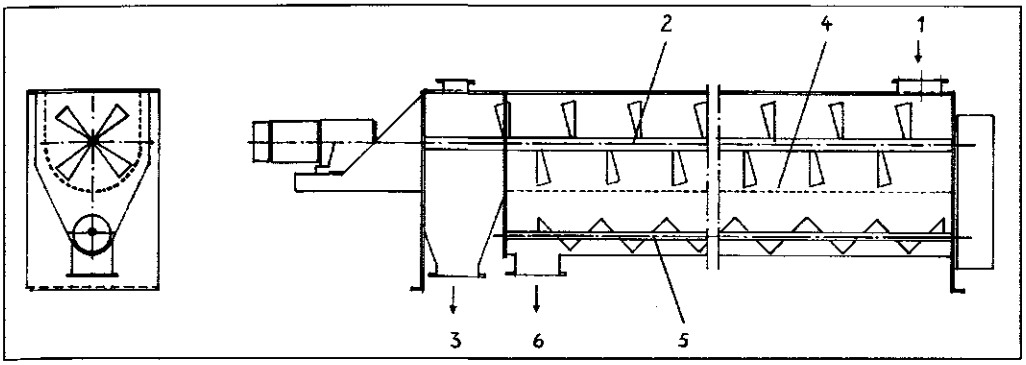


Рис. 2.64. Шнековая росткоотбивная машина:

1 — впуск солода; 2 — лопастной шнек; 3 — выпуск солода; 4 — ситовый вкладыш; 5 — транспортный шнек; 6 — выпуск ростков солода

теле происходят физические и химические изменения, облегчающие его дальнейшую переработку. Немедленная переработка свежевысушенного солода создает трудности с осветлением и сбраживанием сусла и пива.

Хранят солод минимум 4 недели в силосах или в складах. Так как большинство зародышей уже погибло и процессы дыхания зерна могли бы лишь привести к нежелательным потерям, хранилище солода не вентилируют. Предпосылкой для правильного хранения является условие, чтобы солод не стал слишком влажным, так как он гигроскопичен. В связи с этим попадание в хранилище влажного воздуха не допускается.

Свежевысушенный солод для пивоварения еще не пригоден; необходимо, чтобы прошел процесс отлежки. У закладываемого на отлежку солода должны быть удалены ростки, солод должен быть холодным и сухим.

При хранении в силосе опасность поглощения солодом влаги меньше, чем на складе, из-за меньшей внешней поверхности. При складском хранении слой солода составляет около 3 м. Раньше солод иногда покрывали слоем ростков, которые принимали влагу на себя, и тем самым препятствовали увлажнению солода.

2.6.4. Полировка солода

Перед поставками солод зачастую очищают от налипших частичек грязи, от отслоившихся частиц оболочек. Этот процесс называют полировкой, которая обеспечивает лучший внешний вид солода.

Полировочная машина, которая присоединена к системе центральной аспирации, имеет помимо магнитов, набор вибрационных сит, в котором удаляются все грубые и тонкие примеси (отслоившиеся оболочки и т. п.). Затем солод протирается между щеточным валиком с мягкими щетками и профилированным листом, очищаясь таким образом от налипших частичек пыли. В зависимости от растворимости солода полировочная машина может быть настроена на более или менее интенсивную очистку. Полировочные отходы богаты экстрактом, так как при полировке отделяются также отбитые частицы зерна.

2.7. Выход солода в производстве

Естественно, что при солодоращении из 100 кг ячменя не получается 100 кг солода. Выходом в производстве солода называется процентная часть массы полученного солода, отнесенная к массе использованного ячменя. Разность 100% и этой величины называют потерями при производстве солода. По возможности следует стремиться к увеличению выхода и уменьшению потерь.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

Для светлого солода в среднем можно считать, что из 100 кг очищенного ячменя получают:
100 кг ячменя в начале замачивания,
148 кг замоченного ячменя,
140 кг свежепроросшего солода,
78 кг свежевысушенного солода,
80 кг отлежавшегося солода,
то есть потери составляют около 20 кг.

Эмпирически было установлено, что из 100 кг замачиваемого ячменя получают 80 кг светлого солода.

Примерно половина потерь возникает из-за разницы во влажности, так как:

влажность ячменя — 12–14%, а влажность солода — 3–4%.

В итоге уже возникает разница порядка 10% без учета потери сухого вещества. Однако при солодоращении возникают и потери сухого вещества зерна, которые количественно можно разделить следующим образом:

	Светлый солод	Темный солод
Потери при замачивании	1,0%	1,0%
Потери на дыхание	5,8%	7,5%
Потери в виде ростков	3,7%	4,5%
Всего	10,5%	13,0%

Большая часть потерь возникает из-за дыхания и роста корешков зародышей.

Чтобы сократить возможные потери, стараются прежде всего ограничить дыхание и рост корешков. Это можно осуществить с помощью:

- холодного солодоращения;
- ограничения дыхания начиная с третьего дня проращивания посредством усиленного использования оборотного воздуха, насыщенного CO_2.

2.8. Оценка качества солода

Для оценки качества солода существуют специальные методы анализа, разработанные МЕВАК (Аналитической комиссией стран Центральной Европы по технологии пивоварения).

Солод исследуют:

- путем ручной и визуальной оценки;
- путем механических методов анализа;
- с помощью методов технохимического контроля.

2.8.1. Визуальное и ручное обследование

Ручную и визуальную оценку солода проводят на цвет, запах, вкус и аромат, цвет и блеск, а также на степень загрязнения. При помощи ручного обследования можно получить лишь приблизительную оценку качества солода.

2.8.2. Механические методы анализа

2.8.2.1. Сортировка

Сортировка солода осуществляется так же, как и для ячменя, причем 1-го сорта должно быть не менее 85%, а отходов — не более 1%.

2.8.2.2. Масса 1000 зерен

Определение массы 1000 зерен солода проводят так же, как и у ячменя. За норму принимают следующие показатели:

28–38 г — для воздушно-сухого солода;
25–35 г — для сухого вещества солода.

2.8.2.3. Масса гектолитра

Масса гектолитра рассчитывается так же, как и у солода, однако определяют ее не всегда (из-за низкой информативности данного параметра).

2.8.2.4. Проба на плавучесть (погружение)

Если зерна ячменя обычно тонут, то зерна солода — нет, оставаясь наверху из-за присутствия в них воздуха. Процент плавающих зерен тем выше, чем сильнее развился листок зародыша и, следовательно, чем глубже в солод проникли процессы растворения. Содержание тонущих зерен должно быть:

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

30–35% — у хорошо растворенного светлого солода;
25–30% — у темного солода.

2.8.2.5. Стекловидность

Стекловидность определяют при помощи продольного разреза зерна. При этом содержание полностью стекловидных зерен должно быть не более 2%, а содержание мучнистых зерен — не менее 95%.

2.8.2.6. Рыхлость

Недостаточная рыхлость или повышенная стекловидность может вызвать трудности при фильтровании затора, осветлении сусла и фильтровании пива.

Рыхлость определяют фриабилиметром. При этом зерна солода разделяются на мучнистые, легко растираемые между резиновым валиком и вращаемым ситовым барабаном, и на твердые. Результат выражают в процентах рыхлости или стекловидности. В настоящее время нормативные значения таковы:

Рыхлость (светлый солод)	
выше 81%	очень хорошо
78–81%	хорошо
75–78%	удовлетворительно
ниже 75%	неудовлетворительно
Стекловидность	
ниже 1%	очень хорошо
1–2%	хорошо
2–3%	удовлетворительно
выше 3%	неудовлетворительно

2.8.2.7. Длина зародышевого листка

Длина зародышевого листка дает представление о равномерности прорастания. Для этого зерна разделяются и подсчитываются следующим образом (по длине листка):

от 0 до 1/4 длины зерна включительно	1 класс
от 1/4 до 1/2 длины зерна включительно	2 класс
от 1/2 до 3/4 длины зерна включительно	3 класс
от 3/4 до 1 длины зерна включительно	4 класс
свыше 1 длины зерна (гусары)	5 класс

Для каждой части вычисляется средняя длина листа, которая у светлого солода должна быть порядка 0,7–0,8 длины зерна.

2.8.2.8. Всхожесть

В норме при повторном замачивании показывают сохранение жизнеспособности и прорастают от 6 до 10% зерен солода. Если всхожесть составляет более 10%, то возникает предположение, что солод высушивался недостаточно интенсивно или продолжительность сушки была недостаточной.

2.8.2.9. Плотность

Данные о плотности дают представление о растворении эндосперма. Чем меньше плотность, тем лучше растворение зерна. Плотность оценивается следующим образом:

Плотность (кг/дм^3)	Рыхлость
Ниже 1,10	Очень хорошая
1,10–1,13	Хорошая
1,14–1,18	Удовлетворительная
Выше 1,18	Плохая

2.8.2.10. Метод окрашивания среза зерна (модификация Carlsberg)

В разных партиях солода могут содержаться зерна с различной степенью растворения. При дальнейшей переработке присутствие зерен с недостаточным растворением, а значит, и со слишком высоким содержанием β-глюкана может вызвать сложности при фильтровании. Контроль этого параметра осуществляется при помощи относительно простого разреза зерна, когда зерна разрезают вдоль и путем окрашивания фтористым кальцием определяют степень растворения. По этому показателю зерна делят на 6 категорий — от нерастворенных до полностью растворенных) и тем самым определяют ***однородность солода по растворимости***, которая должна быть не менее 70%, а лучше — 75%.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) **326 61 40**, факс: (812) **326 61 41**, E-mail: post@mssp.ru

2.8.3. Технохимический контроль

2.8.3.1. Влажность

Определение влажности выполняют так же, как и у ячменя. Нормативные значения для солода составляют:

у светлого солода ***3,0–5,8% (у свежевысушенного 0,5–4%);***

у темного солода ***1,0–4,5% (у свежевысушенного 0,5–4%).***

У товарного солода предельное значение составляет обычно 5%.

2.8.3.2. Конгрессный способ затирания

Важнейшим показателем качества солода является, естественно, его поведение в процессе затирания и способность максимально расщеплять содержащиеся вещества. Для его определения существует лабораторный стандартизованный метод затирания, называемый конгрессным (в соответствии с требованиями Аналитического комитета Европейской пивоваренной конвенции. — *Прим. ред.*), который дает возможность определить выход экстракта при переработке солода. При этом исходят из того, что чем лучше солод растворен, тем меньше степень его измельчения влияет на выход. Поэтому конгрессный метод затирания всегда проводят в виде двойного определения, в котором масса каждой пробы составляет по 50 г солода:

- солод измельчают очень грубо так, чтобы содержание муки (грубого помола) составляло 25%;
- солод измельчают очень тонко так, чтобы содержание муки (тонкого помола) составляло 90%.

По нормативам ЕВС для измельчения применяют дисковые мельницы типа DLFU, причем эти мельницы специально настраивают для данного метода.

По 50 г муки грубого и тонкого помола затирают с 200 мм дистиллированной воды при 45–46 °С и постоянном перемешивании в специальном заторном стакане в течение 30 мин. Затем в течение 25 мин поднимают температуру в заторном стакане до 70 °С (на 1 градус в мин), добавляют при 70 °С 100 мл воды, и эту температуру поддерживают при постоянном перемешивании в течение 1 ч. В это время контролируют осахаривание.

В заключение затор охлаждают до комнатной температуры в течение 15 мин и содержимое стакана разводят дистиллированной водой до 450 г, после чего производят фильтрование содержимого через складчатый фильтр. Первые 100 мл фильтрата возвращают на фильтр, и заканчивают фильтрование, когда фильтрующий слой оказывается сухим. Полученное сусло называется лабораторным или конгрессным суслом, и его незамедлительно проверяют. Важнейшим элементом при этом является контроль экстрактивности. Поскольку сахарометрическое определение экстрактивности не отличается высокой точностью (подробнее об этом будет сказано ниже при описании работы варочного цеха), содержание экстракта определяют при помощи пикнометра, рефрактометра, специального сахарометра или высокоточного плотномера. При помощи таблицы *Плато (Plato)* определяют экстрактивность, которая выражается в процентах; ее относят как на воздушно-сухое вещество, так и на СВ. При этом значительно более информативным показателем является экстрактивность в пересчете на СВ, так как данные на воздушно-сухое вещество (ВСВ) зависят от влажности солода.

Нормальные значения экстрактивности при конгрессном методе затирания составляют:

у светлого солода ***79–82% на СВ,***

у темного солода ***75–78% на СВ.***

Солод оценивается тем выше, чем больше у него экстрактивность. При этом хорошую оценку дают при достаточном растворении солода. При хорошо растворенном солоде разница между экстрактивностью в грубом и тонком помоле невелика, поскольку помол в этом случае оказывает меньшее влияние на выход экстракта. Оценивают его следующим образом:

экстрактивность в муке тонкого помола (%) минус экстрактивность в муке грубого помола (%).

При этом разность менее 1,8 % считается хорошей, а выше 1,8 — посредственной.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

Помимо этого в конгрессном сусле определяют:

- ***запах затора***; он считается «нормальным», если соответствует типу исследуемого солода;
- ***проба по йоду***; при этом определяют время, необходимое затору для достижения нормальной пробы по йоду после достижения температуры затора в 70 °С, то есть продолжительность выдержки при данной температуре до того момента, когда йод перестанет изменять свою желтую окраску; результат записывают в следующем виде: «меньше 10 мин», «от 10 до 15 мин», «от 15 до 20 мин» и т. д.;
- ***время фильтрования; его считают «нормальным», если фильтрование*** заканчивается в течение 1 часа, а если оно продолжается дольше, то фильтрование оценивают как «медленное»;
- ***прозрачность***; лабораторное сусло может быть «прозрачным», «опалесцирующим» или «мутным»;
- ***величину pH***; ее измеряют через 30 мин после начала фильтрования с помощью стеклянных электродов; pH конгрессного сусла составляет 5,6–5,9;
- ***цветность сусла***; хотя этот показатель не дает надежного прогноза для цветности пива, его всегда определяют, так как он позволяет сделать заключение о типе солода. Измерение выполняют путем сравнения цвета сусла с соответствующим цветным стеклом в компараторе Хеллиге (Hellige). Нормативными значениями при этом являются:

для светлого солода	***до 4 ед. EBC,***
для среднеокрашенного солода	***до 5–8 ед. EBC,***
для темного солода	***до 9,5–16 ед. EBC;***

- ***«цветность после кипячения»***; сусло кипятят в течение 2 ч с обратным холодильником и осветляют через мембранный фильтр. По цветности конгрессного сусла после кипячения можно сделать заключение о цветности пива, но данная зависимость статистически не надежна. Светлый солод достигает в среднем 5,1 ед. EBC, максимально – 7 ед. EBC;
- ***вязкость сусла***; по вязкости конгрессного сусла можно сделать заключение о будущем поведении сусла при осветлении и фильтровании. Конгрессное сусло должно иметь вязкость от 1,51 до 1,63 мПа · с;
- ***содержание азота***; его определяют так же, как и у ячменя, но в солоде оно на 0,5% ниже. Приводят его обычно в пересчете на содержание белка путем умножения содержания азота на 6,25 (N · 6,25). Содержание белка в солоде должно быть ниже 10,8%;
- ***растворимый азот***; под ним понимают азотосодержащие соединения, которые при затирании по конгрессному способу переходят в раствор. Обычно эта величина составляет 0,55–0,75% растворимого азота на СВ или 650–750 мг/л;
- ***степень растворения (число Кольбаха)***; эта величина показывает, сколько процентов общего азота солода переходит в раствор при затирании по конгрессному способу. Степень растворения является признаком протеолитического растворения солода; исходят из того, что чем выше степень растворения, тем лучше солод растворен. Оценка солода по числу Кольбаха осуществляется следующим образом:

менее 35	***растворен удовлетворительно;***
35–41	***растворен хорошо;***
свыше 41	***растворен очень хорошо;***

- ***формольный азот***; с его помощью определяют низкомолекулярные соединения азота; нормальные значения здесь составляют 180–220 мг/100 г СВ солода;
- ***аминный азот***; с его помощью также определяют низкомолекулярные соединения азота; нормальные значения находятся на уровне

120–160 мг /100 г СВ солода;

- ***диастатическая сила***; для ферментативного расщепления крахмала решающим является потенциал амилаз, и поэтому их активность имеет существенное значение для оценки качества солода. Диастатическая сила задается в единицах Виндиша-Кольбаха (Windisch–Kolbach, WK). Нормальные значения:

светлый солод имеет 240–260 единиц WK,

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

- ***темный солод имеет 150–170 единиц WK;***

- ***метод четырех затираний по Гартонгу–Кречмеру (Hartong–Kretschmer)***; четыре стакана с 50 г солода тонкого помола затираются в течение часа при температуре

  - ***первый – 20 °C (VZ 20 °C);***
  - ***второй – 45 °C (VZ 45 °C);***
  - ***третий – 65 °C (VZ 65 °C);***
  - ***четвертый – 80 °C (VZ 80 °C);***

- и в заключение определяется экстрактивность.

Из полученного результата можно сделать важные выводы о ферментативной активности, растворении эндосперма и белков. Наибольшее значение имеет величина VZ 45 °C, которая находится в тесной связи с содержанием аминного азота и дает представление о питании дрожжей. Нормальное значение для светлого солода составляет

- ***33–39 при VZ 45 °C*.***

Содержание НДМА (нитрозаминов) может составлять не более 3 мкг / кг.

Светлый солод, исследовавшийся в 1996 г [200], имел следующие показатели:

Влажность	4,4%
Экстрактивность (мука тонкого помола) на СВ	80,9%
Экстрактивность (мука грубого помола) на СВ	79,5%
Разность Экстрактивности	1,3 EBC
Цветность после кипячения	5,6 EBC
Белок на СВ	10,5%
Число Кольбаха	41,8
VZ 45 °C	36,3*
ДМС–П на СВ солода	462 мг / 100 г
Показание фриабилиметра	84,4%.

* В безразмерном выражении по отношению к экстрактивности солода, определяемой конгрессным методом. — *Прим. ред.*

2.8.4. Договор на поставку солода

В договоре на поставку солода солодовенное предприятие гарантирует определенное качество своей продукции. Пивоваренное предприятие, напротив, имеет ряд требований к качеству солода, которые давали бы ему гарантию, что из него можно изготовить пиво хорошего качества с использованием принятого на предприятии способа затирания без существенных потерь времени.

Хороший солод должен отвечать следующим критериям:

Содержание белка	менее 10,8%
Число Кольбаха	38–42%
Экстрактивность	выше 80%
Разность экстрактивности тонкого и грубого помола	1,2–1,8%
Вязкость	ниже 1,55 мПа · с
Цветность	ниже 3,4 EBC
Цветность после кипячения	ниже 5,0 EBC
Содержание азота на СВ солода	более 0,65 г/ 100 г СВ солода
Показания фриабилиметра	80–86%
Общая стекловидность	ниже 2%
VZ 45 °C	37–41%**
Влажность	ниже 5%
Отходы	ниже 0,8%
Листки зародыша	однородное развитие, например: до 1/4 длины зерна: 0% до 1/2 длины зерна: 3% до 3/4 длины зерна: 25% до 1 длины зерна: 70% более 1 длины зерна: 2%

** В абсолютном значении, т. е. как экстактивность пробы, затираемой при 45 °C, %. — *Прим. ред.*

Кроме того, должны быть соблюдены оговоренные положения, например:

- солод был изготовлен без использования гиббереллиновой кислоты;
- солод не имеет красных зерен (поражения фузариозом);
- наценка или скидка с цены при отклонениях по влажности и экстрактивности;
- гарантии однородности по сорту и размеру зерен;

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

- указания по длительности хранения солода.

Пивовару и работнику солодовенного предприятия для оценки результатов анализа важно знать, каким значениям показателей должен отвечать хороший солод. С таким солодом всегда можно применить оптимальный способ затирания и тем самым приготовить хорошее пиво.

Существуют специальные приборы, позволяющие в течение примерно 1 мин определить важнейшие показатели пробы солода (500 г). К таким показателям относятся:

- влажность;
- экстрактивность в солоде тонкого помола;
- экстрактивность в солоде грубого помола;
- содержание белка;
- число Гартонга VZ 45 °C;
- вязкость лабораторного сусла;
- pH лабораторного сусла;
- цветность сусла и многое другие.

2.9. Специальные типы солода и солод из прочих зерновых

В мире производят все большее число типов пива, различающихся по вкусу, цвету, аромату, полноте вкуса, пенообразующим свойствам и другим признакам качества. Это, однако, также означает, что для приготовления различных типов пива следует использовать в разном количестве те или иные типы солода, определяющие особенности данного типа пива. Эти типы солода мы объединяем под понятием «специальные типы солода», так как другой термин применить здесь однозначно невозможно. При этом своего рода «исходной точкой отсчета» является «нормальный» светлый солод пильзенского типа.

2.9.1. Светлый солод пильзенского типа

Новые сорта ячменя обладают склонностью к избыточному растворению, и поэтому в этом случае при солодоращении стараются добиться менее глубокого растворения. При этом добиваются получения следующих показателей:

- цветность 2,5–3,5 ед. EBC;
- экстрактивность по муке грубого и тонкого помола 1,7–2,0%;
- вязкость ниже 1,55 мПа · с;
- степень растворимости белка 40% (+1 — 2%);
- содержание свободного аминного азота (FAN) минимум 20% от растворимого азота;
- число Гартонга VZ 45 °C более 36%;
- солод должен быть приготовлен из зрелого, равномерно прорастающего ячменя.

Чтобы подавить образование предшественников ДМС, температура отсушки может быть повышена, что особенно важно для современных варочных цехов.

2.9.2. Темный солод (мюнхенский тип)

Для производства темного солода процесс ведут таким образом, чтобы максимально образовывались продукты реакции Майяра (меланоидины), придающие темному солоду характерный аромат. К подобным мерам относятся:

- переработка ячменей с повышенным содержанием белка;
- интенсивное проращивание при температуре 18–20 °C;
- высокая степень замачивания — 48–50%;
- влажное и теплое подвяливание;
- отсушка при температуре 105 °C в течение 4–5 ч;
- цветность — 15–25 ед. EBC;
- разность экстрактивности между мукой грубого и тонкого помола — 2,0–3,0%.

Основой для создания характера темного пива является солод с цветностью 15 единиц EBC. Солод с 25 ед. EBC добавляется в засыпь в количестве 25–40% для усиления аромата. Это особенно важно при использовании ускоренных способов затирания.

Темный солод мюнхенского типа применяют в количестве до 85% для подчеркивания типичного характера темного пива, специальных сортов «праздничного» пива и крепкого пива.

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

2.9.3. Темный солод венского типа

Венский тип солода применяют для корректировки слишком светлого солода, перерабатываемого для производства «золотистого» пива, а также для увеличения полноты вкуса. Для этого:

- достигают степени замачивания 44–46%;
- солод растворяют нормально, без избыточного растворения;
- солод высушивают при 90 °С, достигая при этом
- цветности 5,5–6,0 ед. ЕВС.

Венский солод применяют прежде всего для производства пива типов «Мерцен» (Märzenbier), «Праздничное» (Festbier) и «Домашнее» (Hausbräubier, «Хаусброй»).

2.9.4. Карамельный солод

Для производства карамельного солода раньше служил высушенный солод, доводившийся путем повторного увлажнения до влажности 44%. В настоящее время для этого применяют свежепроросший солод с влажностью 45–50%. При этом температура в грядке повышается до 50 °С в течение последних 30–36 ч для осуществления с помощью ферментов процессов глубокого расщепления и образования тем самым низкомолекулярных продуктов гидролиза белков и сахаров.

Затем карамельный солод в обжарочных барабанах осахаривается в течение 90 мин при температуре от 60 до 80 °С. Дальнейшая переработка для различных типов карамельного солода проходит по-разному:

- «прозрачно-светлый» карамельный солод «Carapils» в в заключение лишь высушивают;
- светлый карамельный солод обрабатывают как темный карамельный солод, но не так долго и не так интенсивно;
- темный карамельный солод примерно за 60 мин нагревают до 150–180 °С при быстром удалении образующегося водяного пара и поддерживают эту температуру от 1 до 2 часов для карамелизации компонентов солода.

Затем солод удаляют из барабана и быстро и равномерно его охлаждают. Благодаря этому даже при влажности 6% содержимое зерен остается мягким.

Соответственно различиям в технологии приготовления эти сорта карамельного солода обладают разными свойствами и применяются по-разному, например:

«Carapils»в при добавлении к засыпи в количестве 8–12% дает светлый цвет, лучшую пену и повышенную полноту вкуса. Цветность у него – 3–5 ед. ЕВС, и применяется он для приготовления пива типа «Пилзнер» в количестве 3–5%. Для слабоалкогольного и безалкогольного пива его добавляют в количестве до 40%. «Carapils»в улучшает пену и усиливает полноту вкуса.

Светлый карамельный солод обладает цветностью в 25–30 ед. ЕВС и применяется прежде всего для светлого пива с целью усиления полноты вкуса, усиления солодового аромата и для получения более насыщенной цветности. Его добавляют для получения светлого и «праздничного» пива в размере 10–15%, для легкого пива, для слабоалкогольного и безалкогольного пива – до 40%.

Темный карамельный солод производят с различной цветностью – от 80 до 150 ед. ЕВС. Он существенно влияет на усиление полноты вкуса, усиление солодового аромата и на получение более насыщенной цветности пива. Этот солод используют для приготовления темного пива в количестве 5–10%, и до 2,5% – для легкого пива.

2.9.5. Томленый солод

Затраты на приготовление томленого солода несколько выше, чем при производстве обычного солода. Для его приготовления используют:

- ячмень, который проращивают так же, как и для приготовления темного солода;
- с влажностью 48%;
- в последние 36 ч подвергают воздействию температур от 40 до 50 °С;
- для чего ранее высоту слоя солода на грядке поднимали до 1,5 м, закрывали брезентом или помещали свежепроросший солод в камеру Кроэфа с периодическими малыми продуваниями слабо подогретым воздухом; в любом случае дыхание следу-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

ет угнетать, благодаря чему со прекращается рост зародыша, а ферменты продолжают работать; при повышенной температуре образуются низкомолекулярные продукты в виде сахаров и аминокислот;

- при подвяливании поступают по-разному, но в основном процесс заключается в продолжении «томления» свежепроросшего солода;
- отсушка ведется 3–4 ч при температуре 80–90 °С.

Цветность томленого солода — 30–40 ед. ЕВС. Его применяют:

- в количестве до 50% вместе со светлым или темным солодом,
- для улучшения аромата темного солода в количестве до 25%,
- для замены красящего солода или колера для производства специальных сортов пива типа «солодовое» (Malzbier) или «старое» (Altbier).

2.9.6. Жженый солод

Для получения очень темного пива зачастую применяют небольшие добавки жженого солода. Добавлять его следует не более 1%, так как иначе пиво очень скоро приобретает неприятный пригорелый привкус. Для производства жженого солода применяют:

- очень хорошо растворенный светлый сухой солод, для которого в этом случае допускается несколько более высокая цветность;
- влажность в обжарочном барабане равномерно поднимают на 5% при 70 °С без тяги;
- через 2 ч переходят к процессу собственно обжаривания, который продолжается 1,5 ч при температурах 175–200 °С. При этом образуются карамельные вещества и другие продукты процесса высокотемпературной обработки;
- в заключение солод быстро и равномерно охлаждают. Цветность жженого солода составляет от 1300 до 2500 ед. ЕВС.

Для исключения пригорелого вкуса у жженого солода во время обжаривания впрыскивают воду, чтобы полученным паром удалить летучие составляющие «пригорелого» аромата. У некоторых специальных сортов пива (например, «Stout») аромат жженого солода, наоборот, желателен.

Для пива верхового брожения применяют пшеничный жженого солод, производимый аналогичным образом, и для старого или темного пива его добавляют в количестве до 1%.

2.9.7. Кислый солод

В простейшем случае кислый солод изготавливают из светлого сухого солода. При температуре 40–50 °С его замачивают в чистой воде и выдерживают до тех пор, пока молочнокислые бактерии солода не образуют около 1% молочной кислоты. Далее солод осторожно высушивают сначала при 50 °С, а затем и при 60 °С и таким образом повышают концентрацию молочной кислоты в солоде до 2–4%. Путем применения кислого солода понижают pH в заторе.

В настоящее время, однако, подкисление надежнее и быстрее осуществляют путем биологического подкисления в варочном цехе.

Применяют кислый солод для приготовления некоторых сортов специального пива, например:

- у легкого пива можно повысить полноту вкуса и получить особо мягкие тона, прежде всего в комбинации с жесткой водой для приготовления затора. При этом требуется добавление этого солода в количестве 6–9% от общей засыпи;
- у безалкогольного пива, брожение которого должно быть угнетено, кислый солод применяют для получения приятного солодового вкуса. При этом, однако, чтобы приблизиться к величине pH 4,5, требуется его большое количество или специальное биологическое подкисление;
- у пива типа «солодовое» (Malzbier) кислый солод применяют для снижения pH.

2.9.8. Солод короткого ращения и наклюнувшийся солод

Эти типы солода относятся к тем, которые отличаются существенно сокращенным време-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

нем проращивания и вытекающими отсюда недостатками сильно недорастворенных солодов (проблемы с фильтрованием затора и пива и т. п.). Они применяются довольно редко в тех случаях, когда нужно использовать их преимущества, а именно

там, где требуется улучшение стойкости пены, понижение полноты вкуса и слабо выраженный солодовый вкус и аромат.

При их приготовлении поступают так же, как и при производстве светлого солода, прерывая проращивание раньше, как только солод наклюнулся.

через двое суток (при потерях 1,5–2,5%);
у солода короткого ращения — через 3–4 суток (при потерях 4,5–5%).

2.9.9. Пшеничный солод

Пшеничный солод применяют для производства пшеничного пива, а также других типов пива верхового брожения, например «кельнское» (K□lsch).

Для получения оптимального результата раньше прилагали большие усилия к селекции и возделыванию особых сортов пшеницы, подходящих для пивоварения [120]. Так как учитывая сенсорику пива следует прежде всего избегать интенсивных способов солодоращения пшеницы, в настоящее время все больше обращаются к сортам, имеющим низкую растворимость белков и пониженную вязкость — например, Estica, Obelisk, Andros, Kanzler, Orestis, Atlantis [201].

В отличие от ячменя для зерна пшеницы характерно в первую очередь отсутствие мякинной оболочки и повышенное содержание белков, что в некоторых случаях может привести к возникновению проблем при производстве пива.

Из-за отсутствия оболочки зерно очень быстро поглощает воду, так что время замачивания можно сократить. Замачивают пшеницу до влажности 37–38%, однако влажность должна расти и далее до максимума в 44–46% в течение семи суток замачивания и проращивания.

Проращивание проводят аналогично ячменю, но следует учитывать, что пшеница труднее перерабатывается. В связи с опасностью образования клубков пшеницу следует чаще ворошить. Температуру можно поддерживать несколько ниже, чем у ячменя, но для обеспечения растворения клеточных стенок (цитолиза) в последние сутки проращивания ее нужно поднять до 17–20 °C.

Для достижения типичного для пшеницы аромата предпочитают менее интенсивное расщепление белков. Ограниченное снабжение сусла соединениями азота приводит к получению пива с более ярким, привлекательным вкусом. Это достаточно важно, поскольку у пшеничного пива желательно получение широкого спектра побочных продуктов брожения, чему препятствует избыток свободных аминокислот; пиво в этом случае получается безжизненным и неярким. Поэтому следует стремиться к пониженному содержанию белков в пшенице и к низким значениям растворимого азота [121].

Предпочтительнее, чтобы солод имел повышенное значение pH конгрессного сусла (pH =6), а не пониженное. При этом совсем не обязательно, что высокий pH солода вызывает высокий pH пива.

У некоторых сортов солода стремятся к проращиванию при более высокой температуре (19 °C) и к ступенчатому подъему степени замачивания до 45–47%, снижая затем температуру до 13–15 °C [201]. Этот способ оправдывает себя при переработке сортов пшеницы, которые при средних и несколько повышенных значениях вязкости в солоде склонны к пониженной растворимости белков. Применение такой технологии для сортов с сильной растворимостью давало бы, наоборот, бедные ароматом сорта. Если необходимо приглушить слишком сильное расщепление белков, то уменьшают влажность солода при увеличении температуры. При приготовлении пшеничного солода стремятся получить:

- степень растворения белков (число Кольбаха) — не более 42%;
- содержание в сусле свободных аминокислот FAN — 18% от общего азота;
- вязкость — ниже 1,65 мПа · с;
- разность между экстрактивностью муки грубого и тонкого помола — около 1,0%.

Подвяливание начинают при температуре 40 °C и заканчивают при 60 °C. Путем отсушки при различных температурах получают:

- **светлый пшеничный солод**, который отсушивается очень быстро при 80 °C во из-

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41. E-mail: post@mssp.ru

бежание очень сильного окрашивания. Светлый пшеничный солод имеет цветность в 3,0–4,0 ед. ЕВС и дает тонкое, игристое пиво, типичное для пива верхового брожения и отличающееся пшеничным ароматом;

- **темный пшеничный солод,** который отсушивается при 100–110°С, чем достигается цветность в 15–17 ед. ЕВС. Темный пшеничный солод применяют преимущественно для получения темного пшеничного пива (dunkles Weizenbier), «старого» пива (Altbier) и темного слабоалкогольного пива.

Состав солодовой засыпи, состоящей из специальных сортов солода, является коммерческой тайной каждого предприятия. Для получения желаемого характера пива солодовую засыпь тщательно проверяют и взвешивают. Вместе с тем существуют некоторые общие соображения по применению различных типов солода, которые будут рассмотрены в дальнейшем.

2.9.10. Солод из прочих хлебных злаков

Согласно немецкому Закону о чистоте пивоварения для пива верхового брожения разрешено применять солод, приготовленный не из ячменя. К подобному сырью помимо пшеницы относится ряд других хлебных злаков.

Полба

Полба (пшеница спельта) — это вид пшеницы с невымолачиваемым из пленок зерном. Возделывают ее в небольших количествах (например, в Южной Германии). Собранное недозрелым зерно продается в высушенном виде как «зеленое» зерно. Полба может подвергаться солодоращению, как пшеница, и произведенный полбенный солод может использоваться для приготовления полбенного пива верхового брожения.

Эммер

Эммер — это пшеница с толстой оболочкой, колос которой содержит только два ряда зерен. Эммер — древняя форма пшеницы, которая в настоящее время почти не возделывается. Иногда эммер используют для получения солода с высокой амилолитической активностью или — очень редко — для выработки специального пива.

Рожь

Рожь с трудом подвергается солодоращению из-за высокого содержания пентозанов. Поэтому солода из ржи имеет вязкость 3,8–4,2 мПа · с (у обычного ячменного солода — 1,5 мПа · с). Рожь замачивают несколько менее интенсивно, чем ячмень, до степени замачивания менее 40%; время замачивания и проращивания составляет около 7 суток.

Солод из ржи обычно темнее пшеничного. Если его отсушивают как темный солод, то изготовленное из него пиво имеет явный привкус хлеба или хлебной корочки.

Пиво из ржи распространено лишь локально, но ржаной солод может использоваться для приготовления специального пива, так как он придает пиву оригинальный вкусовой профиль.

Тритикале

Под тритикале понимают гибрид пшеницы (Triticum) и ржи (Secale). Тритикале приобретает все большее значение как зерновая культура с бесспорно хорошими свойствами устойчивости, а также для производства солода и пива. Обычно тритикале имеет склонность к высокой вязкости сусла и повышенному расщеплению белков. Наилучшие результаты солодоращения получают при использовании сорта Prego.

2.9.11. Солод из сорго

Для производства мутного пива из сорго используется сорговой солод. Только в Южной Африке ежегодно производится примерно 160 000 т соргового солода [126], частично при помощи пневматического способа солодоращения. Кроме того, часто изготавливают пиво из сорго в домашних условиях. Общее потребление пива из сорго оценивается обычно в 30 млн гл. Так как ферментативный потенциал сорго слабее, чем у ячменя, замачивание должно проводиться интенсивно в течение 17–21 часов при температурах 27–30 °С и частой смене воды [163]. Для получения влажности проращиваемого материала в 52–58% проращивание ведется при 17–21 °С с использованием сильной вентиляции и увлажнения. При этом зерно сорго растет очень интенсивно,

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

рост корешка очень выражен (рис. 2.65) при сильном их схватывании (рис. 2.66) даже и во время подвяливания. Поэтому для исключения дальнейшего переплетения корешков необходимо обратить внимание на сушку.

Активность β-амилазы солода из сорго на 25% меньше, чем у солода из ячменя. Солод из сорго склонен к повышенному содержанию полифенолов и белка.

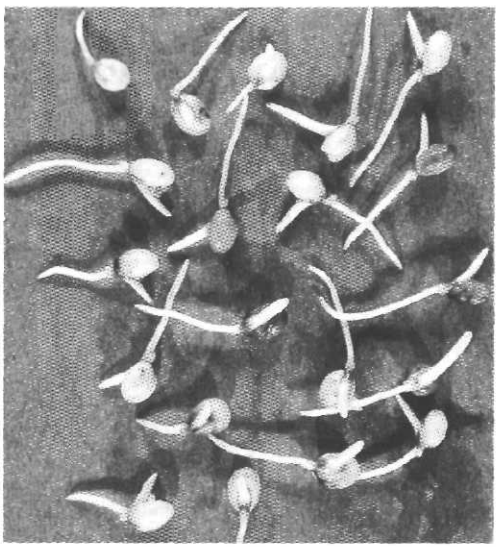


Рис. 2.65. Зерна сорго в начальной стадии роста (фото: P.Seidl, г. Мюнхен)

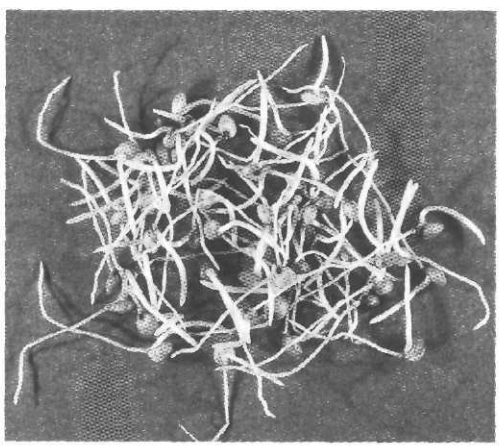


Рис. 2.66. Зерна сорго в стадии полного роста (фото: P.Seidl, г. Мюнхен)

В ряде африканских стран (например, в Нигерии) пиво варят только из солода сорго, поскольку ввоз ячменного солода запрещен, а возделывание ячменя затруднено из-за климатических условий. Кроме того, во многих странах предложение сорго достаточно велико. В некоторых странах вместе с солодом сорго перерабатывают сорго в качестве несоложеного сырья.

2.9.12. Красящее пиво

Красящее пиво **(Farbebier)** хотя и не является само по себе специальным солодом, но применяется в качестве заменителя специального солода. Красящее пиво — это очень темное пиво, приготовленное на 60% из светлого и на 40% из жженого солода с содержанием СВ в готовом сусле 18–20%. Как пиво оно совершенно непригодно к употреблению и предлагается в качестве красящего компонента с цветностью около 8000 ед. EBC.

Красящее пиво применяют для повышения цветности сусла или пива. Его преимущество состоит в том, что с его помощью можно без проблем придать пиву любую желаемую глубину цветности, даже на стадии готового пива (см. также раздел 1.5.6 о сахарном колере).

2.9.13. Применение различных типов солода для приготовления различных типов пива (по Нарциссу, [24])

Тип пива	Цветность, ед. EBC	Тип солода	Цветность, ед. EBC	Доля солода, %
1	2	3	4	5
Пилзнер (Pilsner)	6–7	Светлый солод пильзенского типа	(3,0)	100–95
		Карамельный солод типа Cara-Pils	(4,0)	4–5

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

1	2	3	4	5
Светлое (Hell)	8	Светлый солод	(3,5)	100–95
		Светлый карамельный солод	(25)	до 5
Экспортное (Export)	12	Светлый солод или светлый солод пильзенского типа		
		Темный карамельный солод	(120)	до 1
Темное	50–60	Темный солод	(15)	90
		Светлый солод	(3,5)	9
		Жженый солод или		1
		Темный солод	(15)	40
		Темный солод	(25)	40
		Светлый солод	(3,5)	14
		Темный карамельный солод	(120)	5
		Жженый солод или		1
		Темный солод	(15)	50
		Томленый солод	(35)	30
		Светлый солод	(3,5)	19
		Жженый солод		1
Мерцен (M□rzen)	30	Венский солод	(5,5)	90
		Светлый солод	(3,5)	10
		[или светлый карамельный солод	(25)	10]
		или Темный солод	(15)	70
		Светлый солод	(3,5)	30
		[или темный карамельный солод	(120)	5]
		или Темный солод	(15)	50
		или Светлый солод	(3,5)	30
		Томленый солод	(35)	20
		Темный солод	(15)	100
Пшеничное (Weizen)	12	Пшеничный солод		50–90
		Светлый солод	(3,5)	остальное
	12	или Пшеничный солод		70
		Светлый карамельный солод	(25)	5
		Светлый солод	(3,5)	25
		Или		
	12	Пшеничный солод		70
		Темный солод	(15)	15
		Светлый солод	(3,5)	15
		Или		
	40	Светлый пшеничный солод		60
		Темный солод	(15)	40
		Жженый солод		1
		Или		
	40	Светлый пшеничный солод		40
		Темный пшеничный солод		30
		Темный солод	(15)	30
Старое (Alt)	35	Светлый солод	(3,5)	99
		Жженый солод		1
		Или		
		Темный солод	(15)	90
		Светлый солод	(3,5)	10
		Или		
		Светлый солод	(3,5)	85
		Темный карамельный солод	(120)	15
		Или		
		Темный солод	(15)	50
		Томленый солод	(35)	50
Кельш (K□lsch)	10	Светлый солод	(3,5)	95
		Светлый карамельный солод	(25)	5
		Или		
		Светлый солод	(3,5)	85
		Венский солод	(5,5)	15
Безалкогольное (7,2%)	8,5	Светлый солод	(3,5)	70
		Темный солод	(15)	15
		Светлый карамельный солод	(25)	15
		Или		
		Светлый солод	(3,5)	40
		Темный солод	(15)	10
		Светлый карамельный солод	(25)	15
		Венский солод	(5,5)	30
		Кислый солод		5
		Или		
		Светлый солод	(3,5)	70
		Венский солод	(5,5)	23
		Темный карамельный солод	(120)	2
		Кислый солод		5

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

2.10. Техника безопасности в солодовенном предприятии (цехе)

Ниже мы остановимся на некоторых причинах возможных травм, пожаров и взрывов в солодовне, могущих нанести вред людям или оборудованию.

Одна из них — применение транспортного оборудования. Согласно немецким нормативам (VBG 10) *на непрерывно действующих вертикальных транспортерах барабаны, колеса, ролики, цепи и прочие подвижные части, где рабочие органы поворачиваются или отклоняются, колеса, ролики и цепи должны быть защищены от возможного проникновения персонала в траектории их движения. Выгружные отверстия норий должны быть расположены и отрегулированы таким образом, чтобы перегружаемый материал падал вниз и была обеспечена их безопасная очистка при засорах.*

Шнековые транспортеры *должны быть закрыты, а крышки закреплены винтами или оснащены шарнирами и замками. Перекрытия, предназначенные для передвижения людей, должны обладать достаточной несущей способностью.*

Шлюзовые затворы пневмотранспортных систем должны быть предохранены от доступа к ним с помощью достаточно длинных соединительных патрубков, а смотровые отверстия были снабжены крышками.

Отверстия в силосах и стенах, через которые возможен вход и выход, должны быть оборудованы предохранительными устройствами от несанкционированного проникновения.

1. Входящий в силос персонал до момента выхода должен страховаться с помощью троса.
2. При проведении осмотра следует убедиться, что:
   - вошедшие в силос люди зафиксированы страховочным тросом;
   - страховочный трос закреплен снаружи.
3. Запрещено входить в не полностью освобожденный силос снизу или через боковой люк, расположенный вблизи дна даже в том случае, если нет непосредственной опасности от заполняющего силос материала.
4. *Для входа в силос запрещено использовать веревочные лестницы.*

Опасность для возникновения несчастных случаев связана также с доступом к оборудованию для проращивания и сушки. Если в связи с производственной необходимостью необходимо проникнуть в ящик для проращивания, необходимо предусмотреть выключение ворошителя и погрузочно-разгрузочных устройств таким образом, чтобы исключить возможность включения извне (необходимо вывернуть из патрона предохранитель и держать на время выполнения работ у себя или извлечь ключ запуска из главного пульта управления). Большей частью несчастные случаи происходят от того, что работник полагает, что медленно работающий агрегат не может нанести ему каких-либо повреждений, так как «я всегда успею отойти». Однако при захвате части одежды или волос человек не способен противостоять мощной машине, и результаты могут быть катастрофическими.

На солодовенном производстве существует повышенная взрывоопасность от пыли. В достаточной концентрации с воздухом к воспламенению склонно почти каждое твердое горячее вещество. Пылевоздушная смесь воспламеняется при температурах выше 400 °С, но если пыль лежит тонким слоем на горячих листах или перегревшихся частях машин, то она воспламеняется уже при температуре ниже 200 °С. На солодовенном производстве критические для взрыва концентрации составляют (если пыль мельче 100 мкм) от 20 до 2000 г пыли на 1 м^3. На солодовенном производстве особенно взрывоопасны:

- аспирационные установки;
- силосы и бункеры;
- перегревшиеся нории.

Для предупреждения взрывов пыли следует применять:

- контроль за появлением пыли, постоянное и тщательное ее удаление, благодаря чему исключается возникновение взрывоопасной среды;
- недопущение перегревшихся поверхностей и открытых источников огня, исключать искрообразование;

Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург.
По всем вопросам обращайтесь: тел: (812) 326 61 40, факс: (812) 326 61 41, E-mail: post@mssp.ru

- конструктивные мероприятия, препятствующие неконтролируемому воздействию взрыва.

На солодовенных предприятиях имеется также повышенная пожароопасность, причем не только из-за возможных взрывов, но и из-за использования (особенно в старых солодовнях и сушилках) горючих материалов — дерева, угля, природного газа или топочного мазута и т. п. Поэтому сушилки отделяют от прочих помещений специальными противопожарными дверями.

Опасность пожара в первую очередь заключается в том, что упавшие через решетку корешки и частички пыли могут начать тлеть. Поэтому важно, чтобы накапливающиеся в ростковой камере сушилки корешки убирались не менее одного раза в неделю.

3. Производство сусла

Основным процессом при производстве пива является сбраживание содержащихся в сусле сахаров в спирт и двуокись углерода. Чтобы создать для этого необходимые предпосылки, прежде всего необходимо превратить первоначально нерастворимые составляющие солода в сбраживаемый сахар. Это превращение и растворение составляющих является целью производства сусла. Тем самым создается исходная основа для сбраживания сусла в бродильном и лагерном отделениях.

Приготовление сусла осуществляют в варочном цехе (рис. 3.1).

Солод из **солодового бункера** (*1*) попадает в солододробилку (*2*), где он соответствующим образом измельчается.

В варочном цехе дробленый солод смешивается с водой (затирается) и в двух заторных емкостях (*3*) — **заторном чане** и в **заторном котле** — происходит расщепление его компонентов с образованием максимально возможного количества растворимых экстрактивных веществ. Иногда кроме этих емкостей используют дополнительно котел для разваривания несоложеного сырья, применяемого при затирании в качестве добавки.

В следующем **фильтрационном чане** (*4*) растворимые экстрактивные вещества сусла отделяют от нерастворимых веществ (дробины).

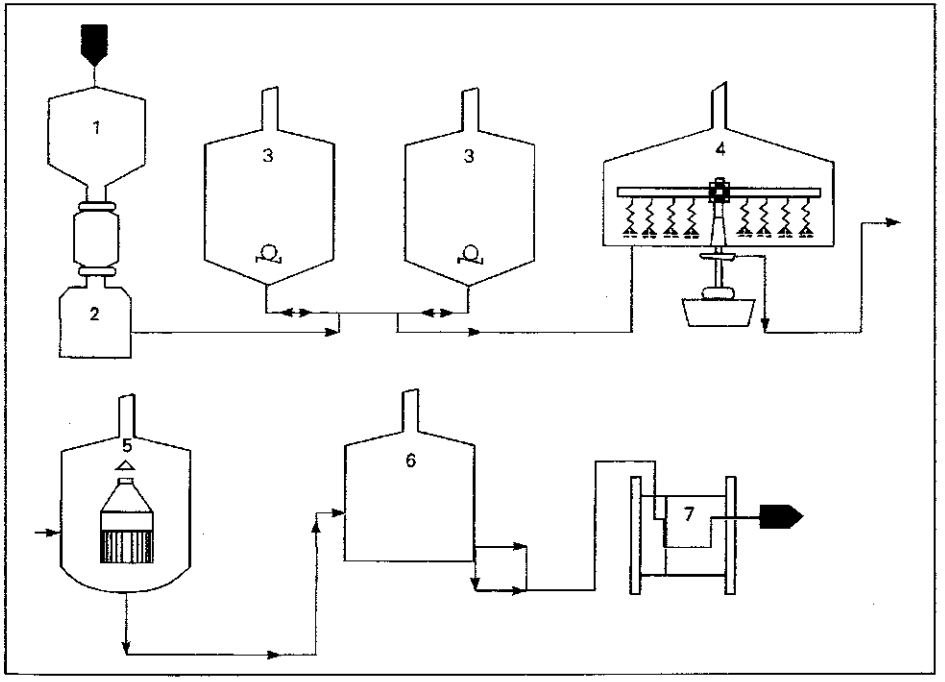


Рис. 3.1. Производство сусла:

1 — бункер для солода; 2 — дробилка для грубого помола; 3 — аппарат для затирания; 4 — фильтрационный чан; 5 — сусловарочный котел; 6 — вирпул; 7 — пластинчатый холодильник

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

Сусло кипятится в **сусловарочном котле** (*5*) с хмелем, благодаря чему пиво приобретает горький вкус. В конце кипячения сусла в котле работу в варочном цехе контролируют путем определения **выхода экстракта в варочном цехе**.

В **вирпуле** (*6*) или на сепараторе (центрифуге) горячее сусло освобождается от отделившихся частичек, белкового отстоя и охлаждается на **пластинчатом холодильнике** (*7*), так как последующее сбраживание должно проводиться при более низких температурах.

3.1. Дробление солода

Чтобы при затирании дать ферментам солода возможность воздействовать на вещества солода и их расщепить, солод следует измельчить. Этот процесс называется дроблением. Количество солода, применяющееся для варки, называется засыпью.

Дробление – это процесс механического измельчения, при котором, однако, следует по мере возможности сохранить оболочки для последующего их использования как фильтрующего материала при фильтровании затора.

При измельчении следует учитывать ряд параметров, но прежде чем дробить солод, засыпь взвешивают на весах.

В дробилке солод измельчают. По характеру процесса различают:

- *дробилки сухого помола;*
- *дробилки мокрого помола;*
- *молотковые дробилки.*

3.1.1. Подработка солода

Поставляемый на пивоварню солод хранится до переработки в силосах. Эти силосы не аэрируются, поскольку солод уже не дышит. Перед приемкой солода проверяется соответствие образцов партии с помощью экспресс-анализа (см. раздел 2.8.3.3).

Перед переработкой солод очищают от загрязнений и отвешивают необходимое для варки количество засыпи.

3.1.1.1. Удаление из солода пыли и камней

Перед переработкой солод обеспыливают, а еще лучше пропускают также через **камнеотборник**, который подключен к системе аспирации и где также удаляется пыль. Несмотря на интенсивную очистку в солодовне, мелкие камешки величиной с зерно попадают в готовый солод. Они повреждают рифли вальцов дробилок и сокращают срок их эксплуатации (см. раздел 3.1.3.5).

Следующей операцией является удаление всех металлических предметов с помощью **магнитов**, которые обычно подключаются перед дробилками. Несмотря на то, что на предыдущих стадиях производства, хранения и транспортировки солода магниты уже подключались, всегда часть металлических предметов (гвоздей, болтов и т. д.) попадает в солод. Они могут повреждать вальцы, а также могут привести к взрыву пыли из-за возможного **образования искр**.

Неизбежно возникающая в дробилке сухого помола пыль в определенных концентрациях взрывоопасна и может причинить большой вред. Поэтому следует принять все меры, чтобы не допустить взрыва пыли в дробилке сухого помола. К таким мерам относится удаление всех металлических предметов как источника образования искр (см. об этом также раздел 2.1.2.2).

У дробилок сухого помола для предохранения от взрыва под вальцами установлены противовзрывные пластины. Эти пластины сдерживают поток помола подобно плотине, так что под зазором вальцов дробилки не может образоваться взрывоопасная смесь из муки и воздуха. Как раз в этом месте возможно образование искр, однако благодаря вышеназванной мере предосторожности воспламенение становится невозможным. Необходимо следить, чтобы после контроля зазора вальцов дробилки снова монтировались пластины, которые на первый взгляд кажутся ненужными и о которых иногда «забывают».

Для уменьшения последствий взрыва пыли, который все же может возникнуть несмотря на указанные меры, дробилки сухого помола оснащаются устанавливаемой сбоку взрыворазрядной перегородкой (разрывной мембраной), которая при повышении давления мгновенно разрушается, благодаря чему давление сбрасывается в сторону. Важно также, чтобы имелась возможность отвести давление наружу за пределы дробилки (для исключения поражения людей и повреждения оборудования).

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2106, г. Кемерово (07027) 4-7717

Кроме такого способа отведения давления в настоящее время применяют также следующие методы [128]:

- **сброс давления от взрыва через взрывогасящие трубки (Q-трубки)**, в которых кинетическая энергия взрыва превращается в тепловую; внешняя форма этих труб после взрыва не изменяется; устройство после взрыва должно очищаться;
- **подавление взрыва;** через несколько миллисекунд после начала взрыва из специальных емкостей выходит негорючий газ под очень высоким давлением, препятствующий распространению взрыва.

Количество солодовой пыли, образующейся при дроблении, невелико и составляет 0,4–1,4 кг на 100 кг засыпи [40]. Эту пыль следует регулярно удалять. На небольших предприятиях пыль собирают в мешки, а на более крупных – ее предварительно собирают в силосы для пыли. Эту пыль можно затем смешивать с дробиной и продавать, так как она также содержит экстрактивные вещества. Прямая подача ее в силос с дробиной проблематична из-за влажности в трубопроводах, поскольку влажная пыль быстро налипает на стенки и сужает сечение труб. Однако пыль можно также добавить снова в засыпь, так как она содержит много экстракта. Удаление пыли служит в первую очередь для предохранения установок от опасности взрыва, а не для очистки солода.

3.1.1.2. Взвешивание засыпи

Количество засыпи, применяемое для каждой варки, необходимо точно регистрировать. Это важно для внутрипроизводственного контроля, поскольку позже понадобится знать, насколько эффективно было использовано израсходованное сырье. Это выполняют:

- путем расчета выхода экстракта в варочном цехе (см. раздел 3.5) и после этого
- путем расчета расхода количества солода на гл пива.

Контроль количества засыпи осуществляют с помощью *автоматических весов*. Находят применение в основном две различные системы:

- *опрокидывающиеся весы;*

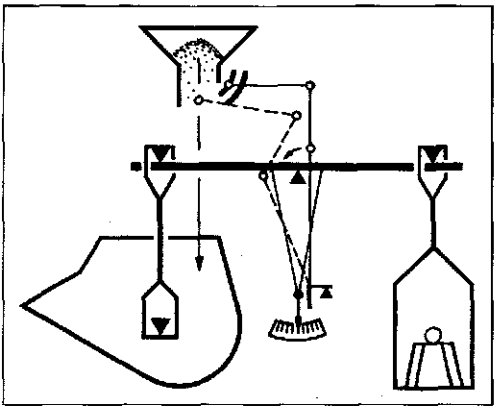


Рис. 3.2. Схема опрокидывающихся весов с ковшом

- *весы с открывающимся днищем,*

которые выпускаются в механическом или электронном исполнении.

Кроме этого, довольно распространены тензометрические весовые устройства для взвешивания пустых или наполненных емкостей. С их помощью можно взвешивать также целый бункер с помолом.

3.1.1.2.1. Весы с опрокидывающимся ковшом

Это обычные опрокидывающиеся весы. В течение нескольких десятилетий их изготовляют в виде автоматических равноплечих весов (рис. 3.2). Они преобладают на пивоваренных и солодовенных заводах благодаря своей безотказности и надежной конструкции.

Эти опрокидывающиеся весы работают периодически. В их опрокидывающемся ковше отвешивается точно установленное количество солода, и по достижении заданной массы ковш опрокидывается вниз (отсюда и название этих весов).

Опрокидывающиеся весы с емкостью являются равноплечими рычажными весами. На одном конце коромысла весов находится гиредержатель с установленными гирями, а на другом – емкость для взвешивания, опрокидывающийся ковш, наполняемый сыпучим продуктом.

Солод поступает через открытое отверстие в ковш, который под нагрузкой медленно опускается. Из-за этого изменяется положение коромысла; с помощью рычажной переда-

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

чи доступ солода сначала дросселируется, а затем совсем прекращается. Таким образом, опрокидывающиеся весы с емкостью работают в несколько этапов (рис. 3.3):

Солод мощной струей достаточно быстро заполняет ковш (*1*). Когда необходимая масса почти достигнута, затвор частично перекрывается так, что небольшое количество солода продолжает поступать до момента достижения заданной массы (*2*).

При достижении массы опрокидывания доступ перекрывается полностью (*3*). Ковш опускается, переворачивается и опорожняется; при этом взвешиваемый продукт падает вниз (*4*).

Ковш поворачивается открытой частью вверх и процесс наполнения начинается снова (*5*).

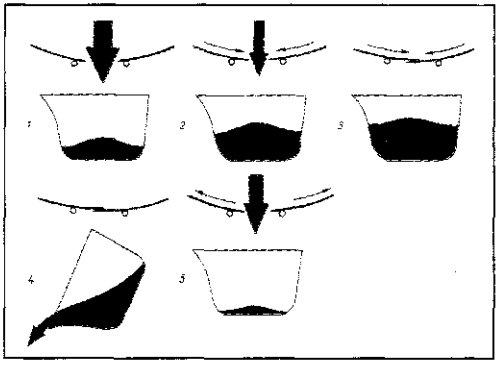


Рис. 3.3. Принцип работы весов с опрокидывающимся ковшом:

1 — поступление солода; 2 — частично перекрытое поступление; 3 — *доступ перекрыт*; 4 — *опрокидывание* и опорожнение ковша; 5 — возвращение ковша в исходное положение и начало загрузки

Обычно весы, устанавливаемые на линии дробления солода, изготавливаются с вместимостью ковша 5, 10, 20 и 25 кг, а на крупных пивзаводах — на 50 и 100 кг. На корпусе весов размещены два счетчика (рис. 3.3а).

На верхнем счетчике устанавливается требуемое число отвесов на варку, а на нижнем счетчике регистрируется общее количество отгруженного материала.

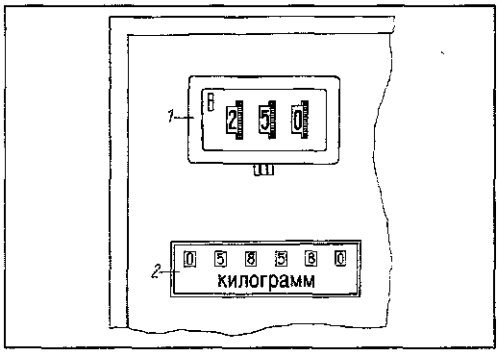


Рис. 3.3а. Счетный механизм весов с опрокидывающимся ковшом:

1 — регулируемый счетчик отвесов; 2 — счетчик отгруженного количества

Требуемое число опрокидываний устанавливают вручную с помощью вращения дисков шкалы счетного механизма, предварительно приведя в действие небольшой стопорный рычаг.

Пример

Пивоваренному предприятию требуется для варки 2200 кг солода. В один отвес входит 20 кг. Сколько отвесов следует установить?

2200 кг : 20 кг = **110 отвесов.**

Следует установить 110 отвесов.

Для определения количества прошедшего через весы сырья прирост показаний шкалы следует умножить на величину отвеса.

Весы снабжены механическим выключающим устройством. Опрокидывающиеся весы и весы с открывающимся днищем допускают калибровку и легко могут быть оборудованы дистанционным счетчиком и импульсным выходом. Их изготавливают также с расчетом на большие количества засыпи (порядка 400 т и более).

3.1.1.2.2. Весы с открывающимся днищем

Весы с открывающимся днищем состоят из трех расположенных друг над другом и связанных между собой ковшей с откидными днищами. Так как их внешний вид напоминает трубу, их часто называют трубными весами. Эти весы работают по принципу, показанному на рис. 3.4, причем сначала заполняется верхний ковш.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

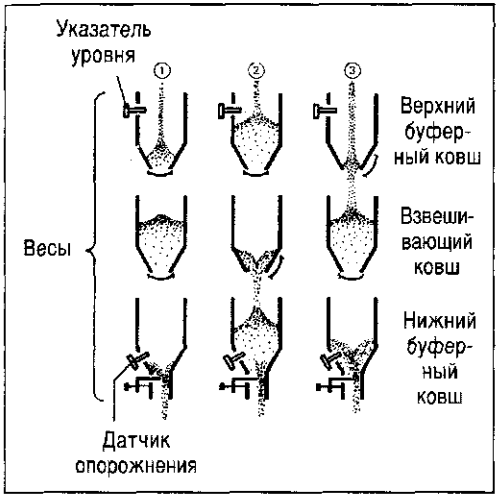


Рис. 3.4. Принцип работы электронных весов с открывающимися днищами

Верхний буферный ковш

Верхний ковш должен принять солод, постоянно поступающий в течение взвешивания и последующего опорожнения во взвешивающем ковше. После регистрации на весах порожнего веса взвешивающего ковша в нем открывается впускное отверстие. Накопленный солод из верхнего ковша спускается во взвешивающий ковш. После этого новый солод по-прежнему продолжает поступать через верхний ковш в средний (*3*) до тех пор, пока не накопится заданная масса отвеса. Тогда закрывается впускное отверстие и продолжающий поступать солод снова накапливается в верхнем буферном ковше (*1* и *2*).

Взвешивающий ковш

Процесс взвешивания происходит после того, как весы успокоятся, и при этом определяется масса находящегося во взвешивающем ковше солода (как разность массы заполненного ковша и массы порожнего ковша). Для этого требуется двойное время для успокоения весов, а именно:

- после процесса наполнения;
- после опорожнения ковша весов перед новым наполнением.

Вычисление этих масс осуществляется с помощью подключенного компьютера, поэтому в любой момент времени можно установить точное количество взвешиваемого продукта.

Нижний буферный ковш

Этот ковш принимает вытекающий из взвешивающего ковша продукт и поэтому его изготавливают относительно большой вместимости.

Электронные весы должны отвечать всем предъявляемым к ним требованиям; в новейших установках большой производительности сейчас применяют почти исключительно электронные весы (рис. 3.5).

3.1.2. Основы дробления

При затирании ферменты для расщепления веществ солода должны иметь возможность в них проникнуть. Для этого солод должен быть измельчен. При увеличении степени измельчения площадь воздействия ферментов возрастает, в связи с чем улучшается расщепление веществ. После окончания процесса затирания проводится процесс получения сусла, представляющий собой фильтрационный про-

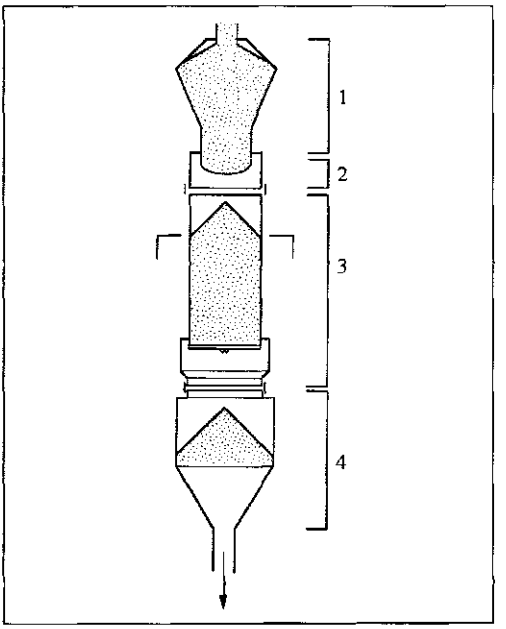


Рис. 3.5. Электронные трубные весы:

1 — верхний ковш; 2 — впускной шибер; 3 — весы; 4 — нижний буферный ковш

КОМПАНИЯ СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

цесс, при котором оболочки (шелуха) — в зависимости от вида примененного фильтра — необходимы как фильтрационный материал.

Так как оболочки необходимы для осветления, они должны быть по возможности сохранены целыми. Сухие оболочки легко разрушаются, и получившиеся в результате мелкие частицы сильно снижают фильтрующую способность оболочек. С другой стороны, чем больше влажность оболочек, тем они эластичнее. Путем увлажнения оболочек можно повысить их эластичность и лучше сохранить, что ускоряет процесс осветления. Эту стадию подготовки называют кондиционированием солода.

Если же добавить много воды, то увлажняется вся внутренняя часть зерна и при измельчении она выдавливается из оболочек. Этот способ называется мокрым дроблением.

В настоящее время стремятся получить:

- *сухое мучнистое тело*, которое при дроблении можно измельчить в любой степени, и как можно более
- *влажные и эластичные оболочки*.

Измельчение солода зависит от степени его растворения. Лучше растворенный солод не оказывает при дроблении большого сопротивления вальцам, так как содержимое зерна хрупкое и рыхлое. Поэтому при хорошо растворенном солоде возрастает содержание муки и мелкой крупки. В них хорошо проникают ферменты и позднее в варочном цехе экстрактивные вещества легко переходят в раствор. Плохо растворенные кончики зерен или в целом зерна плохо растворенного солода имеют повышенную твердость и не так легко дробятся, что заметно по увеличению содержания крупной крупки. Так как она отстает по степени внутренних превращений, ей еще требуется интенсивное ферментативное расщепление. Крупная крупка с трудом отдает свой экстракт, и поэтому если она в варочном цехе была расщеплена не полностью, следует считаться с меньшим выходом, то есть:

чем хуже растворен солод, тем мельче его надо дробить.

Степень измельчения солода оказывает значительное влияние на объем и фильтрующую способность дробины.

Для обычного оборудования для фильтрования затора характерны следующие свойства:

чем тоньше дробление, тем меньше объем дробины,
но чем тоньше помол, тем меньше пористость фильтрующего слоя, и поэтому он быстрее уплотняется и тем дольше идет процесс фильтрования.

В последнем случае сусло может даже совсем перестать фильтроваться, в связи с чем при использовании фильтрационного чана не следует применять тонкое дробление или если помол тонкий, то лучше уменьшить высоту слоя дробины.

Все это не относится к применению современных заторных фильтр-прессов (майш-фильтров), поскольку в них фильтрование производится через салфетки из полипропилена, имеющие тонкие поры. Поэтому при использовании такого фильтр-пресса можно очень тонко измельчать солод молотковой дробилкой и получать таким путем очень хороший выход экстракта.

Из 100 кг солода получают следующие объемы выхода:
1,7 гл солода
2,7 гл помола для фильтрационного чана
2,2 гл помола для фильтр-пресса
2,0 гл дробины в фильтрационном чане
1,2–1,4 гл дробины в фильтр-прессе

3.1.3. Сухое дробление

На пивоваренных предприятиях чаще всего используют дробилки для сухого дробления. В них сухой солод измельчается между попарно расположенными вальцами. По числу вальцов различают дробилки:

двухвальцовые;
четырехвальцовые;
пятивальцовые;
шестивальцовые.

3.1.3.1. Шестивальцовые дробилки

Наиболее хорошо зарекомендовали и чаще всего встречаются шестивальцовые дробилки (рис. 3.6).

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru
г. Новосибирск (3832) 10-2106, г. Кисловодск (87037) 4-7717

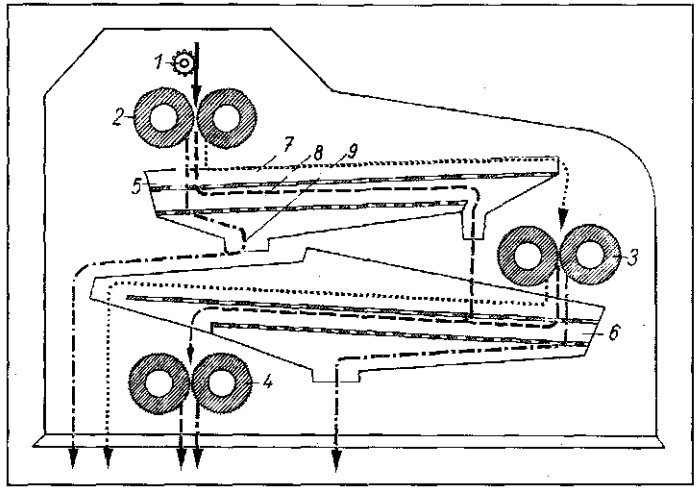


Рис. 3.6. Шестивальцовая дробилка (принцип действия):

1 — распределительный вал; 2 — первая пара вальцов (для предварительного крупного дробления); 3 — вторая пара вальцов (для отделения мякинных оболочек); 4 — третья пара вальцов (для получения крупки); 5 — набор верхних вибросит; 6 — набор нижних вибросит; 7 — шелуха с прилипшей крупкой; 8 — крупка; 9 — мука; 10 — шелуха

Три пары вальцов называются соответственно:

- *вальцы для предварительного дробления (2);*
- *вальцы для отделения мякинных оболочек (3);*
- *вальцы для получения крупки (4).*

Между ними всегда подвешен набор вибросит (*5* и *6*) с двумя размерами отверстий в каждом. Они разделяют проходящий через пары вальцов помол на три части:

- грубая составная часть — шелуха **с прилипшей крупкой** (*7*) или шелуха (*10*);
- средняя составная часть — **крупка** (*8*);
- тонкая составная часть — **тонкая крупка и мука** (*9*).

Мука отводится непосредственно в бункер для помола, так как ее больше не измельчают. Оболочки разламываются на второй паре вальцов (*3*), и при этом стараются возможно лучше их сохранить. На третьей паре вальцов (*4*) измельчается крупка (до любых размеров).

Современные шестивальцовые дробилки обычно работают с существенно видоизмененной компоновкой вальцов при увеличенной площади сит. В качестве примера на рис. 3.7 показана шестивальцовая дробилка «Maltomat» (фирма «Bühler», г. Брауншвейг).

В «Мальтомате» весь поток солода направляется через две первые пары вальцов, расположенные друг под другом; при этом отделяются мякинные оболочки.

Падающий помол рассортировывается на четыре ситовых прохода, и только крупка измельчается до требуемой степени на третьей паре вальцов.

Обоснованием для непосредственного расположения двух первых пар вальцов друг под другом является то, что у обычных шестивальцовых дробилок на первом ситовом поставе отсевается только около 10% составляющих помола, так что при удвоении последовательно подсоединенных ситовых поверхностей достигается лучший рассев — путем уменьшения нагрузки на сито с 34–42 кг/дм^2 до 18 кг/дм^2. Одновременно с этим оба набора сит движутся от эксцентрикового привода в противофазе и в отличие от обычных дробилок не передают колебаний на оборудование и на здание.

Производительность таких установок составляет до 14 т/час для солода грубого помола, предназначенного для фильтрационного чана. Для оценки помола ниже приведены конкретные рекомендации (см. раздел 3.1.6).

Для первичной же оценки можно использовать следующие соображения:

После вальцов предварительного дробления помол не должен содержать целых зерен. После вальцов для мякинных оболочек крупка, прилипшая к шелухе, должна быть размолота, а сама шелуха не должна получать

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

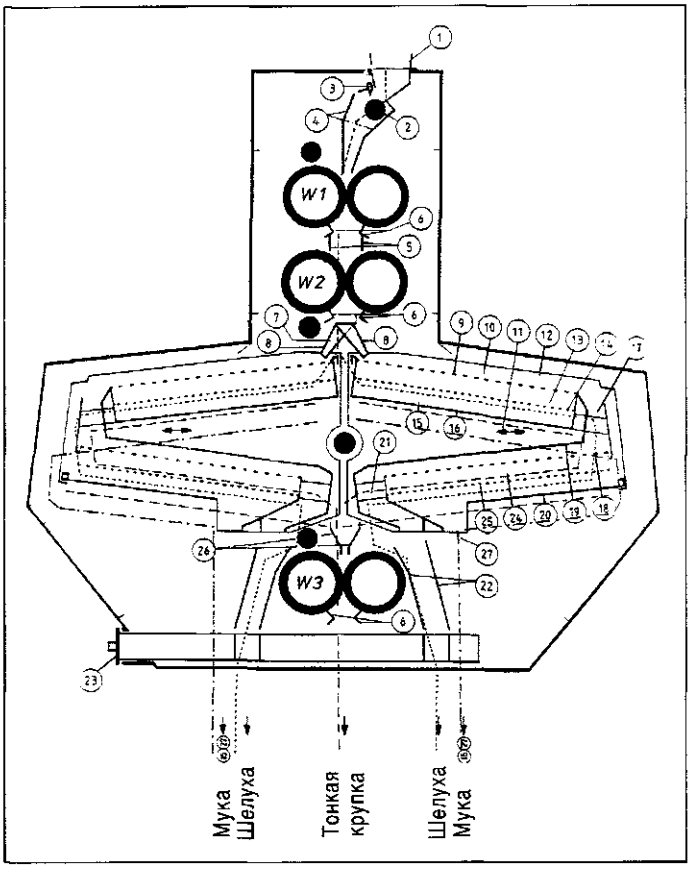


Рис. 3.7. Шестивальцовая дробилка «Maltomat» (принцип действия) (фирма «Bühler», г.Брауншвейг, Германия):

(W1) — пара вальцов для предварительного дробления; (W2) — пара вальцов для отделения мякинных оболочек; (W3) — пара вальцов для получения крупки; 1 — подача солода; 2 — питающий валик; 5 — направляющие листы; 6 —щетка; 10 — помол; 13, 24 — крупка; 15, 27 — мука; 23 — пробоотборная гильза

сильных повреждений. Вальцы для крупки должны давать тонкую крупку, а не муку, так как она может препятствовать процессу фильтрования.

3.1.3.2. Пятивальцовые дробилки

Пятивальцовая дробилка является разновидностью шестивальцовой, у которой один валец выполняет двойную функцию (рис. 3.8).

Валец для предварительного дробления одновременно работает как валец для оболочек. Остальные рабочие операции соответствуют шестивальцовой дробилке. С помощью шести- и пятивальцовой дробилки можно получить любой состав помола путем соответствующей настройки дробилки.

Пятивальцевые дробилки больше не производят.

3.1.3.3. Четырехвальцовые дробилки

Четырехвальцовые дробилки с двумя парами расположенных друг над другом вальцов часто применяются на предприятиях средней величины. Предварительно измельченный на первой паре вальцов помол

рассортировывается в промежуточных ситах, и только грубая составная часть дробится на второй паре вальцов (*четырехвальцовая* **дробилка** *с промежуточными ситами*),

или

КОМПАНИЯ СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

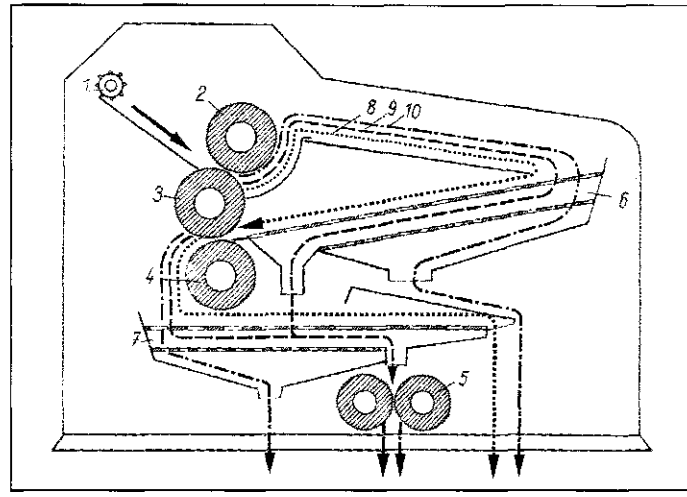


Рис. 3.8. Пятивальцовая дробилка (принцип действия):

1 — распределительный валец; 2 — валец для предварительного дробления; 3 — валец для предварительного дробления и для отделения мякинных оболочек; 4 — валец для отделения мякинных оболочек; 5 — пара вальцов для крупки; 6 — верхний набор вибросит; 7 — нижний набор вибросит; 8 — шелуха с прилипшей крупкой; 9 — крупка; 10 — мука; 11— мякина

для получения одинакового эффекта дробления тонкая составная часть (мука и мелкая крупка) отсеивается на вертикально расположенных неподвижных ситах, на которые она отбрасывается с помощью крестообразных молотковых валиков (*четырехвальцовая дробилка с крестообразными молотковыми валиками*).

Принцип действия четырехвальцовой дробилки с промежуточными ситами (рис. 3.9).

Солод попадает через питающий или распределительный валик на первую пару вальцов и предварительно грубо дробится. Этот помол первого прохода состоит из:

- 30% шелухи с прилипшей крупной крупкой;
- 50% крупки;
- 20% муки.

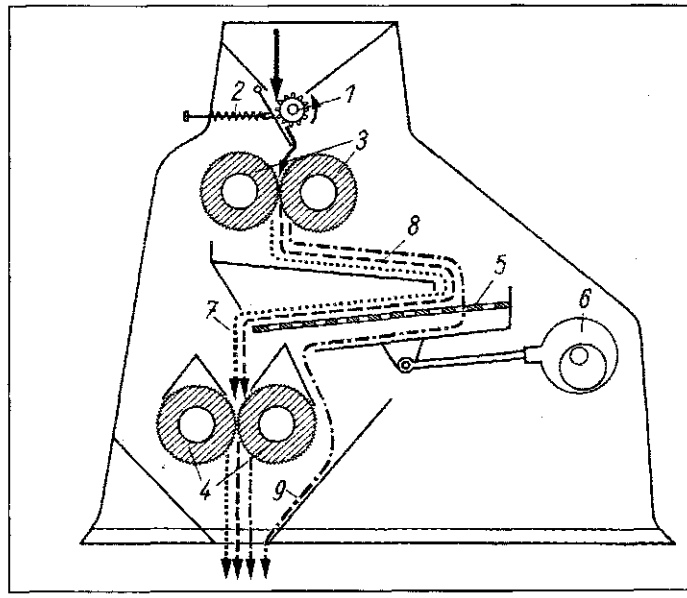


Рис. 3.9. Четырехвальцовая дробилка (принцип действия):

1 — распределительный валик; 2 — регулирующая заслонка поступления; 3 — пара вальцов для предварительного дробления; 4 — пара вальцов для оболочек; 5 — вибросито; 6 — эксцентриковый привод; 7 — шелуха с прилипшей крупкой; 8 — помол первого прохода; 9 — мука

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

С помощью промежуточного вибросита уже достаточно тонко измельченные частички помола, то есть мука и тонкая крупка, отделяются и направляются в бункер для помола. Шелуха освобождается от прилипшей крупной крупки на второй паре вальцов. После прохождения второй ступени помола, последний состоит приблизительно из:

- 20% шелухи;
- 50% крупки;
- 30% муки.

3.1.3.4. Двухвальцовые дробилки

Двухвальцовые дробилки для сухого дробления встречаются лишь на очень небольших пивоваренных производствах и мини-пивзаводах ресторанного типа. Так как с одной парой вальцов при сухом дроблении невозможна дальнейшая дифференциация помола, то оптимального выхода экстракта получить не удается. Это не относится к двухвальцовым дробилкам мокрого помола или дробилкам с замочным кондиционированием.

3.1.3.5. Вальцы дробилки

Качество помола в решающей степени зависит от вальцов дробилок. Поэтому устройство и взаимное расположение вальцов должно удовлетворять определенным требованиям.

Питающее устройство

Предпосылкой для получения наилучшего качества помола является правильная подача измельчаемого продукта в межвальцовый зазор. Сюда относится необходимость постоянного равномерного распределения зерен солода по всей длине вальцов и автоматического выравнивания колебания подачи. Для этого каждая дробилка имеет питающий валик с рифлями или с бороздками. Вид рифления, а также окружная скорость и зазор питающего устройства определяют расход подаваемого солода.

Вальцы

В настоящее время вальцы изготавливают методом центробежного или кокильного литья. Этот способ изготовления обеспечивает необходимую твердость поверхности.

Диаметр: диаметр вальцов составляет около 250 мм. Он не должен быть меньше, так как иначе угол захвата зерен становится слишком мал и снижается производительность дробилки. Под углом захвата здесь понимают угол, который получается в тот момент, когда рифли захватывают зерно.

Рифление: у новых дробилок вальцы всегда с рифлями (число фрезерованных рифлей бывает от 600 до 900) (рис. 3.10).

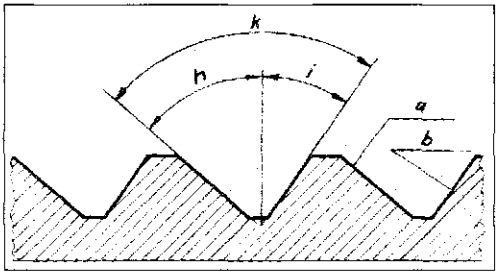


Рис. 3.10. Рифление вальцов

a — спинка; b — резец; i — угол резания; h — угол спинки; k — угол рифли

Рифли обычно идут не параллельно оси вальца, а имеют боковую закрутку, благодаря чему усиливается их приминающее и режущее воздействие на измельчаемый материал. Оба вальца всегда имеют одинаковую закрутку, составляющую от 4 до 14% (рис. 3.11).

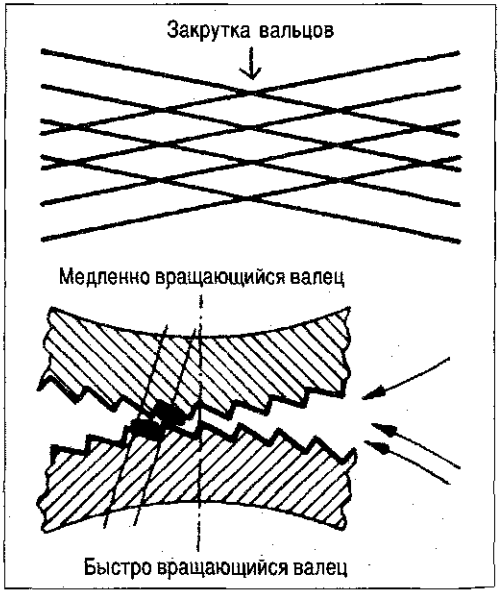


Рис. 3.11. Режущее действие рифлей вальцов

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

В соответствии с различным взаимным положением рифлей имеется 4 возможных варианта (рис. 3.12), причем у вальцов для крупки всегда применяется положение (а).

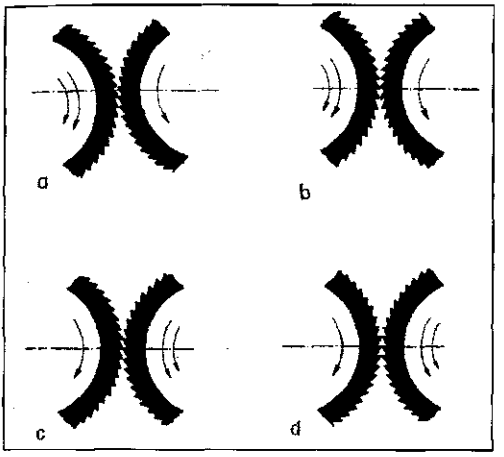


Рис. 3.12. Взаимное положение рифлей

a — резец на резец; b — резец на спинку; c — спинка на спинку; d — спинка на резец

Разность окружных скоростей у пары вальцов с рифлями составляет около 1,25 : 1. Более быстрый ход одного из вальцов называется опережением. У **гладких вальцов** размалывающее действие достигается благодаря опережению, составляющему приблизительно 1,25 : 1, прижиманию вальцов и приданию шероховатости поверхностной структуре вальцов. Благодаря прижиманию вальцов они несколько изгибаются, из-за чего в средней части вальца нельзя получить тот же размалывающий эффект, что и по краям. Абсолютно равномерный размалывающий эффект достигается путем «выпуклой» обработки вальцов, когда диаметр вальцов на концах несколько суживается.

Рифли вальцов быстро затупляются попавшими на них твердыми предметами (металлическими примесями, камнями и т. п.). Поэтому рекомендуется помимо обязательно имеющихся магнитных ловушек монтировать перед дробилками камнеотборник (см. раздел 2.1.2.3).

Окружная скорость вальцов

Окружная скорость вальцов изменяется в следующих пределах:

- у вальцов для предварительного дробления — от 400 до 420 об/мин;
- у вальцов для отделения шелухи — от 400 об/мин;
- у вальцов для получения крупки — от 380 до 440 об/мин.

Длина вальцов обычно составляет 0,8–1,0 м; она может колебаться от 0,4 м на очень маленьких до 1,5 м на очень больших дробилках.

Зазор между вальцами может непрерывно регулироваться от 0 до 2,5 мм. Приняты следующие расстояния между вальцами:

Четырехвальцовые дробилки:

Вальцы для предварительного дробления	1,3–1,5 мм
Вальцы для получения крупки	0,3–0,6 мм

Шестивальцовые дробилки [64]:

	Грубый помол для фильтрационного чана			Тонкий помол для фильтр-пресса		
	Сухой	Установка рифлей	Кондиционирование	Сухой	Установка рифлей	
Вальцы для предварительного дробления	1,6	R : R	1,2	0,9	S : S	
Вальцы для отделения шелухи	0,8	R : R	0,6	0,4	S : S	
Вальцы для получения крупки	0,4	S : S	0,4	0,2	S : S	

Данные в мм, R — спинка, S — резец.

Параллельность установки вальцов является предпосылкой для достижения равномерного дробления. Ее проверяют при настройке дробилки с помощью направляющей рамки, которая должна подходить к диаметру вальцов, и толщиномера со щупом длиной 30 см. Экспресс-проверку можно выполнить с помощью пробной карточки, которая должна равномерно затягиваться в дробилку.

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

Привод вальцов. Один из вальцов установлен на неподвижно закрепленной паре подшипников и приводится во вращение через ремень или непосредственным приводом. Противоположный валец установлен на подшипниках с пружинным креплением и он является ведомым: благодаря этому при попадании твердых предметов вальцы не так сильно повреждаются. Современные дробилки оснащены раздельным приводом пар вальцов.

Свободный валец приводится во вращение парой зубчатых колес, и этим определяется опережение. Зубчатые колеса сейчас большей частью изготавливают из пластмассы и они работают без смазки.

Производительность дробилок в настоящее время составляет до 14 т/час, и поэтому они в состоянии менее чем за час размолоть солод для всей варки. Установленная мощность электродвигателей современных дробилок составляет около:

2,3–2,5 кВт/(т · ч) для помола, предназначенного для фильтрационного чана и
3,3–3,8 кВт/(т · ч) для помола, предназначенного для майшфильтра.

Дробилка — очень опасное рабочее место, поэтому следует очень точно соблюдать изложенные в разделе 3.11.1 рекомендации и требования по технике безопасности и предупреждению возможности взрыва!

3.1.3.6. Кондиционированное сухое дробление

Сухие оболочки очень хрупки и легко разрушаются при дроблении, но они нужны при фильтровании затора как материал для создания фильтрующего слоя. Для сохранения оболочек во многих случаях перед сухим дроблением солод слегка увлажняют. Этот процесс называется кондиционированием.

При кондиционированном сухом дроблении солод увлажняется за 1–2 мин перед дроблением с помощью насыщенного пара или воды при температуре 30–35 °С. Увлажнение повышает влажность в оболочках:

- на 1,2–1,5% при обработке паром;
- на 2,0–2,5% при использовании теплой воды, тогда как влажность в сердцевине зерна повышается только на 0,3–0,5%.

Преимущества данного метода состоят в том, что:

- оболочки становятся значительно эластичнее и лучше сохраняются;
- объем оболочек увеличивается на 10–20%; поэтому получается более рыхлый фильтрующий слой и достигается повышенная скорость фильтрования затора;
- возрастает выход и конечная степень сбраживания;
- быстрее достигается полнота осахаривания, определяемая по йодной пробе при затирании.

Недостатком является лишь некоторое увеличение затрат на приобретение и обслуживание оборудования, в особенности это относится к необходимости более частой очистки дробилок.

Общий допустимый объем фильтрующего слоя в фильтрчане увеличивается:

- на 0,5–0,7 гл/100 кг солода при некондиционированном сухом помоле;
- на 0,8–1,9 гл/100 кг солода при кондиционированном сухом помоле.

Кондиционирование солода проводят в специальных кондиционирующих устройствах. Ниже в качестве примера приводится описание кондиционирующего шнека типа «Condimat» (фирма B□hler, г. Брауншвейг, Германия) [49]. Это устройство (рис. 3.13) состоит из лотка, в котором солод перемещается с помощью шнека (*3*). При этом солод орошается водой при 30 °С через оросительную форсунку (*4*). Далее с помощью смешивающих лопастей (*5*) достигается равномерное распределение влажности в толще зерна. Оболочки приобретают требуемую для дробления эластичность через 1–2 мин. Непосредственно за кондиционирующим устройством устанавливается дробилка, которая может производить требуемый помол солода при существенном сохранении оболочек.

3.1.3.7. Бункер для дробленых зернопродуктов

Если помол поступает непосредственно из дробилки, то начало затирания длится точно столько же времени, как и дробление, однако большинство дробилок сухого помола дробят солод более продолжительное время, чем

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

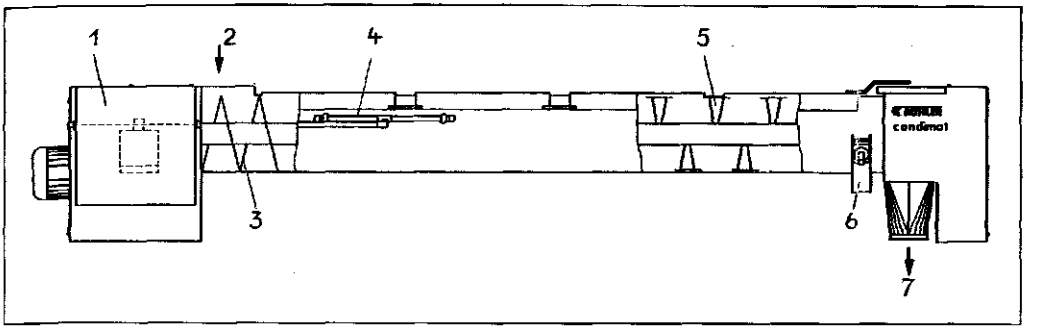


Рис. 3.13. Кондиционирующее устройство для солода «Condimat»:

1 — дозатор воды с пусковым щитком; 2 — подача солода; 3 — транспортирующий шнек; 4 — оросительные форсунки; 5 — перемешивающие лопасти; 6 — пробоотборная гильза; 7 — выпуск

длится стадия начала затирания, в связи с чем необходимо обеспечить промежуточное хранение помола.

Оно осуществляется в бункере для дробленых зернопродуктов — прямоугольной или цилиндрической емкости с выпуском для полного опорожнения. Емкость бункера для дробленых зернопродуктов должна составлять 3 гл/100 кг солода.

Бункер для дробленых зернопродуктов позволяет дробить солод постепенно без образования пиков расхода энергии на предприятии. Время хранения помола должно быть по возможности кратким, так как:

- немедленно начинаются процессы окисления (см. раздел 3.2.33);
- развиваются микроорганизмы, особенно в кондиционированном помоле.

Наполнением и опорожнением бункера для дробленых зернопродуктов управляет система управления с микропроцессорами. На небольших и более старых пивоваренных предприятиях эту функцию выполняет работник дробильного отделения вручную или с помощью дистанционного включения.

3.1.3.8. Молотковые дробилки

У фильтр-прессов современной конструкции фильтрование проводят через салфетки из полипропилена с тонкими порами при толщине слоя дробины всего 4 см. В этих случаях можно отказаться от оболочек как фильтрующего материала и тонко измельчать солод в молотковых дробилках.

С помощью ротора (рис. 3.14) вращаются сменные стальные бичи (*2*) с окружной скоростью от 60 до 100 м/с, разбивая зерна ячменя до тех пор, пока частицы не провалятся через отверстие неподвижно установленного ситчатого барабана (*3*). При таком помоле получаются очень тонкие частицы, проходящие сквозь отверстия сита, размер которых определяет тонкость помола и производительность дробилки. Во избежание закупоривания прохода следует очень хорошо отрегулировать подачу, и здесь особое значение приобретает питающее устройство дробилки. Чтобы износ рабочих элементов дробилки был равномерным, в некоторых конструкциях регулярно изменяют направление вращения ротора.

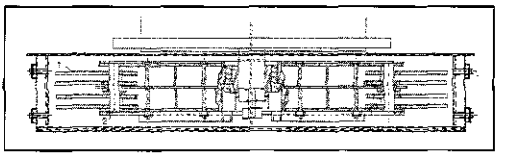


Рис. 3.14. Ротор вертикальной роторной молотковой дробилки

Черным цветом обозначены неподвижные части с ситом для помола и наружным кожухом; красным цветом обозначены вращающиеся части со стальными бичами

Молотковые дробилки выпускают следующих конструкций:

- ***с горизонтально расположенным валом ротора*** или (в последнее время все больше);

- ***с вертикально расположенным валом ротора,*** то есть в виде дробилок с вертикальным ротором.

Устройство и принцип действия дробилки с вертикальным ротором

Такая дробилка (рис. 3.15) типа «Vertica» (фирма Bühler, г. Брауншвейг, Германия) состоит из кожуха ротора с находящимся над ним вертикальным приводом. В подающем устройстве расположен питатель с удалением легких примесей и повторным удалением всех металлических предметов. При высокой скорости ротора весьма велика опасность образования искр, и, кроме того, легко повреждается сито.

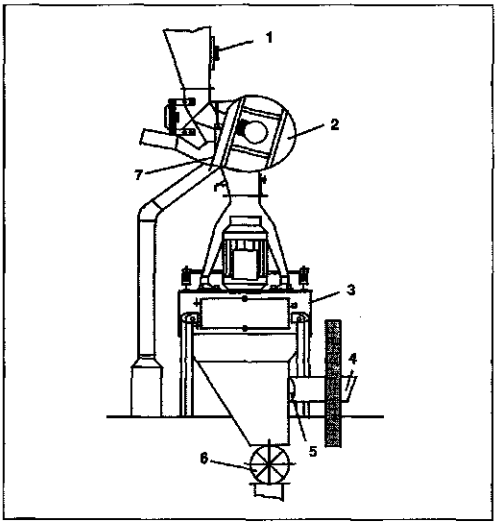


Рис. 3.15. Дробилка с вертикальным ротором типа «Vertica» (фирма Bühler, г. Брауншвейг, Германия):

1 — подача солода; 2 — воздуходувка; 3 — кожух для помола; 4 — отводящая труба; 5 — взрыворазрядная перегородка; 6 — шлюзовый затвор

По тем же причинам в подающей линии также устанавливается камнеотборник для отделения камней и прочих тяжелых примесей.

Входящие тонкой струей зерна солода в кожухе (см. рис. 3.14) захватываются и дробятся стальными бичами и разделяются с помощью цилиндрического сита с мелкими отверстиями. Измельченный материал попадает в воронку и удаляется через шлюзовый затвор (*6*). Взрыворазрядная перегородка (*5*) и отводящая труба (*4*) сбрасывают наружу давление, возникающее при взрыве пыли (альтернативой может также быть использование взрывогасящих трубок).

3.1.4. Мокрое дробление

Мякинные оболочки при дроблении солода даже в щадящих условиях в той или иной степени повреждаются и не могут при фильтрации полностью выполнять свою фильтрующую функцию. Но если солод перед дроблением замочить, то оболочки, а также сердцевина зерна поглощают влагу и становятся эластичными. Тогда зерно легко отделяется от оболочки, которая при этом почти не повреждается и поэтому может лучше обеспечивать более быстрое фильтрование, а сердцевина зерна измельчается тоньше и поэтому может лучше использоваться.

Дробилка мокрого помола (рис. 3.17) состоит из корпуса солододробилки, над которым установлен бункер с коническим выпуском. В этом бункере осуществляется увлажнение солода.

Важнейшей частью дробилки для мокрого помола является пара дробильных вальцов (*3*) с очень узким зазором между ними (0,45 мм). Перед этими вальцами находится распределительный валик (*2*). Затираемый материал собирается шнеком и подводится к заторному насосу (*6*). Сложная система оросительных и распылительных форсунок обеспечивает замачивание солода, а также промывку установки.

Дробилка мокрого помола работает следующим образом.

a) **Замачивание.** Взвешенный на автоматических весах солод транспортируется в солодовый бункер (*1*), расположенный над дробилкой и там замачивается водой при температуре от 30 до 50 °С. С помощью заторного насоса стекающая вниз вода снова возвращается в систему, так что гарантируется равномерное замачивание измельчаемого материала. Этот процесс длится 15–30 мин, и в это время влажность солода поднимается до 30%. Одновременно солод набухает до 35–40% и ферменты солода медленно активируются;

b) **Откачка замочной воды.**

c) Начало **затирания.** Замоченный солод попадает через питающий валик (*2*) на пару

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

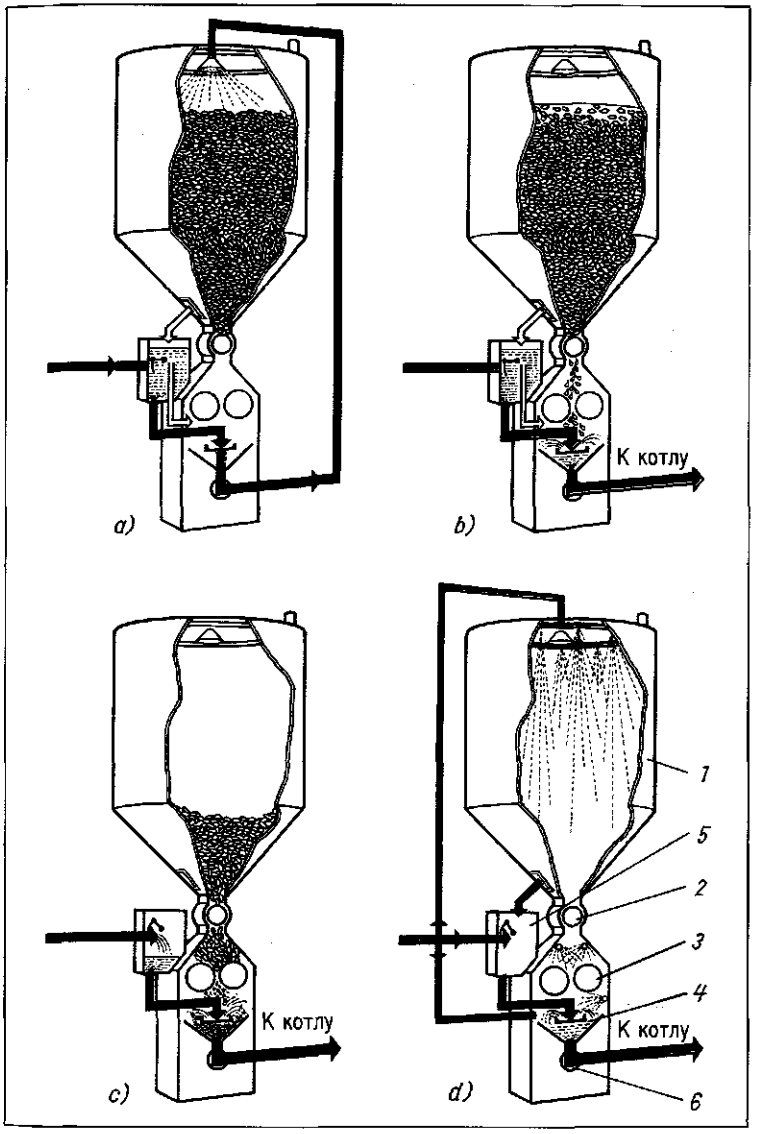


Рис. 3.17. Принцип действия дробилки мокрого помола:

(a) — замачивание; (b) — откачивание замочной воды; (c) — затирание; (d) — промывка. 1 — бункер для солода; 2 — питающие валики; 3 — дробильные вальцы; 4 — заторносмесительная камера с оросительными форсунками; 5 — регулирование подачи воды; 6 — насос для затора

дробильных вальцов (*3*) с очень узким зазором (0,45 мм). Здесь содержимое зерна выдавливается из практически неповрежденной оболочки почти без сопротивления и выходит с гладкой поверхностью. Поэтому дробина солода мокрого помола выглядит так, как будто бы в ней еще находятся целые зерна. Проблемой является то, что нерастворенные кончики зерен попадают в заторную емкость вместе с измельченными компонентами, оставаясь при этом не измененными и не раздробленными.

Количество заторной воды в емкости для затирания рассчитывают из:

- требуемого количества воды для проведения процесса затирания и с учетом
- количества содержащей экстракт замочной воды в бункере для

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

замачивания солода;
добавки воды на вальцы в процессе раздавливания содержимого солода;
воды для последующей промывки дробилки мокрого помола.

d) **Промывка дробилки.** С помощью встроенных распылительных форсунок интенсивно промываются все соприкасавшиеся с солодом части оборудования.

Дробилки мокрого помола больше не выпускаются.

3.1.5. Замочное кондиционирование

При замочном кондиционировании используются преимущества мокрого дробления, когда солод в течение 50–60 с контактирует при 50–70 °С с 60 л воды/100 кг солода. За это короткое время впитать воду (около 15 л/100 кг) успевают только оболочки, повысив свою влажность до 18–22% и приобретя эластичность. Такое же количество воды захватывается поверхностью зерен, а ее избыток (в количестве 20–30 л/100 кг солода) отводится. Такое кратковременное кондиционирование требует, однако, принудительного движения солода, чтобы за это время добиться нужного увлажнения. Принудительное прохождение солода достигается благодаря использованию следующих узлов:

- шлюзовых затворов (рис. 3.18);
- шахт для замочного кондиционирования (рис. 3.19).

В заключение солод измельчается в расположенной ниже дробилке мокрого помола и после этого сразу же смешивается с водой, подаваемой для затирания, и избытком замочной воды.

Так как при затирании немедленно начинается активация ферментативных процессов, то в этот момент рекомендуется проводить биологическое подкисление.

Дробилка мокрого помола с замочным кондиционированием действует следующим образом (рис. 3.20).

В бункер для солода (*1*) предварительно взвешенная засыпь солода помещается в су-

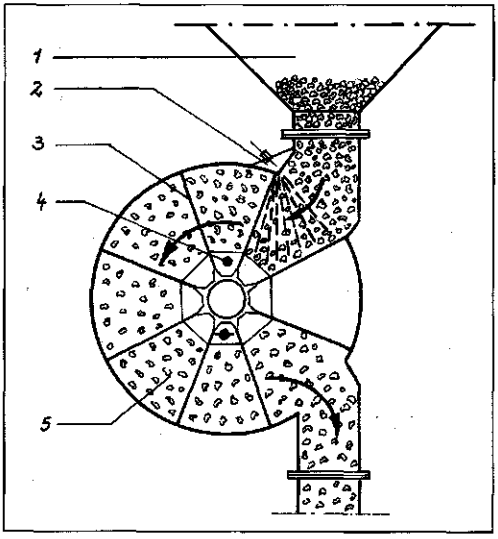


Рис. 3.18. Кондиционирование с использованием шлюзовых затворов:

1 — выпуск солодового бункера; 2 — регулятор подачи; 3 — шлюзовый затвор; 4 — подача воды; 5 — кондиционируемый солод

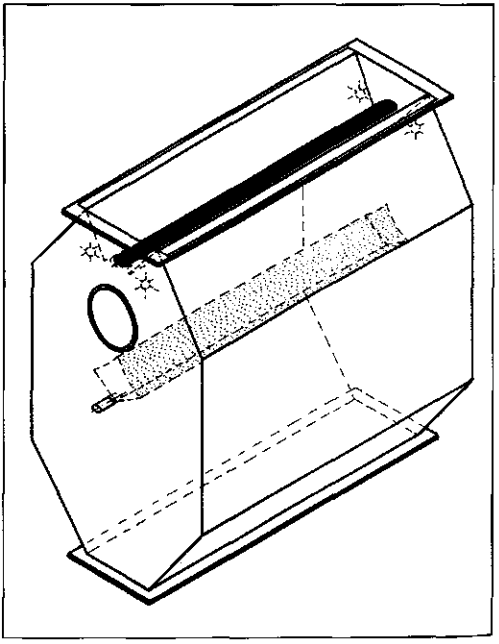


Рис. 3.19. Шахта для замочного кондиционирования

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: kornilov@credittrust.ru

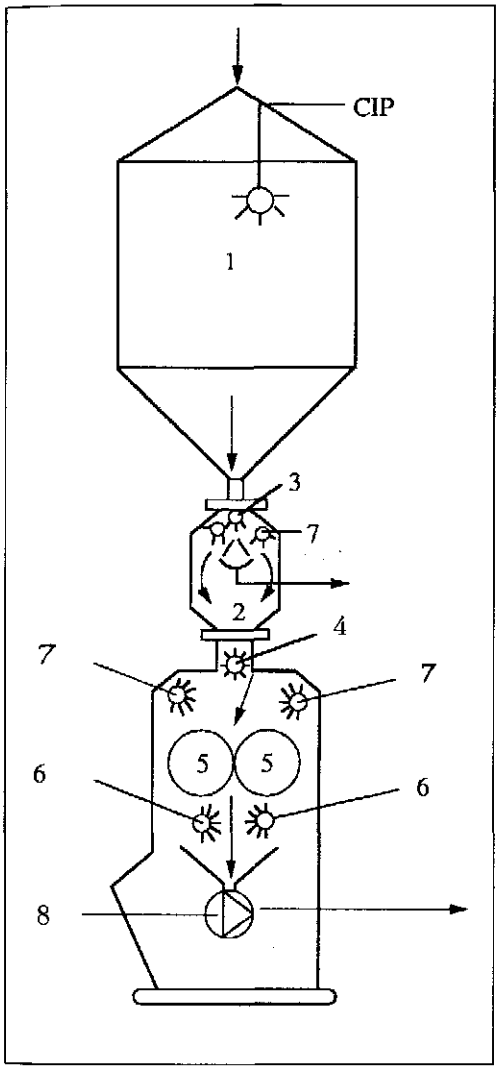


Рис. 3.20. Замочное кондиционирование:

1 — бункер для солода; 2 — шахта для замочного кондиционирования; 3 — подача воды; 4 — питающий валик; 5 — дробильные вальцы; 6 — оросительные форсунки; 7 — промывные форсунки; 8 — заторный насос

хом виде, а в шахте для замочного кондиционирования (*2*) непрерывно обеспечивается контакт солода с теплой водой в течение примерно 60 с (*3*). Температура воды, подаваемой на замачивание, может выбираться произвольно (обычно она составляет 60–70 °С). Так как поглощение воды с увеличением температуры проходит быстрее, то естественно, что данный процесс следует контролировать и регулировать. В приведенном примере регулирование выполняют посредством питающего валика (*4*) дробилки. За счет специального рифления пары дробильных вальцов (*5*) влажные оболочки сохраняются, а содержимое зерна измельчается.

Затем помол с помощью оросительных форсунок (*6*) перемешивается с водой, температура которой равна температуре начала затирания, и расположенным снизу насосом (*8*) затор перекачивается в заторный чан. Насос регулируют так, чтобы в процессе дробления дробилка никогда не оказывалась бы пустой (чем исключается опасное насыщение затора кислородом).

Питающий валик также имеет большое значение: он должен подать требуемое количество солода, распределив его по всей длине вальцов. Для этого он снабжен плавно регулируемым приводом, обеспечивающим вращение со скоростями от 25 до 138 об/мин.

Дробильные вальцы снабжены рифлями и расположены друг против друга остриями (резец на резец). Зазор между ними может плавно регулироваться (от 0,25 до 0,40 мм).

Скорость вращения вальцов изменяется в зависимости от степени растворения солода: плохо растворенный солод имеет более твердые зерна, из-за чего дробилка потребляет больше электроэнергии. Система управления уменьшает скорость вальцов, обеспечивая необходимое более длительное время замачивания.

Шахту для мокрого кондиционирования и дробилку изготавливают из нержавеющей стали для возможности их оптимальной мойки растворами CIP. Подобные дробилки выпускаются с производительностью от 4 до 20 т/час.

У дробилок мокрого помола время дробления является одновременно временем стадии начала затирания, так как у них нет промежуточного бункера для помола. Поэтому они рассчитаны на большую производительность, создавая тем самым высокие пики потребления электроэнергии и, кроме того, они сами по себе сравнительно дороги.

Поглощение кислорода при этом виде дробления происходит уже в самом процессе

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД
Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

дробления в связи с увеличенным временем начала затирания.

Комплектная линия подработки и дробления солода с сухим кондиционированным дроблением (рис. 3.21) работает следующим образом.

Поступающий из силоса солод направляется через солодоочистительную машину с виброситами (*1*). При этом отделяются грубые посторонние примеси. Пыль отсасывается в подключенный к солодоочистительной машине аспирационный канал (*2*). В камнеотборнике (*4*) отделяются еще оставшиеся камни и удаляется пыль (*3*). Солод взвешивается на автоматических весах (*5*). В зависимости от компоновки оборудования между машинами и установками линии подработки солода размещают транспортеры, представленные большей частью нориями (*6*) и шнеками. Магнитный сепаратор (*7*) удаляет все металлические предметы, препятствуя тем самым искрообразованию и повреждению вальцов. Для установки кондиционирования солода (*9*) требуется подведение воды (*10*) и наличие буферной воронки на впуске солода (*8*). Шлюзовый затвор (*11*) или другой регулятор дозирует солод на дробилку (*12*). После солододробилки помол собирается в бункере для дробленых зернопродуктов. Данный вариант линии подработки и дробления солода является одним из многих возможных вариантов.

3.1.6. Оценка качества помола

Регулярный контроль помола является решающим условием для достижения хорошего результата дробления, однако количественная

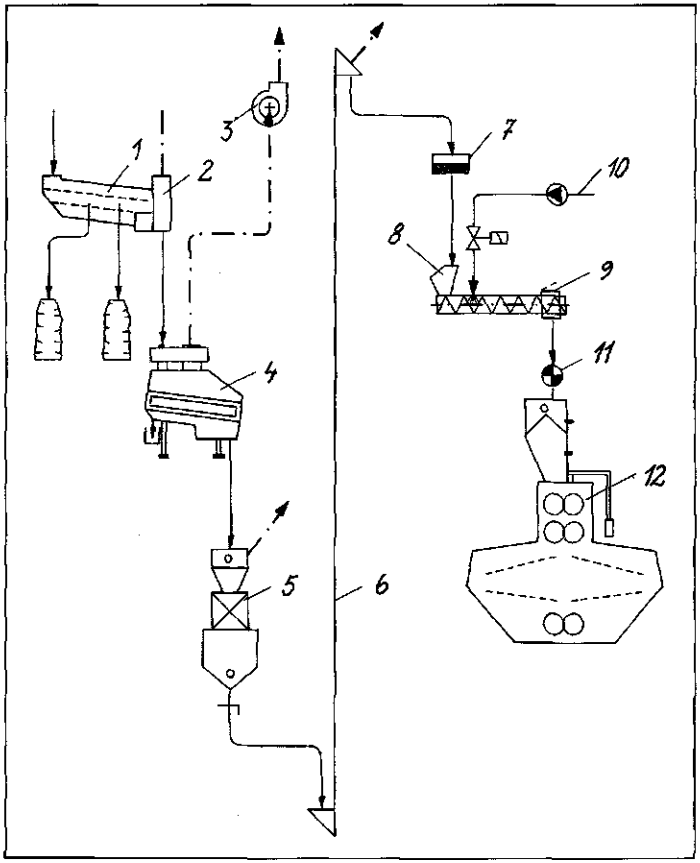


Рис. 3.21. Комплектная линия подработки и дробления солода (кондиционированное сухое дробление)

КОМПАНИЯ ПивоАгроСервис СОЛОД Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

оценка качества возможна только для сухого и кондиционированного помола. Оценка мокрого помола возможна только путем визуального и ручного обследования. Для правильного отбора проб в дробилках сухого помола под каждой парой вальцов устанавливаются пробоотборные гильзы, а на выпуске дробилки имеется специальное устройство для отбора средней пробы помола (от 150 до 200 г), которая во избежание ошибок больше делиться на части не должна. Грубые ошибки в составе помола можно эмпирически определить вручную, для точной же оценки следует применять сортировальные лабораторные сита.

Для точной оценки помола используют **пфунгштедский планзихтер** – небольшой лабораторный планзихтер (рассев), в котором 100–200 г помола с помощью пяти сит делится на 6 частей:

№ сита	Фракции	Толщина проволоки в мм	Размер отверстий в просвете в мм
1	Оболочки	0,31	1,27
2	Крупная крупка	0,26	1,01
3	Мелкая крупка I	0,15	0,547
4	Мелкая крупка II	0,07	0,253
5	Мука	0,04	0,152
Дно сита	Пудра	—	—

В качестве нормативных значений хорошего состава помола для фильтрчана или фильтр-пресса может служить следующий рассев:

	Помол для фильтрчана	Помол для фильтр-пресса	
		Старой конструкции	Современной конструкции (2001)
Сито 1	18%	11%	1%
Сито 2	8%	4%	2%
Сито 3	35%	16%	15%
Сито 4	21%	43%	29%
Сито 5	7%	10%	24%
Дно сита	11%	16%	29%

В 1996 году в результате сравнительных исследований были определены следующие средние значения [200]:

Результаты, %	Помол для фильтрчана	Помол молотковой дробилки
Ситовая фракция 1, шелуха	16,9	1,0
Ситовая фракция 2, крупная крупка	15,2	3,6
Ситовая фракция 3, мелкая крупка I	36,2	20,9
Ситовая фракция 4, мелкая крупка II	15,9	39,1
Ситовая фракция 5, мука	7,9	30,8
Дно сита, пудра	8,0	4,6

При этом важно, чтобы на первом сите не оставалось целых или слегка надломленых зерен.

Качество помола влияет на:

- ***способ затирания;***
- ***время осахаривания;***
- ***фильтрование затора;***
- ***выход экстракта в варочном цехе;***
- ***степень сбраживания;***
- ***фильтруемость пива (содержание β-глюкана!);***
- ***цветность, вкус и общий характер пива.***

Для получения оптимального состава помола:

Дробят более тонко	Дробят более грубо
При солодах с высокой влажностью	При солодах с очень низкой влажностью
При плохо растворенных солодах	При хорошо растворенных и рыхлых солодах
При мало интенсивных способах затирания	При интенсивных способах затирания
При плохом выходе варочного цеха	При большой продолжительности фильтрования затора

Для точной регулировки дробилки наряду с оценкой результатов рассева следует проверять также содержание вымываемого и остающегося экстракта в дробине (см. разд. 3.3.5.2).

КОМПАНИЯ СОЮЗ Москва (095) 743-7487, 746-8967 E-mail: komilov@credittrust.ru

У всех дробилок верхняя пара вальцов (вальцы предварительного дробления) должна быть отрегулирована на содержание шелухи в помоле около 40%.

3.2. Затирание

Затирание — важнейший процесс при производстве сусла. При затирании помол и вода перемешиваются (затираются), компоненты солода переходят в раствор и становятся веществами экстракта.

При затирании решающее значение приобретает процесс превращения веществ.

3.2.1. Превращения веществ при затирании

3.2.1.1. Цель затирания

Большинство компонентов дробленого солода не растворимы сами по себе, а в пиво могут перейти только растворимые вещества. Поэтому при затирании необходимо перевести нерастворимые вещества помола в растворимые.

Все вещества, переходящие в раствор, называются экстрактом.

Растворимыми веществами являются, например, сахара, декстрины, минеральные вещества и определенные белки. К нерастворимым веществам относятся крахмал, целлюлоза, часть высокомолекулярных белков и другие соединения, которые по окончании процесса фильтрования остаются в виде дробины.

По экономическим соображениям большинство нерастворимых соединений пытаются перевести в растворимые, чтобы получить как можно больше экстракта. Это выражается такими параметрами, как выход варочного цеха (см. разд. 3.5) и содержание экстракта в дробине (см. разд. 3.3.5.2).

Однако имеет значение не только количественное содержание, но и качество экстракта, так как присутствие определенных соединений (например, дубильных веществ из оболочек) весьма нежелательно, тогда как другие соединения (например, определенные сахара или продукты расщепления белков) совершенно необходимы.

Цель затирания состоит в том, чтобы расщепить крахмал в сахара и растворимые декстрины без остатка. При этом образуются и другие экстрактивные вещества. Основное количество экстракта образуется при затирании прежде всего благодаря действию ферментов, которые могут действовать при оптимальных для них температурах.

3.2.1.2. Свойства ферментов

Важнейшее свойство ферментов — их активность при расщеплении субстратов, которая зависит от различных факторов.

Зависимость активности ферментов от температуры

Активность ферментов возрастает с подъемом температуры и достигает оптимальной для каждого фермента величины при некоторой оптимальной температуре (рис. 3.22).

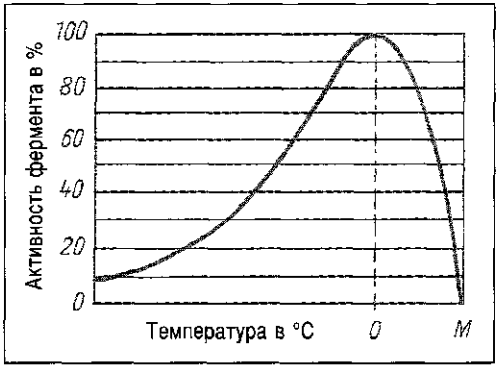


Рис. 3.22. *Зависимость активности фермента от температуры:*

О — оптимальная температура; М — максимальная температура

При более высоких температурах из-за раскрытия клубковых структур фермента (денатурации) происходит прогрессирующая инактивация. Эта инактивация и последующее исчезновение активности ферментов тем сильнее, чем значительнее превышение оптимальной температуры.

Уровень активности, характерный для фермента при определенной температуре, не оста-

ется неизменным. Если при более низких температурах активность со временем почти полностью сохраняется, то при более высоких температурах она быстро падает (рис. 3.23).

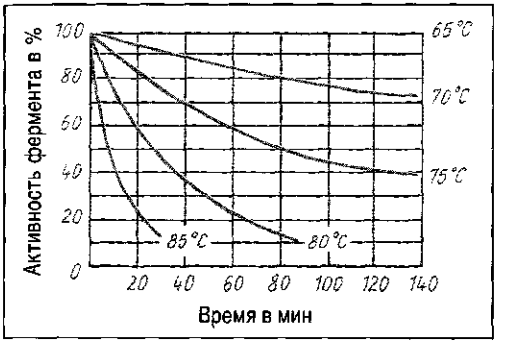


Рис. 3.23. Зависимость активности фермента от длительности термического воздействия

Зависимость активности ферментов от величины pH

Поскольку клубковая структура ферментов изменяется также в зависимости от величины pH, то существует и зависимость от нее активности ферментов. Эта активность достигает оптимальной величины при определенной, специфической для каждого фермента величине pH, и снижается при более низкой и более высокой величине pH (рис. 3.24). В общем, влияние pH на активность ферментов не так велико, как влияние температуры.

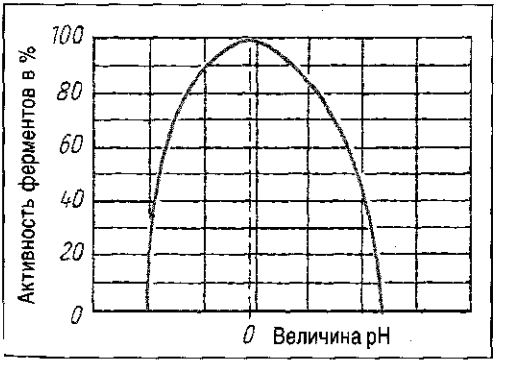


Рис. 3.24. Зависимость активности ферментов от величины pH:

О — оптимальная величина

Для пивоваренного производства среди многообразных процессов расщепления веществ имеют значение прежде всего следующие:

- расщепление крахмала;
- расщепление β-глюкана (гуммивеществ);
- расщепление белковых веществ;
- превращение жирных кислот, а также ряд других процессов расщепления.

3.2.1.3. Расщепление крахмала

Важнейшей составной частью пива является спирт, образующийся при брожении из сахаров. Поэтому предварительно необходимо расщепить крахмал до мальтозы; наряду с ней всегда образуются промежуточные продукты — несбраживаемые декстрины.

Крахмал должен быть без остатка расщеплен до сахаров и декстринов, не окрашиваемых йодом. Полное расщепление необходимо по экономическим соображениям; кроме того, остатки нерасщепленного крахмала вызывают в пиве клейстерное помутнение.

Расщепление крахмала осуществляется в три стадии, последовательно переходящих одна в другую. Последовательность их неизменна:

- ***клейстеризация;***
- ***разжижение;***
- ***осахаривание.***

Клейстеризация

В теплом водном растворе в молекулах крахмала в большом количестве накапливается вода. Из-за этого происходит увеличение объема, приводящее к набуханию и последующему разрыву первоначально твердых зерен крахмала. Образуется вязко-текучий раствор, вязкость которого зависит от объема поглощенной воды и различается для разных видов зерновых. Например, рисовый крахмал набухает значительно сильнее, чем солодовый. Этот процесс, при котором расщепления веществ не происходит, называется клейстеризацией. Так как клейстеризованный крахмал не содержит твердых крахмальных зерен, то содержащиеся в жидкости (т. е. в заторе) ферменты

могут на него воздействовать непосредственно. Расщепление же неклейстеризованного крахмала длится многие сутки.

Под клейстеризацией понимают набухание и разрыв оболочки зерен крахмала в теплом водном растворе. Освободившиеся молекулы крахмала в этом вязком растворе лучше подвергаются действию амилаз, чем неклейстеризованный крахмал.

Температуры клейстеризации различны для каждого вида зерновых:

крахмал солода и ячменя клейстеризуется в присутствии амилаз при 60 °С, рисовый крахмал — при 80–85°С.

Разжижение

Длинные цепочки крахмала, состоящие из глюкозных остатков (амилоза и амилопектин), очень быстро разрываются α-амилазой на короткие цепочки (рис. 3.25, b).

Поэтому очень быстро уменьшается вязкость клейстеризованного затора. β-амилаза способна расщеплять длинные цепочки лишь от нередуцированных концов, так что самостоятельное расщепление этим ферментом длилось бы сутками.

Под разжижением понимают снижение вязкости клейстеризованного крахмала α-амилазой.

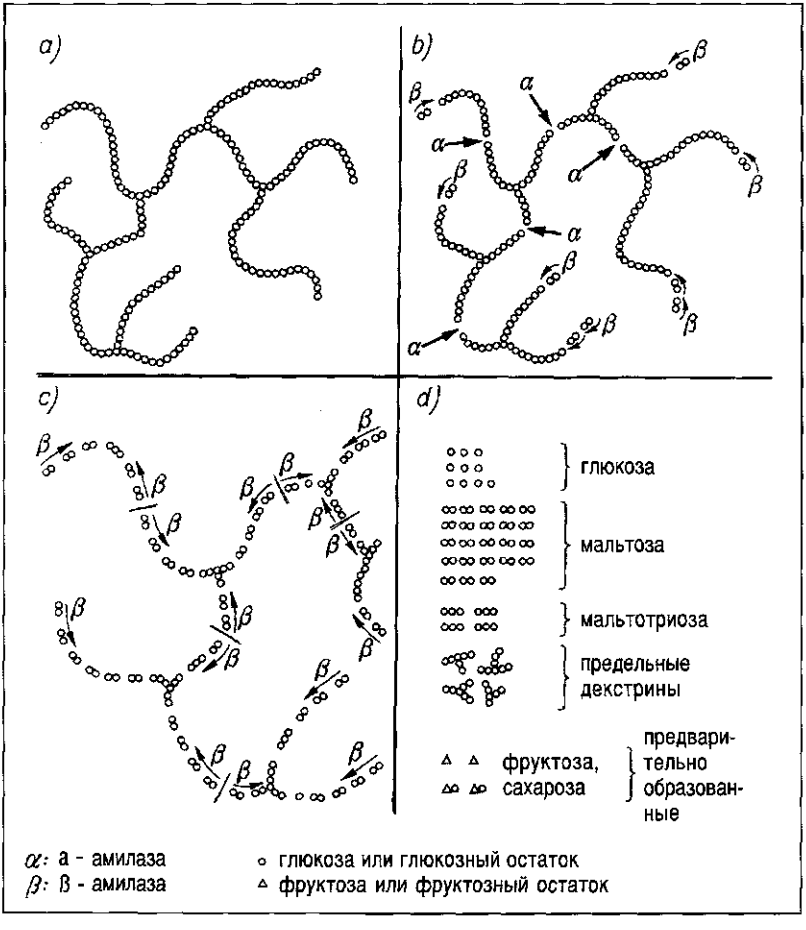


Рис. 3.25. Расщепление крахмала при затирании

Осахаривание

α-амилаза разрывает цепочки амилазы и амилопектина главным образом на декстрины с 7–12 глюкозными остатками. От концевых групп образовавшихся цепочек β-амилаза отщепляет двойные группы (мальтозу) (см. рис. 3.25, с). Этот процесс неизбежно продолжается дольше, чем разделение более длинных цепочек α-амилазой.

Из-за разной длины цепочек кроме мальтозы образуются и другие сахара, глюкоза и мальтотриоза.

Во всех случаях расщепление веществ останавливается на 2–3 глюкозных остатках перед 1,6-соединениями амилопектина, так как эти 1,6-соединения не могут быть расщеплены ни α-, ни β-амилазой. Эти предельные декстрины всегда содержатся в нормальном сусле.

В солоде, правда, содержится фермент **(предельная декстриназа)**, который способен растворять кроме 1,4-соединений также и 1,6-соединения, но при оптимальной для этого фермента температуре в 50–60 °С он едва ли имеет значение для процесса получения осахаренного затора. При 70 °С обнаруживается лишь слабая активность предельной декстриназы.

При расщеплении крахмала амилазами солода происходит следующее.

α-амилаза расщепляет длинные цепочки крахмала до более коротких декстринов. Она действует оптимально при 72–75 °С и быстро разрушается при 80 °С. Оптимальное значение величины pH составляет 5,6–5,8.

β-амилаза отделяет от передуцированных концов цепочек мальтозу, при этом образуются также глюкоза и мальтотриоза. Она действует оптимально при 60–65 °С и очень чувствительна к более высоким температурам; уже при 70 °С она быстро инактивируется. Оптимальное значение pH составляет 5,4–5,5.

Расщепление крахмала следует контролировать, так как остаток нерасщепленного крахмала и более крупные декстрины вызывают в пиве клейстерные помутнения.

Контроль расщепления крахмала выполняют с использованием 0,02-н раствора **йода** (спиртового раствора йода и йодистого калия). Эта проверка называется **йодной пробой** и всегда проводится с охлажденной пробой затора. (В отечественном пивоварении принято использовать водный раствор йода и йодистого калия. — *Прим. ред.*) Йодная проба основана на том, что раствор йода при комнатной температуре дает с крахмалом и высокомолекулярными декстринами окрашивание от темно-синего до красного цвета, тогда как все сахара и более мелкие декстрины не изменяют его желто-коричневого цвета.

Высокомолекулярные и среднемолекулярные разветвленные декстрины дают с йодом еще и фиолетовое (до красного) йодное окрашивание. Это окрашивание не всегда легко различить, но при его наличии сусло все еще можно охарактеризовать как дающее нормальную реакцию с йодом. Более точная йодная проба по Виндишу (Windisch) контролирует наличие этих декстринов методом, основанным на осаждении их этанолом с последующим удалением этанола, повторным растворением декстринов в воде и окрашивании их раствором йода. Этот метод используют чаще всего в проблемных ситуациях.

Пивовар должен уметь правильно оценивать йодную пробу. Если раствор йода при смешивании с затором больше не дает окрашивания, то такой затор обозначают как осахаренный, то есть не изменяющий окраску йодного раствора (нормальная реакция на йод). Расщепление молекул крахмала до состояния, при котором не наблюдается окрашивания раствором йода, называется осахариванием.

Под осахариванием мы понимаем полное расщепление разжиженного крахмала амилазами на мальтозу и декстрины. Определение проводят с помощью йодной пробы (рис. 3.26).

Образующиеся при затирании продукты расщепления крахмала существенно различаются по сбраживаемости пивными дрожжами. Так, например,

Декстрины	не сбраживаются;
Мальтотриоза	сбраживается всеми сильно сбраживающими штаммами

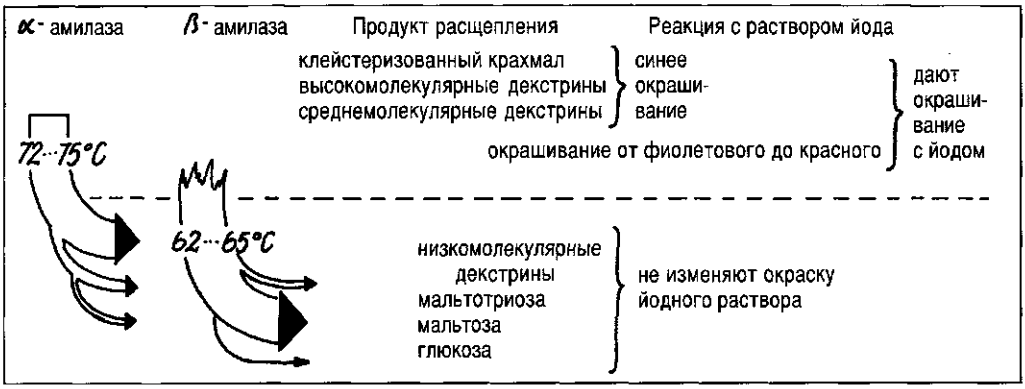


Рис. 3.26. Расщепление крахмала до нормальной реакции на йод

	дрожжей, но мальтотриоза расщепляется дрожжами лишь тогда, когда сброжена мальтоза, а именно при дображивании (сахар дображивания);
Мальтоза	и другие дисахариды сбраживаются дрожжами хорошо и быстро (сахар главного брожения);
Глюкоза	подвергается действию дрожжей в первую очередь (сахар забраживания).

Процентное содержание сбраживаемого сахара в общем экстракте сусла называется **конечной степенью сбраживания** (КСС). С ее помощью устанавливается содержание в пиве спирта, оказывающего решающее влияние на характер пива.

Содержание сбраживаемых сахаров определяется разнообразной работой ферментов. Этим одновременно определяется и конечная степень сбраживания при затирании.

Нормальный состав сбраживаемого экстракта в светлом пиве при видимой степени сбраживания 80% следующий:

Сбраживаемый сахар	Содержание в общем экстракте, %	в 12%-ном сусле, г на 100 мл	Содержание в сбраживаемом экстракте, %
Гексозы	7–9	0,9–1,2	11,9
Сахароза	3–4	0,4–0,5	5,1
Мальтоза	43–45	5,6–5,9	65,4
Мальтотриоза	11–13	1,4–1,7	17,6
Сумма	62–68	∅ 8,8	100,0

Такой состав в сильной степени зависит от способа затирания. Поскольку углеводный состав сусла оказывает также влияние на ход сбраживания сусла и качество пива, для пивоварения представляют интерес факторы, влияющие на расщепление крахмала при затирании. Важнейшими из них являются:

- температура при затирании;
- продолжительность затирания;
- величина pH при затирании;
- концентрация затора.

3.2.1.3.1. Влияние температуры на расщепление крахмала

При затирании максимально возможное содержание мальтозы и наивысшая конечная степень сбраживания достигаются при 62–63 °C. Сусло, богатое мальтозой, сбраживается быстрее и дольше поддерживает дрожжи во взвешенном состоянии.

Путем длительной температурной паузы при 62–64 °C получают пиво с более высокой конечной степенью сбраживания; при скачкообразном повышении температуры без выдерживания паузы при температуре 62–64 °C и длительной температурной паузе при 72–75 °C получают пиво с более низкой конечной степенью сбраживания и повышенным содержанием декстринов.

Влияние температуры на процесс затирания чрезвычайно велико, и поэтому паузы при

затирании всегда выдерживают при оптимальных для амилаз температурах, а именно:

мальтозная пауза при 62–65 °C (оптимальная температура для β-амилазы);
пауза осахаривания при 72–75 °C (оптимальная температура для α-амилазы);
температура перекачки затора в фильтр-чан — 76–78 °C.

Хотя при еще более высоких температурах процесс фильтрования затора протекает значительно быстрее (вследствие меньшей вязкости сусла), следует учитывать, что α-амилаза при температурах выше 78 °C все в большей степени инактивируется. Однако при фильтровании затора нативный крахмал еще переходит в раствор и должен расщепляться («доосахариться»). Для этого требуется еще сохранившаяся активность α-амилазы, так как в противном случае возникает опасность, что сусло, прежде дававшее нормальную реакцию на йод, снова станет давать с йодом синюю окраску (клейстерное помутнение).

3.2.1.3.2. Влияние длительности затирания на расщепление крахмала

Ферменты в процессе затирания не действуют равномерно. Можно различать как минимум две зависящие от времени области активности ферментов (рис. 3.27) [19]:

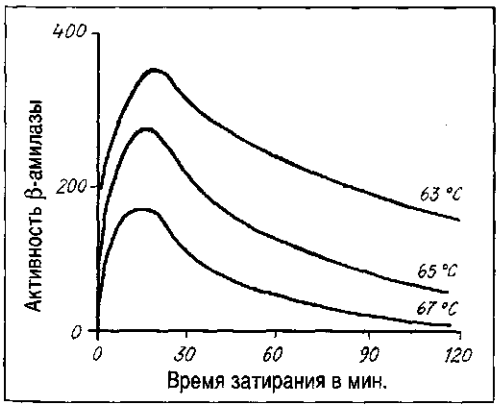


Рис. 3.27. Активность β-амилазы в зависимости от температуры затирания и длительности паузы

1. Максимум ферментативной активности достигается через 10–20 минут. При этом максимум ферментативной активности при 62–63 °C выше, чем при 67–68 °C.
2. Через 40–60 мин активность ферментов снижается сначала быстро, а затем этот спад уменьшается.

Из этого следует вывод, что влияние температур затирания следует рассматривать только во взаимосвязи с длительностью затирания.

В общем:

1. ***С увеличением длительности затирания растет концентрация раствора экстракта, но этот процесс все больше замедляется.***
2. ***С увеличением длительности затирания (особенно при 62–63 °C) возрастает содержание мальтозы и с ним растет конечная степень сбраживания. Такое сусло может привести к интенсивному главному брожению.***

3.2.1.3.3. Влияние величины pH на расщепление крахмала

При рассмотрении ферментов было показано, что их действие существенно зависит от величины pH и что β-амилазы в заторе имеют оптимальный pH при 5,4–5,5.

Благодаря затиранию при величине pH 5,5–5,6 (которая может рассматриваться как величина, оптимальная для обеих амилаз) растворение экстрактивных веществ может увеличиваться по сравнению с затиранием затора с более высоким pH. Образуется больше сбраживаемых сахаров и конечная степень сбраживания повышается.

Однако «нормальное» значение pH затора составляет в зависимости от состава пивоваренной воды и солода от 5,6 до 5,9, то есть значительно выше. Поэтому мы заинтересованы в понижении величины pH затора до 5,2–5,1, и о такой возможности мы узнаем из раздела 3.2.1.8.

3.2.1.3.4. Влияние концентрации затора на расщепление крахмала

В относительно жидких заторах в раствор переходит больше экстракта, однако более плот-

ные заторы защищают ферменты от слишком быстрой термической инактивации (благодаря защитному действию коллоидных частиц затора и растворенных веществ). Благодаря этому в более плотных заторах повышается количество сбраживаемых сахаров и тем самым — конечная степень сбраживания.

Однако концентрация затора влияет на расщепление крахмала меньше, чем другие факторы.

3.2.1.3.5. Контроль расщепления крахмала

Обобщим еще раз сказанное до сих пор применительно к контролю расщепления крахмала:

- ***При затирании крахмал должен быть без остатка расщеплен до нормальной реакции на йод.***
- ***Контроль расщепления крахмала осуществляют в конце затирания посредством йодной пробы. Поскольку окрашивание крахмала и высокомолекулярных декстринов йодом происходит только в холодном заторе, пробу затора охлаждают. При этом на фарфоровой или гипсовой пластинке смешивают холодную пробу затора с каплей раствора йода, причем не должно происходить изменения цвета желтоватого 0,02-н раствора йода.***
- ***Осахаривание контролируют еще раз в конце кипячения сусла («дооосахаривание»).***

Если сусло еще дает окрашивание с йодом, то оно не полностью осахарено. В этом случае говорят о **синей варке**, в результате которой получается пиво с клейстерным помутнением, так как высокомолекулярные декстрины остались не растворенными. Такую синюю варку можно впоследствии подготовить к брожению только путем добавления солодовой вытяжки или первого сусла.

3.2.1.4. Расщепление β-глюкана

Известно, что стенки клеток ячменного зерна состоят из прочного переплетения белковых веществ, целлюлозы и гемицеллюлозы, пронизанного цепочками β-глюкана. Высокомолекулярный β-глюкан при определенных условиях склонен к гелеобразованию, а значит, к повышению вязкости пива и с ним — к затрудненному фильтрованию. Поэтому следует рассмотреть β-глюкан несколько подробнее.

Из вышеизложенного известно, что в ходе солодоращения высокомолекулярный β-глюкан большей частью расщепляется. Для этого требуется:

- переработка сортов ячменя с низким содержанием β-глюкана;
- солод с высоким содержанием эндо-β-глюканазы (минимум 120 единиц эндо-β-глюканазы/кг солода);
- хорошее растворение содержимого зерна (выше 80% рыхлых зерен по фриабиллиметру).

В отличие от закрученных молекул крахмала (α-глюкан, см. раздел 1.1.4.1.1) молекулы β-глюкана не ветвятся и вытянуты. Многие из этих молекул связаны водородными мостиками, то есть они ассоциированы (ассоциаты). Из-за их нерегулярного внешнего вида они называются **бахромчатыми мицеллами** (рис. 3.27а, *1*).

В этом виде они растворимы. Многие из этих бахромчатых мицелл связаны друг с другом в поперечном направлении (*2*) и частично — белком (*3*) в стенках клетки; особенно это характерно для еще не полностью растворенных частей зерна в солоде, например, кончиков зерна (*4*). Это состояние характерно также для начала затирания [122, 123, 124].

Во время клейстеризации структура зерен крахмала разрушается, и частично связанные в поперечном направлении бахромчатые мицеллы освобождаются. Эндо-β-глюканаза может расщепить эти сшитые бахромчатые мицеллы на β-глюкан (5), причем оптимальная для эндо-β-глюканазы температура составляет 45–50 °C. Благодаря удлиненной паузе при этой температуре, хорошо растворенному солоду и высокой активности эндо-β-глюканазы, большая часть β-глюкана переводится в растворенную форму, в связи с чем опасность гелеобразования уменьшается.

Как только температура повышается, термочувствительная эндо-β-глюканаза инактивируется и прекращает свое действие. Здесь действует термостабильная (до 70 °C) β-глюкан-солюбилаза (*6*), высвобождая высокомолекулярные соединения β-глюкана из белка и нерастворенных кончиков зерен, но не расщеп-

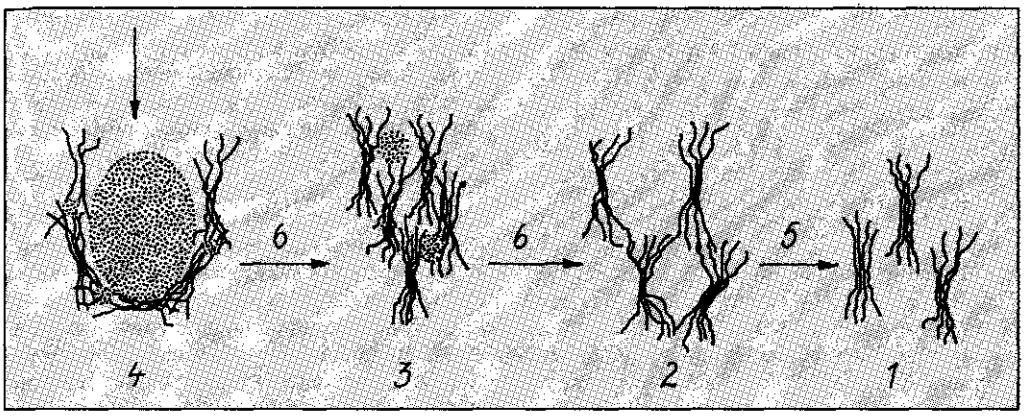


Рис. 3.27а. Расщепление β-глюкана при затирании:

1 — бахромчатые мицеллы; 2 — сшитые бахромчатые мицеллы; 3 — бахромчатые мицеллы, зафиксированные белком; 4 — нерастворенные области; 5 — расщепление эндо-β-глюканазой; 6 — расщепление β-глюкан-солюбилазой

ляя их дальше. Так как эндо-β-глюканаза при этой температуре давно инактивировалась, всегда следует считаться с тем, что в плохо растворенном, бедном ферментами солоде содержатся высокомолекулярные соединения β-глюкана, но не следует отождествлять эти соединения с гелем β-глюкана.

Проблема проявляется лишь после того, как произошло частичное разрушение водородных мостиков (рис. 3.27б, *1*) внутри

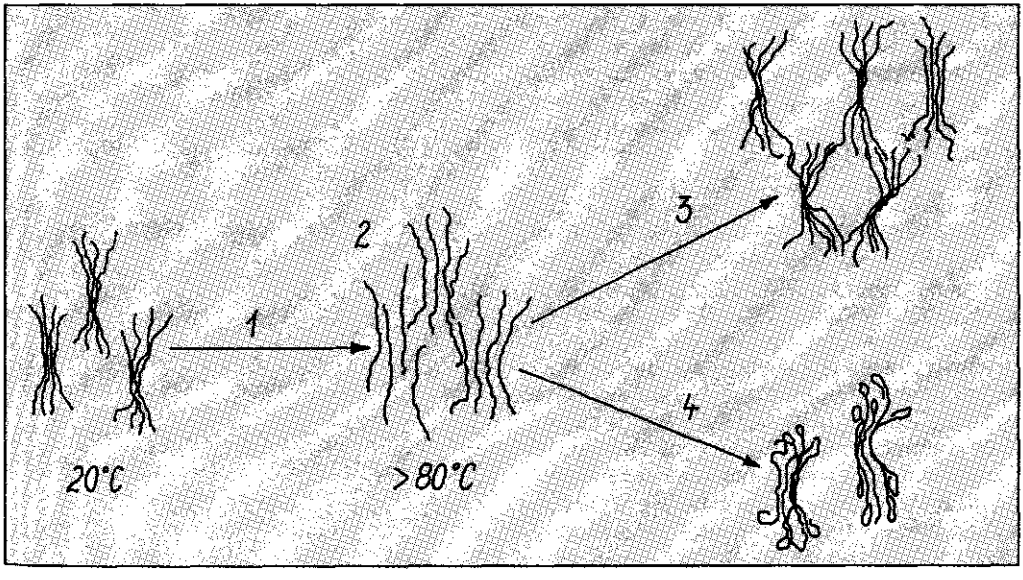


Рис. 3.27б. Изменения в структуре и поведении β-глюкана в горячей среде и при охлаждении:

1 — разрушение водородных мостиков; 2 — термоактивированный β-глюкан; 3— касательные напряжения; 4 — отсутствие касательных напряжений

ассоциатов при температуре выше 70–80 °C, т. е.

- при кипячении сусла и
- при охлаждении сусла.

При этом образуется термоактивированный β-глюкан (*2*), который при охлаждении может повести себя по-разному.

Если при проведении этих процессов (*4*):

- применяется хорошо растворенный солод с высоким содержанием ферментов;
- сусло медленно охлаждается;
- сусло спокойно отстаивается и не взбалтывается;
- исключается возникновение касательных напряжений,

то водородные мостики в молекуле не появляются и опасность образования геля невелика.

Но если при обработке сусла (*3*):

- возникают большие касательные напряжения в области высоких температур сусла, например:
  - из-за высоких скоростей течения и многократного изменения направления потока в выносном кипятильнике;
  - из-за возникновения в насосах сильных вихревых явлений;
  - из-за возникновения сильных вихревых явлений в вирпуле;
  - из-за слишком узких или часто изменяющихся поперечных сечений трубопроводов;
  - из-за центробежных сил в сепараторе,

то водородные мостики глюкановых нитей сшиваются и путем вытягивания молекул может начаться образование геля, а с ним — повышение вязкости и затруднения при фильтровании пива.

Существенными контрольными признаками, по которым можно предположительно выявить низкие значения высокомолекулярного β-глюкана, являются **показания фриабиллиметра**, **метод окрашивания среза зерна** по Карлсбергу (см. раздел 2.8.2.10) и **вязкость лабораторного сусла**. У двух первых показателей существует высокая корреляция с содержанием β-глюкана сусла, а у последнего — с фильтруемостью пива. Необходимый показатель фриабиллиметра — рыхлых зерен свыше 80%. Однородность солода по методу окрашивания среза зерна должна быть минимум 70% (лучше 75%).

Вязкость сусла контролируют как параметр, указывающий на содержание β-глюкана и на ожидаемые затруднения при фильтровании затора и пива. Вязкость измеряют с помощью

- вискозиметра с падающим шариком (по Хопплеру) (Höppler) (рис. 3.28). Измеряется время падения стандартного шарика через стеклянную трубку, наполненную испытуемой жидкостью, между двумя штрихами трубки. Результат получают в милли-Паскаль-секундах (мПас · с). При этом нормативные значения составляют:

  у конгрессного сусла (в пересчете на 8,6%) 1,51–1,63 мПас · с;

  у готового сусла (в пересчете на 12%) 1,73–2,20 мПас · с;

  у светлого пива (в пересчете на 12%) 1,78–1,95 мПас · с;

  или с помощью

- **капиллярного вискозиметра Уббелоде (Ubbelohde)**, который применим и для автоматических измерений. (В отечествен-

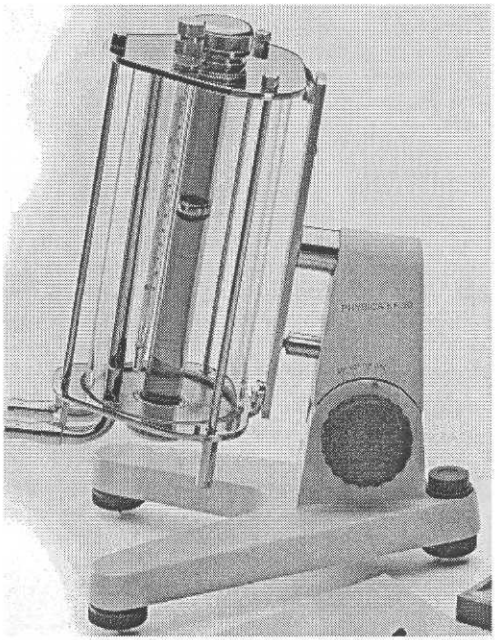


Рис. 3.28. Вискозиметр с падающим шариком по Хопплеру

ном пивоварении вязкость принято измерять с помощью вискозиметра Оствальда, представляющего собой U-образную трубку с расширениями и узким капиллярным коленом. — *Прим. ред.*)

3.2.1.5. Расщепление белковых веществ

Все (высокомолекулярные) протеины за исключением небольшого количества выпадают в осадок самое позднее при кипячении сусла. Поэтому в пиво попадают только продукты расщепления, которые, однако, безусловно необходимы для размножения дрожжей и быстрого сбраживания.

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Высокомолекулярные продукты расщепления	Пенообразователи	Создают помутнения
Низкомолекулярные продукты расщепления	Вкус (полнота вкуса)	Питание дрожжей

Ферментативное расщепление белковых веществ должно рассматриваться дифференцированно, так как:

- *при 45–50 °C в большей степени образуются низкомолекулярные продукты расщепления, особенно пептиды и аминокислоты;*
- *при 60–70 °C в большей степени образуются высокомолекулярные продукты расщепления, которые считаются обеспечивающими пеностойкость.*

Аминокислоты имеют большое значение для питания дрожжей. ***Дрожжи потребляют как минимум 10–14 мг α-аминного азота на 100 мл сусла.***

Так как аминокислота пролин как поставщик α-аминокислоты для дрожжей не используется, то в сусле должно содержаться α-аминного азота не менее 20 мг/100 мл. Если этого значения не удастся обеспечить, то это приводит:

- к снижению скорости размножения дрожжей;
- к торможению процессов брожения и созревания;
- к сохранению в пиве нежелательных веществ, придающих ему букет молодого пива.

Из хорошо растворенного солода всегда получают сусло, содержащее достаточное количество α-аминокислот. Разумеется, если добавлять несоложенное сырье, сахар или сироп, то это не прибавляет в сусло аминокислот, и следует проводить аминокислотную паузу при 45–50 °C. Однако если применять хорошо растворенный солод, то ради образования низкомолекулярных продуктов расщепления белков не имеет смысла выдерживать паузу при 45–50 °C.

Продолжительная пауза при 45–50 °C всегда дает в последующем плохую пену.

3.2.1.6. Превращения жиров (липидов)

При затирании часть содержащихся в солоде липидов расщепляется соответствующими ферментами (липазами) на глицерин и жирные кислоты.

При этом особого внимания заслуживает наряду с ферментативным и окислительное расщепление химически активных ненасыщенных жирных кислот, которые благодаря липоксигеназе и кислороду превращаются в промежуточные продукты, которые позднее в виде карбонилов старения могут отрицательно влиять на стойкость вкуса пива.

Даже незначительное количество попавших в пиво ненасыщенных жирных кислот представляет опасность для стойкости его вкуса. Однако ненасыщенные жирные кислоты достаточно быстро окисляются, чтобы приниматься в расчет как предшественники веществ, приводящих к старению вкуса пива [168].

Поскольку ненасыщенные жирные кислоты всегда присутствуют в дробленом солоде, то воспрепятствовать их окислению можно только путем полного удаления ***кислорода***. Но при рассмотрении устройств для смешивания дробленого солода с водой видно, что их конструкция приводит к интенсивному контакту помола солода с воздухом. Поэтому с самого начала процесса приготовления сусла стремятся максимально ограничить влияние кислорода.

Даже полное удаление кислорода не могло бы помешать ферментативному расщеплению жиров ***липоксигеназой***. Она образуется при

прорастании и откладывается преимущественно в листке и корешке зародыша. Поэтому в солоде этим ферментом наиболее обогащен листок зародыша. Оптимальная величина pH у этого фермента составляет около 6,0, и он очень чувствителен к высокой температуре. Поэтому существенная часть липоксигеназы бывает уже уничтожена при сушке (у темного солода больше, чем у светлого), но несмотря на это более трети липоксигеназы остается в солоде в активной форме.

При дроблении находящаяся в листках зародыша липоксигеназа быстро активизируется и может при обычных низких температурах начала затирания и высоких значениях pH заторной воды в сравнительно короткое время расщепить ненасыщенные жирные кислоты и тем самым автоматически подготовить продукты окисления, которые позднее приводят к образованию карбонилов старения. Поэтому для того, чтобы начиная с процесса дробления солода избежать осуществления процессов окисления и нежелательных превращений существуют следующие три возможности:

- удаление кислорода путем его замены инертным газом (CO_2 или N_2);
- проведение начала затирания при высоких температурах от 60°C и выше (см. раздел 3.2.3.2);
- снижение величины pH в начале затирания до 5,1–5,2 (см. раздел 3.2.1.8).

При затирании растворяются и другие липиды, а именно, насыщенные жирные кислоты, составляющие значительную часть жиров, содержащихся в зернах крахмала (амилопластах) в количестве 5–7%. Мутное сусло, полученное в результате недостатков при фильтровании затора, плохое отделение взвесей сусла — все это приводит к переносу в сусло повышенного количества свободных жирных кислот, которые могут приводить к проблемам при фильтровании пива.

Разумеется, жирные кислоты образуются и при брожении. Во время дображивания дрожжи выделяют много жирных кислот с цепочками средней длины, а последние могут отрицательно влиять на пенообразование.

3.2.1.7. Прочие процессы расщепления и растворения

Часть еще нерастворенных органически связанных фосфатов растворяются с помощью фосфатаз. Эти фосфаты безусловно необходимы для проведения спиртового брожения. Часть фосфатов участвует в реакциях с солями воды, образующими ее жесткость, и существенно воздействует на изменения pH и буферное действие сусла.

С увеличением длительности и температуры затирания из оболочек, а также из эндосперма выделяются ***дубильные вещества и антоцианогены***. Этим процессом можно управлять лишь в малой степени.

В особенности высокомолекулярные дубильные вещества и антоцианогены играют существенную роль при образовании в пиве помутнений, — они связываются с высокомолекулярными белковыми веществами и выпадают в осадок. Кроме того, они оказывают негативное влияние и на вкус пива. Низкомолекулярные дубильные вещества своим редуцирующим действием оказывают положительное влияние. Эта редуцирующая способность может быть достигнута уже при затирании и фильтровании затора при условии исключения внесения кислорода.

Выделение цинка

Для синтеза белка, размножения клеток дрожжей и для брожения большое физиологическое значение имеет цинк. При недостатке цинка замедляется размножение дрожжей и брожение, происходит неполное восстановление диацетила. Поэтому пивовары заинтересованы, чтобы содержащийся в солоде цинк по возможности сохранить.

В начале затирания от количества цинка, содержащегося в солоде, переходит в раствор только около 20%, и его содержание продолжает уменьшаться в ходе затирания. Если содержание цинка ниже 0,10–0,15 мг/л, то при брожении могут возникнуть определенные трудности.

Благоприятствуют более высокому содержанию цинка следующие факторы:

низкое значение pH;
низкая температура затирания;
гидромодуль затирания 1 : 2,5.

Чтобы устранить недостаток цинка, имеется несколько возможностей, а именно:

- добавление хлористого цинка, как это принято в некоторых странах (в Германии не разрешено);

- поскольку в заторе растворяется только часть цинка, а большая его часть остается в дробине, необходимое его содержание можно получить следующим образом; небольшое количество дробины и биологической молочной кислоты смешать в соотношении 1 : 1 и отстаивать в течение одних суток, затем раствор, обогащенный цинком, стерилизовать и добавлять в небольшом количестве к дозируемым дрожжам;
- поскольку цинк относительно легко переходит в кислый раствор, можно было бы изготовить из цинка стенки емкости для подкисления; разумеется, они быстро прохудились бы и разрушились, поэтому достаточно поместить в емкость для биологического подкисления лист цинка в качестве «анода-донора» (это мероприятие не соответствует немецкому Закону о чистоте пивоварения).

3.2.1.8. Биологическое подкисление

Благодаря взаимодействию pH-активных водных солей кальция и магния особенно с фосфатами и другими компонентами солода в заторе устанавливается pH порядка 5,6–5,8. Выше уже было показано, что существует ряд важных процессов и превращений, протекающих значительно быстрее и лучше при пониженном значении pH.

Поэтому пивовары заинтересованы в существенном понижении pH до значений 5,1–5,2, которое осуществляют:

- путем добавления неорганических кислот, если это разрешено законом;
- путем биологического подкисления, то есть путем выращивания культуры молочнокислых бактерий, которые не являются чужеродным для пива компонентом, так как они всегда присутствуют на поверхности солода; они вырабатывают достаточно молочной кислоты, чтобы понизить величину pH.

По стадии дозирования биологической молочной кислоты различают:

- подкисление затора;
- подкисление сусла.

Оба метода дозирования применяют обычно комплексно или по отдельности.

Важным мероприятием является подкисление затора в начале затирания и/или подкисление сусла. Положительными здесь являются следующие моменты [137]:

- существенно улучшается комплекс активных ферментов, так как все основные ферменты, за исключением α-амилазы, активируются;
- при низких pH переходит в раствор больше ростовых веществ, например, улучшается поступление цинка;
- повышается выход экстракта;
- улучшается отделение белка (лучше образуются хлопья взвесей горячего сусла);
- улучшается окислительно-восстановительный потенциал, благодаря чему снижается вредное воздействие кислорода;
- быстрее протекает фильтрование затора;
- при варке сусла менее интенсивно происходит повышение цветности;
- повышается активность фосфатаз и усиливается буферная емкость затора и сусла благодаря выделению фосфатов;
- ускоряется процесс брожения благодаря лучшему отделению взвесей сусла, ускоренному снижению pH и повышенной степени сбраживания в бродильном отделении;
- улучшается фильтруемость в связи с более низкой вязкостью;
- вкус становится более округлым, полным и мягким;
- хмелевая горечь становится приятнее и быстрее проходящей (не остающейся);
- пиво лучше сохраняется, вкус становится более свежим, ядреным и характерным;
- повышается пеностойкость, пена образуется с более мелкими пузырьками;
- цветность пива снижается;
- следует ожидать лучшей стойкости вкуса, к тому же липоксигеназа чувствительна к значениям pH ниже 5,2 и в дальнейшем она уже не действует;
- улучшается физико-химическая стойкость пива, уменьшается его склонность к белковому помутнению;
- при потреблении такого пива активизируется пищеварение, на которое положительно влияет молочная кислота;

- биологическая уязвимость пива уменьшается благодаря:
  - низким значениям pH — вредители пива не развиваются при pH ниже 4,4;
  - повышенной конечной степени сбраживания и, благодаря этому, низкому содержанию несброженных сахаров;
  - повышенному антибиозу дрожжей, которые подавляют жизнедеятельность микроорганизмов-вредителей пивоваренного производства как «своих конкурентов».

Все вышесказанное — хорошее обоснование для биологического подкисления затора в начале затирания. Так как фосфатазы высвободили значительную часть фосфатов, составляющих существенную часть буферности затора, в дальнейшем снова происходит частичное смещение pH в обратную сторону. Поэтому выгодно подкислить также и сусло. Но ниже будет показано, что подкисление сусла следует проводить в конце или уже после кипячения сусла.

При приготовлении сусла следует стремиться к оптимальному значению pH (5,1–5,2).

По виду подкисления различают:

- подкисление путем добавления неорганических кислот;
- биологическое подкисление.

3.2.1.8.1. Добавление неорганических кислот

За исключением стран, где пиво производят согласно немецкому закону о чистоте пивоварения, в затор и/или сусло иногда добавляют кислоту; при этом обычно применяют фосфорную кислоту, но часто используют и такие неорганические кислоты, как соляную или серную. Применение двух последних менее желательно, так как существует мнение, что они способствуют появлению на нержавеющей стали почернения из-за коррозии.

Дозировка кислоты должна быть точно определена путем титрования (см. раздел 3.2.1.8.2). Кислота сразу же диссоциирует в огромном количестве затора или сусла и присутствует в среде затем лишь в виде ионов. Тем не менее на потребителя, который узнает о добавлении сильных кислот в пиво, этот факт сам по себе оказывает неблагоприятное психологическое воздействие. Чтобы понизить значение pH на 0,1, нужно добавить:

- к затору — 0,64 г-экв кислоты/100 кг солода в заторе или
- к готовому суслу — 0,32 г-экв кислоты/100 кг солода для нормального сусла в котле.

Из этого соотношения вытекают следующие дозировки кислоты на 100 кг солода [167]:

Кислота	Внесение в затор г = мл		Внесение в сусло г = мл	
100%-ная молочная кислота	58		29	
80%-ная молочная кислота	72	60	36	30
37%-ная соляная кислота	63	53	32	27
98%-ная серная кислота	32	17	16	9

3.2.1.8.2. Приготовление подкисляющего материала

В Германии для подкисления применяется полученная биологическим путем молочная кислота, и ниже мы будем рассматривать именно ее.

Основная идея **биологического подкисления** затора и/или сусла состоит в следующем.

Добавка «чужеродного» для пива компонента не допускается согласно немецкому закону о чистоте пивоварения. Солод — не чужеродное вещество и он на своей поверхности несет большое число молочнокислых бактерий. Эти бактерии образуют в процессе выращивания в питательном растворе при оптимальной температуре 48 °C до 2% молочной кислоты (большую концентрацию они сами не переносят).

Если бы молочнокислые бактерии получили возможность размножаться и образовывать молочную кислоту в обычных условиях пивоваренного производства в заторе или сусле, то вся варка была бы кислой и испорченной.

Чтобы целенаправленно снизить pH, необходимо сначала приготовить раствор молочной кислоты и уже из него внести в

затор и/или сусло точно рассчитанное количество молочной кислоты.

Для дозирвоания кислоты в затор и/или сусло могут применяться расходомеры MAGFLO или MASSFHO фирмы Danfoss (*см. прил. 1 на правах рекламы, с. 867–868*).

Основной предпосылкой для биологического подкисления является выбор подходящего штамма продуцента молочной кислоты. Для этого рекомендуется использовать чистые культуры [137, 206]:

Lactobacillus amylovorus или *Lactobacillus amylolyticus*.
Обе формы лактобацилл

- имеют доминанту роста в пивном сусле (быстрорастущие);.
- обладают высокой способностью подкисления за счет содержания в культуре до 2% молочной кислоты и действуют при значениях pH до pH < 3;
- образуют из глюкозы (в отличие от других молочнокислых бактерий) 2 молекулы молочной кислоты (они гомоферментативны, то есть образуют продукты обмена веществ только одного вида);
- растут при высоких температурах, до 52° С;
- сбраживают также декстрины и крахмал;
- образуют большой процент L-лактата, имеющего питательно-физиологическое значение;
- не вредят пиву (чувствительны к хмелю и не растут при температуре ниже 30 °С);
- не образуют аминов или других токсинов, не образуют диацетила;
- допускают простое обращение с культурами.

Размножение происходит в ферментационной установке (рис. 3.29), состоящей из пропагатора (*1*) и накопительного танка (*2*) с объемом, примерно втрое превышающим объем пропагатора.

В пропагаторе в соотношении 1 : 1 смешиваются подкисленное сусло и разбавленное сусло при температуре ровно **48 ± 1 °С**, причем эта температура строго выдерживается. Поскольку молочнокислые бактерии лучше растут без доступа воздуха, а потребляющие кислород контаминанты (например, дрожжи Candida) должны устраняться, подкисленный материал **насыщается CO_2**.

Ход биологического подкисления лучше всего отрегулировать так, чтобы ферментер опорожнялся в накопительный танк (*2*) в ритме работы варочного цеха на половину своего содержимого и сразу же вновь заполнялся бы таким же количеством разбавленного первого сусла из последующей варки. Содержание молочной кислоты составляет на данном этапе здесь 0,8–1,2%.

Перекаченное в накопительный танк подкисленное сусло продолжает по инерции дополнительно подкисляться, оставаясь в этой емкости, до конечной концентрации молочной кислоты 1,8–2,2% и может затем забираться снизу. При ***подкислении затора*** *готовый препарат молочной кислоты* задают на основе опытных данных в количестве около:

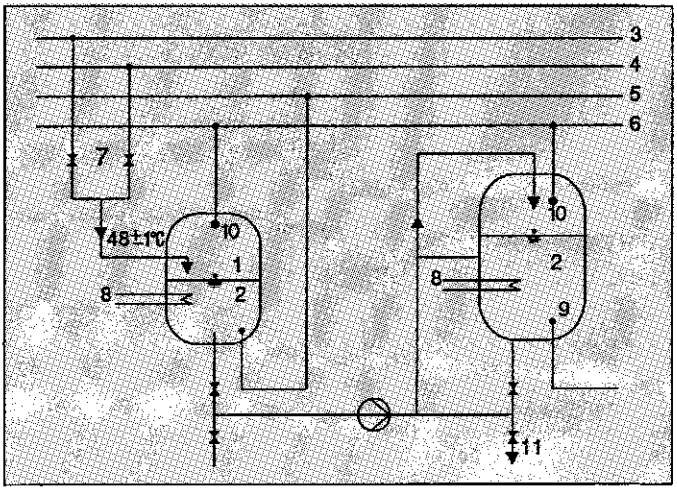


Рис. 3.29. Схема установки для биологического подкисления:

1 — пропагатор; 2 — накопительный танк; 3 — первое сусло; 4 — деаэрированная холодная вода; 5 — двуокись углерода; 6 — трубопровод CIP; 7 — смеситель; 8 — нагревательный элемент; 9 — газораспылительная насадка; 10 — моющая головка

- 1% при затирании;
- от 1 до 2% в конце варки.

При ***подкислении*** только ***сусла*** *препарат молочной кислоты* задают в количестве около

- 2% к готовому суслу.

В зависимости от числа варок в сутки и величины предприятия требуется соответствующее количество емкостей (рис. 3.29а).

Всегда следует помнить, что в накопительном танке постоянно происходит доведение концентрации кислоты до 1,8–2,2%. Более высокая концентрация молочной кислоты недостижима, так как сами молочнокислые бактерии не переносят этот продукт своего метаболизма в больших концентрациях, так что этот уровень устанавливается сам по себе.

Можно рассчитать необходимое количество молочной кислоты (см. таблицу ниже). Чтобы в заторе или в сусле, приготовленном из 1 т засыпи (примерно 65 гл при массовой доле сухих веществ в начальном сусле 11,5%), понизить pH на 0,3 единицы, необходимое количество 0,8%-ного раствора молочной кислоты составит:

в заторе 3(· 0,1 pH) · 60 мл/кг · 1000 кг = = 180 000 мл = 180 л;

в сусле 3(· 0,1 pH) · 30 мл/кг · 1000 кг = = 90 000 мл = 90 л.

В соответствии с этим при использовании 0,8%-ного раствора молочной кислоты на 1 кг солода получают следующую потребность (в мл) молочной кислоты (= л/т засыпи):

Снижение pH на	При добавлении	
	к затору	к суслу
0,1	60	30
0,2	120	60
0,3	180	90
0,4	240	120

Определение концентрации молочной кислоты

Чтобы определить концентрацию молочной кислоты, сначала нужно приготовить исходный раствор [15]:

4 л водопроводной воды при 46–48 °C вместе с 1 кг неизмельченного солода помещается в 5-литровую колбу и оставляется в термошкафу на двое–трое суток. При этом колба должна иметь водяной затвор.

Контроль концентрации молочной кислоты

Контроль концентрации молочной кислоты выполняют титрованием. Для этого 25 мл исходного раствора титруют 0,1 н NaOH. При этом считают, что ***1 мл*** 0,1 н ***NaOH соответствует 9 мг молочной кислоты.***

Титруют большей частью с индикатором бромтимоловой синью (0,1 г бромтимоловой сини в 100 мл 20%-ного спирта); этот индикатор изменяет окрашивание при pH 7,0 (кислая среда — желтый цвет, щелочная — синий).

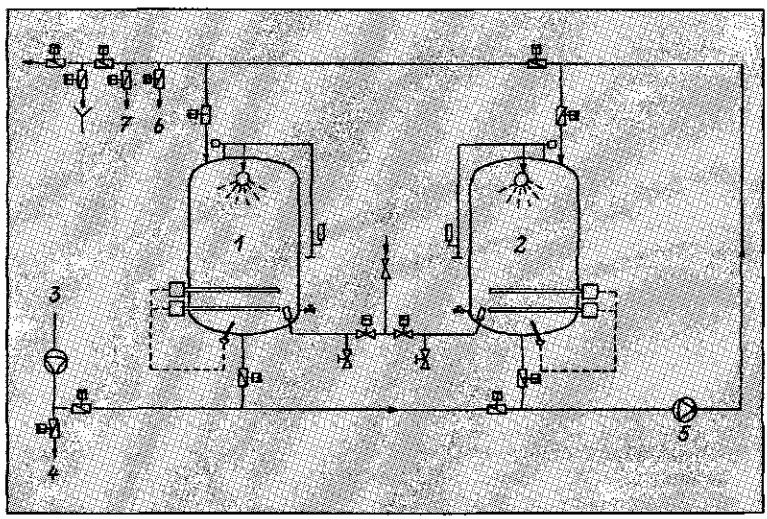


Рис. 3.29а. Установка для биологического подкисления:

1 — пропагатор; 2 — накопительный танк для подкисленного материала; 3 — от сборника сусла; 4 — к сусловарочному котлу; 5 — насос для препарата молочной кислоты; 6 — к заторному чану; 7 — к сусловарочному котлу

Пример

На 25 мл раствора требуется до изменения цвета индикатора 14,1 мл NaOH:

1 мл 0,1 н NaOH = 9 мл молочной кислоты

14,1 мл 0,1 н NaOH = 9 · 14,1 = 126,9 мг молочной кислоты

В 25 мл раствора содержится 126,9 мг молочной кислоты, в 100 мл раствора = 126,9 · 4 = 507,6 мг = 0,51 г/100 мл.

Итого в растворе содержится 0,51 г молочной кислоты/100 мл = 0,51%.

Размножение культуры из исходного раствора

Из исходного раствора можно получить около 2 л раствора молочной кислоты, который помещается в 10-литровую емкость. С периодичностью 8–12 ч можно затем «размножать» исходный раствор добавлением по 4 л 8%-ного сусла (46°С). Когда получится около 10 л, то в дальнейшем можно работать с термостатически регулируемой емкостью для разведения чистой культуры. Важно поддерживать температуру 48° (± 1°С), так как при более низких температурах могут образовываться другие микроорганизмы и другие продукты обмена веществ, что может привести к ухудшению вкуса.

Пример

Расчет количества молочной кислоты для горячего охмеленного сусла.

Чтобы 1 л горячего охмеленного сусла с pH 5,54 подкислить до pH 5,20, было израсходовано 14,25 мл исходного раствора молочной кислоты. Показатель титрования исходного раствора был 28,7 мл 0,1 н NaOH. Сколько г молочной кислоты (в пересчете на 100%-ную концентрацию) на гл сусла следует добавлять?

Известно, что:

1 мл 0,1 / NaOH = 9 мг молочной кислоты, поэтому:

28,7 мл 0,1 / NaOH = 28,7 · 9 = 258,3 мг молочной кислоты.

В 25 мл раствора содержится 258,3 мг молочной кислоты.

В 100 мл раствора содержится 258,3 · 4 = = 1033,2 мг молочной кислоты.

1033 мг = 1,033 г.

100 мл сусла содержат 1033 мг молочной кислоты.

14,25 мл сусла содержат 147 мг = 0,147 г молочной кислоты.

Для 1 л потребовалось 0,147 г молочной кислоты, для 1 гл потребуется 14,7 г молочной кислоты.

Добавление молочной кислоты

Добавлять кислоту нужно как можно раньше. Таким образом можно немедленно включить ферменты в работу и нейтрализовать действие чувствительной к кислоте липоксигеназы, которая иначе тотчас начала бы ферментативное расщепление химически активных ненасыщенных жирных кислот. Конечно, чтобы внести молочную кислоту как можно раньше, можно добавлять ее еще в заторную воду, но для этого требуется отдельная особая емкость. Кроме того, такая добавка противоречит немецкому закону о чистоте пивоварения.

Однако допустимым и целесообразным мероприятием является дозирование молочной кислоты в дробилку мокрого помола (см.раздел 3.2.3.3).

Добавление кислоты при кипячении сусла обычно проводят перед самым окончанием кипячения. Таким образом, перед этим возможно обеспечить лучшую изомеризацию хмелевых смол в более щелочной среде и, следовательно, лучшее их использование.

Кроме того, сокращается полупериод реакции расщепления СММ с образованием ДМС благодаря более высокому значению pH.

3.2.1.9. Состав экстрактивных веществ сусла

Около 75–80% массы засыпи при затирании растворяется (экстрагируется), и нерастворимый остаток отделяется в виде дробины. Основное количество образовавшегося при затирании экстракта (рис. 3.30) состоит из сахаров (мальтозы, мальтотриозы, глюкозы), которые дополняются ранее образовавшимися в ячмене сахарами (сахарозой, фруктозой).

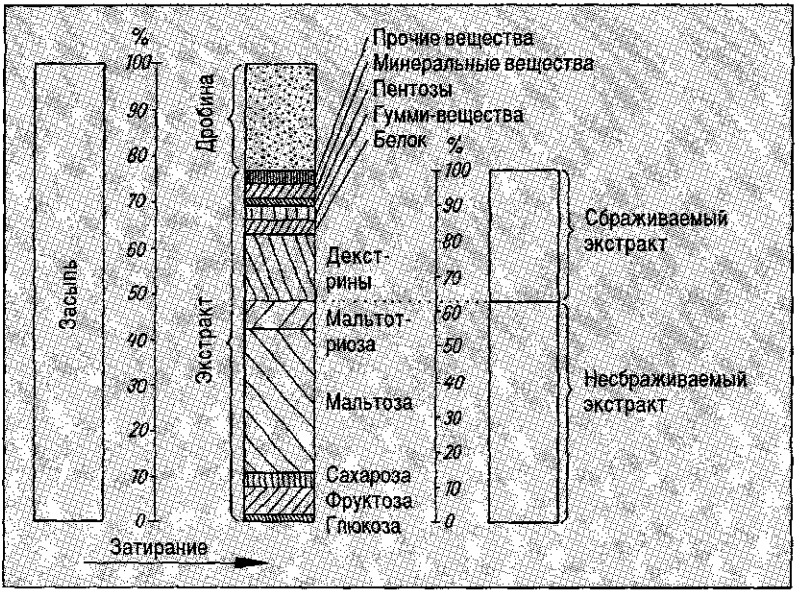


Рис. 3.30. Состав экстракта

Эти сбраживаемые сахара составляют в 11–12%-ном сусле от 61 до 65% общего количества экстракта и устанавливают на этом уровне конечную степень сбраживания. Эта действительная степень сбраживания, находящаяся в пределах ($СС_д$) = 61–65%, соответствует видимой степени сбраживания ($СС_в$), с которой всегда имеют дело на производстве, порядка 75–80%. Оставшаяся несброженная часть экстракта состоит в основном из декстринов, белковых веществ, гумми-веществ и минеральных веществ (см. также раздел 4.3.3.3).

3.2.1.10. Заключительные рекомендации по проведению затирания

Ниже приведены некоторые факторы и параметры процесса затирания, на которые следует обратить внимание с самого начала ведения процесса.

- поддержание оптимальных температур действия ферментов и наблюдение за максимальными температурами действия ферментов;
- исключение вредного влияния кислорода на качество пива;
- использование влияния величины pH на биохимические превращения и процессы;
- исключение возникновения касательных напряжений.

Для обеспечения этого должны быть проведены следующие мероприятия и обеспечены следующие условия:

- кондиционирование солода при высокой температуре;
- короткое время начала затирания;
- равномерное перемешивание, исключение возможности образования клубков;
- отсутствие доступа кислорода;
- подача затора и сусла в емкости варочного порядка снизу;
- применение деаэрированной заторной воды;
- применение приводов мешалок с частотным регулированием;
- при нагревании — максимальная мощность обогрева, выдержка пауз — при половинной мощности обогрева;
- заторный насос с частотным регулированием, обеспечивающий отсутствие контакта с воздухом (*о частотных преобразователях VLT фирмы Danfoss см. прил. 1 на правах рекламы, с. 870–872*);
- исключение вредных касательных напряжений;
- трубопроводы с плавными поворотами;

- высокие температуры начала затирания (более 60 °С);
- при значениях pH затора ниже 5,4 (оптимально 5,2) получают:
  - ♦ более мягкое, округлое, свежее пиво;
  - ♦ лучшую стойкость вкуса;
- пониженное содержание кислорода в пивоваренной воде благодаря деаэрации воды, подаваемой на затирание, или насыщение ее азотом либо CO_2.

3.2.2. Заторные аппараты

Для затирания требуются два аппарата (емкости), так как при отварочном (декокционном) способе часть затора кипятится, а в оставшейся части выдерживается температурная пауза. Поэтому как минимум одна из двух емкостей должна обогреваться; в современных варочных цехах обогреваются оба заторных аппарата **(заторный котел и заторный чан)** (рис. 3.31). (Варочный агрегат старой конструкции состоял из обогреваемого заторного котла, вмещающего только часть затора, и необогреваемого заторного чана, вмещающего весь затор. В отечественном пивоварении сейчас используется объединяющий термин «заторный аппарат», так как в настоящее время обе основные заторные емкости варочного агрегата всегда имеют одинаковую конструкцию и чаще всего одинаковую вместимость. Также часто используются названия «заторный котел», «заторный чан» или в последнее время также «заторный чан-котел» — в основном в тех случаях, когда варочный агрегат состоит из заторных емкостей разной вместимости. — *Прим. ред.*)

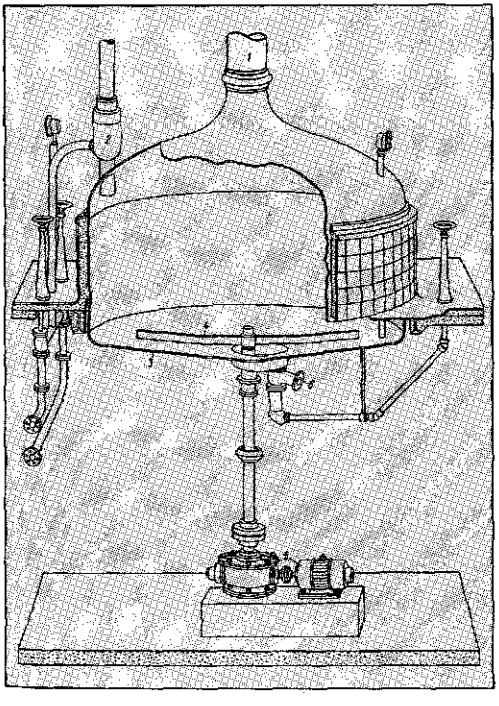


Рис. 3.31. Заторный чан (старая конструкция)

Устройство заторного аппарата в основном соответствует устройству сусловарочного котла, но он меньших размеров, поскольку объем общего затора намного меньше, чем объем набора сусла в сусловарочном котле. Однако при использовании настойного (инфузионного) способа требуется только одна заторная емкость (заторный аппарат).

Большое значение имеет **определение параметров мешалки**. Число оборотов мешалки должно соответствовать диаметру котла, а ее окружная скорость не должна превышать 2 м/с (максимум — 3 м/с), иначе в частях затора возникают усилия сдвига, которые могут изменять в нежелательную сторону коллоидное состояние компонентов затора (см. раздел 3.2.4.1).

Особое значение имеет **обогрев заторного аппарата**. Применявшиеся прежде двойные паровые днища не соответствуют современному уровню техники. Из-за своей большой площади они сильно повреждаются под вакуумом, когда в конце варки забывают открыть воздушный вентиль. В этом случае днища сближаются и из-за деформирования становятся совершенно непригодными. Двойные днища отличаются также плохой теплоотдачей.

В настоящее время поверхности обогрева обогрев осуществляется через приваренные к наружной поверхности днища котла и его обечайки полутруб, расположенных в виде спирали (рис. 3.32), благодаря чему теплоотдача улучшается примерно на 20%.

Вместо имеющей высокую теплопроводность меди для изготовления заторных аппаратов на смену пришла более дешевая сталь. К тому же медь не пригодна для автоматической мойки. Но так как нержавеющая сталь имеет относительно низкий коэффициент теплопроводности, то обогреваемые части котла

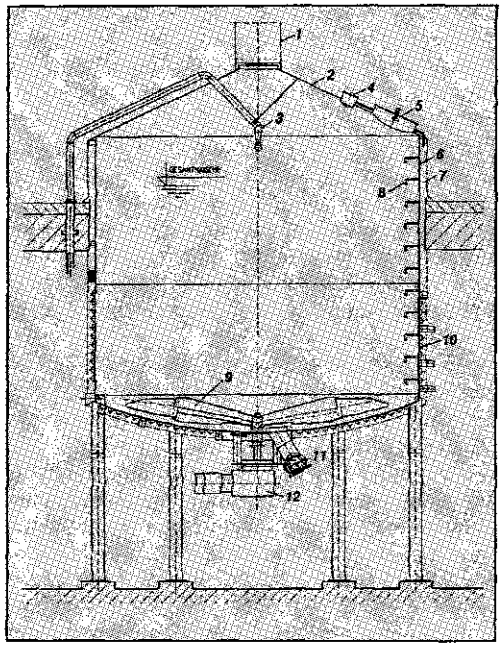


Рис. 3.32. Заторный аппарат:

1 — вытяжная труба; 2 — крышка; 3 — узел моющей головки; 4 — внутреннее освещение; 5 — смотровой и входной люк; 6 — обечайка; 7 — изоляция; 8 — лестница; 9 — мешалка; 10 — сегментные трубы зоны обогрева; 11 — впуск и выпуск затора; 12 — приводной электродвигатель

иногда изготавливают из «черной» стали, во внутренней части которой методом совместной прокатки наносят тонкий слой нержавеющей стали (так называемая плакированная сталь). Конечно, плакированные материалы дороги в изготовлении, и поэтому большей частью применяют нержавеющую сталь с соответствующим увеличением поверхности нагрева (рис. 3.33а).

Пар с избыточным давлением 2–3 бара подводится в несколько зон обогрева и конденсируется, отдавая свою тепловую энергию через стенки котла. Благодаря жесткости труб нет опасности, что из-за возникшего вакуума после закрытия парового вентиля паровая рубашка «сложится». Поэтому здесь не требуется открывать воздушный клапан в конце варки для выравнивания давления, при этом отпадает и проблема образования воздушных пробок из-за попадания воздуха в паровые рубашки.

Образующийся конденсат отводится с помощью конденсатоотводчика, который обычно работает как поплавковый затвор. Благодаря этому избыточное давление в трубах системы обогрева сохраняется, тогда как конденсационная вода отводится без избыточного давления.

Для подготовки несоложеного сырья требуется разварниватель несоложеного сырья, в котором несоложеное сырье нагревается и кипятится с приблизительно 10% общего количества солода.

Разварниватель для несоложеного сырья имеет такую же конструкцию, что и заторный чан-котел, но размеры его меньше, поскольку часть затора из несоложеного сырья сама по себе меньше. (Разварниватель еще меньше, чем заторный котел для кипячения части солодового затора. — *Прим. ред.*) Прежде этот разварниватель делали в виде котла под давлением и кипятили несоложеное сырье при избыточном давлении и температуре выше 100°С. Количество получаемого при этом дополнительного экстракта никак не оправдывает перерасход энергии, и поэтому некоторое время назад перешли к конструкции, расчитанной на ки-

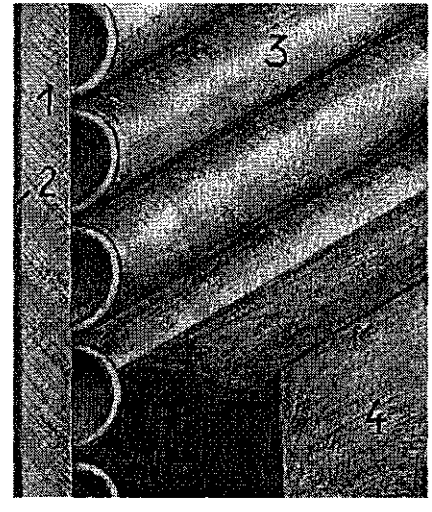


Рис. 3.33а. Обогрев с помощью приваренных в виде спирали полутруб

1 — стальное днище, листа из черной стали; 2 — нанесенный на поверхность стального листа путем прокатки листа из нержавеющей стали; 3 — полутрубы, подводящие обогревающую среду; 4 — изоляция

пячение при атмосферном давлении (см. рис. 3.33б).

Очень часто отказываются от специального разваривателя для несоложеного сырья и применяют для его разваривания заторный котел.

3.2.3. Начало затирания

Под началом затирания понимают процесс, включающий в себя возможно более тщательное перемешивание помола (засыпи) с водой (наливом) при предписанной температуре начала затирания.

3.2.3.1. Гидромодуль затора

Гидромодуль, то есть соотношение засыпи и главного налива является очень важным фактором, поскольку он определяет концентрацию первого сусла. Можно считать, что

При гидромодуле 1 : 3 , то есть на 100 кг засыпи 3 гл налива, получается 20%-ное первое сусло.

Естественно, затор приготовляют гуще, чем требуемая экстрактивность начального сусла, а именно с экстрактивностью первого сусла 16–20%, чтобы затем можно было направить через дробину количество воды, достаточное для ее выщелачивания и одновременного разбавления сусла до требуемой массовой доли сухих веществ.

Тем самым от гидромодуля при затирании зависит состав сусла и тип пива.

Для ***светлого пива*** следует выбирать в общем больший гидромодуль, то есть

3–4 гл/100 кг засыпи.

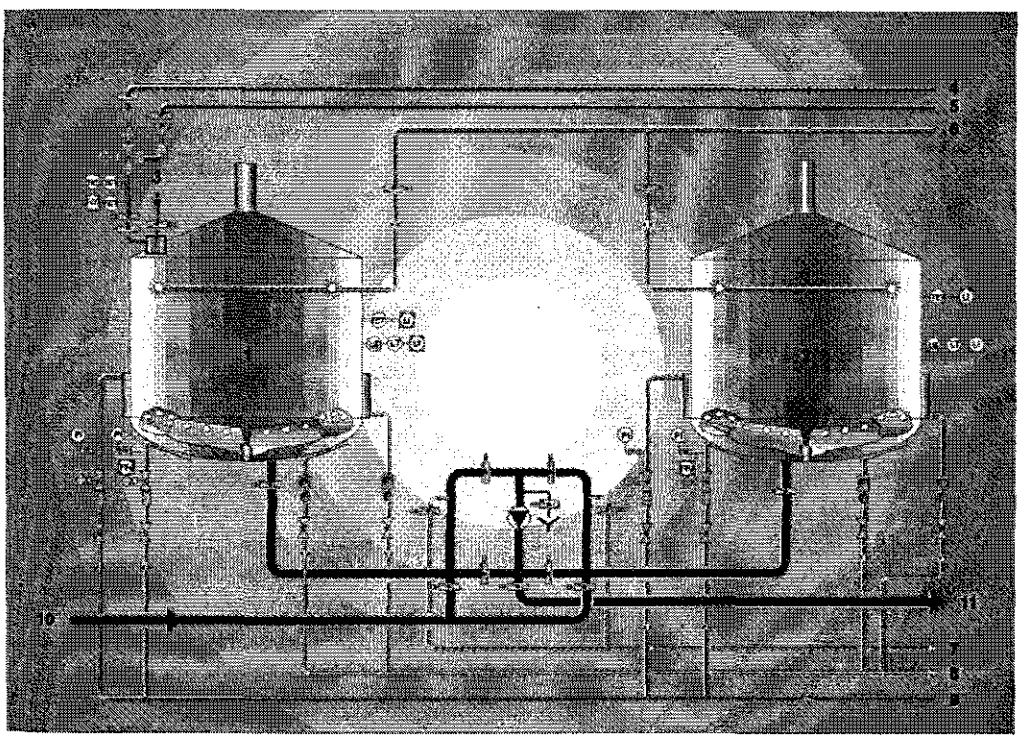


Рис. 3.33б. Заторный агрегат:

1 — заторный чан-котел; 2 — заторный котел; 3 — подача дробленого солода/несоложеного сырья; 4 — холодная вода; 5 — горячая вода; 6 — трубопровод линии подачи моющих растворов; 7 — трубопровод линии возврата моющих растворов; 8 — трубопровод отвода конденсата; 9 — подача пара; 10 — трубопровод подачизатора; 11 — к фильтрационному чану

Тем самым достигают ускорения ферментативных реакций.

Для ***темного пива*** выбирают более густой гидромодуль, то есть

3–3,5 гл/100 кг засыпи.

Этим достигают того, что ароматические вещества солода могут путем карамелизации образоваться в заторе в увеличенном количестве.

Объем затираемого помола составляет ***0,7–0,8 гл/100 кг засыпи.***

Задача

Сколько гл воды надо использовать, чтобы получить 18%-ное первое сусло при засыпи в 1600 кг?

100 кг помола солода дают 20%-ное сусло при 3 гл воды (см. выше), следовательно 1600 кг помола солода дают 20%-ное сусло при 3 · 16 = 48 гл воды

1600 кг помола солода дают 18%-ное сусло при = **53,33 гл воды**

Итого: Чтобы при засыпи 1600 кг получить 18%-ное первое сусло, требуется 53,33 гл воды.

Эти 53,33 гл воды дают с 1600 кг помола 53,3 гл + 1600 кг · 0,7 гл/ 100 кг = 53,3 + 11,2 гл = = 64,5 гл затора.

3.2.3.2. Температура начала затирания

Вообще-то начало затирания возможно при любой температуре; температура начала затирания зависит от оптимальной температуры того фермента, который хотят задействовать сначала.

Прежде в малых пивоварнях дробленый солод замачивали на ночь холодной водой и оставляли затор до утра. Это называлось ***дигерированием (холодным настаиванием)*** и давало несколько лучший выход экстракта, поскольку экстрактивные вещества имели достаточно времени для перехода в раствор. Но поскольку в раствор переходили и нежелательные вещества, в настоящее время этот способ больше не рассматривается в качестве производственного.

В свете новых знаний вновь активно обсуждается вопрос о низких температурах затирания: клетки крахмала в дробленом солоде еще окружены белковой матрицей, где гемицеллюлозы и β-глюканы стенок клеток эндосперма склеены, словно цементом. Чтобы добраться до крахмала, нужно сначала расщепить эти вещества, причем с тем большей интенсивностью, чем хуже растворен солод.

Поэтому ***расщепление β-глюкана*** должно предшествовать расщеплению собственно крахмала. Расщепление этих веществ оптимально проходит ***при температурах от 45 до 50 °C*** (для ферментов, ответственных за расщепление белка, оптимум действия находится — 45–50 °C, для β-глюканазы — 45 °C). Но эти ферменты переходят в раствор уже при 35 °C, так что субстрат при оптимальных температурах уже имеется в растворенном виде, если ***затирание начинается при 35 °C***. Этим достигают повышения конечной степени сбраживания за счет использования более низких температур начала затирания, хотя фактически температура 35 °C не имеет ничего общего с расщеплением крахмала. Эти факты говорят в пользу начала затирания при 35 °C. Несмотря на это, вряд ли кто-либо начинает затирание при такой низкой температуре, так как

- процесс затирания будет длиться очень продолжительное время;
- из-за этого расход энергии становится очень высоким;
- следует ожидать проблем со стойкостью пены, так как сильно возрастает степень расщепления белков.

Применяемая обычно на большинстве предприятий **температура начала затирания 50 °C** (45–50 °C) преследует цель ускорить еще не полное растворение компонентов солода путем расщепления β-глюканов и избежать тем самым проблем с фильтрованием затора и фильтрованием пива. Хорошая фильтруемость и высокая продолжительность цикла работы фильтра являются решающими факторами для повышения производительности пивоваренного производства.

Выдержка при 50 °C называется белковой паузой; она способствует образованию достаточного содержания свободного α-аминного азота, но одновременно уменьшает содержание пенообразующих веществ. Длительная пауза при этой температуре всегда дает плохую пену.

В настоящее время на производстве все чаще выбирают ***температуру начала за-***

тирания в 60–64 °С. При такой температуре β-амилаза может оптимально расщеплять клейстеризованный и разжиженный крахмал и образовывать путем расщепления белка более высокомолекулярные продукты, которые гарантируют лучшую пеностойкость. Предпосылкой для этого является наличие очень хорошо растворенного солода. Ограничивающим фактором является высокое содержание β-глюкана, которое возникает из-за отсутствующей активности β-глюкана вследствие повышенной температуры, что может вызвать трудности с фильтрованием затора и пива. Это касается в первую очередь солодов, выработанных из несортовых ячменей или из-за переработки на солод смеси различных сортов ячменя, или использования таких солодов, у которых для достижения определенных цитолитических показателей партии солода (степени растворимости белка, показания фриабилиметра и т. д.) на солодовенном предприятии был подмешан солод короткого ращения. Солод короткого ращения всегда содержит очень большое количество β-глюкана, который при определении цитолитических показателей в средней пробе не выходит за пределы нормальных значений.

Поэтому если предполагается применять высокие температуры начала затирания, то предлагается [206] проверять солод на однородность методом окрашивания среза зерна по Карлсбергу (см. раздел 2.8.2.10). Показатель однородности должен быть 70%, лучше — 75%.

Предпосылкой для начала затирания при высоких температурах является наличие очень хорошо растворенного солода с высокой степенью однородности.

Если такой очень хорошо растворенный солод начинают затирать при 60–64 °С, то добиваются ряда преимуществ, особенно при комбинации с подкислением затора (pH — около 5,2), а именно:

- экономят время; при этом инфузионный метод при температурах начала затирания 60–64 °С сокращается до 120 мин; в пределе можно добиться времени всего 80–90 мин, но возможно также использовать ускоренные методы затирания с короткими отварками (с одной или двумя отварками);
- достигают одновременно экономии энергии;
- расщепление белков протекает сокращенно; образуется больше высокомолекулярных продуктов расщепления белка;
- получается лучшая пена;
- благодаря сокращенному расщеплению белков содержание свободного α-аминного азота в сусле уменьшается;
- для реакций меланоидинообразования имеется меньше аминокислот;
- улучшается стойкость вкуса — не в последнюю очередь за счет инактивации липоксигеназы.

3.2.3.3. Смешивание воды и дробленого солода

Затирание должно вестись так, чтобы вода и помол тщательно перемешивались друг с другом (без образования комков). В традиционных методах для этого сначала в чан заливают воду, а затем для получения равномерного перемешивания загружают помол тонкой струей при одновременном пуске мешалки. При этом возникают потери из-за образования пыли, однако для качества продукта еще хуже было бы попадение в затор вместе со стекающим дробленым солодом кислорода и существенное повышение его содержания в заторе.

Чтобы добиться интенсивного перемешивания воды с помолом, в заторную трубу встраивают смачиватель (рис. 3.34).

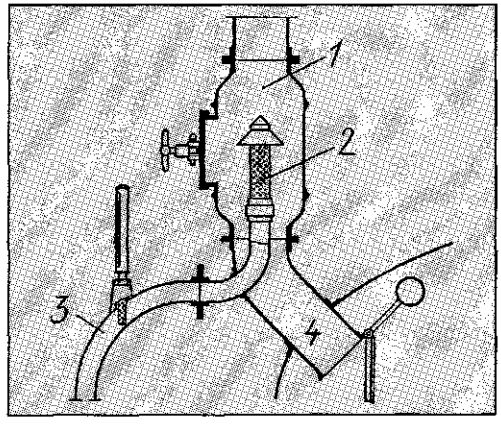


Рис. 3.34. Смачиватель:

1 — подача солода; 2 — распылительная трубка; 3 — подача воды; 4 — смесь воды и дробленого солода (затор)

В этих устройствах вода с температурой, равной температуре начала затирания, движется вместе с помолом и при этом происходит перемешивание без образования комков. Большое значение для начала затирания без образования комков имеет работа мешалки.

Поскольку заторная вода содержит растворенный кислород, все чаще ее предварительно деаэрируют.

Особенно интересный способ начала затирания используется в танке с наклонными дисками (рис. 3.34а).

Помол *1* с водой *3* через смачиватель *4* попадает в танк. Там на эксцентрическом валу движутся несколько наклоненных друг к другу дисков *5*, благодаря чему затор очень сильно и интенсивно, но в то же время и бережно перемешивается. Через выпуск затора *9* с помощью насоса *11* затор подается в заторный котел и тем самым обеспечивается непрерывное движение его через предзаторник с наклонными дисками.

Известно, что окислительные процессы начинаются с интенсивного перемешивания на начальной стадии затирания при смешивании помола, воды и воздуха (воздух содержится также в самом солоде и в воде). Последующие мероприятия для исключения процессов окисления носят поэтому ограниченный характер. Если требуется с самого начала подавить эти окислительные процессы, то имеется возможность герметизировать и наполнить инертным газом (CO_2 или N_2) все пути на участке перемещения помола и затора (от силоса для хранения солода до заторного чана) (рис. 3.34б).

Чтобы оставаться при этом последовательным, необходимо подавить возможную активность липоксигеназы путем понижения pH, для чего должна использоваться возможность биологического подкисления в начале затирания.

В качестве предзаторника может быть также использовано устройство в виде трубы большого диаметра с заторным шнеком (например, лопастным) с подключенным последовательно насосом для густых сред (например, эксцентриковым шнековым насосом). Таким путем можно также готовить концентрированные заторы и проводить все работы с самого начала без доступа кислорода (с заполнением инертным газом).

Здесь следовало бы еще раз напомнить, что не всегда все было так же просто, как сегодня. Один из элементов в эмблеме немецких пивоваров показывает, каким тяжелым тру-

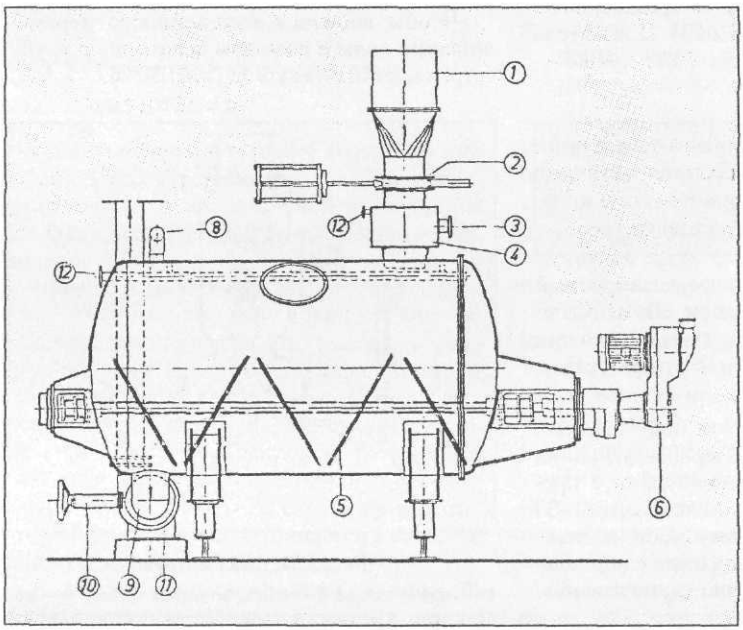


Рис. 3.34а. Предзаторный танк с наклонными дисками (BTE, г. Эссен, Германия):

1 — подача помола; 2 — заслонка; 3 — подвод воды; 4 — смеситель; 5 — наклонные диски; 6 — плавно регулируемый приводной электродвигатель; 8 — воздушный клапан; 9 — выпуск затора; 10 — выпускной клапан; 11 — заторный насос; 12 — трубопровод CIP

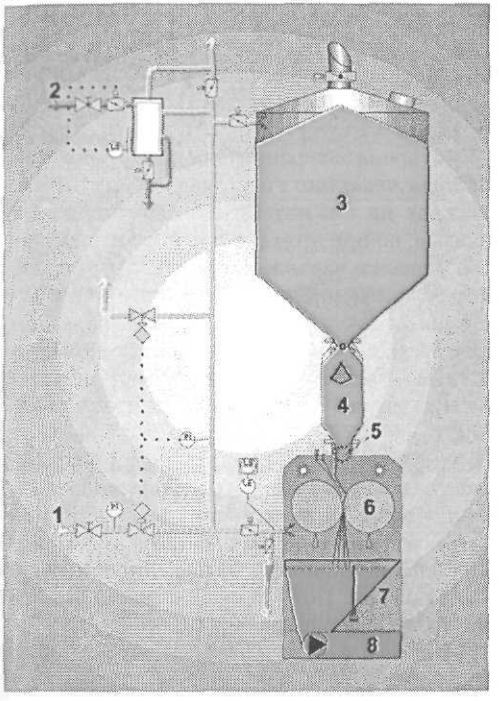


Рис. 3.34б. Капсулированный, не содержащий воздуха помол и приготовление затора:

1 — подвод газа (CO_2 или N_2); 2 — вода; 3 — солод; 4 — шахта для кондиционирования; 5 — питающий валец; 6 — вальцы дробилки; 7 — управление уровнем в желобе; 8 — затор

дом прежде было затирание: когда не было смесителей, затор приходилось перемешивать вручную с помощью **заторного весла** или **заторной лопатки** (рис. 3.35).

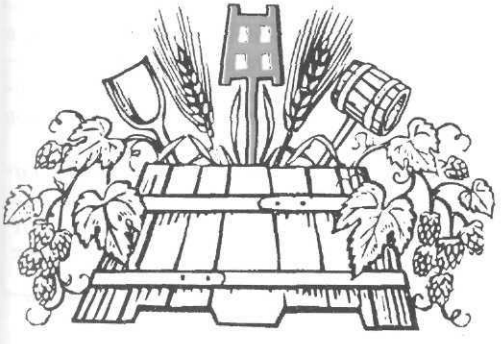


Рис. 3.35. Заторная лопатка в эмблеме немецких пивоваров

3.2.4. Способы затирания

Процесс затирания состоит в том, что температуру затора поднимают до оптимальных температур для действия тех или иных ферментов, и затем выдерживается пауза.

Паузы задаются при следующих оптимальных для ферментов температурах:

- *45–50 °C — белковая пауза и пауза для расщепления β-глюкана;*
- *62–65 °C — мальтозная пауза;*
- *70–75 °C — пауза для осахаривания;*
- *78 °C — температура окончания затирания.*

По виду повышения температуры различают две группы способов затирания:

- *настойный (инфузионный) способ;*
- *отварочный (декокционный) способ.*

При инфузионном способе весь затор при поддержании пауз последовательно нагревается до температуры окончания затирания, причем части затора не кипятятся.

При способе с отварками температура повышается благодаря тому, что часть затора ***(отварку)*** отделяют и кипятят. При обратной перекачке к остальному затору температура всего затора повышается на следующую ступень температурной обработки.

3.2.4.1. Различные точки зрения на проведение затирания

При выборе способа затирания следует рассмотреть ряд точек зрения на приготовление затора и сусла, которые бы по своему составу соответствовали желаемому типу пива.

Это касается, например, содержания сбраживаемых сахаров, определяющего конечную степень сбраживания, или обеспечения достаточно высокого уровня высокомолекулярных белков для достижения полноты вкуса и пеностойкости пива. Именно выбранный способ затирания дает хорошую возможность влиять на характер пива, и ниже мы приведем важнейшие аспекты для его выбора [7].

Качество солода

Солода часто характеризуются высоким растворением белков. Если при затирании такого солода держать длинную паузу при 50 °С, то возникает опасность расщепления слишком большого количества высокомолекулярного белка; вкус пива при этом станет пустым и невыразительным, а стойкость пены —плохой. Если солод хорошо растворен цитолитически, то при затирании можно не делать паузу при 45–50 °С и выбрать температуру начала затирания 58–62 °С.

Если при слабом растворении клеточных стенок эндосперма хотят углубить степень их расщепления, не продолжая расщепления белков, то затирание проводят при 35 °С, так как здесь уже работают термочувствительные β-глюканазы, благодаря чему происходит интенсивное воздействие на эндосперм, а расщепления белка не происходит.

Повышение температуры путем долива горячей воды

Гидромодуль затирания у светлого пива составляет 4–5 гл/100 кг солода. Но если начать затирать густо при 35 °С (или 50 °С) (солод : вода = 1 : 2,5) и затем добавить горячую воду с температурой выше 95 °С, переведя таким образом температурный режим затора на следующую паузу в 50 °С (или 63 °С), то процессы расщепления замедляются и особенно ограничивается при этом расщепление белков. После этого долива восстанавливается нормальное соотношение засыпи к главному наливу.

Такой способ ускоренного повышения температур дает экономию энергии, так как на пивоваренном предприятии обычно имеется избыток горячей воды.

Если хотят уменьшить конечную степень сбраживания (например, для легкого или безалкогольного пива), то прибегают также к особому технологическому приему — **способу затирания со скачкообразным нагреванием затора** (см. раздел 3.2.4.3.4).

Обеспечение оптимального контакта между ферментами и компонентами солода

Особое значение для хорошего затирания имеет оптимальный контакт между компонентами солода и растворенными в воде ферментами для обеспечения их расщепляющей функции. Известно, что уже в начале затирания стараются получить интенсивное перемешивание солодового помола с водой для оптимального протекания ферментативных реакций.

Во время затирания большую роль играет ***работа мешалки:*** в настоящее время перемешивают не так интенсивно как это делали прежде, но при этом повышают число оборотов мешалки параллельно с наполнением емкости (изменение числа оборотов происходит ступенчато или плавно с помощью электродвигателя с частотным регулированием).

Для стягивания густого затора мешалку следует выключать на 5–10 мин, чтобы могли осесть нерастворенные части солода. После обратного перекачивания отварки мешалка еще работает 30 мин при средней скорости.

Слишком интенсивное перемешивание всегда вызывает примешивание воздуха и возникновение дополнительных ***касательных напряжений***. Под этими напряжениями понимают следующее.

В заторе, в сусле и пиве содержится много веществ, которые состоят из высокомолекулярных соединений или из сложных структурных образований. Эти «малые тела» деформируются под действием касательных напряжений и могут поэтому изменить свою структуру или совсем ее лишиться [8].

Большие перепады давления возникают, например, тогда, когда лопасти насоса или мешалки смесителя вращаются намного быстрее, чем за ними может следовать жидкость (рис. 3.36).

Если частица (а) движется в перемешиваемом заторе равномерно, сохраняя свою форму, то деформирующие частицу (b) силы изменяются, особенно в турбулентных пограничных слоях (рис. 3.36а) на лопастях, в трубопроводах с крутыми поворотами, на шероховатостях внутренних поверхностей трубопровода, в узких зазорах объемных насосов и т. д.

Эти возникающие силы называются ***касательными напряжениями***. Они возникают там, где из-за быстрого движения образуются большие различия в скоростях, например:

- в насосах всех видов (см. раздел 10.5.1);
- в центробежных сепараторах;
- в трубопроводах и емкостях, в которых возникает турбулентное движение.

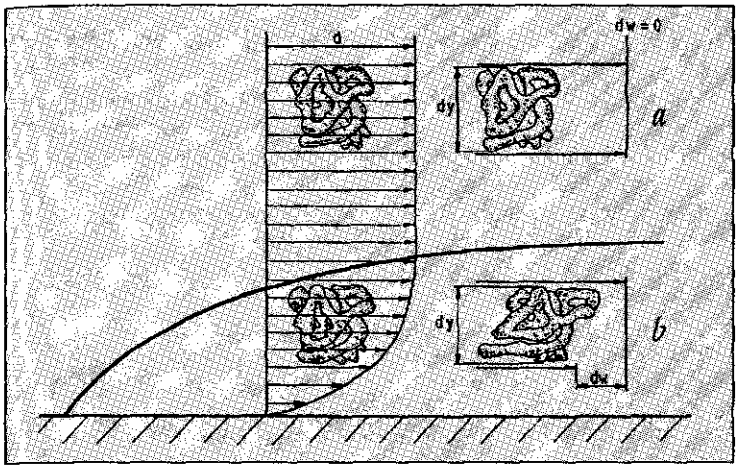


Рис. 3.35. Деформация малых тел в пограничном слое:

a — форма частицы в состоянии покоя или медленного движения; b — деформация под действием касательных напряжений (по Hilge-Berdelle)

В качестве примера негативных изменений в структуре и свойствах веществ из-за воздействия касательных напряжений можно рассмотреть β-глюкан. Из-за действия касательных напряжений молекулы растягиваются, что ведет к гелеобразованию. Можно целенаправленно получить гель β-глюкана непосредственно под воздействием больших касательных напряжений; в любом случае гелеобразование предполагает известное наличие минимальных количеств высокомолекулярного β-глюкана.

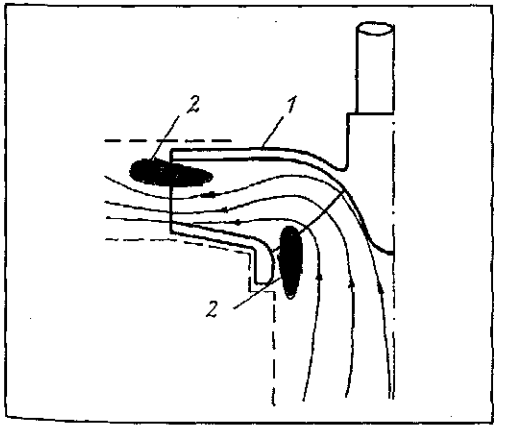


Рис. 3.36а. Возникновение касательных напряжений

1 — лопасть; 2 — турбулентные области

Однако высокое содержание геля β-глюкана связано с ухудшением фильтруемости пива, поэтому желательно не допускать его образования (см. раздел 3.2.1.4). С другой стороны, образование геля зависит также от образования спирта. Поэтому гель β-глюкана образуется лишь позднее.

Этому можно содействовать путем целенаправленной работы мешалки. С другой стороны, слишком ограниченное по времени применение мешалки с одновременным повышением разницы температур может вести к расслоению затора, от чего страдает переход в раствор компонентов солода. Это означает, что мешалка должна использоваться очень целенаправленно.

Для того чтобы воздействие касательных напряжений сделать возможно меньшим, необходимо применять большие лопасти мешалки (рис. 3.37) при возможно меньшем числе оборотов и окружных скоростях менее 1 м/с.

Затор не всегда имеет одинаковую вязкость и поэтому он оказывает мешалке различное сопротивление. При низких температурах (30–35 °C) вязкость затора сначала высокая, при 50–52 °C она существенно ниже и снова сильно возрастает при температуре свыше 60 °C из-за начавшейся клейстеризации. У рисового затора вязкость возрастает позднее из-за более высокой температуры клейстеризации и достигает максимума при 80 °C и выше.

Касательные напряжения, возникающие при перемешивании, можно определить по

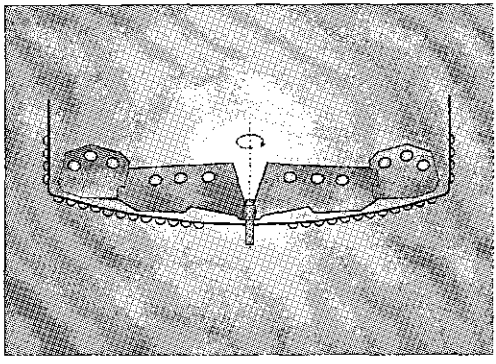


Рис. 3.37. Лопасти специальной мешалки для бережной обработки затора

изменению «негидролизуемых тонких частиц» (НТЧ, NHF). При этом оказывается, что образование НТЧ и с ними касательных напряжений явно усиливается приблизительно после 57 °С и становится тем больше, чем быстрее происходит вращение мешалки (рис. 3.37а).

Поэтому рекомендуется путем бережного перемешивания, особенно при повышенных температурах затирания, избегать возникновения касательных напряжений.

Особо следует обратить внимание на то, что при температурах выше 57–58 °С термочувствительная β-глюкан-солюбилаза в возрастающей степени выделяет высокомолекулярный β-глюкан, который не может быть далее расщеплен. Под действием касательных напряжений эти молекулы могут вытягиваться и переходить в гелеобразную форму. Поэтому при превышении этих температур (57–58 °С) для исключения касательных напряжений следует вращать мешалку медленнее, для чего мешалка должна иметь привод с частотным регулированием.

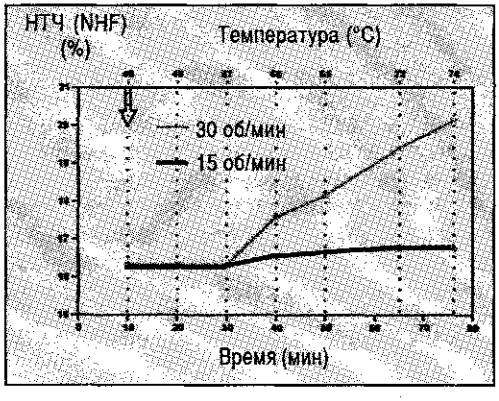


Рис. 3.37а. Усиление образования касательных напряжений из-за ускоренного вращения мешалки при повышающихся температурах

Процессы окисления при затирании

Воздух в ограниченной степени растворим в воде. Степень растворения зависит от температуры, давления и интенсивности перемешивания.

В результате воздействия воздуха при затирании наблюдается:

- *более темный цвет сусла и пива;*
- *более широкий вкус пива;*
- *меньшая стойкость вкуса.*

В медных емкостях эти процессы окисления протекают интенсивнее.

Все вышесказанное является основанием для того, чтобы стремиться к полному исключению или ограничению попадания воздуха в затор. Как и где попадает воздух в затор? Это происходит, например,

при быстрой перекачке затора в заторный аппарат сверху;
при высоких скоростях работы мешалок;
при захвате воздушных пробок;
при всякого рода перекачках.

При затирании существенно уменьшить окисление можно:

- ***путем применения деаэрированной воды;***
- ***путем использования предзаторных устройств или перемешивания помола с водой непосредственно в дробилке (см. раздел 3.1.5.2);***
- ***путем подачи затора в заторные аппараты снизу (рис. 3.37 и 3.37а);***
- ***путем регулирования скорости работы мешалки;***
- ***путем исключения образования воздушных пробок при перекачке.***

В следующих разделах будет показано, что машиностроителями предпринимается все, чтобы исключить или по крайней мере уменьшить вредное влияние кислорода.

В результате работы с пониженным содержанием кислорода:

- *улучшается расщепление β-глюканов и с ним расщепление крахмала;*
- *повышается конечная степень сбраживания;*
- *фильтрование затора протекает быстрее;*
- *становится ниже цветность сусла и пива;*
- *вкус пива улучшается;*
- *повышается стойкость вкуса.*

Все это — основания для проведения мероприятий с целью снижения степени окисления продукта в варочном цехе.

3.2.4.2. Настойные способы

Простейшей группой среди способов затирания являются настойные, так как при применении этих способов весь затор никогда не разделяется. Нагревание всего затора осуществляют постепенно, с выдерживанием температурных пауз, необходимых для действия ферментов.

Для настойного способа затирания требуется только одна обогреваемая емкость. Так как затор не перекачивается, поглощение воздуха минимально, что является позитивным фактором, поскольку кислород при затирании ведет к окислению полифенолов, а с ними — и к размыванию вкуса и более высокой цветности готового пива.

При инфузионном способе большую роль играет эффект перемешивания. Мешалка должна иметь возможность приспосабливаться к соответствующей стадии процесса затирания благодаря электродвигателю привода мешалки с переключением полюсов и двумя скоростями или должна иметься возможность для плавного регулирования. При этом возрастает значение конструкции лопасти мешалки. Если при выдерживании пауз мешалку выключают, то увеличивается время осахаривания и фильтрования затора, а выход экстракта ухудшается, так как образуется перепад температур, ухудшающий переход экстрактивных веществ в сусло и затрудняющий работу ферментов.

Если перерабатывается очень хорошо растворенный солод, то достаточно того, чтобы температура последовательно поднималась по нарастающей шкале, оптимальная для действия амилаз температура поддерживалась около 20 мин и после осахаривания затор перекачивался бы в фильтрационный аппарат (рис. 3.38).

Это означает, что очень хорошо растворенный солод можно затирать при 62 °С, не опасаясь, что сусло будет содержать слишком много высокомолекулярных β-глюканов (проблема с фильтрованием) и при этом не будет достигнуто желательное количество свободного аминного азота (FAN) на уровне 200–220 мг/л (см. раздел 1.1.4.2.2). При высокой температуре начала затирания уже не работают пептидазы, и поэтому они больше не могут образовывать аминокислот. С другой стороны, с помощью термостойких протеиназ образуются высокомолекулярные пенообразующие вещества. Преимущество высокой температуры затирания и связанной с ней длительности затирания менее 1,5 ч успешно используется сегодня на ряде пивоваренных предприятий, когда у них в распоряжении имеется очень хорошо растворенный солод.

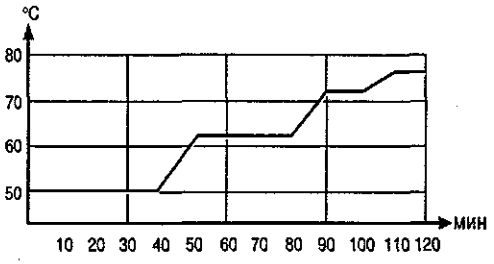


Рис. 3.38. Настойный способ
Начало затирания при 62 °С для очень хорошо растворенного солода

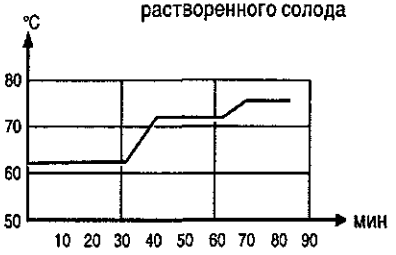


Рис. 3.38а. Настойный способ
Температура начала затирания 50 °С

Ограничивающим фактором для применения пауз при 50 °С является степень растворения солода (см. раздел 2.4.1.3.1). При слабо или плохо растворенных солодах уже имеющийся свободный β-глюкан должен продолжать расщепляться β-глюканазами. Проблема состоит в том, что нельзя пропустить паузы, оптимальной для действия β-амилазы (62–65 °С). При этом неизбежно, что при такой температуре β-глюкан будет продолжать растворяться с помощью β-глюкансолюбилазы (и тем больше, чем хуже растворен солод) [196]. Для нормально растворенного солода (имеющего такие показатели, как вязкость < 1,52 мПа · с, содержание β-глюкана < 150 мг/л) затирание общей продолжительностью максимум 2 ч и с начальной температурой 50 °С (рис. 3.38а) всегда надежно обеспечивает положительный эффект, и этот способ используют очень многие пивоваренные предприятия.

Преимущества настойных способов заключаются прежде всего в следующем:

- ***они допускают легкую возможность осуществить автоматизацию процесса;***
- ***они способствуют более низкому потреблению энергии, чем отварочные способы;***
- ***они легче контролируемы.***

Недостатком является несколько более затрудненое достижение нормальной йодной пробы и соответственно — несколько меньший выход варочного цеха при переработке солода плохого качества.

Явные преимущества настойных способов ведут к тому, что в настоящее время они находят все большее распространение.

3.2.4.3. Отварочные способы затирания

Общим для отварочных способов затирания является то, что часть затора отбирают и кипятят. После обратной перекачки температура всего затора повышается. По числу этих отварок различают трех-, двух- и одноотварочный способы затирания. В последнее время мы имеем дело с общей тенденцией к уменьшению числа отварок.

Отбор и кипячение отварок оказывает следующее воздействие:

- ***из-за быстрого нагревания белки той части затора, которую кипятят, меньше расщепляются;***
- ***повышается степень клейстеризации и разжижения крахмала;***
- ***происходит более сильное выщелачивание веществ, содержащихся в мякинных оболочках;***
- ***образуется больше меланоидинов;***
- ***усиленно испаряется диметилсульфид;***
- ***происходит уменьшение содержания ферментов в объединенном заторе;***
- ***несколько увеличивается выход варочного цеха.***

В связи с кипячением затора при отварочных способах потребляется больше энергии (в среднем на 20%), чем при использовании настойных способов. (Повышенный расход тепловой энергии в отварочных способах связан с большей продолжительностью процесса в целом, испарением воды при кипячении и дополнительным расходом электроэнергии из-за работы насосов при перекачках. — *Прим. ред.*)

Отварка

Для протекания процессов расщепления при затирании особое значение имеет использование определенного вида и числа отварок: если выключить мешалку, то твердая фаза затора, ***густой затор***, осаждается на дне емкости, тогда как жидкая фаза затора, ***жидкий затор***, собирается в ее верхней части. Жидкий затор можно отобрать с помощью декантатора поплавкового типа.

Чтобы извлечь еще оставшиеся нерасщепленными частицы крахмала, густой затор следует кипятить. Жидкий затор кипятить не следует, так как он насыщен перешедшими в раствор ферментами.

В качестве отварки используют по возможности наиболее густую часть затора.

При обратной перекачке затора (соединении отварки и основной части затора) для сохранения ферментов в объединенном заторе при постоянном помешивании перекачивают отварку в основную часть затора, и никогда не поступают наоборот (рис. 3.39).

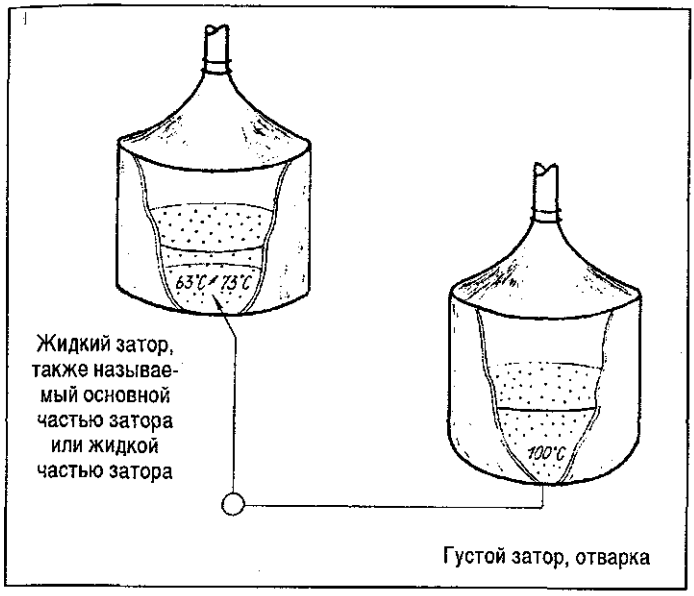


Рис. 3.39. Обратная перекачка отварки в основную часть затора после кипячения

Чтобы исключить ненужный и вредный контакт затора с воздухом, в настоящее время при перекачке не допускается объединение затора путем подачи отварки сверху; обратную перекачку осуществляют путем подачи затора по мере возможности снизу.

Объем отварок, отбираемых для кипячения, устанавливается таким образом, чтобы поднять температуру объединенного затора до желаемой. Этот объем известен из опыта пивоварения и составляет от $^1/_3$ до $^1/_4$ от общего объема затора.

При изменении способа затирания объем отварок можно рассчитать по приведенной ниже формуле. При этом исходят из того, что температуру отварки после кипячения лучше понизить путем охлаждения до 90 °C.

$$\text{Объем отварки в гл} = \frac{\text{Требуемое повышение температуры в °C} \times \text{на общий объем затора в гл}}{(95\ ^\circ\text{C} - \text{температура основной части затора в } ^\circ\text{C})}$$

Пример
130 гл затора при 50 °C должны быть нагреты до 64 °C. Какое количество затора следует кипятить?

$$V_{отв} = \frac{(64\ ^\circ\text{C} - 50\ ^\circ\text{C}) \times 130\ \text{гл}}{(95\ ^\circ\text{C} - 50\ ^\circ\text{C})}$$

$$V_{отв} = \frac{14\ ^\circ\text{C} \times 130\ \text{гл}}{45\ ^\circ\text{C}} = 40{,}4\ \text{гл}$$

Объем отварки составляет 40,4 гл.

При кипячении все ферменты инактивируются, но для полного расщепления крахмала требуются амилазы, которые остаются в основной части затора, не подвергавшейся кипячению. Поэтому кипятить весь затор не следует. Определенную роль играет продолжительность кипячения, поскольку при ее увеличении растворяется больше крахмала. Так как кипячение связано с определенным потреблением энергии и высокими затратами, длительность кипячения всегда в необходимой степени ограничивают. По возможности при кипячении затора избегают интенсивного парообразования в целях экономии энергии. Обычно затор кипятят

для производства светлого пива — 10–15 мин,

для производства темного пива — 20–30 мин.

Так как большое число отварок требует больше энергии и времени, стремятся обойтись их минимальным числом (1 или 2) и тем самым работать быстрее и с меньшими затратами. Поэтому по числу отварок различают:

одноотварочные способы;
двухотварочные способы;
трехотварочные способы.

3.2.4.3.1. Одноотварочные способы

Одноотварочные способы — это в принципе те же настойные способы, в которых повышения температуры — чаще всего до 65 и 75 °С — достигают путем отбора, кипячения и обратной перекачки отварки. Схема такого одноотварочного способа может быть следующей: начало затирания при 35 °С и медленное нагревание до 50 °С (или начало затирания сразу при этой температуре, см. рис. 3.40); пауза при 50 °С и нагревание всего затора до 64 °С, последующая более длинная пауза (мальтозообразование). Отделение и кипячение отварки 15–30 мин. Затем следует соединение отварки с остатком затора с последующим повышением температуры до 75 °С и осахариванием.

Отварки можно также делать между паузами от 35 до 50 °С или между 50 и 64 °С, но следует учитывать, что в этих случаях нерастворимые части отварки меньше осаждаются и тем самым достигается меньший эффект. Особым вариантом одноотварочных способов является ***затирание с кипячением всей густой части затора***: в этом случае затирают при 35 °С и отбирают отстоявшуюся жидкую часть затора, около 20%. Всю оставшуюся густую часть затора нагревают до кипения при соблюдении необходимых температурных пауз и кипятят 30–40 мин. Затем оставшуюся часть затора расхолаживают до 65 °С, при этом за счет добавления жидкой части затора образуется мальтоза, затем затор нагревают до температуры осахаривания и после осахаривания затор перекачивают в фильтрационный аппарат.

3.2.4.3.2. Двухотварочные способы

Классический двухотварочный способ начинается с затирания при 50 °С. После общей для всего затора короткой температурной паузы отбирается густой затор и после последовательного выдерживания необходимых коротких температурных пауз он нагревается до кипения, 15–20 мин кипятится, и путем его примешивания температура всего затора повышается до 64 °С и выдерживается пауза для мальтозообразования. Через короткое время отбирается второй раз густой затор и нагревается до кипения. Вторая отварка кипятится несколько меньше, чем первая, и с ее помощью общий затор нагревается приблизительно до 75 °С и перекачивается в фильтрационный аппарат. Двухотварочный способ занимает около 3–3,5 часов.

Если рассматривать диаграмму затирания этого способа, то бросается в глаза, что преобладает температура 50 °С и поэтому происходит очень глубокое расщепление белка и

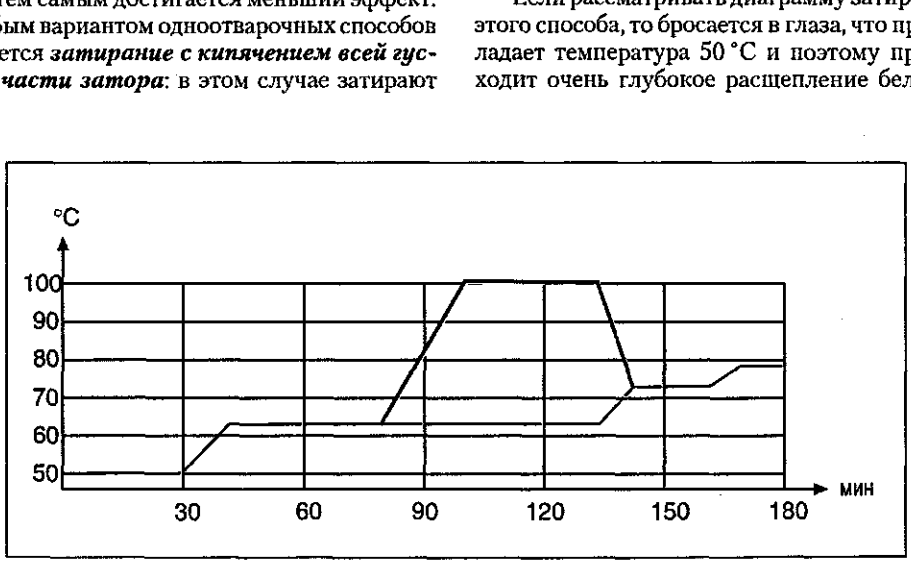


Рис. 3.40. Одноотварочный способ

β-глюкана. От этого страдает полнота вкуса и пенообразование, получается «пустое» пиво, вкус которого можно исправить только частично, добавляя темный солод.

Чтобы изменить это положение, начало затирания можно проводить при 50 °С и нагревать затор до 62 °С и/или использовать дополнительный налив горячей воды, чтобы можно было более точно контролировать продолжительность белковой паузы.

Другую возможность представляет собой начало затирания при 35 °С и отбор первой отварки. Конечно, при этом следует стараться контролировать расщепление белков, что сегодня осуществляют прежде всего путем контроля содержания свободного аминного азота (FAN).

Особый вид двухотварочного способа — это ***ускоренный способ затирания с двумя короткими отварками*** (рис. 3.41).

Температура начала затирания в этом случае — 62 °С, продолжительность всего процесса затирания — только 2 ч. Он может проводиться также и с использованием только одной отварки. Для применения этого способа требуется очень хорошо и равномерно растворенный солод.

Температура начала затирания в 62 °С — выше оптимальных температур для расщепления белков; несмотря на это, при данной температуре все еще идет их интенсивное расщепление и можно ожидать хорошего пенообразования. Однако расщепление β-глюкана здесь не происходит, и именно поэтому для данного способа требуется очень хорошо растворенный солод.

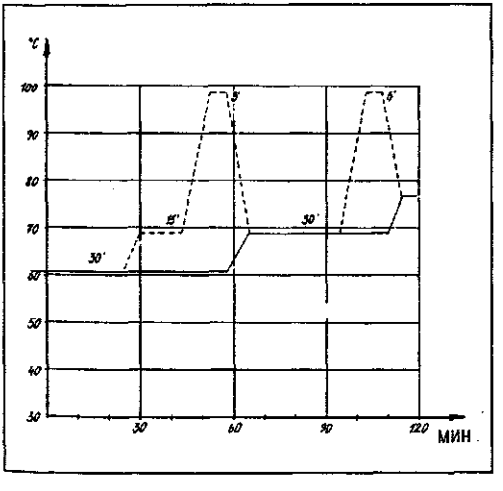


Рис. 3.41. Ускоренный способ затирания с двумя короткими отварками

3.2.4.3.3. Трехотварочные способы

При трехотварочном способе повышение температуры происходит между основными температурами затирания благодаря отбору отварок, их кипячению и соединению отварки с жидкой частью затора.

К этим основным температурам относятся:

- 35 °С — температура начала затирания;
- 50 °С — белковая пауза/расщепление гумми-веществ;
- 64 °С — мальтозная пауза;
- 75 °С — пауза осахаривания.

Так как основная часть затора при этом способе очень долго находится при основных температурах затирания, а густой затор очень интенсивно обрабатывается, трехотварочный способ дает пиво с очень сильно выраженным солодовым ароматом. Поскольку процесс длится 5–6 ч и при этом потребляется очень много энергии, то применяют его очень редко и только для изготовления специальных сортов темного пива.

По трехотварочному способу работают также на пивоваренном предприятии Pilsner Urquell.

3.2.4.2.4. Специальные способы затирания

Специальными способами затирания называют способы, отличающиеся какими-либо особенностями. Цели специальных способов затирания могут заключаться в том, чтобы

- *понизить конечную степень сбраживания* (например, способ со скачкообразным нагреванием затора);
- *улучшить качество пива* (например, затирание по способу Кубессы (Kubessa)) или
- *увеличить выход экстракта* (например, способ затирания под давлением, способ с предварительным холодным настаиванием).

Способ затирания со скачкообразным нагревом (рис. 3.42)

Начало затирания проводят при 35 °С, при этом приготовляют сначала густой затор и

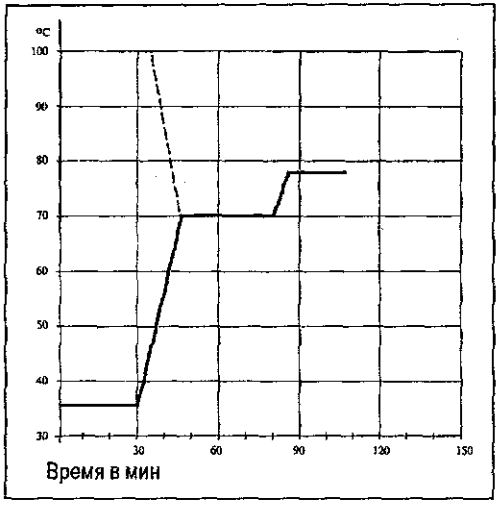


Рис. 3.42. Способ со скачкообразным нагреванием затора (добавление горячей воды)

добавляют к нему кипящую воду, доводя температуру затора до 72 °С. Благодаря этому мальтозная пауза «проскакивается», β-амилаза способствует полному осахариванию, определяемому по йодной реакции, но большое содержание декстринов дает очень низкую конечную степень сбраживания (порядка 40%), что желательно для высококалорийных сортов пива. Этот способ применяют только при наличии хорошо растворенного солода.

Поскольку здесь добавляют кипящую воду, то этот способ называют также ***способом затирания с доливом горячей воды***. Долив горячей воды для повышения температуры можно применять и для любой другой температурной паузы.

Способ Кубессы

При затирании по способу Кубессы (Kubessa) и Мерца (Merz) с раздельной переработкой оболочек до окончания процесса приготовления осахаренного затора оболочки находятся в отдельном отсеке бункера для дробленого солода или затираются в горячей воде при начальной температуре 64 °С. Оболочки добавляются к затору лишь к моменту перекачки затора в фильтрационный чан. Цель способа затирания с раздельной переработкой оболочек — воспрепятствовать выщелачиванию компонентов оболочек, поскольку при кипячении большая часть дубильных и горьких веществ оболочек переходит в раствор и тем ухудшает качество экстракта. Данный способ применяется редко.

Способ затирания под давлением

При обычном затирании крахмал никогда не переходит в раствор полностью, и дробина все еще содержит крахмал. Если затор кипятить при избыточном давлении в 2–3 бара, то выход повышается на 2–3%. Безусловно, это было бы существенным улучшением, но качество дополнительно растворенного экстракта плохое, и обычно отдают предпочтение качеству перед экономической выгодой. К тому же затирание под давлением должно проводиться в герметичном котле, рассчитанном на избыточное давление, который не всегда имеется в наличии.

3.2.4.3.5. Способы затирания с применением несоложеного сырья

Известно, что необходимый для брожения сахар образуется из крахмала солода благодаря работе ферментов. Крахмал, естественно, содержится не только в солоде, но и во всех видах зернопродуктов. Во многих странах эти зернопродукты значительно дешевле сравнительно дорогого солода. Если не чувствовать себя связанным — как в Германии — законом о чистоте пивоварения, для производства сусла можно частично применять эти более дешевые зернопродукты, которые в отличие от солода называют несоложеным сырьем.

При затирании ферменты солода должны проводить также расщепление и этих материалов. Если применять не больше 15–20% несоложеных зернопродуктов, то потенциала ферментов солода хватает и для их расщепления. При большей процентной доле несоложеного сырья для поддержания процессов расщепления следует добавлять ферментные препараты, так как иначе процессы расщепления неоправданно затянулись бы или даже вообще прекратились.

В качестве несоложеного сырья применяют особенно часто рис и кукурузу, а также ячмень, пшеницу и сорго (последнее прежде всего в африканских странах). Сахар не относится к несоложеным зернопродуктам, но как поставщик экстракта также рассматривается как несоложеное сырье.

Химические реакции при расщеплении крахмала во время переработки несоложеного сырья всегда те же, что и при расщеплении крахмала в солоде, однако зерна крахмала у разных зернопродуктов имеют различные размеры, очень сильно отличаются по их локализации в крахмальных клетках (см. раздел 1.5) и окружены разными составными веществами оболочек. Это приводит к различному поведению зерен крахмала при клейстеризации и соответственно — к применению различных способов затирания в зависимости от вида зернопродуктов. Одновременно растворяются и другие вещества или они расщепляются ферментами солода, так что состав затора и сусла, а с ними и пива изменяется. Это влияет на брожение, фильтрование, вкус пива и другие параметры. Так, пиво, изготовленное с рисом, имеет более чистый и сухой вкус, а изготовленное с кукурузой склонно к несколько смягченному вкусу.

При добавлении несоложеного сырья следует учитывать, что в нем белковые вещества еще находятся в стабильной форме и расщеплены незначительно из-за отсутствия предшествовавшего затиранию процесса солодоращения. Поэтому заторы с несоложеным сырьем содержат меньше низкомолекулярных продуктов расщепления белковых соединений (FAN), чем полностью солодовые заторы. Следует обращать особое внимание на то, чтобы дрожжи путем более интенсивного расщепления белков получали бы достаточное количество свободного аминного азота. Несмотря ни на что, пиво с несоложеным сырьем всегда содержит меньше азота и полифенолов (их тем меньше, чем выше содержание несоложеного сырья).

Переработка несоложеного сырья всегда ведет к изменению вкуса пива, и это изменение тем значительнее, чем больше добавка несоложеного сырья. Изменение вкуса, которое не обязательно следует заранее рассматривать как его ухудшение, при применении несоложеного сырья нужно учитывать, особенно если на рынке присутствует конкурент, работающий без использования несоложеного сырья и производящий пиво только из ячменного солода.

3.2.4.3.5.1. Затирание с рисом

Из несоложеного зернового сырья наиболее тяжелым для переработки является рис. Зерна рисового крахмала очень невелики и твердые (см. рис. 1.30). В теплой воде зерна набухают очень медленно. Для их клейстеризации следует поднимать температуру до 75–80 °C или выше, но при такой температуре амилазы быстро погибают, так что при переработке риса нужно использовать другие методы.

Кроме того, рисовый крахмал очень сильно набухает при клейстеризации — значительно больше, чем у других видов зернопродуктов, и поэтому клейстер легко может пригореть. Если затирать густо, то набухание может быть таким сильным, что у мешалки не хватит мощности и если не принять никаких мер, то она остановится. Поэтому чтобы α-амилаза солода смогла разжижить очень сильно загущенный клейстер, следует искать компромиссное решение. α-амилаза при 80 °C инактивируется за короткое время и не способна больше к разжижению. Имеется несколько путей решения проблемы.

1. Если рисовый затор не слишком густ, то опасность пригорания не очень большая. Для растворения риса зачастую применяют котел для разваривания несоложеного сырья. В более старых заторных агрегатах — это герметичный котел, в котором рисовый затор под давлением (= при температурах выше 100 °C) клейстеризуется и оптимально растворяется; в настоящее время затор из несоложеного сырья кипятят обычно без избыточного давления, так как полученное увеличение выхода экстракта едва ли стоит расхода дополнительной энергии.
2. Рисовую крупку затирают вместе с 10–20% солодового затора и выдерживают 10–20 мин при 78 °C (рис. 3.43). При этом почти все рисовые зерна крахмала клейстеризуются, разжижаются и почти не возникает опасности, что при последующем кипячении рисовый затор пригорит.
3. Существуют сорта риса, которые клейстеризуются лишь при температуре свыше 80 °C. Поэтому для полной уверенности следует нагреть рисовый затор до 85–90 °C, клейстеризовать его и затем вновь охладить до 70–75 °C, чтобы за короткое время провести осахаривание при добавлении солодового затора. Однако у этого способа имеется недостаток: очень трудно хорошо перемешать солодовый затор с

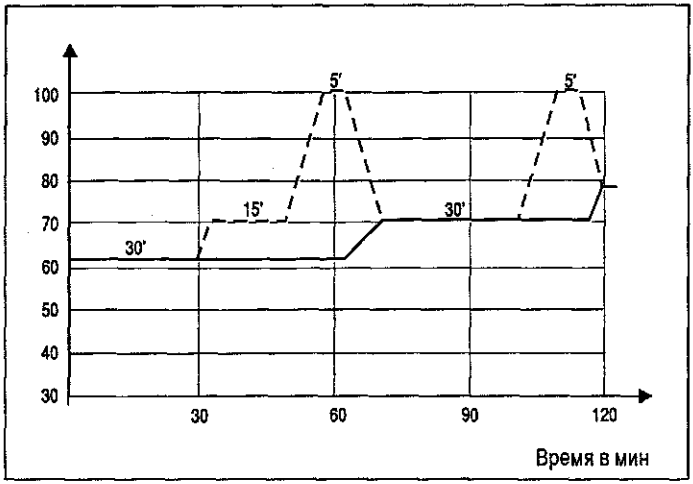


Рис. 3.43. Затирание с рисом (пример 1)

очень вязким рисовым затором. Всегда лучше, если есть возможность смешать рисовый затор перед его клейстеризацией с частью солодового затора (минимум 10%).

4. Еще одна возможность состоит в том, чтобы рисовый затор с 10–20% солодового затора медленно нагревать до температуры свыше 80 °С (рис. 3.44), чтобы клейстеризующийся крахмал разжижать еще оставшейся активной α-амилазой солода.
5. Совершенно надежный метод состоит в том, чтобы добавлять товарную термостойкую α-амилазу бактериального происхождения, которая еще сохраняет свою активность при температурах выше 80 °С и при этом разжижает вязкий рисовый затор. Об α-амилазе бактериального происхождения см. раздел 3.2.4.3.5.6. Если удалось клейстеризовать и разжижить рисовый затор, то можно считать, что преодолен тяжелейший рубеж. Например, дальнейшая переработка может вестись так, как показано ниже.

Исходный продукт — мелкая рисовая крупка; она должна затираться при гидромодуле не менее чем 5 гл воды на 100 кг рисовой крупки. У риса выход экстракта приблизительно

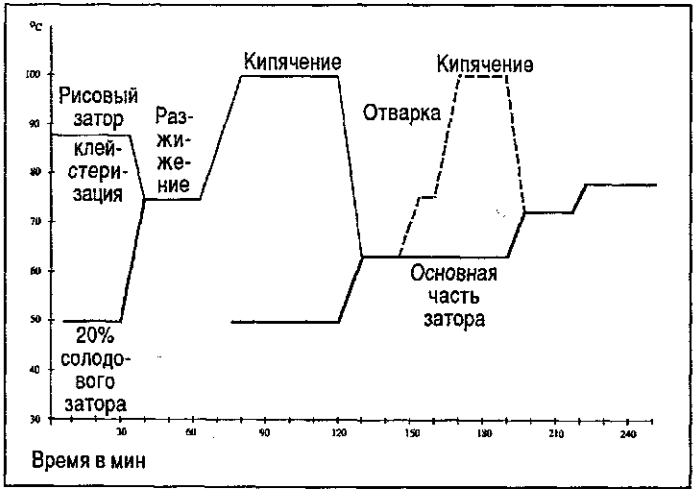


Рис. 3.44. Затирание с рисом (пример 2)

на 2% выше, чем у солода, что должно учитываться при расчете массы засыпи.

Затирание с рисом — пример 1 (рис. 3.43):

1. Рис затирают с 10–20% солодовой части засыпи при 50 °С и выдерживают 10–15 мин. Чтобы не делать затор слишком густым, гидромодуль составляет около 1 : 4.
2. Температуру медленно поднимают до 72–75 °С и выдерживают 10 мин.
3. Температуру в течение 15–20 мин повышают до 85 °С, рисовый крахмал при этом клейстеризуется и разжижается.
4. Затор из несоложеного сырья доводят до кипения и кипятят 30–40 мин.
5. В момент начала кипячения затора из несоложеного сырья начинают отдельно затирать солод при 50 °С (белковая пауза!).
6. Затор из несоложеного сырья при постоянном перемешивании медленно перекачивают в солодовый затор. Температура объединенного затора составляет здесь 63 °С (мальтозная пауза!).
7. После 15-минутной паузы густой затор отбирают, нагревают до кипения и кипятят 15 мин.
8. Путем возвращения этого затора температура общего затора повышается до 74 °С (пауза осахаривания!).
9. После осахаривания общий затор нагревают до 78 °С и перекачивают на фильтрование.

Имеются сорта риса, крахмал которых клейстеризуется при температуре выше 80 °С. Чтобы получить полную клейстеризацию, некоторые пивоваренные предприятия применяют по предложению Лековазиера (Le Covaisier) нагревание затора, содержащего только несоложеное сырье, до температуры 85–90 °С (или при этой температуре производят начало затирания несоложеного сырья). При этом рисовый крахмал обязательно клейстеризуется. Путем перемешивания с более холодным солодовым затором получают температуру объединенного затора около 75 °С. Этим обеспечивается дальнейший технологический процесс.

Затирание с рисом — пример 2 (рис. 3.44):

1. Рис затирают и клейстеризуют при 85–90 °С. Вязкость затора не должна быть после клейстеризации слишком высокой, так как иначе затор будет слишком густым и соответственно будут образовываться комки и наблюдаться пригорание (в экстремальном случае может остановиться мешалка), в связи с чем могут возникнуть трудности с осахариванием. Поэтому рис следует затирать с гидромодулем как минимум 1 : 5.
2. Горячий рисовый затор смешивают с более холодным солодовым затором (20% от массы солода), начало затирания которого происходило при 30–50 °С, при этом получают температуру смеси в 72–75 °С.
3. При 72–74 °С выдерживают паузу 20–30 мин; клейстеризованный рисовый крахмал разжижается активными ферментами солода.
4. Разжиженный рисовый затор нагревают до кипения и кипятят 30–40 мин.
5. В начале кипячения рисового затора оставшийся солод затирают при 50 °С (белковая пауза!).
6. Рисовый затор при постоянном перемешивании перекачивают в солодовый затор; температура общего затора повышается до 63 °С (мальтозная пауза!).
7. После 15 минутной паузы отбирают густой затор; его доводят до кипения и кипятят 15 мин.
8. Путем возврата этого затора температуру общего затора повышают до 74 °С (пауза осахаривания!).
9. После осахаривания общий затор нагревают до 78 °С и перекачивают на фильтрование.

3.2.4.3.5.2. Затирание с кукурузой

У зерен кукурузы имеются зародыши с очень высоким содержанием жиров (до 5%), которые при подготовке зерна удаляют и извлекают из них кукурузное масло. Кукуруза поступает на предприятие без зародышей в форме крупки (grits) или хлопьев (flakes).

Крупка предлагается в тонко размолотом виде; ее обычно подают в разварниватель несоложеного сырья с добавлением солода или без него, растворяют и клейстеризуют.

Хлопья расплющивают в вальцовом станке для приготовления хлопьев; при этом увлажненные зерна проходят через гладкие, охлаждаемые изнутри вальцы, которые расплющивают зерна в плоские хлопья с усилием 50 т при одинаковой скорости вращения

вальцов. В заключение проводят приблизительно при 160 °С клейстеризацию и сушку в сушилке с псевдокипящим слоем. Обработанные таким образом хлопья можно подавать в заторный аппарат без дальнейшей предварительной обработки.

Мука может подаваться в заторный аппарат без предварительной обработки; **сироп** добавляется в сусловарочный котел перед перекачкой готового сусла на участок осветления и охлаждения.

Для дальнейших стадий приготовления осахаренных заторов с кукурузой применяют технологические режимы, используемые для чистого солодового затора, причем, как правило, — двухотварочные способы затирания.

3.2.4.3.5.3. Затирание с ячменем как несоложеным материалом

Ячмень без добавления ферментов можно в количестве до 20% перерабатывать с солодом как несоложеное сырье. Существует две возможности предварительной обработки ячменя:

- в виде ячменного помола, полученного измельчением очень твердых ячменных зерен в отдельном вальцовом станке или молотковой дробилке; при этом крепко соединенные с эндоспермом оболочки также измельчаются, что следует учитывать при фильтровании затора;
- в виде ячменных хлопьев из обрушенного или необрушенного ячменя, полученных плющением в специальном плющильном станке; этот метод однако очень дорог и его использование в пивоварении приводит к повышенным затратам.

Предварительно подготовленное таким образом ячменное сырье можно перерабатывать вместе с солодовым затором. Если с расщеплением крахмала едва ли возникнут большие проблемы, то с расщеплением белка наверняка будут иметься большие сложности. Самой большой проблемой может стать β-глюкан, так как он пока что не подвергался расщеплению, и здесь следует ожидать затруднений с фильтрованием. Оправдывают себя такие мероприятия, как выдержка паузы при температурах 45–50 °С, оптимальных для эндо-β-глюканазы (см. раздел 3.2.1.4).

Ячмень естественно дает меньше экстракта, чем солод. Примерно 125 кг ячменя (или 120 кг обрушенного ячменя) могут заменить 100 кг солода. Применение ячменя как несоложеного сырья выгодно только в том случае, если цена солода существенно выше или в наличии имеется недорогой ячмень с низким содержанием белка.

Ячмень как несоложеное сырье, в случае применения его в количестве более 20%, требует добавления ферментных препаратов (см. след. раздел).

3.2.4.3.5.4. Затирание с сорго

Пиво из сорго варят во многих африканских странах, а в Южной Африке его ежегодно варят в объеме около 30 млн гл. При этом используется 30% солода из сорго и 70% несоложеного сырья, состоящего из сорго, кукурузы или проса Millet (это вид мелкозернистого проса, который используется для пищевых целей и в Европе).

Обычно сорговое пиво производят с содержанием кукурузы в качестве несоложеного сырья до 80–90%. При этом кукурузу дробят и смешивают с молочной кислотой. Молочная кислота является носителем вкуса и, кроме того, удлиняет срок годности пива из сорго, который без нее составляет лишь около 100 часов. К этой смеси добавляют воду, и все вместе кипятят 2 ч, охлаждая затем до 80 °С. Потом добавляют сорговый солод, и смесь охлаждают до 40 °С. При этой температуре добавляют остаток солода из сорго, охлаждают до 22 °С, затор фильтруют и в сусло добавляют дрожжи. Через трое суток брожение заканчивается, и содержание спирта составляет около 4% об. Мутное пиво из сорго разливают без фильтрования.

Во многих африканских странах все в большей степени производят пиво на обычном пивоваренном оборудовании из 100% сорго без добавления пивоваренного ячменного солода или технических ферментных препаратов, используя специальные способы затирания [131].

Солод из сорго может достигать показателя экстрактивности 79–84%, что дает и соответствующий выход экстракта на производстве. Без проблем достижима и желаемая конечная степень сбраживания.

Сусло подкисляется до его совместного кипячения с несоложеным сырьем. Чтобы получить достаточное содержание низкомолекулярных продуктов расщепления белка (сво-

бодных аминокислот), необходимых для питания дрожжей, стремятся для лучшего расщепления белков к достижению величины pH 4,6 при температуре 52 °C. Особенно следует учитывать белковый состав. Коллоидная стойкость соргового пива не достижима без использования дополнительных вспомогательных средств. В небольших сельских пивоварнях сорговое пиво не охмеляют, пуская в продажу мутное пиво, которое хранится очень короткое время [129].

3.2.4.3.5.5. Затирание с сахаром или сахарным сиропом

Сахар растворим и сбраживаем. Естественно, его перерабатывают с солодовым затором и соответствующей добавкой несоложеного сырья, но так как сахар при затирании не должен подвергаться расщеплению, его добавляют в сусловарочный котел лишь за 10 мин до перекачки охмеленного сусла. Следует учитывать также количество экстракта, вносимое сахаром: вместо 100 кг солода нужно вносить 78 кг сахара. С сахаром в сусло не попадает никакого белка, и чтобы не возникли трудности с брожением, это следует учитывать особенно в отношении свободных аминокислот.

Зачастую вместо дорогих продуктов — сахара или сахарного сиропа применяют также сироп из зерновых культур HFSS (hight fructose saccaharose syrup, концентрированный фруктозо-сахарозный сироп), который представляет собой жидкий инвертный сахар, получаемый из кукурузы (соответствует сахару-сырцу). Добавка его осуществляется также в сусловарочный котел.

3.2.4.3.5.6. Внесение ферментных препаратов при затирании

Все жизненные процессы управляются ферментами. Это касается всех созидательных процессов у растений и животных, а также всех процессов гидролиза. Поэтому ферменты являются веществами, необходимыми для функционирования всех живых организмов.

Все микроорганизмы также располагают специфическим для них инструментом — ферментами, с помощью которых они способны расщеплять определенные вещества для получения необходимой для жизни энергии.

Значение ферментов

Ферментативные каталитические реакции издавна используются при переработке пищевых продуктов. При этом ферменты либо с самого начала являются составной частью этих продуктов (например, ячменя) или поступают с микроорганизмами (например, с дрожжами). Многие древнейшие технологии (вроде производства сыра) основаны на действии микробных ферментов. При этом ферменты образованы именно микроорганизмами, но действуют и вне живой клетки. Это впервые показали братья Бухнер (Buchner) в 1897 г., полностью измельчив дрожжевые клетки и сумев провести брожение с помощью экстракта, их не содержавшего (в 1907 г. E. Buchner был удостоен Нобелевской премии).

В настоящее время ферментная промышленность производит очищенные ферментные препараты тоннами, и нельзя себе представить, что было бы, если их исключить из повседневной практики. Так, в современных моющих средствах содержатся приготовленные микробиологическим путем протеазы, липазы, амилазы, целлюлазы и другие ферменты, позволяющие отстирывать грязную одежду в теплой воде и сбрасывать загрязненную воду после глубокой экологической очистки. Средства для мойки машин и посуды также сохраняют при низких температурах высокую эффективность и не вредят окружающей среде.

В текстильном производстве ферменты имеют большое значение при расшлихтовке, отбеливании, а также при облагораживании джинсов. Сегодня без ферментов невозможно представить себе производство текстиля, бумаги и кож.

Особое значение имеют ферменты в хлебопечении, где они обеспечивают рыхлость выпечки и образование корочки, дают возможность работать с охлажденным или перемерзшим тестом или замедлять черствение выпечных изделий.

Можно также указать на значение ферментов в крахмальном и сахарном производстве, в виноделии и производстве фруктовых соков, белков и кормов для животных, а также в фармацевтической промышленности.

При производстве пива также можно применять ферментные препараты, особенно когда пиво выпускается не в рамках немецкого закона о чистоте пивоварения. В Германии нельзя применять никакие другие ферменты, кроме содержащихся в ячмене и дрожжах.

Поскольку во многих странах из чисто экономических соображений работают с добав-

лением несоложеного сырья и, кроме того, встречаются с технологическими проблемами при производстве пива, ниже приводится информация о преимуществах применения ферментов и их получении.

Целенаправленное применение ферментов при производстве пива при прочих равных условиях дает ряд преимуществ, а именно:

- ферментные препараты имеют выраженную специфичность к субстрату и реакциям;
- при средних температурах они имеют высокую скорость реакции;
- они обеспечивают управляемое и быстрое проведение реакций;
- они могут приготовляться технически абсолютно чистыми.

Ферментами, приготовляемыми из плесневых грибов или бактерий, являются:

- **амилазы** — для стимулирования расщепления крахмала в варочном цехе при повышенном содержании несоложеного сырья и для полного расщепления белка при производстве бедного углеводами пива (диетическое пиво);
- **протеазы** — для усиления расщепления белка и повышения содержания свободных аминокислот;
- **глюканазы** — для расщепления в варочном цехе высокомолекулярных глюканов или для исключения проблем с фильтрованием;
- **декарбоксилазы** — для предотвращения образования диацетила при брожении.

Эти бактериальные ферменты и ферменты, произведенные грибами, организованы иначе, чем ферменты ячменя и солода, и поэтому по сравнению с ферментами солода у них другой температурный и pH-оптимум.

Получение ферментных препаратов

Ферментные препараты получают путем выращивания чистой культуры микроорганизмов, являющихся продуцентами тех или иных ферментов. Таким микроорганизмом может быть плесневый гриб или бактерия определенного вида. Выращивание чистой культуры выполняют (так же, как и культуры дрожжей) в цилиндроконическом танке при оптимальных для данного микроорганизма условиях (питательный раствор, оптимальные значения pH и температуры, аэрация или удаление воздуха и т. д.).

Когда получено достаточно биомассы, ткань микроорганизмов измельчается. Этот процесс требует особого внимания, поскольку тем самым достигается полное растворение. Если ткань гомогенизируется в присутствии экстракционного буферного раствора, последний часто содержит необходимые добавки для защиты фермента от окисления. При экстракции следует, как правило, нарабатывать большое количество исходного материала, так как содержание фермента в экстрагируемой протеиновой фракции мало, и при очистке большое его количество теряется. В заключение исходный ферментный препарат обогащают и очищают. При этом на первый план выходит отделение сопутствующих протеинов методами фракционного осаждения или их разделения по молекулярным массам. Фракцию, содержащую искомый фермент, собирают и разделяют далее.

Полное отделение сопутствующих протеинов проводится методом электрофореза с высокой разрешающей способностью, так чтобы по его завершении получить чистый фермент, полностью отделенный от прежнего микроорганизма, а также от других ферментов и ферментных комплексов этого организма.

Полученный таким путем фильтрат культуры нестоек. Для получения необходимой длительной устойчивости его следует превратить в промышленный ферментный препарат.

Концентраты культуры

Их получают путем дальнейшей концентрации из очищенного концентрированного фильтрата, повышая стойкость при помощи добавки стабилизатора. Концентраты поступают на рынок в жидкой форме и должны храниться на холоде. При температуре 25 °C гарантируется декларируемая стойкость свыше трех месяцев. Путем охлаждения можно продлить их сохраняемость до одного года, но при этом придется считаться с постепенным снижением активности концентрата.

Сухие препараты

Их производят из концентратов путем сушки выпариванием, вакуумированием или замораживанием. На рынок они поступают в виде

порошка. Перед применением сухие продукты разводятся в теплой воде и активируются.

Грануляты

Грануляты ферментов имеют величину зерен от 0,4 до 0,6 мм, они обладают хорошей стойкостью и хорошо хранятся.

Применение ферментных препаратов

От изготовителей ферментные препараты поступают в продажу под условными названиями. В сопроводительных документах, особенно в гарантийном листке, указывают наименование фирмы-изготовителя, область применения, спецификацию на продукт, свойства фермента, дозировку, область применения, правила обращения, требования по безопасности и условия хранения. Рекомендации фирм-изготовителей должны неукоснительно соблюдаться.

3.2.5. Продолжительность затирания

На небольших пивоваренных предприятиях длительность варки имеет подчиненное значение: если в сутки затирается только одна варка, ее начинают затирать рано утром, так что после обеда ее уже можно передавать на осветление и охлаждение. Однако чем больше варок в сутки необходимо сделать, тем больше производители попадают в тиски времени. На крупных современных предприятиях на одном варочном агрегате в сутки производят восемь и больше варок. При восьми варках в сутки следует затирать и выпускать каждые 3 часа, а при 12 варках — даже каждые 2 часа. Этим обусловлено не только применение коротких способов затирания, но и наличие точных временных графиков, когда нельзя допускать никаких задержек.

Такой временной график естественно приводит к внедрению компьютерного управления всем варочным процессом, при котором исключаются субъективные ошибки, а пивовар должен со всей ответственностью выполнять лишь контрольные функции.

Можно исходить из следующей длительности затирания:

- ***настойные способы с хорошо растворенными солодами 1,5—2 часа;***
- ***отварочные способы до 3 часов.***

3.2.6. Контроль затирания

Затирание осуществляется по заданиям, которые были утверждены руководством предприятия. На основании этого в журнал варочного цеха пивовар заносит все данные (количество засыпи, выпускаемое количество, время, температуру и т. д.). Эти указания должны точно выполняться, являясь основой для записей в варочном журнале, который обязаны вести на предприятии.

В современных варочных цехах все данные регистрируются и протоколируются в компьютерной базе данных. Их можно в любой момент просмотреть на экране, хранить и при необходимости распечатать, однако йодную пробу в любом случае проводит пивовар.

3.3. Фильтрование затора

В конце процесса затирания затор состоит из смеси растворенных и нерастворенных в воде веществ.

Водный раствор экстрактивных веществ называется суслом, а нерастворенную часть называют дробиной. Дробина в основном состоит из мякинных оболочек, зародышей и других веществ, не растворенных при затирании.

Для производства пива используют только сусло, которое должно быть отделено от дробины возможно тщательнее. Подобный процесс разделения фаз называют фильтрованием затора.

При фильтровании затора экстракт должен быть получен по возможности более полно.

Фильтрование затора является процессом, при котором дробина берет на себя роль фильтрующего материала. Фильтрование затора проходит в две отдельные фазы, следующие друг за другом, а именно:

- ***сбор первого сусла;***
- ***выщелачивание дробины путем вымывания задержанных в ней экстрактивных веществ (промывные воды).***

3.3.1. Первое сусло и промывные воды

Проходящее через дробину сусло называется первым суслом. Когда первое сусло стечет с

дробины, в ней еще остается экстракт. Чтобы предприятие могло работать экономично, этот экстракт нужно извлечь, и поэтому дробину после стекания первого сусла промывают. В ходе промывания дробины сусло разбавляется.

Для установления желаемой концентрации сусла в конце фильтрования затора необходимо, чтобы первое сусло содержало экстракта на 4–6% больше, чем начальная экстрактивность производимого пива, то есть при производстве пива с массовой долей сухих веществ в начальном сусле 12% концентрация экстрактивных веществ в первом сусле должна быть 16–20%.

Получаемый из дробины экстракт вымывают горячей водой, и этот процесс называют промывкой пивной дробины. Стекающее более жидкое сусло называют промывными водами. Содержание экстракта в них убывает сначала быстро, а затем все медленнее, поскольку последний остаток экстрактивных веществ из дробины вымывается с трудом. Этот процесс является прежде всего диффузионным (рис. 3.45).

Количество воды для промывания дробины зависит от количества и концентрации первого сусла и от получающейся концентрации в сусловарочном котле. Для 12%-ного пива имеет место следующее соотношение:

Концентрация первого сусла, %	Соотношение объема первого сусла к объему промывных вод
14	1 : 0,7
16	1 : 1
18	1 : 1,2
20	1 : 1,5
22	1 : 1,9

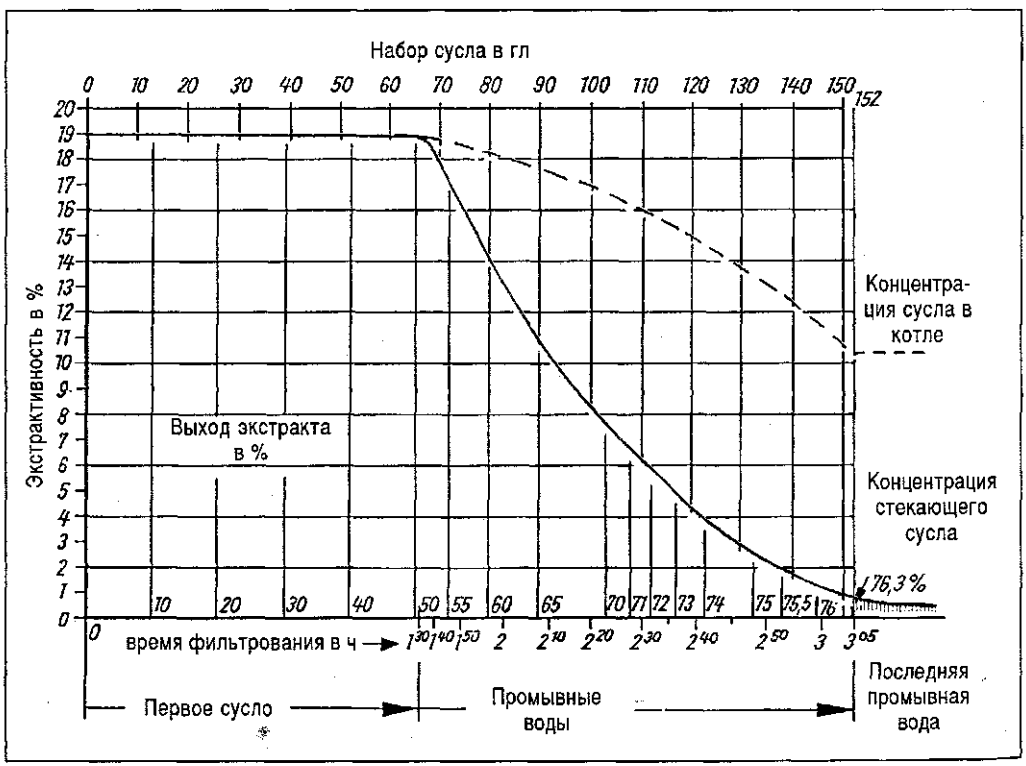


Рис. 3.45. Диаграмма фильтрования затора

Чем больше промывной воды проходит через дробину, тем интенсивней она выщелачивается и тем выше выход экстракта, однако чем больше воды проходит через дробину, тем больше воды придется снова испарять в процессе кипячения сусла.

Поэтому следует искать компромисс между

временем сбора сусла и выходом, с одной стороны, и длительностью кипячения и стоимостью энергии, с другой.

Так как при повышенной концентрации первого сусла его количество неизбежно меньше, можно промывать дробину тем большим количеством воды, чем выше концентрация первого сусла. Таким образом, при более высококонцентрированном первом сусле достигают и более высокого выхода экстракта. Большое значение имеет температура фильтрования.

С повышением температуры уменьшается вязкость жидкости.

Это означает, что быстрее всего можно было бы фильтровать затор при 100 °С, но поскольку при промывании растворяется еще нерастворившийся крахмал дробины (продолжение затирания), то доосахаривание α-амилазой может происходить только до тех пор, пока α-амилаза не инактивируется температурой выше 78 °С. В результате фильтрования при 100 °С всегда получаются «синие» варки.

Так как α-амилаза при 80 °С разрушается, то при фильтровании нельзя превышать этой температуры.

3.3.2. Последняя промывная вода

Промывание ведут до тех пор, пока в сусловарочном котле не получится желаемая концентрация. Стекающее в конце сусло с низкой экстрактивностью называется ***последней промывной водой***. При нормальном пиве она еще имеет содержание экстракта около 0,5–0,6%. Иногда ее применяют в качестве воды для затирания или промывной воды для следующей варки. У пива с высокой экстрактивностью начального сусла типа «Бокбир» следует выщелачивать дробину не полностью, чтобы концентрация сусла не понизилась бы слишком сильно. При приготовлении такого пива последние промывные воды зачастую применяют как воду для промывки дробины в последующей варке, которая предусматривается для приготовления пива с невысокой экстрактивностью начального сусла.

В конце промывки в раствор переходит все больше малоценных веществ (дубильные и горькие вещества из оболочек, кремниевая кислота и др.):

	Состав экстракта в %	
	в первом сусле	в промывных водах
Мальтоза	58,95	53,07
Азотсодержащие вещества	4,34	5,38
Минеральные вещества	1,54	2,54
Кремниевая кислота (в пересчете на SiO_2)	0,1481	0,4536

Если хотят получить высококачественное пиво, то не следует сильно выщелачивать дробину. С этих позиций следует рассматривать также использование последней промывной воды в качестве воды для затирания для приготовления следующей варки.

Длительное промывание дробины и повторное использование последней промывной воды повышает выход экстракта, но ухудшает качество пива.

Если все же последние промывные воды используются повторно, то чтобы задержать нежелательные с точки зрения качества пива вещества, их следует обрабатывать активным углем. Поэтому фильтрование заканчивают обычно без сбора последней промывной воды.

Наряду с соображениями качества при повторном использовании не подработанной дополнительно последней промывной воды большое значение приобретает также возрастающая стоимость электроэнергии — так называемый «порог целесообразности использования» последней промывной воды. В связи с этим применение последней промывной воды рентабельно лишь до тех пор, пока полученный экстракт в стоимостном выражении превышает затраты на энергию, необходимые для последующего выпаривания воды.

Фильтрование затора проводят с помощью фильтрационных чанов или заторных фильтр-прессов (майшфильтров).

3.3.3. Фильтрационный чан

Фильтрационный чан является наиболее старым и наиболее распространенным фильтрационным аппаратом, используемым при приготовлении пивного сусла. Фильтрчан состоит из цилиндрической емкости, на перфорированном двойном дне которой находится дробина и фильтруется сусло.

За последнее десятилетие в конструкции и технологии фильтрчана произошло много изменений. Поскольку в Германии и других странах в эксплуатации находится еще много фильтрчанов старой конструкции, сначала рассмотрим устройство фильтрчана старой конструкции, а затем обратимся к новым фильтрчанам. Естественно, что имеется ряд промежуточных конструкций, не все из которых ниже будут упомянуты.

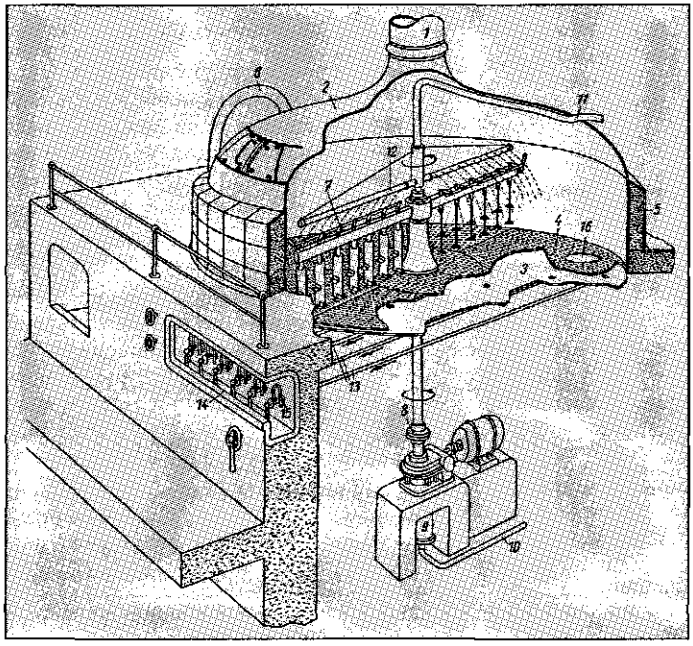


Рис. 3.46. Фильтрационный чан (старая конструкция):

1 — вытяжная труба; 2 — вытяжная крышка; 3 — дно фильтрчана; 4 — фильтрационные сита; 5 — изоляция; 6 — трубопровод для подачи затора в фильтрчан; 7 — рыхлитель с ножами; 8 — привод рыхлителя; 9 — подъемный механизм рыхлителя; 10 — подвод воды для гидропривода; 11 — подвод воды для промывки дробины; 12 — оросительное устройство («сегнерово колесо»); 13 — фильтрационные трубы; 14 — фильтрационная батарея; 15 — специальный фильтрационный кран с вертикальной загнутой вниз трубкой; 16 — люк для дробины

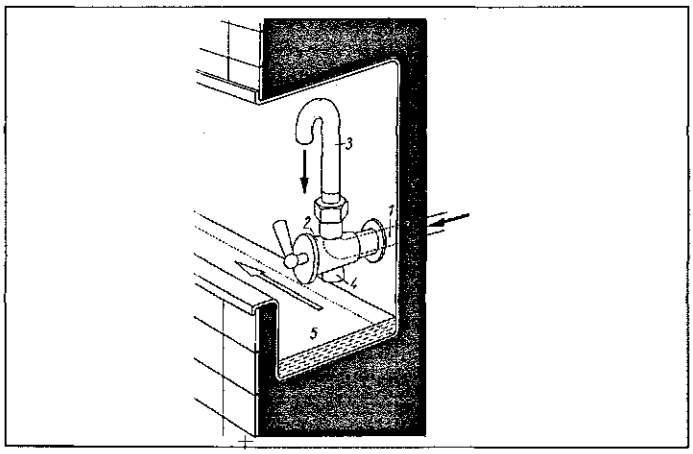


Рис. 3.47. Специальный фильтрационный кран:

1 — фильтрационная труба; 2 — кран в положении на слив; 3 — вертикальная трубка с выпуском воздуха; 4 — отверстие для отбивки кранов; 5 — лоток для сусла

3.3.3.1. Фильтрчан старой конструкции (рис. 3.46)

Элемент устройства	Назначение	Замечания
1	2	3
Вытяжная труба (1)	Вытяжка испарившейся влаги	Существуют фильтрчаны и без вытяжной трубы. Поскольку выпаривать воду здесь не надо, то и безусловной необходимости в ней нет, но наличие вытяжной трубы все же дает определенные преимущества
Вытяжная крышка (2)	Крышка чана; защита от теплопотерь	
Дно фильтрчана (3)	Сбор первого сусла и промывных вод	Дно чана плоское с выходными отверстиями по одному на каждые 1,2–1,5 м^2 площади дна, к которым подведены фильтрационные трубы. Отверстия называются выходными. Они должны быть распределены по дну по возможности равномерно
Съемные фильтрационные сита (4)	Удерживание дробины	Фильтрационные сита толщиной 3–5 мм из жесткой латуни или из другого материала для стекания сусла; на 1 м^2 приходится 2500–3000 прорезей длиной 30–70 мм и шириной 0,7–0,9 мм, расширяющихся книзу до 3–4 мм для того, чтобы они не забивались дробиной. Живое сечение сит составляет до 10% от их общей площади. Для лучшего обслуживания фильтрационные сита разделены на сегменты по 0,6–0,8 м^2, которые поднимаются для очистки; для облегчения обслуживания могут вноситься и выноситься через люк в крышке чана
Изоляция (5)	Предотвращение остывания затора	Оборудование боковых стенок фильтрчана теплоизоляцией; в противном случае охлаждение происходило бы сначала около стенок, периферийные зоны сусла имели бы из-за повышенной вязкости худшую текучесть, что приводило бы к снижению выхода экстракта
Трубопровод для подачи затора (6)	Подача затора в фильтрчан	Трубопровод ведет от заторного насоса, расположенного под заторным аппаратом, к фильтрчану. Затор перекачивается со скоростью 1,6 м/с; перекачка длится до 30 мин
Рыхлитель (7)	Рыхление дробины	Состоит из двух поперечных штанг, на которых снизу в один или два ряда расположены ножи — обычно прямые, иногда волнообразно изогнутые и имеющие небольшие плугообразные поперечные лопатки (пропашники) для рыхления дробины. С помощью тяг ножи переставляются параллельно; эта перестановка осуществляется вдоль или поперек направления вращения рыхлителя посредством рычага или штурвала. Для разрезания дробины ножи должны быть установлены параллельно направлению вращательного движения
	Выгрузка дробины	Для выгрузки дробины ножи ставят перпендикулярно к направлению вращательного движения

Продолжение таблицы

1	2	3
Привод рыхлителя (8)	Движение рыхлителя	Путем вращения оси привода приводится в движение рыхлитель. Имеются две скорости: меньшая — для рыхления дробины, большая — для выгрузки дробины
Подъемный механизм рыхлителя (9)	Подъем и опускание ножей	Нижний конец вала привода рыхлителя связан с поршнем, который может двигаться вверх и вниз в неподвижно закрепленном цилиндре. При нагнетании воды в цилиндр рыхлитель с ножами поднимается, а при сбросе давления снова опускается
Подача воды (10)	Подвод воды под давлением	Вода под давлением должна подаваться от отдельного ручного насоса или рыхлитель должен двигаться вверх-вниз механически
Подвод воды для промывки дробины (11)	Обеспечение подачи воды для промывки дробины	Вода для промывки дробины из резервного бака горячей воды должна доводиться до нужной температуры 78–80 °С в предварительно подключенной смесительной батарее
«Сегнерово колесо» (12)	Покрытие водой поверхностного слоя дробины	Устройство состоит из двух подвижных труб, свободно установленных над рыхлителем (сегнерово колесо) или жестко с ним связанных и вынужденно совместно с ним вращающихся
Фильтрационные трубы (13)	Отвод сусла и промывных вод	Трубы с легким уклоном к фильтрационной батарее
Фильтрационная батарея (14)	Сбор сусла и промывных вод для подачи в котел	Все трубы соединены с фильтрационными кранами над медным сборником, лотком фильтрационной батареи, который соединен с тремя трубопроводами: 1-й — к насосу мутного сусла, 2-й — к сусловарочному котлу, 3-й — к сбросу загрязненной воды
Фильтрационные краны с изогнутой трубкой (15)	Равномерное осветление	Краны выполнены с вертикальной загнутой вниз трубкой (рис. 3.47). Сусло должно подняться в вертикальной части трубки этого крана на всю высоту уклона фильтрационных труб. Благодаря этому возникшее разрежение компенсируется, дробина не уплотняется и фильтрование идет быстрее. С этими кранами связана горизонтальная труба для подачи горячей воды через фильтрационные трубы в подситовое пространство перед заполнением фильтрчана затором с целью вытеснения воздуха
Люк для выгрузки дробины (16)	Удаление дробины	Для удаления дробины открывается люк. Под ним расположен корытообразный приемник, из которого с помощью шнека выгружают дробину

Вредное влияние кислорода на сусло известно давно. Особенно велико поглощение кислорода при выпуске сусла из фильтрационного крана в лоток. Чтобы не начинать сразу с покупки нового фильтрчана, на многих предприятиях фильтрационные трубы для сусла (13), находящиеся за фильтрационными кранами, соединяют в общий коллекторный трубопровод и отводят сусло прямо в сусловарочный котел и суслосборник без насыщения кислородом. Фильтрационная батарея сохраняет свой красивый внешний вид, но она уже не используется для фильтрования. Ее по-прежнему используют только для стока воды после промывки фильтрчана.

3.3.3.2. Фильтрационные чаны новой конструкции (рис. 3.48 и 3.48а)

Как и все другие устройства варочного цеха, в настоящее время фильтрационные чаны из-

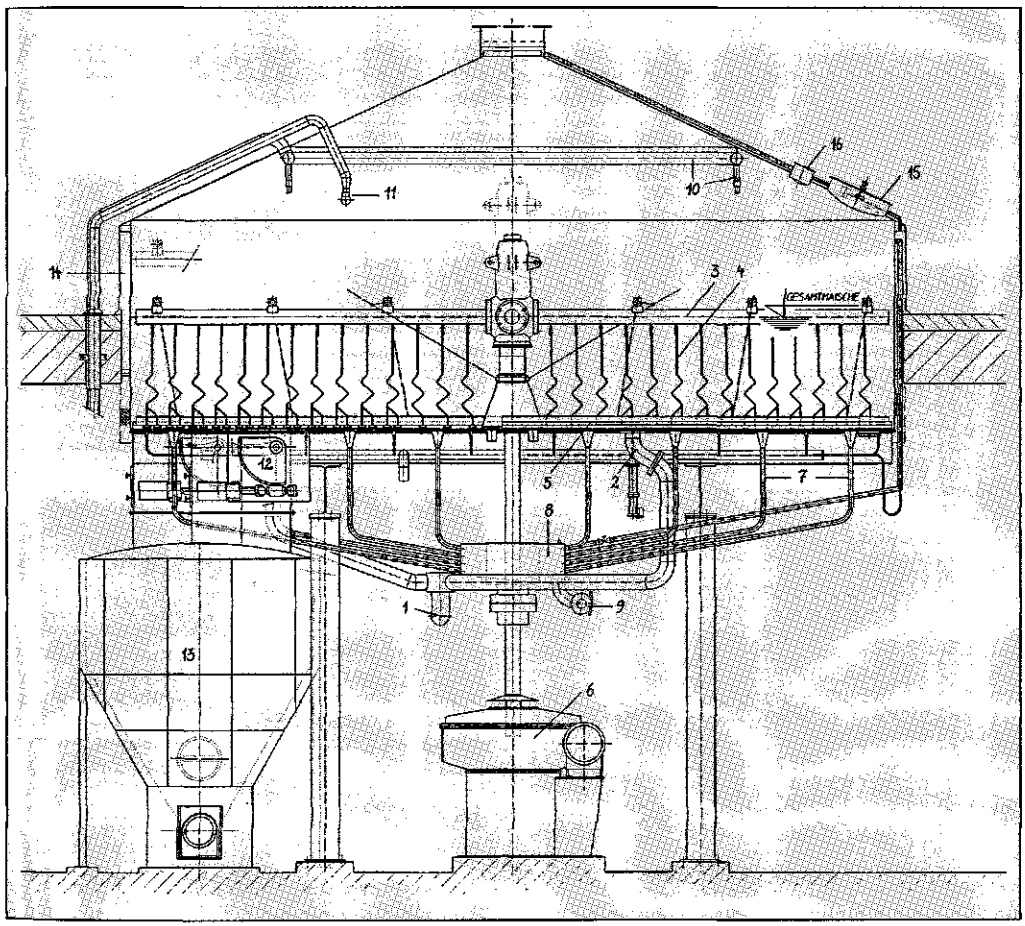


Рис. 3.48. Фильтрационный чан, тип Хуппманн (Huppmann):

1 — подача затора; 2 — клапан для впуска затора; 3 — рыхлитель; 4 — нож; 5 — лопатка для выгрузки дробины, откинута вниз; 6 — привод и устройство для подъема рыхлителя; 7 — фильтрационные трубы; 8 — круглый коллектор сусла; 9 — трубопровод для подвода сусла к насосу; 10 — вода для промывки дробины; 11— моющая головка; 12 — клапан для выгрузки дробины; 13 — приемный бункер для дробины; 14 — изоляция; 15 — смотровое окно с люком для обслуживания; 16 — освещение

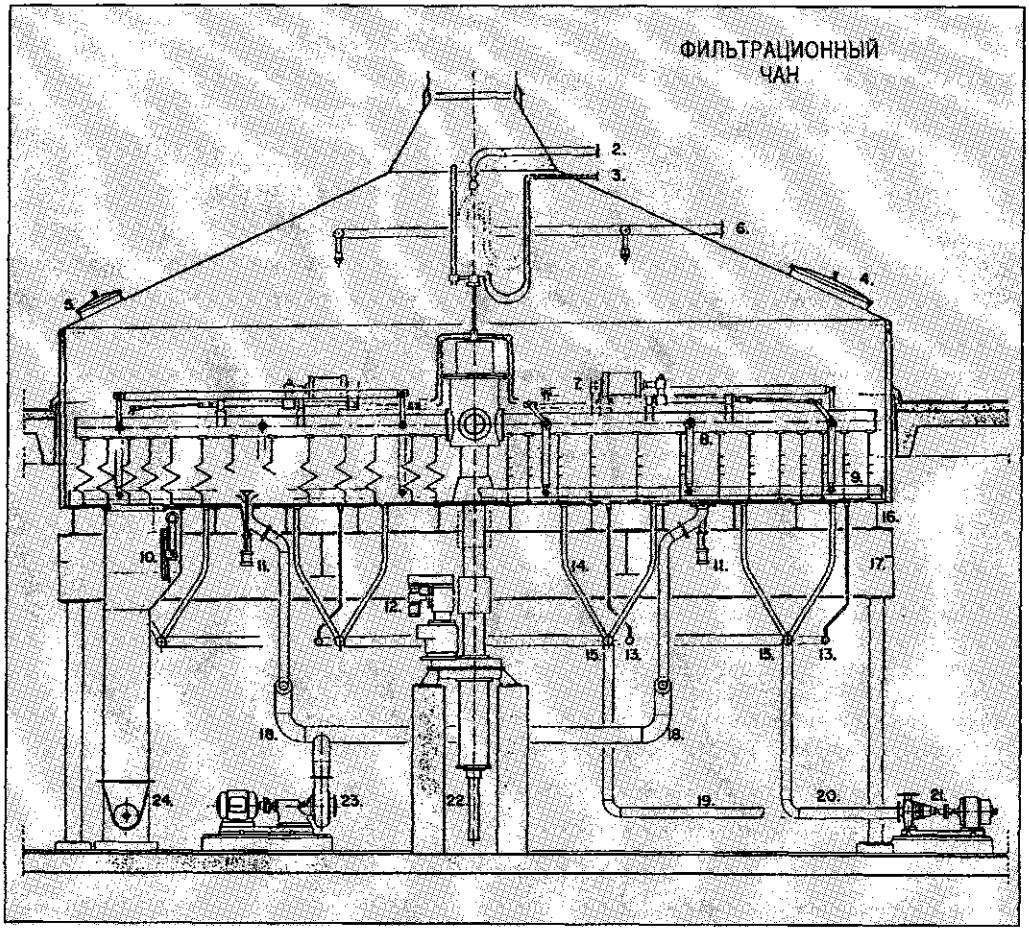


Рис. 3.48а. Фильтрационный чан, тип Циманн (Ziemann):

2 — распылительная форсунка для моющих растворов; 3 — соединение с водяной гидравлической системой для подъема/опускания устройства выгрузки дробины; 4 — люк для обслуживания; 5 — смотровое окно; 6 — подача воды для промывки дробины; 7 — водяной гидравлический цилиндр; 8 — ножи; 9 — лопатки для удаления дробины; 10 — клапан для выгрузки дробины (в положении «открыто»); 11 — подача затора; 12 — привод; 13 — подача воды или моющих растворов в подситовое пространство; 14 — фильтрационные отводящие трубы; 15 — кольцевой трубопровод; 16 — двутавровые балки для установки чана; 17 — опорная конструкция; 18 — подача затора; 19 — фильтрационная система зоны 1; 20 — фильтрационная система зоны 2; 21 — насос для сусла; 22 — гидравлический цилиндр для подъема и опускания рыхлителя; 23 — насос для затора; 24 — шнек для дробины

готовляют из нержавеющей стали, изолируя их боковые стенки для предотвращения охлаждения. Чтобы доступ кислорода сделать по возможности минимальным, подача затора осуществляется снизу (рис. 3.49). От 2 до 6 закрывающихся ***впускных клапанов*** работают снизу (рис. 3.50) и могут обеспечить время подачи затора 10 мин.

В настоящее время ***сита*** изготовляют из нержавеющей стали в виде ***сварных решеток из профильных элементов*** с щелевыми отверстиями шириной 0,7–0,9 мм, живое сечение которых составляет до 12% (рис. 3.51) или в виде ***сит с фрезерованными щелевыми отверстиями*** 0,7 × 80 мм с живым сечением от 8 до 10%.

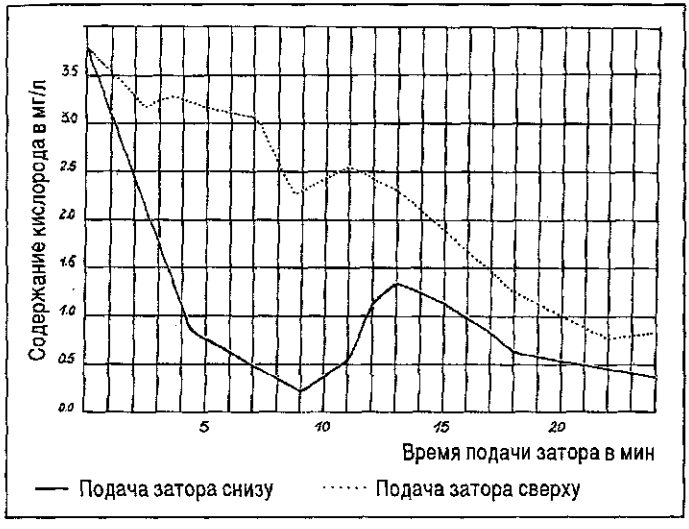


Рис. 3.49. Содержание кислорода в *фильтрчане при различных* способах подачи затора (сравнение подачи сверху и снизу)

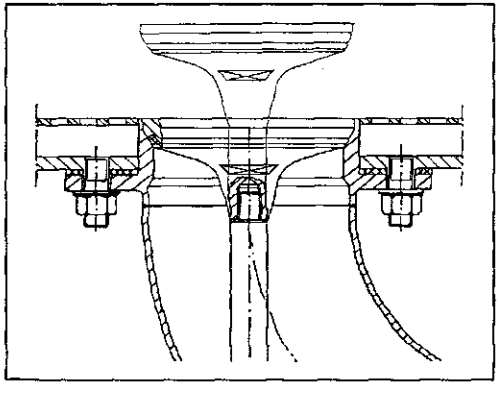


Рис. 3.50. Клапан для впуска затора (подача снизу). Скорость потока во входном отверстии не должна превышать 1 м/с

Допускаются следующие удельные нагрузки на сита:

- ***при сухом помоле — 140–175 кг на м²;***
- ***при сухом кондиционированном помоле — 150–210 кг на м²;***
- ***при замочном кондиционировании — 200–280 кг на м².***

Благодаря некоторому наклону профильных элементов (рис. 3.51; *4*) улучшаются характеристики потока, что приводит к получению более прозрачного сусла. Наклонное по-

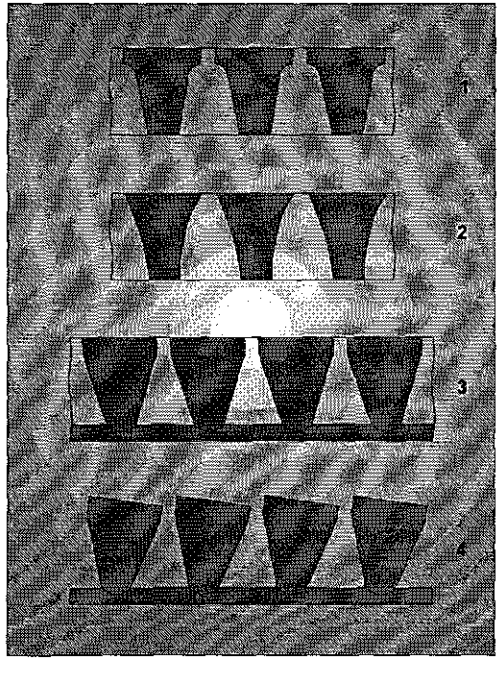


Рис. 3.51. Различные исполнения сит фильтрчана:

1 — латунное сито, изготовленное методом двойного фрезерования; 2 — сито, изготовленное путем однократного фрезерования (старая конструкция); 3 — щелевое сварное дно из нержавеющей стали; 4 — щелевое сварное дно со слегка наклоненными профильными элементами

ложение профильных элементов способствует также тому, чтобы во время выгрузки дробины застрявшие частицы легче извлекались из щелей.

Сита расположены на 20 мм выше дна чана, что позволяет путем размещения под ситами ***распылительных форсунок*** без проблем промывать подситовое пространство (рис. 3.52).

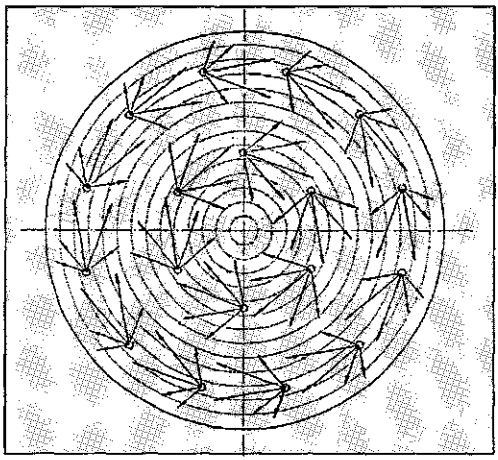


Рис. 3.52. Система промывки подситового пространства

Если сита опустить ближе ко дну чана, то потребуется больше отводных отверстий. Зазор около 10 мм еще позволяет установить распылительные форсунки промывающего устройства.

Увеличение высоты подситового пространства на 10 мм повышает объем воды в этом пространстве примерно на 1% по отношению к объему готового сусла и таким образом приводит к ненужному разбавлению первого сусла.

На один квадратный метр площади дна чана приходится одно ***суслоотводное отверстие*** с выпускным конусом. Обычно при фильтровании с кольцевыми коллекторными трубопроводами дно фильтрчана разделено на несколько концентрически расположенных зон и фильтрационные трубки подводятся к соответствующим коллекторным кольцам. Этим обеспечивается наиболее равномерное выщелачивание дробины. В другой системе (см. рис. 3.48) все фильтрационные трубы выведены в центральный коллектор сусла так, чтобы сусло не соприкасалось с кислородом.

Все системы снабжены датчиками, гарантирующими фильтрование без доступа воздуха и обеспечивающими выключение насоса при попадании воздуха в систему.

Рыхлитель имеет 2, 3, 4 или 6 поперечных штанг в зависимости от диаметра фильтрчана, а скорость вращения рыхлительного механизма плавно регулируется. Основным элементом рыхлительного механизма являются ***специальные ножи***, которые размещены на штангах так, что каждый нож обладает своей траекторией резания. Форма ножа (рис. 3.53) и его расположение на штанге гарантируют равномерность рыхления дробины и препят-

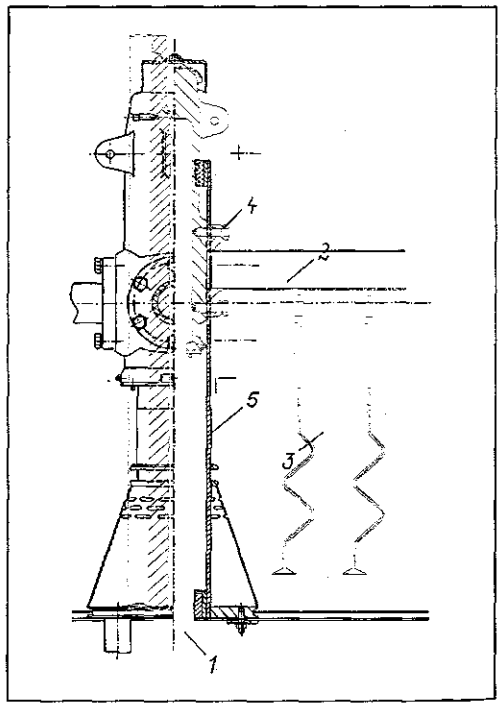


Рис. 3.53. Привод рыхлительного механизма (выделенные цветом детали вращаются и их можно поднимать или опускать):

1 — приводной и подъемный вал; 2 — штанга рыхлительного механизма; 3 — нож; 4— подъемное устройство; 5 — корончатый стержень с подшипником

ствуют опасному для процесса фильтрования образованию каналов в фильтрующем слое.

Ножи имеют такую форму, чтобы как можно быстрее обеспечить разрезание дробины без разрушения фильтрующих слоев. Ножи должны иметь возможность проходить над ситами максимально близко. При этом скорость наружных ножей должна быть минимальной, но ножей должно быть достаточно много, чтобы получить нужный результат.

Высота рыхлителя может автоматически регулироваться также с учетом степени мутности сусла: с увеличением мутности рыхлитель поднимается, при уменьшении — опускается (рис. 3.53а). С ростом фильтрационного давления (рис. 3.54) рыхлитель опускается, так как дробина сильно уплотнилась; если фильтрационное давление уменьшается, рыхлитель можно снова поднять, но для этого должны быть установлены соответствующие измерительные и регулирующие устройства.

Привод рыхлителя плавно запускается через редуктор. Проникновению сусла в его механизмы препятствует специальное уплотнение вала.

Подача воды для промывки дробины осуществляется через форсунки, размещенные в верхней части фильтрчана и позволяющие подавать воду равномерным слоем по всей его поверхности.

Выгрузка дробины производится через несколько ***откидных клапанов***. Для этого внизу на рыхлительном механизме имеются опускаемые выгрузные лопатки, которые благодаря своей специальной форме способны обеспечить быструю (максимум за 10 минут) выгрузку дробины из фильтрчана.

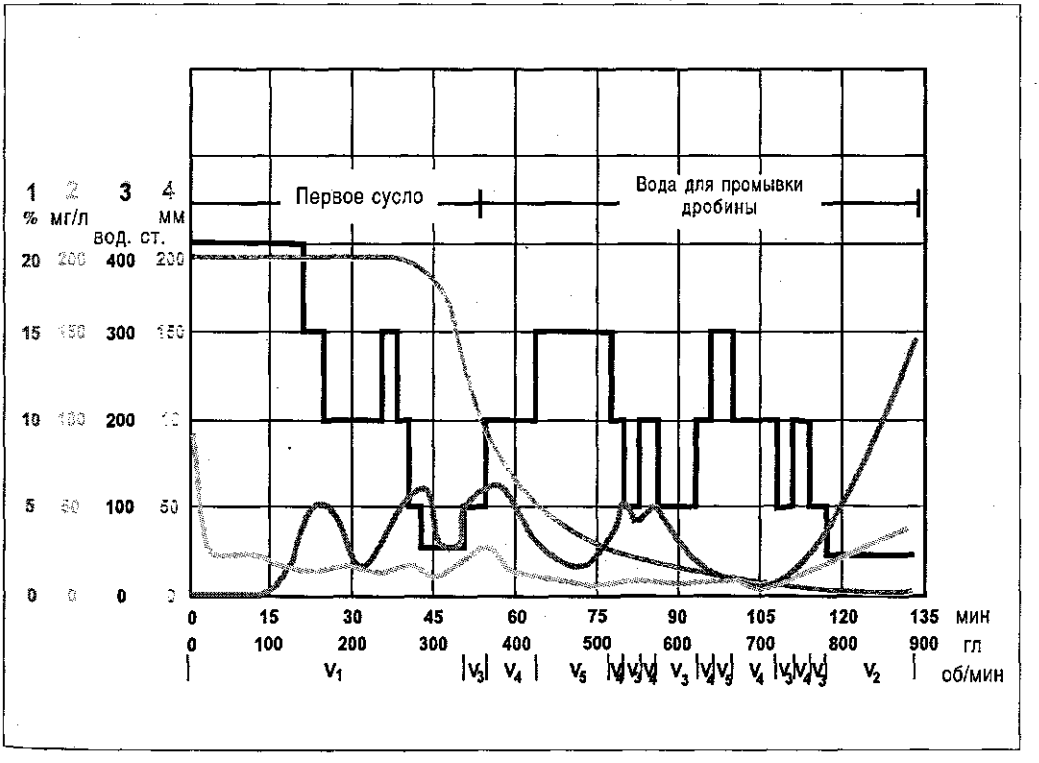


Рис. 3.53а. Изменение различных параметров при фильтровании затора:

1 (серый цвет) — экстрактивность на выходе из фильтрчана; 2 (розовый цвет) — мутность в ед. EBC; 3 (черный цвет) — фильтрационное давление в мм вод. ст.; 4 (красный цвет) — высота подъемного устройства в мм

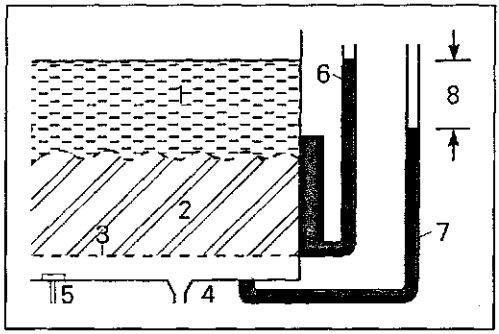


Рис. 3.54. Фильтрационное давление:

1 — сусло/вода для промывки дробины; 2 — дробина; 3 — сита; 4 — суслоотводное отверстие; 5 — форсунка для промывки подситового пространства; 6 — уровень наполнения фильтрчана; 7 — разрежение; 8 — фильтрационное давление (соответствует сопротивлению дробины)

3.3.3.3. Последовательность операций при работе на фильтрчане

Последовательность основных операций при использовании фильтрационного чана следующая:

1. Вытеснение воздуха («заливка сит»).
2. Перекачка затора.
3. Фильтрационная пауза (расслаивание затора).
4. Рециркуляция мутного сусла (перекачивание «на себя»).
5. Сбор первого сусла.
6. Промывка дробины/сбор промывных вод.
7. Сбор последних промывных вод.
8. Выгрузка дробины.

Вытеснение воздуха

Для обеспечения быстрого фильтрования подситовое пространство следует освободить от загрязнений и пузырьков воздуха. Для этого под сита подают горячую воду, нагревая при этом сами сита.

Перекачка затора

Затор как можно быстрее перекачивают в фильтрационный чан и там его стараются распределить как можно более равномерно. Неравномерное распределение дробины привело бы к неравномерному выщелачиванию и уменьшению выхода. Чтобы избежать неравномерного распределения массы, линейную скорость потока при перекачке поддерживают по возможности небольшой, но объем потока должен быть достаточно большим, чтобы перекачку затора выполнить за 10 мин, для чего требуется большое поперечное сечение трубопровода. Подачу затора в фильтрчан выполняют преимущественно снизу. В заторном чане во время опорожнения включают мешалку, обеспечивая тем самым перемешивание затора.

Фильтрационная пауза

После перекачки затора дробина осаждается слоем около 25 см при удельной нагрузке на фильтрационные сита 150 кг/м^2, около 34 см — при удельной нагрузке 200 кг/м^2; первое сусло собирается над дробиной. Эта стадия процесса необходима, поскольку дробина используется в качестве естественного фильтрующего слоя. Этот процесс называется расслаиванием затора и занимает от 5 до 30 мин. К концу процесса дробина образует три слоя:

- нижний слой: тонкий слой из крупнодисперсных и тяжелых частиц, еще отчасти содержащих крахмал;
- основной слой: самый толстый слой, образованный дробиной;
- верхний слой (тесто): тонкий слой из наиболее легких частичек затора, состоящих прежде всего из белковых компонентов и мелких фрагментов оболочек.

Этот верхний слой (тесто) состоит из двух прослоек, нижняя из которых в основном образована из дробины. Этот тестообразный слой мешает фильтрованию, так как он менее проницаем, чем другие слои. Для равномерного выщелачивания дробины необходимо, чтобы этот слой был распределен равномерно. Верхний слой должен быть как можно быстрее разрыхлен.

> Чем выше температура перекачки затора, тем более проницаемым формируется фильтрующий слой дробины и тем быстрее происходит фильтрование.

Поэтому при фильтровании следует избегать охлаждения затора. Во время перекачки затора рыхлитель, управляемый с помощью уровнемера, поднимается примерно на 20 см,

а в конце перекачки затора он поднимается полностью и прекращает вращение.

Рециркуляция мутного сусла

Между дном фильтрчана и ситами сначала собирается донное тесто, состоящее из проникших сюда частиц. Оно возвращается в фильтрчан вместе с первым суслом, которое в начале всегда имеет повышенную мутность. Это сусло называется мутным, и оно перекачивается обратно в фильтрчан. Эта операция производится за 5–10 мин перед окончанием перекачки затора до появления на выходе из фильтрчана прозрачного сусла. Возвращаемое мутное сусло распределяют под поверхностью сусла, чтобы поглощение кислорода было как можно меньше.

В фильтрчанах, где сбор сусла до сих пор ведут через фильтрационные краны, донное тесто сначала удаляют за счет того, что краны (всегда по два одновременно) сначала полностью открывают и затем тотчас снова закрывают. Благодаря этому в области подситового пространства возникает завихрение, поднимающее донное тесто. Этот процесс называют «отбивкой кранов» и повторяют его 2–3 раза.

Сбор первого сусла

Чтобы не терять времени, первое сусло следует собрать как можно быстрее. Концентрация первого сусла во всех кранах одинакова.

Первое сусло проходит через дробину и благодаря этому фильтруется. При этом дробина оказывает сопротивление протекающему суслу, что создает разрежение, так как вытекает больше сусла, чем поступает. Это разрежение способствует стягиванию дробины и тем самым — увеличению сопротивления. В конце концов это может привести к тому, что в подситовое пространство будет поступать все меньше сусла и процесс фильтрования существенно замедлится.

В связи с указанным стремятся к поддержанию как можно более низкого уровня фильтрационного давления и сохранению рыхлости дробины. Поэтому в современных фильтрчанах работа рыхлителя регулируется фильтрационным давлением.

В фильтрчанах, работающих с фильтрационными кранами, последние открываются только на одну четверть или треть. Кроме того, благодаря подъему сусла в кранах разрежение уменьшается.

Промывка дробины и сбор промывных вод

Чтобы еще сохранялась плавучесть дробины, стекание первого сусла допускается до тех пор, пока дробина не покажется на поверхности фильтруемого затора. Затем над суслом распределяется вода для промывания дробины, которая, медленно перемещаясь сверху вниз, вытесняет сусло. При этом дробина выщелачивается, но этот процесс требует времени, ведь экстракт из дробины переходит в раствор не так быстро.

Промывку допускается вести непрерывно, то есть добавлять столько новой воды, сколько промывной воды вытекло снизу, или же промывать дробину несколькими порциями воды. Непрерывная промывка идет несколько быстрее, но выход получается больше, если использовать два или три небольших долива, поскольку здесь у воды больше времени для выщелачивания дробины. При этом ускоряет выщелачивание дробины (экстракцию) небольшое перемешивание, благодаря которому увеличивается разность в экстрактивности между водой и раствором экстракта, содержащемся в дробине.

На практике используются оба способа, но непрерывная промывка имеет некоторые преимущества благодаря:

- большей прозрачности сусла;
- меньшему выщелачиванию оболочек;
- меньшему поглощению кислорода;
- экономии времени;
- получению пива с лучшими органолептическими показателями;
- лучшей вкусовой стойкости пива.

Рыхлитель приводится в действие до или во время процесса промывки дробины. Его использование зависит прежде всего от фильтруемости солода. Сначала разрезают верхнюю часть дробины, а затем медленно опускают рыхлитель до положения ножа на уровне около 5–10 см над фильтрационным ситом. Глубже погружать нож нельзя, так как иначе снова пойдет мутное сусло. Работа рыхлителя существенно определяет длительность фильтрования и прозрачность стекающего сусла.

Чтобы иметь возможность работать в оптимальном режиме, следует постоянно измерять и показывать следующие параметры:

- *расход фильтрующегося сусла;*
- *разность давлений* **(см. рис. 3.5.4);**
- *мутность.*

Если значение мутности растет, то нужно поднимать ножи, и наоборот, если уменьшается — опускать. Если возрастает фильтрационное давление, то сопротивление дробины возрастает, и нужно опускать ножи и рыхлить дробину. При этом снова возрастает величина мутности, и все начинается сначала.

Окончание процесса фильтрования определяют путем измерения концентрации сусла в котле. Этим можно добиться того, чтобы фильтрование заканчивалось с последним гектолитром промывной воды из дробины, то есть до появления последней промывной воды. Если эта вода повторно не используется, то ее появление означает лишь потерю энергии и увеличение нагрузки на систему водоотведения.

Естественно, отбирать первое сусло можно и сверху. Потерь экстракта из-за этого не будет, так как концентрация первого сусла — в отличие от промывных вод — до и после дробины совершенно одинакова. Проблематично лишь содержание в сусле мелких твердых частиц, так как тонкие частицы оседают медленно. Однако если отобрать первое сусло сверху и хорошо его отфильтровать, то таким образом можно сократить общее время фильтрования примерно на 20 мин без потерь выхода. Некоторыми фирмами для этого предлагаются дополнительные устройства.

Выгрузка дробины

После выпуска промывной воды рыхлитель поднимается, ножи ставятся поперек (в современных чанах откидывается вниз выгружная лопатка) и дробина перемещается к люку для дробины при медленном опускании выгружного устройства.

3.3.4. Фильтрование на заторном фильтр-прессе

Заторный фильтр-пресс (майшфильтр) является конкурентом фильтрчана, но он распространен еще не так широко, как последний. Вместо толстого слоя дробины фильтрационного чана, через который проходит фильтрование, у фильтр-пресса слой дробины составляет лишь 4–6 см, так как фильтрование здесь идет в первую очередь через плотные фильтрационные салфетки. Благодаря этому достигается лучшее извлечение экстракта из дробины. В последнее время в ходе совершенствования фильтр-прессов возникли совершенно новые концепции, и поэтому ниже будут рассмотрены как фильтр-прессы, изготовлявшиеся до 1990 года, так и новые фильтр-прессы.

3.3.4.1. Фильтр-пресс старой конструкции

3.3.4.1.1. Устройство фильтр-пресса старой конструкции

Этот фильтр претерпел с течением времени ряд изменений, но в своей основе остался тем же. Его конструкция (рис. 3.55) включает неподвижную станину (*1*) с продольными несущими балками (*2*) для рам и плит. С помощью неподвижной (*3*) и подвижной (*4*) торцевых плит пакет рам и плит ограничивается, а во время фильтрования сжимается.

Основными функциональными элементами являются рамы и плиты (*5*). **Рамы** служат для приема дробины, у них квадратная форма и обычные размеры порядка 1,2 × 1,2 м; глубина рам составляет 6 см, и отсюда получается емкость одной рамы порядка 0,8–1,0 гл. Число рам (от 10 до 60) может меняться в зависимости от производительности фильтра. Так как дробиной заполняются только рамы, рассчитать объем фильтра можно, перемножив объем рамы на число рам.

Поскольку после перекачки затора все рамы должны заполняться дробиной, масса засыпи должна быть согласована с емкостью фильтра. При этом считается, что из 100 кг засыпи получается 1,2–1,4 гл дробины. При этом объем дробины тем меньше, чем тоньше помол. У каждой рамы имеется прилив, глубина которого вдвое превышает глубину рамы. После сборки фильтра эти приливы образуют общий не соприкасающийся с плитами канал для подвода затора. Канал сообщается с внутренним пространством рамы посредством узкой прорези. В каждой раме проложены резиновые уплотнения, исключающие потери сусла. Эти уплотнения должны ежегодно заменяться, так как упругость резины со временем падает и фильтр теряет герметичность (рис. 3.56).

3.3.4.1.2. Режим работы с фильтр-прессом старой конструкции

При фильтровании с использованием фильтр-пресса старой конструкции работа делится на ряд операций:

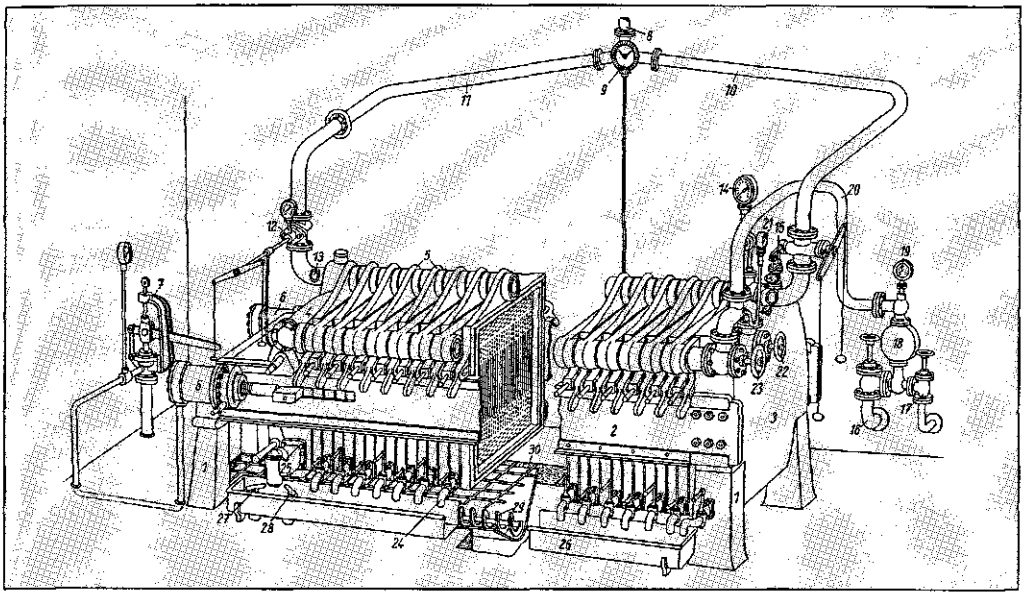


Рис. 3.55. Фильтр-пресс старой конструкции:

1 — станина; 2 — несущие балки; 3 — неподвижная торцевая плита; 4 — подвижная торцевая плита; 5 — рамы и плиты; 6 — механизм зажима; 7 — ручной насос; 8 — трубопровод для подачи затора; 9 — распределительный кран; 10 — трубопровод для подачи затора к неподвижной торцевой плите; 11 — трубопровод для подачи затора к подвижной торцевой плите; 12 — запорный клапан; 13 — смотровое окно; 14 — манометр; 15 — предохранительный клапан; 16 — подача горячей воды; 17 — подача холодной воды; 18 — смесительная батарея; 19 — термометр; 20 — подача воды для промывки дробины; 21 — манометр линии воды для промывки дробины; 22 — кран для нижнего подвода воды для промывки дробины; 23 — кран для верхнего подвода воды для промывки дробины; 24 — фильтрационный кран; 25 — общий кран; 26 — приемный лоток для сусла; 27 — отвод сусла; 28 — слив загрязненной воды; 29 — желоб для дробины; 30 — стержни решетки

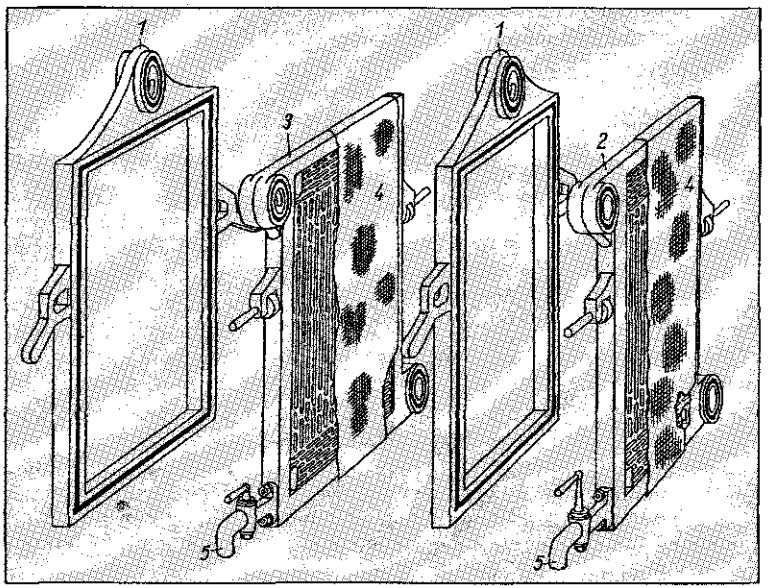


Рис. 3.56. Последовательное расположение рам и плит фильтра:

1 — рамы; 2 — плита с подводом снизу (для воды); 3 — плита с подводом сверху (для сусла); 4 — салфетка фильтра; 5 — пробковый кран

- навешивание салфеток;
- перекачка затора и сбор первого сусла;
- промывка дробины и сбор промывных вод;
- разборка фильтра;
- мойка салфеток фильтра.

Навешивание салфеток и сборка фильтра

Сначала салфетки вывешиваются на плиты с двух сторон, начиная с неподвижной торцевой части. Каждая плита снабжается одной фильтрующей салфеткой, а затем они равномерно сжимаются с двух сторон придвигающимися рамами. Когда фильтр собран, сначала он холодный, и если сразу закачать затор, то он остыл бы (особенно в начале варочной недели), и это помешало бы фильтрованию. Поэтому сначала фильтр заполняют водой с температурой 80 °С и через некоторое время (примерно через полчаса) воду сливают. Одновременно с этим фильтр испытывают на герметичность.

Перекачка затора и сбор первого сусла

Процесс начинается с подачи затора в верхний канал над рамами. Чтобы затор был полностью перемешан, включают мешалку в заторном аппарате. Скорость подачи затора должна поддерживаться такой, чтобы он равномерно заполнял камеры. При слишком быстрой перекачке происходит забивание фильтрующей поверхности фильтра, из-за чего поднимается давление и время перекачки от этого только увеличивается. Быстрее всего перекачка идет, если давление растет медленно и составляет в конце перекачки $P_{изб} \approx 0{,}5$ бар. Чтобы этого добиться, необходим регулируемый электродвигатель насоса. Закачивание затора длится 20–25 мин.

Во время перекачки затора первое сусло уже вытекает из всех кранов.

При использовании фильтр-пресса фильтрационную паузу не выдерживают. Дробина удерживается салфетками, и сусло стекает вниз через салфетки по ребрам плит и вытекает наружу из всех кранов (рис. 3.57).

При использовании фильтр-пресса мутное сусло отсутствует. Если весь затор перекачан и первое сусло стекло, то камеры должны быть полностью заполнены дробиной.

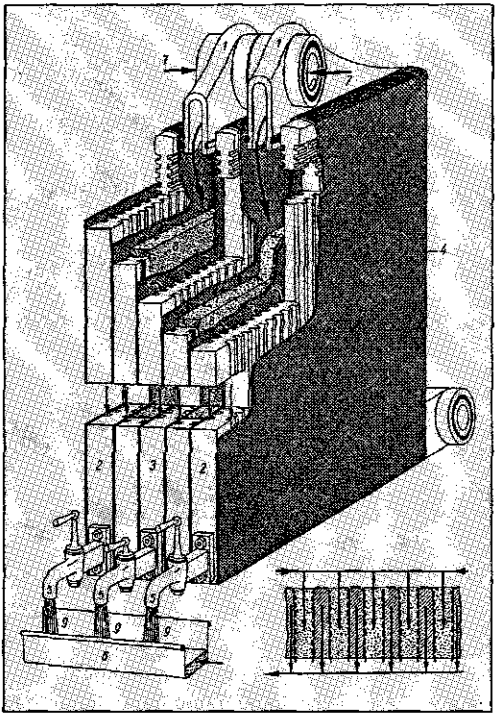


Рис. 3.57. Сбор первого сусла:

1 — рамы; 2 — плиты для воды; 3 — плиты для сусла; 4 — салфетки; 5 — фильтрационные краны; 6 — лоток для приема сусла; 7 — направление подачи затора; 8 — дробина; 9 — первое сусло; 10 — подача воды для промывки дробины; 11 — собираемые промывные воды

Когда первое сусло стекло полностью, краны закрываются.

Промывка дробины и сбор промывных вод

Воду для промывки дробины нельзя закачивать через канал для затора, так как в этом случае она пойдет по пути наименьшего сопротивления сверху через салфетки и станет стекать по плитам, не выщелачивая дробину.

Поэтому промывную воду подводят через боковой канал к каждой второй плите. Для этого обычно используют нижний канал, так как промывка дробины сверху вызывает больше трудностей. Вода подходит к приливу каждой второй плиты снизу, проникает через салфетку и доверху заполняет обе соседние камеры. Заполнение фильтра проверяют с помощью небольшого воздушного крана, установленного на каждой второй плите для вы-

пуска воздуха, или через большой воздушный кран над всем фильтром.

Когда фильтр заполнен, открывают кран на промежуточной плите (плите для сусла). Чтобы лучше различать краны, у этих плит краны имеют более низко установленные ручки. Если бы открывался кран на плите для воды, то вытекала бы чистая вода.

Вода вынуждена протекать через 6-сантиметровый слой дробины и его выщелачивать, но это предполагает, что камеры должны быть доверху заполнены дробиной, иначе промывная вода может бесполезно вытекать в верхнее свободное пространство, а выход экстракта при этом существенно снизится (рис. 3.58).

При таком способе фильтрования сусло на пути, проходящем через через краны и приемный лоток, сильно насыщается воздухом, и поэтому в более новых фильтрах перешли к **закрытому фильтрованию**(рис. 3.59).

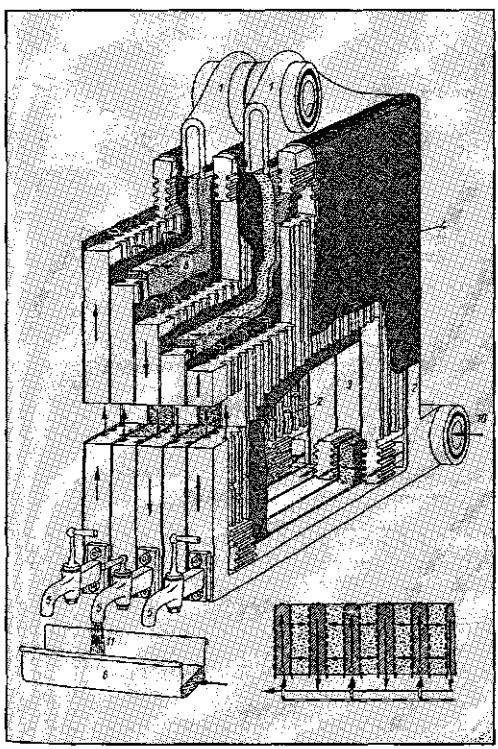


Рис. 3.58. Сбор промывной воды:

1 — рамы; 2 — плиты для воды; 3 — плиты для сусла; 4 — фильтрационная салфетка; 5 — фильтрационный кран; 6 — лоток для приема сусла; 7 — подача затора; 8 — дробина; 9 — первое сусло; 10 — подача воды для промывки дробины; 11 — собираемые промывные воды

При этом сбор сусла осуществляют не через краны, а через боковые каналы в плитах. На неподвижной торцевой плите каналы подняты на высоту фильтра так, чтобы обеспечить постоянное заполнение фильтра. В конце фильтрования остаток промывной воды выдавливают через дробину сжатым воздухом и этим извлекают еще некоторое количество экстракта.

При использовании фильтр-пресса также как и в фильтрчане можно осуществлять промывку дробины непрерывно или периодически. Промывку проводят до тех пор, пока не получат желаемое количество сусла; оно, как и нормальное сусло в котле, должно также содержать требуемое количество экстракта.

Разборка фильтра

Когда будет слита последняя промывная вода, можно приступать к разборке фильтра. В это время фильтр имеет температуру около 75 °С, что сильно осложняет ручные работы, так как требуется вручную или механически раздвинуть рамы и плиты. При этом дробина вываливается в желоб под фильтром и удаляется шнеком. Фильтрационные салфетки из синтетического волокна промываются разбрызгиванием воды, и лишь в конце недели или месяца их извлекают и моют. Собранный после разборки фильтр в конце недели моют в системе безразборной циркуляционной мойки (CIP).

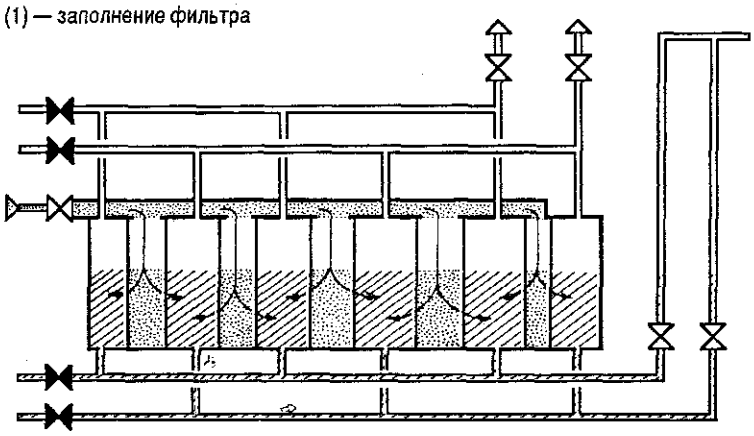
3.3.4.2. Фильтр-пресс нового поколения

В 1990 г. на рынке появилось новое поколение фильтров, представленное фильтр-прессом 2001 фирмы Meura, г. Турнэ (Бельгия) с существенными усовершенствованиями по сравнению с прежними фильтрами (рис. 3.60).

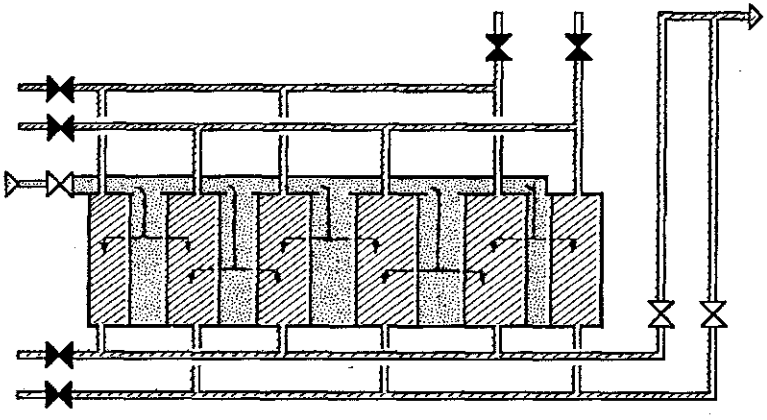
3.3.4.2.1. Устройство фильтр-пресса 2001

Фильтр-пресс 2001 состоит из попеременно следующих друг за другом мембранно-камерных модулей и решетчатых полипропиленовых плит (рис. 3.60а), обладающих очень низкой теплопроводностью.

(1) — заполнение фильтра



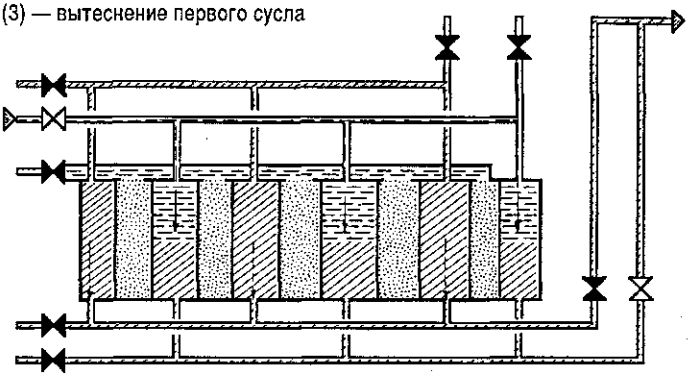
(2) — сбор первого сусла



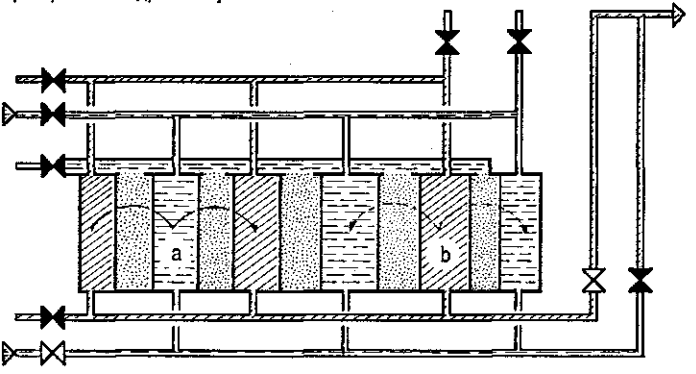
затор сусло вода

Рис. 3.59. Закрытое фильтрование с помощью фильтр-пресса

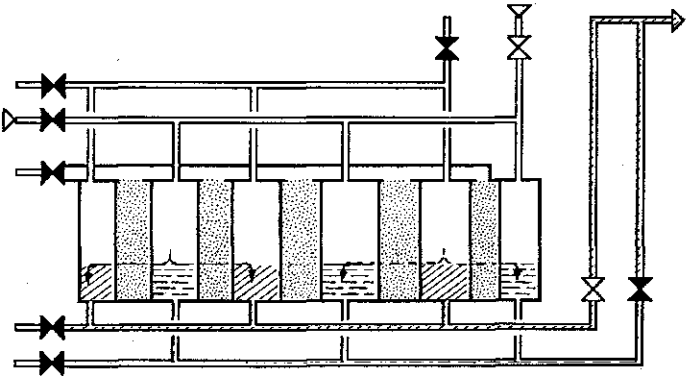
(3) — вытеснение первого сусла



(4) — промывка дробины [(a, b) — альтернативные возможности при промывке дробины]



(5) — опорожнение путем создания давления



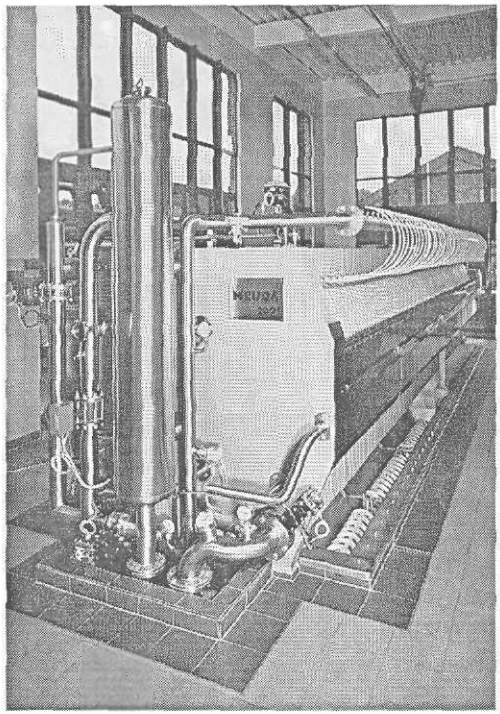


Рис. 3.60. Фильтр-пресс 2001 (фото: фирма Meura, г. Турнэ, Бельгия)

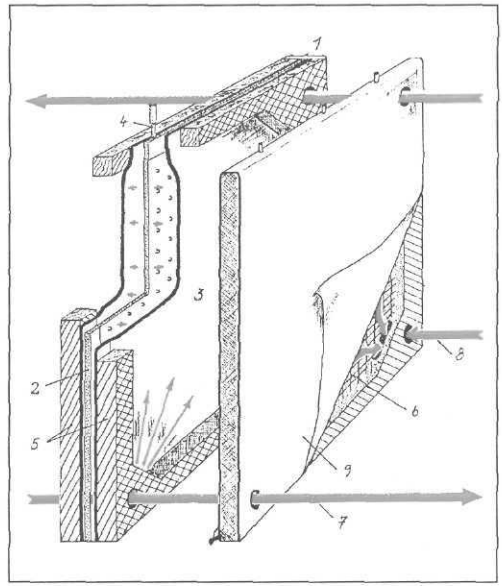


Рис. 3.60а. Фильтр-пресс 2001 — мембранно-камерный модуль и решетчатые плиты:

1 — модуль; 2 — плиты с ребрами; 3 — упругие мембраны из пластмассы; 4 — шланговый соединительный патрубок для сжатого воздуха (сбоку); 5 — рамы; 6 — решетчатая плита; 7 — канал для подачи затора; 8 — канал для отвода сусла; 9 — фильтрационная салфетка

Размеры плит — 2,0 × 1,8 м; в фильтре может быть до 60 плит. Мембранно-камерные модули (*1*) состоят из тонких, толщиной около 1 см, плит с ребрами (*2*), покрытых с двух сторон упругими мембранами (*3*). Плита через шланговое соединение (*4*) связана с распределительным трубопроводом подачи сжатого воздуха, который расположен над фильтром. Таким путем к заданному моменту времени между тонкими плитами и пластмассовыми мембранами нагнетается сжатый воздух. Поскольку мембраны эластичны, они растягиваются и давят с двух сторон на дробину, находящуюся в привинченных рамах (*5*) толщиной около 4 см. На другой стороне дробина ограничена **решетчатыми плитами** (*6*). Эти полипропиленовые плиты имеют толщину около 4 см и покрыты с обеих сторон фильтрационными салфетками из полипропиленовой ткани (*9*), через которые могут стекать первое сусло и промывные воды. После зажима фильтра между каждым мембранно-камерным модулем и каждой фильтрационной плитой образуется принимающая дробину камера толщиной около 4 см.

В нижней части фильтра через все модули и все решетчатые плиты проходит широкий канал (*7*), служащий для подачи затора, а позднее — воды, подаваемой для промывки дробины; с двух сторон он связан с каждым камерно-мембранным модулем. Канал на другой стороне (*8*) принимает и отводит первое сусло и промывные воды. Благодаря нижнему подводу и отводу достигается удаление воздуха при наполнении и обеспечивается минимальное поглощение кислорода.

Канал в верхней части позволяет заполнять фильтр с одновременным удалением воздуха.

Фильтр в сборе (рис. 3.60б) состоит из одной неподвижной (*1*) и одной подвижной торцевой плиты (*2*), между которыми располагается до 60 плит (*3*) и модулей (*4*) с возможностью их перемещения на несущих балках (*5*). На неподвижной торцевой плите расположены подвод затора (*6*) и отвод сусла (*7*). Под-

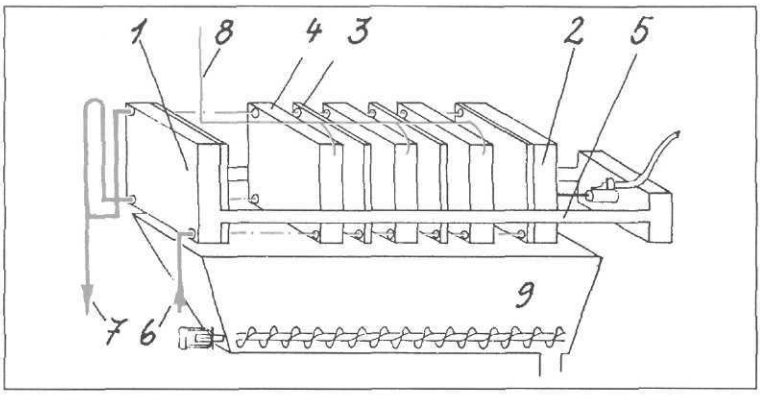


Рис. 3.60б. Фильтр-пресс 2001 (принцип действия):

1 — неподвижная торцевая плита; 2 — подвижная торцевая плита; 3 — решетчатая плита; 4 — модуль; 5 — несущая балка; 6 — подача затора; 7 — отвод сусла; 8 — подвод сжатого воздуха; 9 — желоб для дробины с разгрузочным шнеком

вод сжатого воздуха осуществляется через стационарный трубопровод, который расположен над фильтром (*8*), и который связан с модулями при помощи длинных шлангов для подачи сжатого воздуха; этим обеспечивается также подвижность модулей при выгрузке дробины. Желоб для дробины (*9*) принимает дробину и перемещает ее. Весь процесс управляется автоматически благодаря установленным измерительным приборам и управляющим устройствам.

3.3.4.2.2. Последовательность операций при работе на фильтр-прессе 2001 (рис. 3.61а)

1. Наполнение фильтра

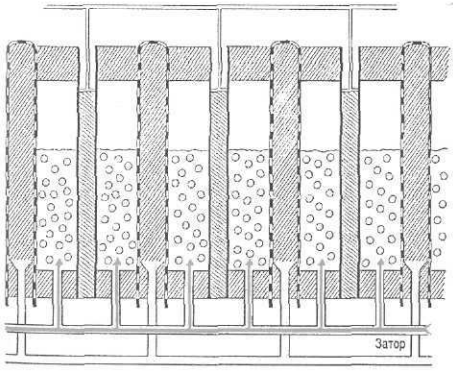


Рис. 3.61а

Затор закачивается снизу под избыточным давлением 0,15–0,2 бар через нижний канал (рис. 3.61б, *7*) с двух сторон в мембранно-камерные модули; первое сусло сразу вытекает через салфетки решетчатых плит.

2. Фильтрование

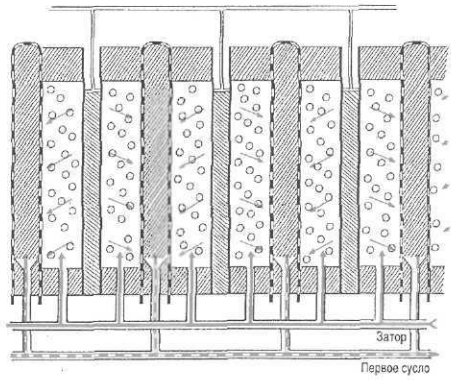


Рис. 3.61б

До момента полной перекачки затора внутри камеры создаются хорошие условия для формирования постоянно уплотняющегося слоя дробины, так как первое сусло все время стекает. При этом первые десять минут давление несколько возрастает, а затем остается почти постоянным. Когда весь затор пройдет через фильтр, все камеры должны заполниться дробиной. Сбор первого сусла продолжается около 20 мин.

3. Первое сжатие

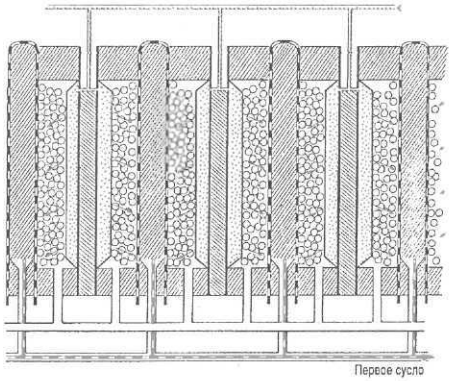


Рис. 3.61в

После сбора первого сусла дробина уплотняется. С помощью сжатого воздуха мембраны перемещаются, и при избыточном давлени 0,5–0,6 бар производится сжатие дробины и выдавливание таким образом остатков первого сусла. Этот процесс длится около 5 мин.

4. Промывка дробины

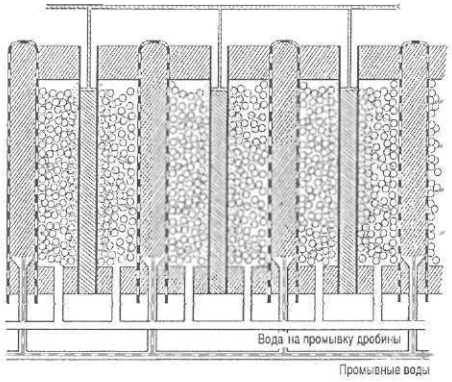


Рис. 3.61г

Вода закачивается снизу (как и затор) и равномерно распределяется над поверхностью фильтра. Вода при температуре 78 °С выщелачивает дробину во время протекания через нее и через салфетки решетчатых плит. Этот процесс длится максимум 50–55 мин.

5. Последнее сжатие

В заключение дробина еще раз прессуется, причем в конце давление поднимают до избыточного давления, равное 0,7 бар. Благодаря

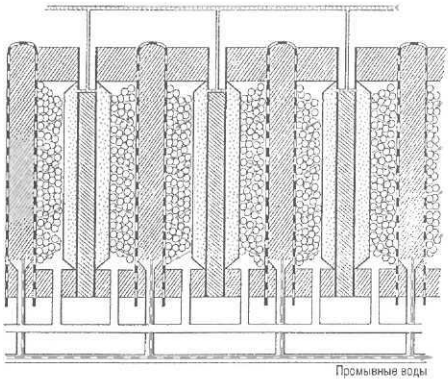


Рис. 3.61д

этому извлекается последний экстракт, и дробина осушается примерно до 32% содержания СВ. При такой консистенции дробина еще хорошо транспортируется. Содержание воды в дробине можно еще более понизить путем еще большего ее сжатия (до избыточного давления > 1,2 бар), однако в этом случае дробина получается настолько сухой, что в пневмотранспортном трубопроводе не образуются нужные для ее транспортировки пробки, а в бункере для дробины могут образовываться своды из-за зависания массы. Это усложняет быструю реализацию дробины. Весь процесс длится около 10 мин.

6. Выгрузка дробины

При разборке пакета фильтра дробина падает в желоб и удаляется. Кроме того, производится контроль на наличие остатков дробины. Процесс длится около 10 мин. После этого фильтр снова закрывают, и он готов для следующей загрузки. Фильтрационные салфетки для мойки не извлекаются, открывание и закрывание фильтра происходит автоматически, но оператор может при необходимости легко прервать этот процесс.

Общее время использования фильтра составляет 100–110 мин, что дает возможность пропускать варку за 2 часа, то есть оборачиваемость фильтр-пресса составляет 12 варок в сутки.

Мойка в конце рабочей недели

В конце рабочей недели салфетки промываются без их извлечения. Целесообразно производить заполнение фильтра разбавленным щелочным раствором и многоступенчатую рециркуляцию этого раствора для растворе-

ния частиц. Еще имеющиеся остатки загрязнений (дробина и частицы шлама) удаляются, а фильтр тщательно промывается водой.

Начало новой рабочей недели

К началу новой рабочей недели фильтр должен быть нагрет и остатки щелочи должны быть нейтрализованы слабым раствором кислоты. Примечательно, что даже в конце рабочей недели фильтр снаружи едва теплый на ощупь, так как теплоизлучение от него невелико.

3.3.4.2.3. Прочие современные фильтр-прессы

Рассмотренный выше фильтр Meura известен во всем мире и очень широко распространен. Однако в последние годы и целый ряд других машиностроительных фирм, работающих в области пивоварения (например, Ziemann, Ludwigsburg (Германия); Landaluce, Requejada (провинция Кантабрия, Испания); Nordon, Nancy Cedex (Франция) успешно выпускают фильтр-прессы нового поколения различной производительности, иногда с набором фильтрационных плит размером более 3 м (рис. 3.62).

Устройство и принцип действия этих фильтров сходны между собой — естественно, с учетом особенностей того или иного изготовителя. В большинстве случаев в них отказываются от деления на модули и решетчатые плиты и оснащают фильтр-пресс одинаковыми по конструкции полипропиленовыми плитами, которые различаются по способу подачи затора и отвода сусла.

Для подачи затора (рис. 3.62а; *а*) такие фильтры оснащены каналами над и под плитами, имеющими доступ к каждой плите и заполняющие затором все промежутки между плитами (рис. 3.62б, *3*). К плитам с двух сторон прилегают запрессованные по краям пластмассовые фильтрационные салфетки (*4*), через которые фильтруется сусло; дробина же остается в полых пространствах (*3*).

В подобных системах фильтров отказываются от пластмассовых мембран, а с ними — и от возможного дополнительного сжатия дробины.

Принцип их действия состоит в том, что пустоты между плитами (а значит и между салфетками) используются для приема дробины (*3*). Первое сусло благодаря этому стекает из всех боковых каналов (*а*). Для промывки дробины (рис. 3.62а; *b*) вода давит из каждой второй плиты и выжимает через находящиеся между ними плиты промывную воду после выщелачивания дробины. Для обеспечения этого процесса две разные по своему типу плиты установлены по-разному (рис. 3.62б, *1, 2*), и благодаря этому промывная вода вынуждена проходить через слой дробины поперек. Для улучшения выщелачивания дробины это направление периодически изменяют.

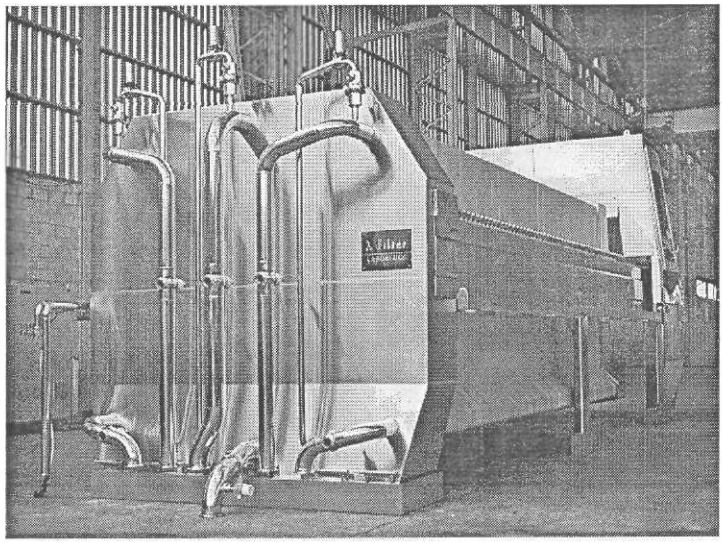


Рис. 3.62. Фильтр-пресс новой конструкции типа I (фирма Landaluce, Requejada, Испания)

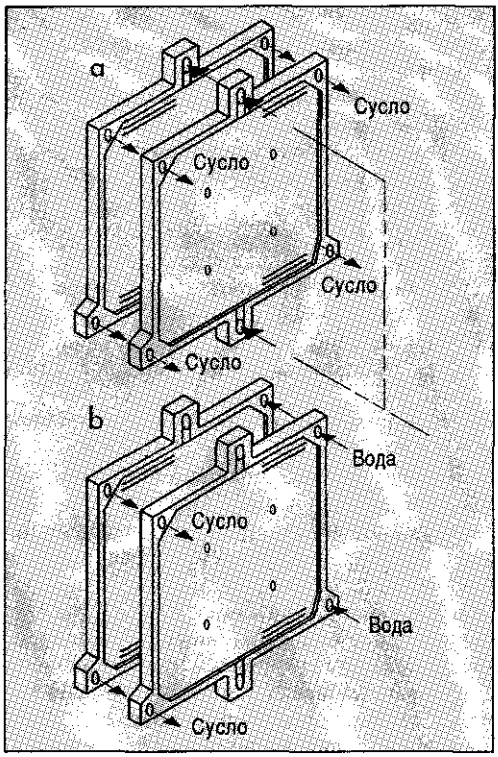


Рис. 3.62а. Режим работы фильтра типа I (Фирма Landaluce, Испания):

(a) — перекачка затора и сбор первого сусла;
(b) — промывка дробины и сбор промывных вод

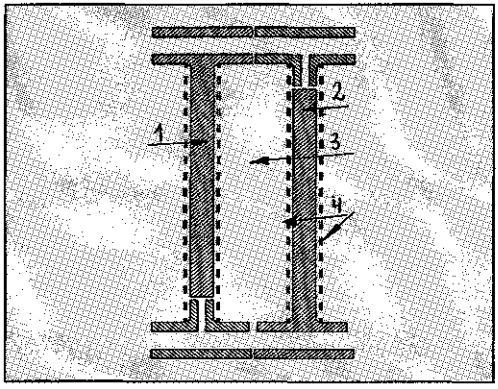


Рис. 3.62б:

1 — фильтрационная плита, тип 1; 2 — фильтрационная плита, тип 2; 3 — полое пространство для приема дробины; 4 — плотно подогнанные пластмассовые фильтрационные салфетки

В связи с отказом от использования мембран этот современный фильтр по своем принципу действия приближается к прежней системе (см. рис. 3.59), однако с существенными улучшениями.

Преимущества использования фильтр-прессов современной конструкции заключаются в следующем.

- *Время фильтрования в целом составляет около 2 ч*, что обеспечивает оборачиваемость 12 варок в сутки.

При этом время на выполнение отдельных операций распределяется примерно так:

Заполнение фильтра	8 мин
Перекачивание	3 мин
Сбор первого сусла	15 мин
Промывка дробины	65 мин
Выпрессовывание	6 мин
Разборка фильтра	1 мин
Перемещение плит	13 мин
Сборка фильтра	1 мин
Всего	111 мин

- Фильтр-пресс дает *прозрачное сусло* и очень небольшую мутность. Это достигается благодаря применению плотных фильтрационных салфеток и тонкому помолу.
- *Выход экстракта варочного цеха* приближается, а зачастую даже *превосходит лабораторный выход*; это можно отнести в основном на счет использования очень тонкого помола и интенсивного выщелачивания дробины. Выход экстракта и время фильтрования существенно зависят от качества солода.
- *Поглощение кислорода* находится на минимальном уровне благодаря подаче затора снизу.
- Для помола применяют молотковые дробилки, так как отсутствует необходимость использовать оболочки в качестве фильтрующего материала. *Состав помола* и здесь остается ключом успеха для достижения высокого выхода. На некоторых предприятиях солод размалывают на вальцовых дробилках на помол с примерно 50%-ным содержанием муки, затем отделяют оболочки и размалывают их на молотковых дробилках.

Для хорошего результата при фильтровании предлагается следующий состав помола (на молотковых дробилках):

сито 1	<1%
сита 2 + 3	<9%
сита 4 + 5	>55%
дно	>35%

- Фильтр-пресс несложен в обслуживании, а *затраты труда* невелики. Разумеется, эксплуатационные параметры во многом зависят от качества, а также от срока службы фильтрационных салфеток.
- На эксплуатационные расходы при использовании современного фильтр-пресса существенно влияют такие показатели, как срок службы фильтрационных салфеток и механических узлов для перемещения плит, а также и гидравлических устройств.
- Расход энергии для обеспечения очень тонкого помола больше, чем при обычном дроблении на вальцовых установках.

Вообще же нельзя не упомянуть, что современные фильтрчаны тоже обеспечивают 12 варок в сутки, а затраты труда на них также очень малы. Это обстоятельство существенно обесценивает преимущества фильтр-пресса перед фильтрчаном.

В целом преимущества фильтр-прессов становятся значимыми прежде всего на крупнейших пивоваренных предприятиях с годовым выпуском порядка нескольких миллионов гектолитров. Подавляющее число пивоваренных предприятий по-прежнему традиционно предпочитают работать на фильтрчанах современной конструкции.

3.3.5. Дробина

При выгрузке дробины из фильтрационного аппарата из 100 кг помола выходит около 100–130 кг дробины с влажностью 70–80%, что составляет 21–22 кг дробины на гл пива.

Состав сухого вещества дробины распределяется следующим образом:

Белок	28,0%
Жиры	8,2%
Не содержащие азота экстрактивные вещества	41,0%
Целлюлоза	17,5%
Минеральные вещества	5,3%

Дробину продают по возможности на корм скоту. Питательная ценность дробины составляет около $^1/_5$ от питательной ценности такого же количества ячменя. Это понятно, если учесть, что в результате процесса затирания удаляется максимальное количество экстрактивных веществ. Преимущество составляющих дробины состоит в их лучшей по сравнению с исходным продуктом перевариваемости.

Дробина не содержит витаминов, поэтому не следует кормить скот исключительно одной дробиной. Следует учитывать, что дробина еще содержит много сахара и белка, и поэтому в тепле она может легко закисать.

Потребность окружающих сельскохозяйственных производств в дробине существует не всегда и не везде. В связи с этим следует стараться сбыть ее быстро и надежно. Для этого во многих странах имеются межрегиональные скупщики дробины, которые перерабатывают или сушат излишки дробины. Кроме того, иногда фермеры для сохранения дробины перерабатывают ее на силос.

3.3.5.1. Транспортирование дробины

Влажная дробина падает из выгружной шахты фильтрчана на расположенный под ним транспортер для дробины (рис. 3.63).

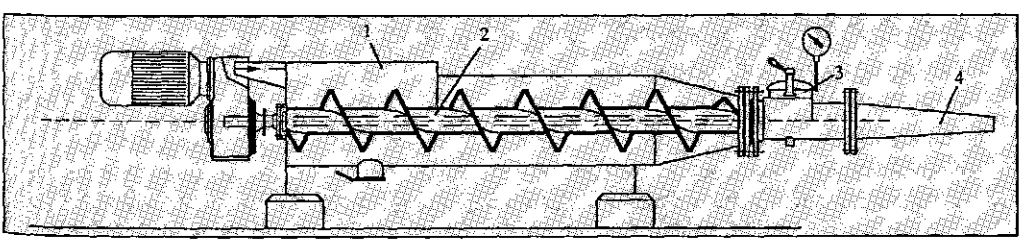


Рис. 3.63. Транспортер для дробины:

1 — приемная воронка для дробины; 2 — шнек для дробины; 3 — обратный клапан; 4 — трубопровод к силосу для дробины

Расположенный в нижней части транспортера шнек перемещает дробину к выпуску. При этом дробина несколько уплотняется. После прохождения шнека дробина с помощью сжатого воздуха перемещается по трубопроводу порциями и попадает в силос для дробины (рис. 3.64).

Отделение дробины от транспортирующего воздуха происходит в воздухоотделителе. Дробина падает вниз в силос и с помощью транспортного шнека перегружается в автотранспорт. Устройство для отгрузки защищено от промерзания. Отгруженное количество дробины измеряют.

Если дробину не удается продать сразу, ее следует высушивать. Для этого используют **сушилку для дробины**, где последнюю высушивают до влажности 10–12%. Дробина перемещается шнеком к секции для прессования, которая состоит из конического пресс-шнека с перфорированной ситовой рубашкой. Затем обезвоженная дробина подается в сушилку, уходя из нее через шлюзовой затвор барабанного типа. Расход пара составляет 1,25–1,36 кг/кг испаренной из дробины воды. Поэтому сушка имеет смысл тогда, когда высушенную дробину можно продать в 4–5 раз дороже, чем влажную. Из-за этого большинство предприятий не ставят установки для сушки дробины, предполагая, что они смогут продать свою дробину окрестным фермерам или на предприятия по переработке кормов.

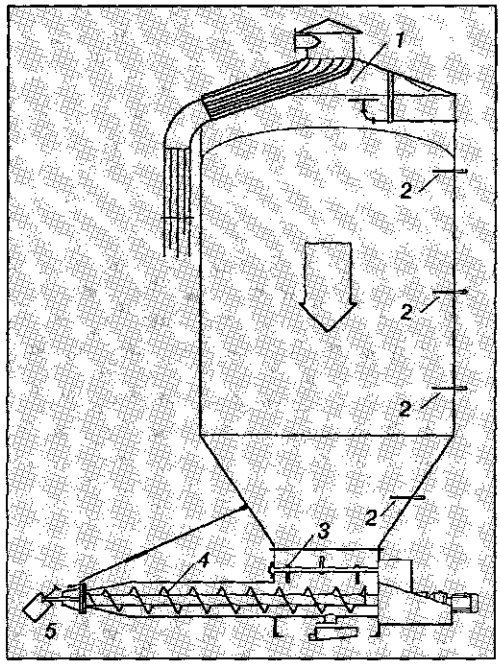


Рис. 3.64. Силос для дробины:

1 — впуск дробины; 2 — указатель уровня; 3 — лопастной шнек для предотвращения сводообразования; 4 — шнек для дробины; 5 — выпуск дробины

3.3.5.2. Анализ дробины

Анализ дробины дает точную картину содержания оставшихся в ней экстрактивных веществ. Общий экстракт дробины состоит из ***вымываемого*** и ***остающегося экстракта***. Вымываемый экстракт определяется в воде, отжатой из дробины, а ***общий экстракт*** определяют путем кипячения дробины и ее последующего ферментативного расщепления.

Разность между общим экстрактом и вымываемым представляет собой остающийся экстракт.

По результатам оценки можно сделать заключение об эффективности работы варочного цеха.

3.3.5.2.1. Вымываемый экстракт

Вымываемый или растворимый экстракт определяется экспресс-методом путем отжимания дробины на ручном прессе, фильтрования отжатой жидкости через складчатый фильтр и сахарометрического определения содержания экстракта.

Вымываемый экстракт выражается в процентах и в норме составляет около 0,8 % масс.

Ниже приведен анализ причин повышенного содержания вымываемого экстракта.

Причина	Обоснование	Способ устранения недостатков
Плохо растворенный солод	Диффузия экстракта, содержащегося в частичках дробины, идет медленнее и не менее полно, чем в хорошо растворенном солоде	Следует использовать лучше растворенный солод

Причина	Обоснование	Способ устранения недостатков
Слишком тонкий помол	Помол становится тестообразным, и слой дробины начинает хуже выщелачиваться	Следует применить более крупный помол
Слишком быстрое фильтрование затора	Содержащийся в дробине экстракт не может в заданное время достаточно полно перейти в промывную воду	Следует дольше вести промывку. Использование нескольких небольших по объему промывок дает лучший результат выщелачивания, чем непрерывная промывка
Неравномерное распределение затора	Из-за разной высоты дробины в фильтрчане ее части выщелачиваются неравномерно	Обеспечить равномерное распределение затора в чане с помощью рыхлителя
Сжатие дробины	Уплотненные участки дробины больше не выщелачиваются (островки экстракта)	Рекомендуется дросселировать фильтрационные краны для уменьшения разрежения; использовать показания фильтрационного манометра
Недостаточная отбивка кранов	Объем под фильтрационными ситами может частично заполняться донным тестом и вызывать неравномерный сток сусла	Полнее открывать фильтрационные краны во время выполнения операции отбивки
Слишком низкая концентрация первого сусла	Для промывания дробины недостаточно объема воды, подаваемой на промывку дробины	Использование более высокой концентрации первого сусла (18–20%); соотношение объемов первого сусла и промывных вод от 1 : 1 до 1 : 1,2
Слишком низкая температура при фильтровании затора	Из-за охлаждения фильтрчана или слишком низкой температуры воды, подаваемой на промывку дробины, затрудняется выщелачивание дробины в связи с ее спрессовыванием	Температура во время всего процесса фильтрования должна быть как можно ближе к 78 °С; чан должен быть изолирован
Неравномерное и недостаточное заполнение камер фильтр-пресса	Если заполнение протекает слишком медленно или слишком быстро, камеры фильтра заполняются неравномерно	Засыпь должна соответствовать размеру и числу рам; фильтр должен заполняться равномерно; давление должно подниматься медленно
Слишком грубый помол	Неправильно установлена дробилка, изношенный подшипник или вальцы, слишком быстрое дробление, солод слишком влажный	Следует отрегулировать и наладить работу дробилки, вальцы требуют повторной нарезки, производительность дробилки рекомендуется уменьшить
Способ затирания слишком сокращен или не подходит для процесса	Недостаточное растворение экстрактивных веществ солода и несоложеного сырья	Рекомендуется более продолжительное и интенсивное затирание и кипячение затора, дольше кипятить густой затор (отварку), тоньше дробить

3.3.5.2.2. Остающийся экстракт (лабораторный анализ)

Кроме растворимого экстракта, в дробине имеются также вещества, способные к расщеплению, но не перешедшие в раствор при затирании. Эти экстрактивные вещества называются остающимся экстрактом. Для его определения в лабораторном заторном аппарате затирают 25 г размолотой сухой дробины с добавлением ферментного препарата, кипятят 15 мин и затем затирают с добавлением фермента по конгрессному способу.

В качестве результата этого анализа получают общий экстракт, составляющий в норме 1,3–1,8%.

Разность между общим и вымываемым экстрактом представляет собой остающийся экстракт.

Остающийся экстракт составляет в норме 0,8%. Он дает возможность сделать важные выводы о работе в варочного цеха до стадии фильтрования затора.

3.3.5.2.3. Пересчет экстракта дробины на солод

Вымываемый и остающийся экстракт, оставшийся в дробине, потерян для выхода сусла и уменьшает выход варочного цеха. Чтобы иметь точные данные о потерях, пересчитывают содержание экстракта дробины на солод и получают потери в кг на 100 кг солода. Нормальные потери экстракта в дробине составляют 1,2–2,5 кг экстракта на 100 кг солода.

3.3.6. Солодовый экстракт

Целью затирания является получение максимального количества экстракта хорошего качества, отделяемого в процессе фильтрования от дробины. Путем выпаривания неохмеленного сусла этот экстракт можно получить в концентрированном виде.

Солодовый экстракт представляет собой вязкий сироп темного цвета с очень сладким вкусом, содержащий все питательные вещества сусла. Солодовый экстракт продается в качестве структурирующего и концентрирующего компонента в виде сиропа или порошка. Его применяют также в хлебопекарном и шоколадном производстве в качестве подсластителя, а в последнее время проявляется все большая потребность в солодовом экстракте для домашнего пивоварения. Многие пивовары-любители в домашних условиях стремятся избежать процесса затирания и прежде всего трудоемкого процесса фильтрования затора, начиная свою варку с солодового экстракта (затем разводимого) в виде нормального сусла перед кипячением. Этот солодовый экстракт можно приобрести в соответствующих магазинах.

Качество солодового экстракта сильно зависит от качества сусла, из которого он был приготовлен. С самого начала его затирание производят гуще, чем в обычном пивоваренном производстве, поскольку иначе для выпаривания воды из сусла потребуется слишком много энергии. Сусло сгущают до содержания экстракта 75–80%, но для облегчения обратного растворения часто степень концентрирования устанавливают значительно меньшую.

При испарении воды из сусла при нормальном давлении (и 100 °С) требуется много времени, причем в сусле образуется много продуктов реакции Майяра (меланоидины и альдегиды Штрекера). Сусло сильно темнеет и из-за повышенной термической нагрузки приобретает соответствующие нежелательные вкусовые изменения. Чтобы этого избежать, воду испаряют в вакууме при более низкой температуре (при давлении 0,1 бар температура кипения ≈ 46 °С; при давлении 0,2 бар эта температура ≈ 60 °С; см. п. 10.2.2.1). Условием для проведения этого процесса является наличие следующего оборудования:

- герметичный, рассчитанный на вакуум котел с мешалкой;
- герметичная система трубопроводов;
- вакуумный насос.

При наличии этих условий качество концентрированного сусла можно сохранить почти полностью вплоть до повторного разбавления.

Для выпаривания применяют специальные вакуум-выпарные установки.

3.4. Кипячение сусла

Полученное в процессе фильтрования сусло кипятят в течение 1–2 ч с добавлением хмеля.

При кипячении сусла в него переходят горькие и ароматические вещества хмеля, одновременно коагулируют белки.

Кипячение сусла ведут в сусловарочных котлах, в которых создаются все условия для интенсивного кипячения сусла. Конечным продуктом после стадии кипячения является горячее охмеленное сусло.

3.4.1. Процессы, происходящие при кипячении сусла

При кипячении сусла происходит ряд следующих важных процессов:

- ***растворение и превращение компонентов хмеля;***
- ***образование и коагуляция конгломератов белковых и дубильных веществ;***
- ***выпаривание воды;***
- ***стерилизация сусла;***
- ***разрушение всех ферментов;***
- ***повышение цветности сусла;***
- ***повышение кислотности сусла;***
- ***образование редуцирующих веществ;***
- ***изменение содержания в сусле диметилсульфида (ДМС) и других летучих веществ.***

3.4.1.1. Растворение и превращения составных частей хмеля

При получении пива прежде всего важны следующие компоненты хмеля:

хмелевые смолы или горькие вещества хмеля;
хмелевое масло;
дубильные вещества хмеля.

Хмелевые смолы или горькие вещества хмеля – важнейшие для приготовления пива хмелевые компоненты, так как они придают пиву горький вкус α-кислоты – в *холодном* сусле почти не растворяются. В кипящем же сусле структура α-кислот претерпевает перестройку, называемую изомеризацией. Возникшие изомеризованные соединения обладают значительно большей растворимостью, чем исходные α-кислоты.

Изомеризация α-кислот при кипячении ни в коей мере не является полной. В среднем охмеленное сусло содержит в виде изомеризованных соединений лишь треть из введенных в него с хмелем α-кислот. В ходе дальнейшего процесса получения пива выделяется значительная часть горьких веществ. Можно считать, что из перешедших при кипячении в раствор горьких веществ остаются:

	Горькие вещества	С относительным показателем горечи
В хмелевой дробине	20%	7%
В белковом отстое	50%	18%
В деке и дрожжах	10%	25%
В пиве	20%	50%

При кипячении выход изогумулона, а с ним и горечь пива, *зависит в основном* от:

1. *Природы изогумулонов.* Различные составные части α-кислот имеют весьма отличающуюся степень изомеризации; лучший выход изогумулона дает когумулон. Путем применения сортов хмеля с высоким содержанием когумулона (например, Northern Brewer) получают большую горечь пива.
2. *Длительности кипячения.* С увеличением времени кипячения возрастает выход изогумулона. Большая часть α-кислот к началу кипячения изомеризуется, и выход с ростом длительности кипячения возрастает все медленнее. Через один час кипячения большая часть горьких веществ изомеризуется.
3. *Величины pH.* Большая величина pH всегда дает лучшую изомеризацию, но горечь при более низких значениях pH всегда чувствуется более выровненной и тонкой.
4. *Концентрации гумулонов.* С ростом нормы внесения хмеля выход изогумулона убывает; это убывание, однако, происходит в узких пределах (до 10%).
5. *Отделения изогумулонов с взвесями горячего сусла.* Существенная часть изогумулона адсорбируется взвесями.
6. *Повышения интенсивности процессов изомеризации*, например, с помощью использования более высоких температур кипячения.
7. *Степени измельчения хмеля.* Измельчение увеличивает скорость экстракции и с ней – выход горьких веществ (см. также разделы о получении гранул и экстракта хмеля).

При кипячении сусла хмелевое масло обладает летучестью, и в тем более высокой *степени, чем дольше ведется кипячение*. Выше было показано (см. раздел 1.4.4.2), что различные хмелевые масла обладают очень различным по силе и восприятию запахом. Поэтому представляет интерес хотя бы частично сохранить в сусле (и тем самым в пиве) лучшие хмелевые масла с учетом типа производимого пива. В этих целях на некоторых предприятиях, чтобы сохранить как минимум часть лучшего хмелевого масла, задают хмель с лучшим ароматом (ароматический хмель) *лишь за 15–20 мин перед окончанием кипячения.*

Дубильные вещества хмеля растворимы в воде и сразу переходят в раствор. К этим веществам принадлежат ***антоцианогены***, таннины и катехины. Они заметным образом участвуют в образовании взвесей горячего сусла (см. следующий раздел).

В ходе дальнейшего производства пива дубильные вещества (особенно антоцианогены) полимеризуются все сильнее и могут ухудшить стойкость пива. Дубильные вещества участвуют в образовании полноты вкуса и горечи пива.

3.4.1.2. Образование соединений белковых и дубильных веществ и их коагуляция

Дубильные вещества хмеля и солода полностью растворяются в сусле и связываются с его белками. Дубильные вещества солода при этом несколько более активны, чем хмелевые. Так как дубильные вещества находятся частично в окисленной форме, а белковые вещества имеют к тому же различную величину молекул, образуются различные, отличающиеся своим поведением соединения.

1. Соединения протеинов и дубильных веществ, а также соединения белковых веществ и окисленных дубильных веществ при высокой температуре нерастворимы и выпадают в осадок при кипячении сусла в виде взвесей горячего сусла.

Под взвесями горячего сусла понимают хлопья, образующиеся в сусле при кипячении. Желательно отделить эти соединения по возможности полнее.

Образованию взвесей горячего сусла способствуют:

а) *увеличение длительности кипячения*; при кипячении в течение 2-х часов эти соединения осаждаются в значительной степени;

б) требуемая продолжительность кипячения для осаждения белков уменьшается *с ростом давления и при одновременном повышении температуры*. Например, при t = 140 °C для образования взвесей горячего сусла требуется лишь 3–5 мин;

в) *интенсивное движение* кипящего сусла, благодаря чему улучшается реакция между белковыми веществами и полифенолами;

г) *низкая величина pH;* для образования взвесей горячего сусла оптимальное значение pH составляет 5,2, и поэтому желательно перед кипячением сусла понизить pH.

Образование взвесей горячего сусла в конце кипячения сусла проверяют с помощью пробного стаканчика. При этом на ярком свету сусло должно казаться прозрачным, с блеском, а взвеси горячего сусла должны быстро оседать на дне стаканчика в виде конуса. По опыту в зависимости от крупности взвесей горячего сусла можно сделать заключение о степени коагуляции белка.

2. Комплексные соединения продуктов расщепления белка и дубильных веществ сохраняются в растворе при кипячении сусла; они осаждаются лишь при его охлаждении в виде взвесей холодного сусла (см. раздел 3.9.1.2).

Несмотря на длительное кипячение в растворенном состоянии остается небольшое количество высокомолекулярных, еще способных к коагуляции азотистых веществ (< 2 мг коагулируемого азота на 100 мл сусла = 20 мг/л); эти соединения осаждаются лишь в пиве и участвуют в образовании его холодного помутнения.

3.4.1.3. Испарение воды

При кипячении сусла происходит его упаривание до установленной концентрации.

Образование взвесей горячего сусла зависит от интенсивности кипячения.

Интенсивное кипячение означает сильное движение содержимого котла и одновременно сильное испарение воды. Тем самым количество испаренной воды находится в прямой зависимости от желаемой степени отделения белков, и поэтому долгое время показатель степени испарения в 10–15% от набора сусла был нормальным показателем для хорошего сусловарочного котла. Ниже будет показано, что положение изменилось. Мерой интенсивности испарения является все количество испарившейся воды во время варки (степень испарения).

Степень испарения свидетельствует о том, сколько процентов от общего набора сусла испаряется.

От принятого ранее показателя, выражавшего в процентах количество испаряемой воды в час, в настоящее время отказались, так как в современных варочных агрегатах продолжительность кипячения, как правило, длится лишь немногим более 1 часа. Степень испарения также выдается иногда в гл/гл горячего охмеленного сусла, что неверно, так как исходным количеством является общий набор неохмеленного сусла.

Пример

В сусловарочном котле содержится набор сусла 360 гл, а после кипячения оказалось 339 гл. Какова степень испарения?

360 гл набор сусла
339 гл горячего охмеленного сусла
21 гл испарившейся воды

360 гл общего набора сусла = 100%
21 гл испарившейся воды = X%

Итого: степень испарения (общее испарение) составляет 5,83%.

Испарение воды требует расхода дорогостоящих энергоресурсов. Поэтому желательно:

- ***не кипятить дольше, чем это необходимо;***
- ***не обязательно испарять много воды;***
- ***по мере возможности часть использованной энергии применять снова.***

На этом принципе был разработан способ плотного пивоварения – high-gravity brewing (см. раздел 4.9.1), при котором изготавливают более концентрированное сусло, чем это соответствует готовому пиву. Благодаря этому данный способ позволяет кипятить меньшее количество сусла (= воды), в связи с чем расходы снижаются.

Однако для испарения воды имеет значение еще и другой важный аспект. Чем больше воды испаряется, тем большим количеством воды можно было раньше промывать дробину, а значит, более интенсивное испарение одновременно вносит вклад в улучшение выхода экстракта. Но не стоит слишком долго и интенсивно кипятить сусло ради улучшения выхода экстракта, так как это вряд ли окупит затраты, ведь стоимость расходуемой энергии в определенный момент станет больше, чем стоимость дополнительно полученного экстракта.

Поскольку испаряется только вода, экстрактивность сусла повышается. Так как в различных по конструкции сусловарочных котлах интенсивность испарения разная, эта величина повышения экстрактивности сусла связана с особенностями данного производства. Экстрактивность сусла возрастает вместе с увеличением степени испарения и в горячем охмеленном сусле она может составлять более чем 2% по отношению к экстрактивности сусла при полном наборе в сусловарочном котле.

Экстрактивность охлажденного сусла перед введением посевных дрожжей (она приблизительно соответствует массовой доле сухих веществ в начальном сусле) определяется рецептурой для того или иного типа пива. Но при этом следует учитывать, что изменение экстрактивности также происходит при охлаждении. Оно обусловлено особенностями производства и проявляется при открытом охлаждении больше, чем при закрытом. Из-за испарения воды на участке охлаждения и осветления сусла экстрактивность сусла несколько возрастает, а при добавлении в сусло остатков воды, например, после промывки хмелевой дробины и т.п. экстрактивность сусла несколько уменьшается.

Поэтому в конце кипячения экстрактивность сусла следует так установить, чтобы ни изменения экстрактивности в ходе осветления и охлаждения сусла, ни последующие разбавления пива путем добавления разбавленных фильтрационных остатков не вели к тому, что массовая доля сухих веществ в начальном сусле установилась бы на уровне ниже предусмотренного рецептурой (см. к этому рис. 3.102).

На производстве с целью недопущения занижения массовой доли сухих веществ в начальном сусле стараются готовить сусло с запасом 0,2–0,3%. Таким образом, контроль экстрактивности является для пивовара очень важной задачей.

3.4.1.4. Стерилизация сусла

С пылью из солода в затор попадает большое количество различных микроорганизмов, которые если их не уничтожить, могут быстро вызвать порчу пива. При кипячении сусла все содержащиеся в сусле микроорганизмы погибают.

3.4.1.5. Разрушение всех ферментов

При кипячении сусла полностью уничтожаются еще сохранившиеся в нем в небольшом количестве ферменты. В связи с этим в составе сусла больше невозможны последующие неконтролируемые изменения. Если эти изменения в последующем необходимы, например, если горячее охмеленное сусло имеет клейстерное помутнение или если нужно готовить диетическое пиво для больных диабетом (см. разд. 7.3.2), то для полного расщепления крахмала по йодной пробе или для увеличения содержания сбраживаемых сахаров сусло подвергают дополнительной обработке с добавлением солодовой вытяжки или первого сусла.

3.4.1.6. Повышение цветности сусла

После кипячения сусло становится несколько темнее, так как образуются меланоидины и окисляются дубильные вещества, что обусловливает повышение цветности сусла. Горячее охмеленное сусло несколько темнее, чем приготовляемое из него пиво. При брожении цветность пива снижается опять. Например

Цветность сусла и пива на различных стадиях приготовления (для светлого пива) составляет	Единиц ЕВС
Неохмеленное сусло, полный набор	8,8
Горячее охмеленное сусло	13,0
Пиво	12,3

3.4.1.7. Повышение кислотности сусла

Кислотность сусла несколько повышается, так как образующиеся при кипячении меланоидины дают кислую реакцию, и, кроме того, некоторую часть кислотности вносит хмель.

Величина pH при полном наборе в сусловарочном котле без подкисления затора составляет около 5,5–5,6, а pH горячего охмеленного – около 5,4–5,5.

Многие важные для пивоваренного производства процессы лучше и быстрее протекают при пониженной величине pH. К таким процессам при кипячении сусла относятся:

- Хорошая коагуляция белково-дубильных комплексных соединений при pH 5,2;
- меньшее повышение цветности сусла при низких значениях pH;
- тонкая и более благородная горечь хмеля при пониженных значениях pH;
- повышенная чувствительность микроорганизмов к более низким значениям pH.

Недостатком при пониженном значении pH является худшее использование горьких веществ хмеля, из-за чего его расход должен быть больше.

Желательно перед окончанием кипячения подкислить сусло до pH 5,1–5,2.

Существующие для этого возможности и необходимые мероприятия см. в разделе 3.2.1.8.

3.4.1.8. Образование редуцирующих веществ (редуктонов)

При кипячении сусла образуются соединения, способные связывать кислород сусла и, следовательно, оказывать восстанавливающее действие. Эти вещества называются редуктонами. К ним относятся, например, меланоидины, механизм образования которых рассматривался выше.

3.4.1.9. Изменение содержания диметилсульфида во время и после кипячения сусла

Недостаточное удаление ДМС, имевшее место при изготовлении солода, невозможно наверстать при кипячении сусла в сусловарочном котле. Поэтому следует стремиться к тому, чтобы содержание СММ (предшественника ДМС) составляло максимум 5 мг/кг солода. В связи с этим при кипячении сусла сле-

дует хотя бы попытаться удалить вновь появляющийся ДМС (рис. 3.65).

На этом рисунке еще раз показано, что основное количество ДМС образуется путем термического разложения из предшественника S-метилметионина (СММ). Только меньшая часть SMM превращается в диметилсульфоксид (ДМСО) и может в процессе ферментации восстановиться до ДМС дрожжами или микроорганизмами — вредителями пивоваренного производства. Третий путь образования ДМС (на рис. 3.65 не приведен) возможен через реакции Майяра, если глюкоза и серосодержащие аминокислоты вступят в реакцию друг с другом.

ДМС — летучее соединение, то есть оно почти полностью улетучивается при кипячении в течение 75–80 мин при 106–107 °С. Но в настоящее время этого никто не может позволить себе по энергетическим соображениям, и, кроме того, это было бы нежелательно из-за повышенной термической нагрузки на сусло. Применяется также способ кипячения в течение 60–70 мин при 102–104 °С, но и при таких условиях процесс происходит уже в проблемной области.

Поэтому делаются различные попытки интенсифицировать испарение летучих веществ, прежде всего, ДМС за счет встраивания в котле отражательных экранов для увеличения поверхности сусла или путем так называемого «динамического кипячения» (см. об этом раздел 3.4.2.3.2).

Период полураспада СММ, предшественника ДМС, зависит от температуры и длительности кипячения. Он сокращается с ростом температуры и увеличением длительности кипячения (рис. 3.65а).

Наряду с коагуляцией белковых веществ, растворением и превращением горьких веществ хмеля испарение ДМС существенно определяет проведение кипячения сусла. Период полураспада этого соединения удлиняется при более низких pH, и поэтому pH сусла устанавливают лишь перед окончанием кипячения.

Превращение СММ в ДМС продолжается и после кипячения сусла и тем в большей степени, чем

- выше температура на стадии выдержки при повышенной температуре и
- чем дольше эта выдержка продолжается.

Поэтому желательно сокращать термическую нагрузку, в том числе из-за нежелательного дальнейшего образования продуктов реакций Майяра, и после кипячения сусла выдерживать минимальную по времени паузу в вирпуле и охлаждать сусло как можно быстрее.

Во время брожения ДМС также продолжает выделяться вместе с образующимися газами. С ростом температуры брожения эффект вымывания ДМС повышается, однако он тормозится соответственно возрастающим шпунтовым давлением. В основном уровень

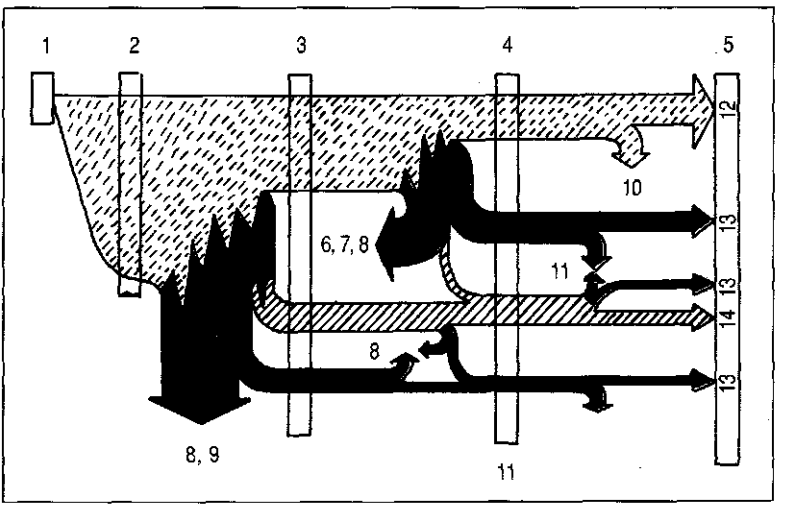


Рис. 3.65. Образование ДМС во время производства солода и пива (по Нарциссу):

1 — ячмень; 2 — свежепроросший солод; 3 — солод; 4 — сусло; 5 — пиво; 6 — дробина; 7 — взвеси; 8 — вода; 9 — отводимый воздух; 10 — дрожжи; 11 — газ, выделяющийся при брожении; 12 — S-метилметионин; 13 — диметилсульфид; 14 — диметилсульфоксид

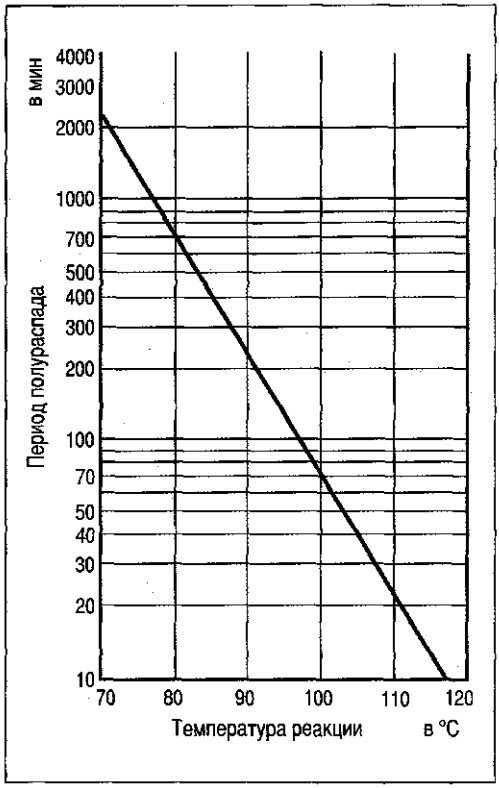


Рис. 3.65а. Зависимость распада СММ от длительности и температуры кипячения

содержания ДМС в начальном сусле определяет его содержание в готовом пиве.

3.4.1.10. Содержание цинка в сусле

Важнейшим микроэлементом в сусле является цинк, содержание которого должно быть как минимум 0,10–0,15 мг/л. Цинк способствует синтезу белка в дрожжевой клетке и регулирует ее нуклеиновый и углеводный обмен веществ. Цинк является также необходимой контактным элементом при спиртовом брожении (см. рис. 4.2; превращение № 12 происходит только в присутствии Zn). Поэтому при недостатке цинка в сусле приходится считаться с трудностями при брожении. В общем случае можно исходить из того, что в большинстве случаев цинка в сусле достаточно. При затруднении с брожением следует обратить внимание на содержание цинка.

3.4.1.11. Неохмеленное сусло

Начало кипячения сусла часто совпадает с моментом полного набора сусла в сусловарочном котле. Этот момент называют «полный набор», и сусло в этот момент обозначают как неохмеленное сусло полного набора.

Состав такого сусла [200] в среднем бывает следующим:

Содержание экстракта	10,6 %
Величина pH	5,61 %
Общий азот	972 мг/л
Коагулируемый азот	59 мг/л
Свободный аминный азот	180 мг/л
Вязкость	1,77 мПА · с
ДМС	246 мкг/л
Предшественники ДМС	333 мгк/л
Показатель тиобарбитуровой кислоты (ПТК) (см. об этом раздел 2.5.1.3)	26

3.4.2. Устройство и обогрев сусловарочного котла

В сусловарочном котле сусло интенсивно кипятят в течение 60–70 мин, и поэтому котел должен быть оборудован мощным обогревом. С течением времени происходило изменение способов обогрева котла, что изменило и его форму.

По виду обогрева сусловарочных котлов различают:

- сусловарочные котлы с прямым обогревом;
- сусловарочные котлы с паровым обогревом;
- сусловарочные котлы с обогревом горячей водой.

3.4.2.1. Сусловарочный котел с прямым обогревом

Старейшим видом обогрева котла является ***угольная топка***. Это способ обогрева путем прямого сжигания топлива под дном котла (рис. 3.66) в настоящее время очень редко можно встретить в некоторых старых варочных цехах.

Благодаря сферической форме дна котла кипящее сусло циркулирует в направлении от

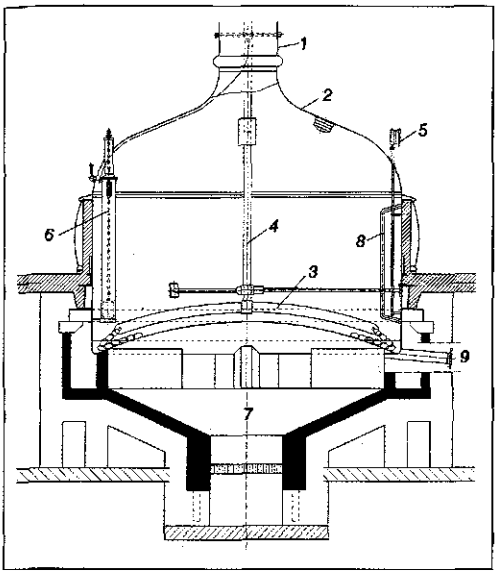


Рис. 3.66. Котел с прямым обогревом:

1 — вытяжная труба; 2 — крышка; 3 — мешалка с цепью; 4 — привод мешалки (вверху); 5 — термометр; 6 — поплавковая измерительная рейка; 7 — камера топки; 8 — лестница; 9 — выпускной трубопровод

центра к боковым стенкам. Позднее такие сусловарочные котлы часто переделывали на ***прямое отопление газом или топочным мазутом***.

3.4.2.2. Сусловарочный котел с паровым обогревом

В настоящее время чаще используется обогрев сусловарочного котла с помощью пара. Для лучшего понимания процесса обогрева паром необходимо некоторое пояснение.

3.4.2.2.1. Температура и давление пара

Вода кипит при 100 °C, и образующийся пар имеет точно такую температуру, что является общеизвестной истиной. Но это правильно только при атмосферном давлении. Если в емкости повысить давление (например, благодаря ее герметизации, как у скороварки), то вода кипит уже при более высокой температуре. Итак, любая температура кипения равна температуре пара в случае насыщения и всегда соответствует определенному давлению, как это показывает выдержка из таблицы для водяного пара (*состояние насыщения*):

Температура, °C	Давление пара, бар	Температура, °C	Давление пара, бар
98	0,9430	105	1,2080
99	0,9776	106	1,2504
100	1,0133	107	1,2941
101	1,0500	108	1,3390
102	1,0878	109	1,3852
103	1,1267	110	1,4327
104	1,1668		

Это означает, что температура кипения тем выше, чем больше давление, а позднее будет показано, что в котельных установках работают с еще более высокими давлениями и температурами. С другой стороны, вода кипит при пониженном давлении уже при относительно низких температурах. Так, например, при

давлении 0,06 бар — при температуре 36 °C, а при давлении 0,02 бар — при 17 °C.

Внутри сусловарочного котла из-за высокого уровня сусла устанавливается температура кипения выше 100 °C. Для уровня сусла 2,5 м это означает, что сусло у дна котла находится при избыточном давлении 0,25 бар, то есть давление пара здесь 1,25 бара, и, как показывает наша таблица, здесь температура кипения уже 106 °C.

Если сусловарочный котел обогревается через дно, то на дне по всей его поверхности одновременно образуются пузырьки пара, которые поднимаются вверх и вызывают движение сусла, что способствует удалению нежелательных летучих компонентов из сусла. Пар подводится в паровую рубашку, расположенную на наружной стенке дна котла, с избыточным давлением от 2 до 3 бар (= 133 до 143 °C). Пар отдает свою теплоту парообразования суслу и конденсируется, а сусло кипит.

Более высокое давление, а значит и температура, создают проблемы из-за повышения пограничной температуры на дне котла: существует опасность подгорания экстрактивных веществ сусла, что может повлиять на вкус пива.

3.4.2.2.2. Оснащение сусловарочного котла с паровой рубашкой в виде двойного дна

Чтобы обогрев работал хорошо, необходимо соблюдать некоторые основные условия (рис. 3.67).

Пар подводится к котлу паропроводом (*1*), хорошо изолированным для предотвращения теплопотерь. За впускным паровым вентилем (*2*) находится редуцирующий клапан (*3*), снижающий давление пара до необходимого; у обычных котлов избыточное давление в рубашках составляет 2–3 бара. Снижение давления необходимо, так как если бы подводился нередуцированный пар из котельной с давлением порядка 15 бар, рубашка котла разорвалась бы. Пар подводится к паровой рубашке с помощью изолированного кольцевого трубопровода (*4*) и равномерно подается в паровую рубашку через несколько вводов (*5*).

Паровая рубашка изолирована снаружи для обеспечения минимальных теплопотерь.

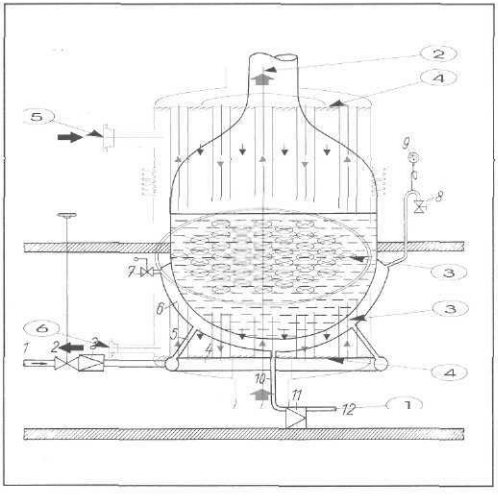


Рис. 3.67. Оснащение парового варочного котла с паровой рубашкой в виде двойного дна:

1 — паропровод; 2 — впускной паровой вентиль; 3 — редуцирующий клапан; 4 — парораспределительная труба; 5 — трубы для подвода пара к паровой рубашке; 6 — паровая рубашка; 7 — предохранительный клапан; 8 — удаление воздуха; 9 — манометр; 10 — отвод конденсата; 11 — конденсатоотводчик; 12 — трубопровод для отвода конденсата

Паровая рубашка оборудована предохранительным клапаном (*7*) и манометром (*9*). К началу кипячения следует паром вытеснить находящийся в рубашке воздух. Для удаления воздуха в верхней части паровой рубашки приварены от 1 до 4 трубопровода с малым условным проходом, каждый из которых соединен с отдельным вентилем. Эти вентили (*8*), расположенные на уровне зоны обслуживания варочного цеха, открывают перед началом подачи пара и оставляют открытыми во время кипячения сусла до тех пор, пока из них не начинает выходить пар. Тем самым гарантируется, что воздух полностью удален из паровой рубашки. В конце варки воздушные вентили опять открывают, чтобы избежать образования вакуума при конденсации пара, что привело бы к деформации дна котла. Этот процесс в более современных аппаратах происходит автоматически.

Между суслом и паром имеется разность температур, которая должна выравниваться благодаря теплопроводности дна котла. Сусло при этом нагревается до кипения, а пар отдает свое тепло и поэтому конденсируется.

Образующийся конденсат тяжелее, чем пар, и собирается в нижней части паровой рубашки. Конденсационная вода должна отводиться по трубопроводу (*10*) в конденсатоотводчик (*11*). Он находится под паровой рубашкой и пропускает только воду, задерживая пар. Конденсатоотводчики действуют большей частью по поплавковому принципу.

Конденсат отводится по трубопроводу для его сбора (*12*). Конденсат является чистой водой и через сборник конденсата возвращается в паровой котел в качестве питающей воды. При рассмотрении заторного аппарата было показано, что применявшиеся раньше двойные паровые днища исчезли, и в настоящее время обогрев осуществляется с помощью нагревающих элементов в виде ***приваренных на дно или стенку котла полутруб***. То же самое относится и к сусловарочному котлу. Сусловарочные котлы, оснащенные внешним или внутренним кипятильником и работающие при низком избыточном давлении, в настоящее время уже не имеют обогрева стенок, так как кипятильник низкого давления передает суслу все необходимое количество теплоты.

3.4.2.2.3. Форма и материал сусловарочного котла

С течением времени форма сусловарочного котла претерпевала разнообразные изменения. Первые сусловарочные котлы, обогреваемые паром, появившиеся с 1850 года, создавались ***шарообразной формы***, но позднее пришли к форме с приподнятым дном в центре котла для обеспечения лучшей циркуляции сусла по направлению от центра к боковым стенкам.

Этой же цели служили встроенные дополнительные кипятильники, а также котлы с ***внутренней зоной обогрева***. В последних сусло дополнительно нагревается паром высокого давления (до 5 бар = 158 °C), что способствует более интенсивному испарению воды. Необходимые поверхности нагрева не могут увеличиваться пропорционально увеличению засыпи.

С 1950 года многие варочные агрегаты конструировались в виде блочных **варочных агрегатов**, у которых варочные аппараты располагались друг над другом. Расположенный в самом низу сусловарочный котел имел прямоугольную основную поверхность, но в нижней половине дно было наполовину закругленным, причем подвод обогревающего пара к боковой стенке должен был гарантировать хорошую циркуляцию сусла. Котлы компактной конструкции собирались и сваривались из плоских листов. При этом отпадала необходимость в общепринятой ранее дорогостоящей конструкции с красивыми куполообразными медными крышками, которые до сих пор еще украшают некоторые варочные цеха. Путем использования стенок, имеющих разные углы наклона, и обогревательных труб здесь также достигалась хорошая циркуляция (рис. 3.68), которая, правда, не полностью захватывала углы котла. При этом поверхности обогрева могли увеличиваться пропорционально увеличению засыпи.

На рис. 3.69 изображен традиционный сусловарочный котел со всеми функциональными узлами, который еще можно встретить на некоторых пивоваренных предприятиях. У этого котла паровая рубашка разделена на зоны (двухзонное кипячение) с целью снабжения внутренней зоны паром высокого давления с соответственно более высокой температурой, что позволяет интенсифицировать кипячение.

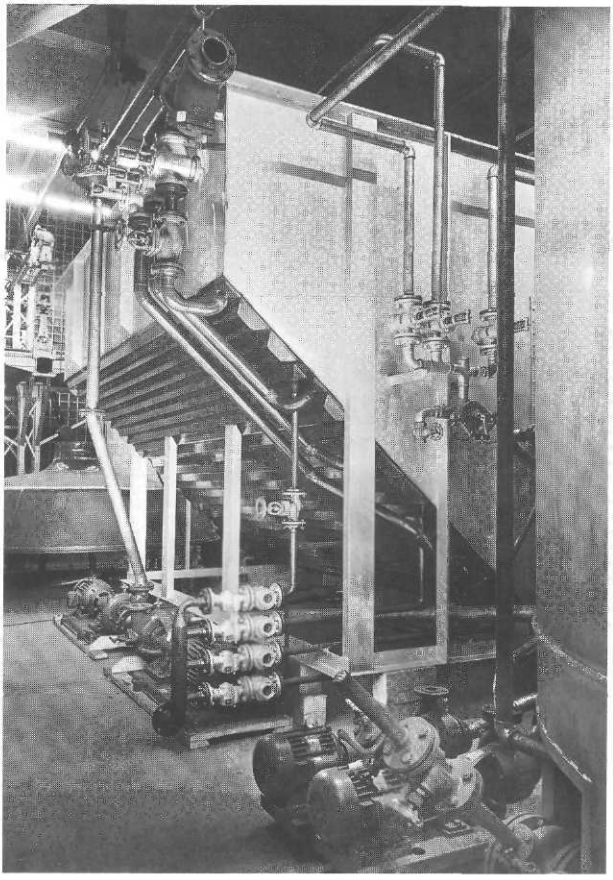


Рис. 3.68. Сусловарочный котел компактной конструкции

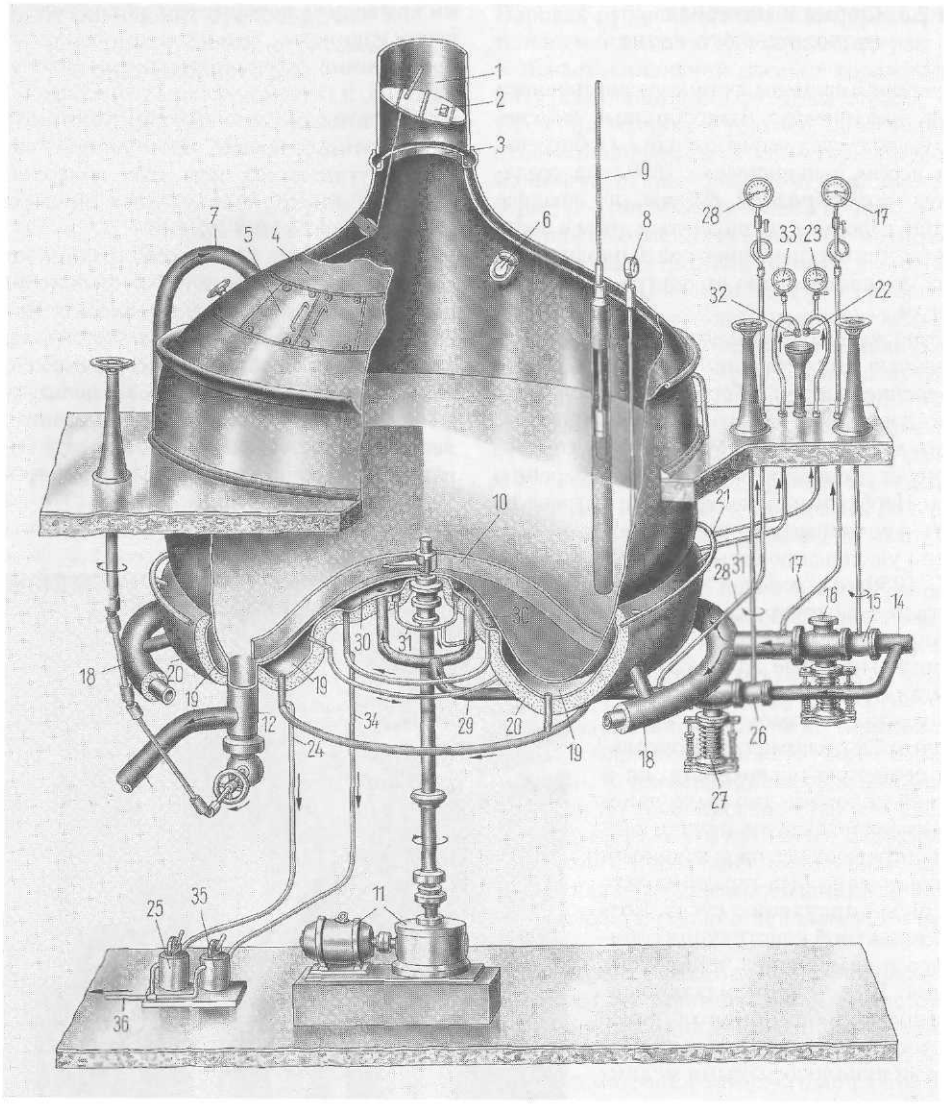


Рис. 3.69. Сусловарочный котел с паровым обогревом (двухзонное кипячение; старая конструкция):

1 — вытяжная труба; 2 — клапан вытяжной трубы; 3 — отвод конденсата; 4 — вытяжная крышка; 5 — люк для входа; 6 — *освещение*; 7 — *впуск сусла*; 8 — *термометр*; 9 — *поплавковая измерительная рейка*; 10 — *мешалка*; 11 — *привод* мешалки; 12 — выпускной клапан; 13 — выпускной трубопровод к хмелеотделителю; 14 — подвод пара; 15 — паровой вентиль для наружной зоны; 16 — редуцирующий клапан для наружной зоны; 17 — манометр с подводом для наружной зоны; 18 — изолированный кольцевой трубопровод для подвода пара (наружная зона); 19 — внешняя паровая рубашка; 20 — изоляция; 21 — выпуск воздуха наружной зоны; 22 — вентиль для удаления воздуха из наружной зоны; 23 — манометр (наружная зона); 24 — отвод конденсата (наружная зона); 25 — конденсатоотводчик (для наружной зоны); 26 — паровой вентиль для внутренней зоны; 27 — редуцирующий клапан для внутренней зоны; 28 — манометр с подводом для внутренней зоны; 29 — подвод пара для внутренней зоны; 30 — внутренняя паровая рубашка; 31 — удаление воздуха из внутренней зоны; 32 — кран для удаления воздуха (внутренняя зона); 33 — манометр (внутренняя зона); 34 — отвод конденсата (внутренняя зона); 35 — конденсатоотводчик (внутренняя зона); 36 — отвод конденсата к сборнику

ОПИСАНИЕ КОТЛА (ВЫБОРОЧНО)

Элемент устройства	Задача	Примечания
Вытяжная труба (1)	Отвод вторичного водяного пара	Соответственно паропроизводительности сусловарочный котел имеет очень большую вытяжную трубу, диаметр которой равен $^1/_6$ диаметра самого котла
Клапан (2) вытяжной трубы	Регулирование испарения	Во время нагрева сусла возникают при открытой вытяжной трубе бесполезные теплопотери. которые можно сократить с помощью дросселирования
Отвод (3) конденсата вторичного пара	—	Конденсирующаяся в вытяжной трубе вода движется назад. Но этот конденсат вторичного пара загрязнен нежелательными ароматическими компонентами, которые уже отделились из сусла при кипячении, они должны быть собраны и удалены
Вытяжная крышка (4)	Крышка котла для защиты от теплопотерь	Из эстетических соображений для изготовления вытяжной крышки применяли большей частью медь. С точки зрения теплотехники это неверно. Сейчас используют почти всегда нержавеющую сталь
Входной люк (5)	Открывается для контроля содержимого котла и для обеспечения доступа в котел	Опирающаяся на ролики двухстворчатая раздвижная дверь
Освещение (6)	Проверка содержимого котла	Светильник должен иметь влагозащитное исполнение
Подача сусла (7)	Подача сусла из фильтрчана	Трубопровод должен прокладываться по кратчайшему расстоянию от фильтрационной батареи. Поэтому котел всегда ставят вблизи фильтрчана и ниже его уровня. Таким образом, отпадает необходимость в насосе
Термометр (8)	Указание температуры	—
Поплавковая измерительная рейка (9)	Указание уровня содержимого котла	Гильза, в которой плавает измерительная рейка, связана с суслом. Поэтому она позволяет снимать отсчет и во время кипения сусла, но отсчет недостаточно точен. Для более точного измерения нужна градуированная рейка, которая для проведения измерения опускается в котел сверху
Мешалка (10)	Движение сусла	Мешалка включается всегда до начала кипения во избежание пригорания сусла
Выпускной клапан (12); выпускной трубопровод (13)	Выпуск горячего охмеленного сусла	Клапан обслуживается сверху. Выпускной трубопровод рассчитывается так, чтобы можно было выгрузить сусло в кратчайшее время
Паропровод (14)	Подача пара	Пар более высокого давления
Обогрев наружной зоны (15–25)	Кипячение сусла	Для наружной зоны обычно применяют пар с $P_{изб.}$ от 2 до 3 бар = 133–143 °C
Обогрев внутренней зоны (26–31)	Интенсификация кипения	Для меньшей по диаметру внутренней зоны применяют пар с $P_{изб.}$ до 5 бар = 158 °C. Поэтому циркуляция кипящего сусла идет в направлении от середины котла вверх

3.4.2.2.4. Кипячение с использованием горячей воды (гидрокипячение)

Существует возможность нагреть воду под давлением очень сильно, но не до испарения и использовать эту **горячую воду при 160–170 °C** для обогрева сусловарочного котла. При этом экономят на потерях, возникающих в связи со сбором и обратной подачей конденсата. С другой стороны, требуется значительно больший диаметр труб, а также больше энергии, чем при использовании пара, так как пар значительно подвижнее, чем жидкость. Теплоотдача от пара к стенке происходит лучше, чем от горячей воды. Поэтому сегодня кипячение с помощью горячей воды встречается реже, чем обычное кипячение с обогревом паром. Теплопередача от пара к суслу обеспечивается наваренными полутрубами — так же, как у заторного котла.

3.4.2.3. Сусловарочные котлы с кипячением при низком избыточном давлении

Основная идея кипячения при низком избыточном давлении состоит в том, что ряд биохимических процессов превращения веществ протекает быстрее, если давление, а с ним и температура кипячения выше 100 °C (см. об этом в разделе 3.4.2.2.1).

Сусловарочные котлы с кипячением при низком избыточном давлении изготавливаются как герметичные котлы, расчитанные на максимальное избыточное давление 0,5 бар, и оснащаются необходимой для этого предохранительной арматурой на случай превышения давления и образования вакуума. Обогрев сусла производят с помощью выносного или внутреннего кипятильника. Конденсатор вторичного пара рассчитывается соответственно на уровень давления в котле, так что может использоваться более высокая температура вторичного пара.

В качестве критерия оценки скорости протекания реакций и поведения основных компонентов экстракта во время кипячения сусла сегодня служит характеристика времени полураспада для расщепления предшественника ДМС [172] (см. об этом раздел 3.4.1.9). Для характеристики процесса кипячения сусла важным показателем является произведение температуры на время кипячения: чем дольше кипятят и чем выше температура кипящего сусла, тем больше нежелательная термическая нагрузка. С другой стороны, должны быть обеспечены следующие процессы:

- горькие вещества хмеля должны максимально изомеризоваться и тем самым стать растворимыми;
- расщепление предшественника ДМС должно произойти по возможности полностью.

В результате сусло кипятят 60–70 мин при 103–106 °C. Степень испарения при кипячении с использованием низкого избыточного давления составляет около 6%.

Кипячение выполняют либо

- в расположенном вне предела котла выносном кипятильнике, через который прокачивают сусло, либо
- во внутреннем кипятильнике, при использовании которого сусло нагревается в сусловарочном котле.

3.4.2.3.1. Кипячение при низком избыточном давлении с выносным кипятильником

У сусловарочных котлов с выносным кипячением сусло циркулирует через кипятильник, расположенный вне котла, оборачиваясь при этом 7–8 раз в час. При этом сусло постоянно отбирается из нижней части сусловарочного котла и перекачивается насосом через выносный кипятильник (рис. 3.70, *1*).

В качестве выносного кипятильника применяется чаще всего кожухотрубный теплообменник, реже — пластинчатый теплообменник. Через трубы пропускают сусло, с наружной стороны труб противотоком движется пар. Когда сусло нагревается, то пар охлаждается и конденсируется. Выносной кипятильник устанавливают вертикально или горизонтально, в последнем случае его устанавливают с легким наклоном для лучшего стекания конденсата. Оба варианта получили распространение на практике.

Размеры наружного кипятильника определены требуемой поверхностью нагрева. Эта

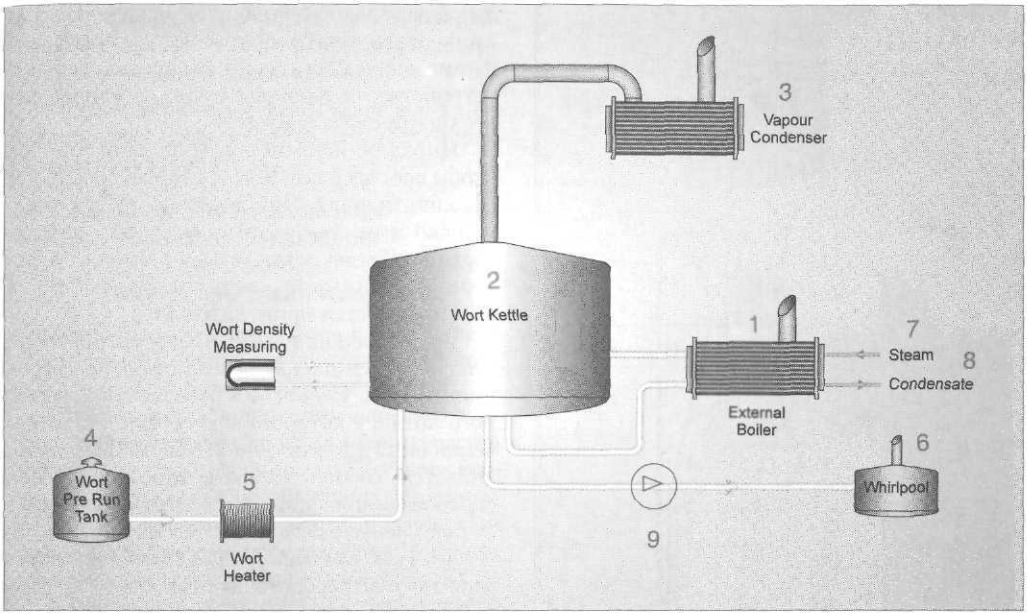


Рис. 3.70. Сусловарочный котел с выносным наружным кипятильником:

1 — выносной кипятильник; 2 — сусловарочный котел; 3 — конденсатор вторичного пара; 4 — сборник сусла; 5 — теплообменник для нагрева сусла; 6 — вирпул; 7 — пар; 8 — конденсат; 9 — насос; Wort Density Measuring — измерение плотности сусла

поверхность зависит от числа нагревательных труб, их диаметра и длины.

Если скорость движения сусла в трубах слишком мала, появляется опасность пригорания или как минимум карамелизации сусла, а значит сильного повышения его цветности. Кроме того, следует опасаться, что из-за высокой температуры коагулируемый белок осядет в трубах. Чтобы этого избежать, в настоящее время считают, что скорость течения сусла в трубах кипятильника должна составлять как минимум 2,6–3,0 м/с. Чтобы достигнуть равномерности теплообменного процесса, предусматривается достаточная длина пути для прохождения каждой частицы объема сусла. Но так как длина кипятильника ограничена его габаритными размерами, то часто концы горизонтальных труб, выведенные на торцевую плиту, соединяют изогнутыми поворотными трубами, так что каждая частица объема сусла проходит теплообменник многократно (рис. 3.71). В любом случае места поворотов приводят к появлению касательных напряжений, воздействующих на сусло.

Для проведения процесса кипячения сусла имеются два варианта:

- весь котел находится под небольшим избыточным давлением, вторичный пар отводится через перепускной клапан; преимуществом этого варианта является повышенная температура вторичного пара;
- сусло в котле кипятится без давления, вторичный пар также отводится без избыточного давления, но внутри выносного кипятильника сусло кипит при повышенном давлении, соответствующем температуре кипения 102–104 °C.

Требуемое для повышенной температуры кипения избыточное давление (80–200 миллибар) достигается с помощью:

- баростатического клапана (клапана для сброса давления), устанавливаемого перед впуском сусла в котел;
- повышения числа оборотов насоса.

Разница между температурой пара и температурой сусла не должна превышать при

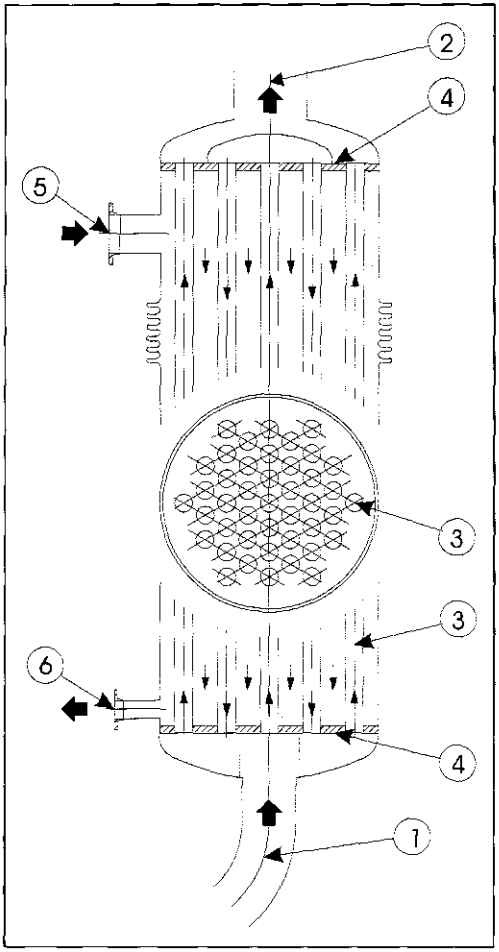


Рис. 3.71. Выносной кипятильник:

1 — вход сусла; 2 — выход сусла; 3 — трубы для прохождения сусла; 4 — торцевые плиты; 5 — вход пара; 6 — выход конденсата

этом 10 градусов. Требуемая площадь поверхности теплопередачи составляет 10–11 м^2 на 100 гл готового сусла.

При условии достаточной скорости протекания и небольшой разнице температур между паром и суслом рабочий цикл теплообменника достигает 30–40 варок. После этого требуется мойка. Если параметры плохо согласованы, то может потребоваться мойка уже через 6–8 варок.

При обратном попадании сусла в котел давление в сусле падает. При этом происходит желательное интенсивное испарение. Для этого сусло возвращают через отражатель в форме конуса или через распределительное устройство, подводящее сусло на уровне поверхности сусла в котле.

Циркуляционный насос подбирают так, чтобы все содержимое котла могло пройти через кипятильник приблизительно 8 раз в час. Однако этим не гарантируется, что каждая частица объема сусла пройдет именно 8 раз через кипятильник — ведь содержимое котла перемешивается принудительно.

Выносное кипячение, предусматривавшееся сначала лишь как вспомогательное мероприятие для улучшения работы сусловарочного котла, у которого эффективность кипячения была недостаточной, в настоящее время является хорошо зарекомендовавшим себя способом кипячения сусла. Этот способ имеет ряд преимуществ перед внутренним кипячением (которое в настоящее время также претерпело усовершенствования):

- циркулирующий объем сусла допускает точную регулировку и может быть легко приспособлен к объему сусловарочного котла;
- температура сусла на выходе из выносного кипятильника может точно устанавливаться;
- имеется возможность использования строго контролируемого выдерживания сусла при повышенных температурах с помощью дополнительного буферного танка;
- возможно использование для обогрева предельно низкого избыточного давления насыщенного пара ($P_{изб.}$ = 0,3 бар);
- можно устанавливать любую нужную величину поверхности теплообмена.

Однако нельзя упускать также недостатки выносного кипятильника, заключающиеся в следующем:

- требуются более высокие инвестиционные затраты при приобретении оборудования (трубопроводы, теплообменник, циркуляционный насос), а также следует произвести изоляцию этого дополнительного оборудования;
- принудительная циркуляция требует дополнительной электроэнергии для перекачки сусла;
- при высоких скоростях потока сусла возникают касательные напряжения;

- потребность в площадях для установки оборудования больше, соответственно выше и стоимость монтажа оборудования.

Несмотря на недостатки, выносное кипячение успешно применяется на многих пивоваренных предприятиях.

3.4.2.3.2. Кипячение при низком избыточном давлении с использованием внутреннего кипятильника

Современные сусловарочные котлы теперь очень часто оснащаются внутренним кипятильником (перколятором) (рис. 3.72).

Внутренний кипятильник представляет собой кожухотрубный теплообменник, расположенный в сусловарочном котле. Через вертикальные трубы (*1*) кипятильника поднимается сусло, нагреваемое паром, подводимым сверху в межтрубное пространство. При этом пар (*6*) охлаждается и конденсируется (*7*).

В сужающемся конусе (*5*) кипящее сусло ускоряется и, поднимаясь над уровнем поверхности сусла в котле, распределяется по этой поверхности широким веером с помощью распределительного экрана (*4*), что способствует хорошему испарению и в то же время обеспечивает постоянство уровня сусла в котле.

Так как температура сусла при кипении повышается до 103–106 °C, то температура (а вместе с ней и давление) горячего пара должна быть существенно выше. Она составляет:

- при нагреве — около 140–145 °C (= 3,8–4,3 бар, см. раздел 10.2.2.1) и
- при кипении — около 130 °C (= 2,8 бар).

В нагревательных трубах кипятильника сусло движется снизу с температурой ниже 100 °C и по мере подъема оно нагревается (рис. 3.72а).

При этом очень скоро [174] на внутренней стенке труб образуется:

- зона начала образования пузырьков пара (*2*), которая при дальнейшем подъеме переходит
- в зону неполного парообразования (*3*) и наконец в более широкой зоне
- происходит парообразование во всем объеме сусла (*4*), тогда как снаружи пар отдает свою энергию парообразования (энтальпию) и конденсируется; слой конденсата, стекающего вниз, становится все более толстым, все в большей степени препятствуя теплопередаче.

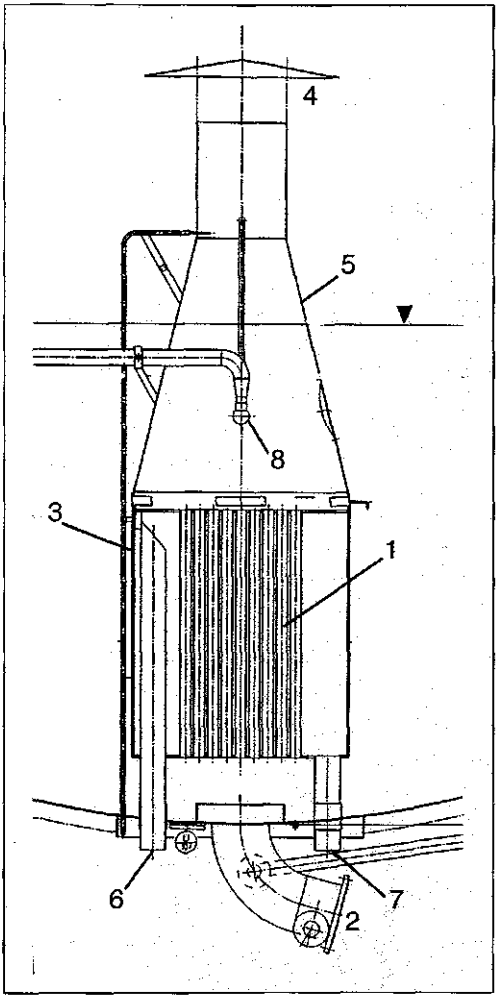


Рис. 3.72. Устройство внутреннего кипятильника:

1 — пучок труб; 2 — впуск сусла; 3 — кожух; 4 — отражающий экран для распределения сусла; 5 —сужающийся конус; 6 — подача пара; 7 — отвод конденсата; 8 — моющая головка

При парообразовании во всем объеме кипящего сусла большая часть воды переходит в пар, который занимает значительно больший объем, чем вода, из которой он образовался. Это сусло с увеличившимся объемом попадает в сужающийся конус, расположенный

над нагревательными трубами, поднимается над уровнем сусла в котле и затем распределяется по поверхности сусла с помощью распределительного экрана. Этот экран, который может иметь различную конструкцию, устанавливается так, чтобы обеспечить полную циркуляцию сусла в котле, без образования мертвых зон.

Очень высокая разность температур способствует хорошему кипению, но создает и проблемы: в то время, как у выносного кипятильника гарантируется постоянная циркуляция всего содержимого котла, у внутреннего кипятильника возникают неравномерности в его работе, особенно заметно проявляющиеся на стадии нагрева.

- При нагреве сусло втягивается в трубы кипятильника из самых нижних слоев котла и после нагрева в кипятильнике оно распределяется на поверхности сусла. Из-за этого в котле возникает расслоение сусла с температурным перепадом до 20 градусов, которое выравнивается лишь через 15–20 мин [190] (рис. 3.72б).

  Из-за этого имеет место неравномерная обработка сусла, включая неравномерную изомеризацию горьких веществ и неравномерное испарение ДМС.
- При нагреве сусла до температуры кипения еще очень велика разность температур между паром и выходящим суслом. Из-за этого в данной области происходит сначала карамелизация и затем пригорание.
- Более холодное сусло постоянно поступает в кипятильник снизу, и выходит вверху лишь тогда, когда оно начинает кипеть. Но при парообразовании объем жидкости существенно увеличивается. Из-за этого объемный расход сусла временно тормозится, и возникает сильная пульсация закипающего сусла в ходе его нагрева до температуры кипения.

Из одного кг (≈ 1 л) воды получается при испарении около 1700 л водяного пара той же температуры. Это неизбежно вызывает в трубах кипятильника значительное гидродинамическое сопротивление и пульсацию, так как кипящее сусло и образующийся пар не могут так быстро уходить вверх. Это гидродинамическое сопротивление тем больше, чем уже условный проход труб кипятильника.

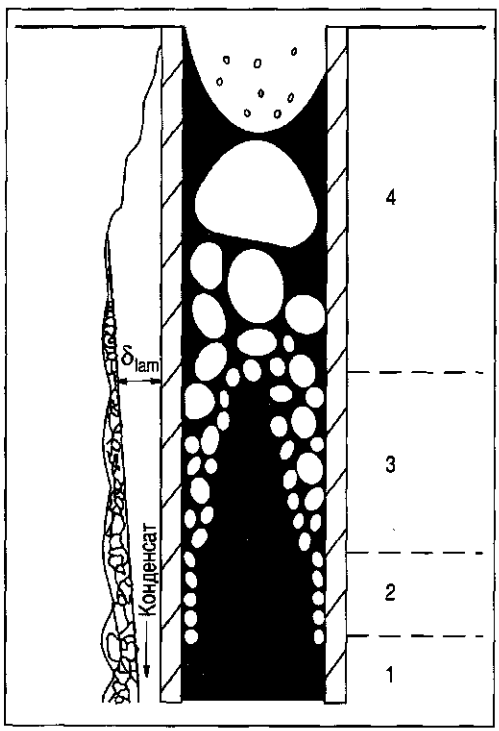


Рис. 3.72а. Образование пара в нагревательных трубах внутреннего кипятильника:

1 — горячее сусло; 2 — зона начала образования пузырьков пара; 3 — зона неполного парообразования; 4 — парообразование во всем объеме сусла

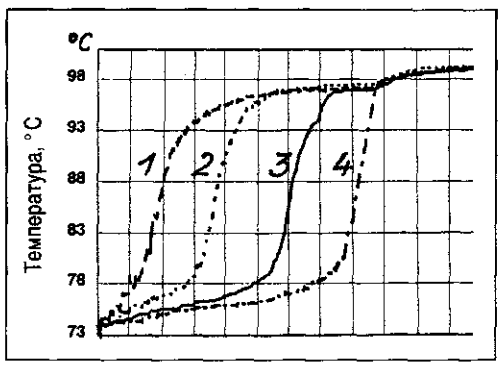


Рис. 3.72б. Неравномерность температур при нагреве:

Точки измерения: 1 — под поверхностью сусла; 2 — в верхней трети уровня сусла; 3 — в нижней трети уровня сусла; 4 — над дном котла

Чтобы иметь возможность бороться с этими проблемами, были предложены, особенно в последнее время, некоторые мероприятия. К ним относятся:

- применение циркуляционного насоса, чтобы путем принудительной циркуляции быстрее достигнуть равномерной температуры сусла во всем котле, для чего можно использовать насос для выгрузки горячего охмеленного сусла, который должен иметь частотное регулирование и конструкцию, обеспечивающую бережную перекачку сусла и
- исключать во время нагрева сусла возникновение температурного расслоения сусла внутри котла, а также
- поддерживать во время кипения естественную циркуляцию.

К этому также относится:

- оптимизация стадий процесса кипячения («ароматическое кипячение») путем гибкого управления объемным расходом циркулирующего сусла, а также температурой и давлением пара;
- применение распределительного экрана для сусла с целью обеспечения максимального испарения.

При **оптимизированном по стадиям процесса ароматическом кипячении** (система кипячения «Экотерм» (Ecotherm) [173], фирма Steinecker, г. Фрайзинг) путем использования системы управления добиваются того, чтобы для каждого момента нагрева и кипения можно было предварительно выбрать свою температуру теплоносителя и объемный расход циркулирующего сусла и установить желаемые величины для готового сусла в узких пределах. Тем самым возможно путем быстрого или замедленного нагрева и дифференцирования стадий процесса кипячения менять характер отдельных типов пива, влияя на расщепление предшественника ДМС и образуя ароматические вещества при кипячении за счет изменения температуры теплоносителя.

В соответствии с этим процесс кипячения продолжительностью 70 мин делится на 3 стадии [193]:

- 20 мин, благодаря высокой интенсивности нагрева быстро переходит в нерастворимое состояние легко коагулируемый азот;
- 30 мин, при более низкой интенсивности нагрева продолжается расщепление предшественника ДМС при постоянной температуре в котле (99 °С) и экономится тепловая энергия;
- 20 мин, повышается интенсивность нагрева с целью корректировки содержания азотистых веществ путем форсирования процесса выпадения белков.

Применение **отражающего экрана** для распределения сусла служит в первую очередь удалению ароматических компонентов, улетучивающихся вместе с водяным паром, в особенности расщеплению предшественника ДМС и удалению свободного ДМС. Конструкция распределительного экрана приобретает здесь большое значение.

Двойной экран (тип Steinecker)

У нового двойного экрана (рис. 3.72в) при более низкой температуре теплоносителя (около 130 °С) (а, правая сторона) сусло сжимает-

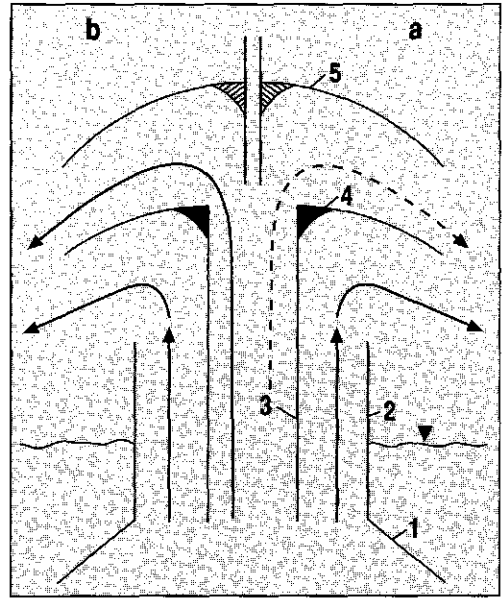


Рис. 3.72в. Двойной экран (тип Steinecker, г. Фрайзинг):

1 — сужающийся конус; 2 — наружная выпускная труба кипятильника; 3 — внутренняя выпускная труба кипятильника; 4 — нижний экран; 5 — верхний экран; a — кипение при низкой температуре теплоносителя; b — максимальная интенсивность нагрева

ся прежде всего у нижнего экрана (*4*) и с помощью плавного поворота направляется во внешнюю треть котла, чем обеспечивается хорошее испарение, тогда как от верхнего экрана (*5*) истекает лишь небольшая часть сусла с меньшей скоростью. Эта стадия процесса обеспечивает главным образом испарение нежелательных ароматических веществ.

При максимальной интенсивности нагрева (температура теплоносителя около 145 °С) (b, левая сторона) кипящее сусло сжимается и направляется через оба экрана, выходя как из внутренней (*3*), так и из наружной выпускной трубы (2). При этом более плоский нижний зонтик экрана мешает верхнему зонтику отбрасывать сусло к стенке котла, что привело бы к нежелательному воздействию касательных напряжений на сусло.

Двухфазный экран (тип Huppmann)

Двухфазный экран (рис. 3.72г) разделен на сегменты в двух плоскостях.

Благодаря плавному повороту в рассекателе экрана поток кипящего сусла разделяется на сегменты и разбрызгивается в двух плоскостях, расположенных друг над другом, вследствие чего достигается очень хороший эффект испарения. Одновременно сусло получает небольшое закручивание благодаря соответствующей форме сегментов экрана. Видимая на рисунке вверху резьба показывает, что экран можно переставлять по высоте, что делается у всех экранов, так как необходимо устанавливать оптимальную высоту.

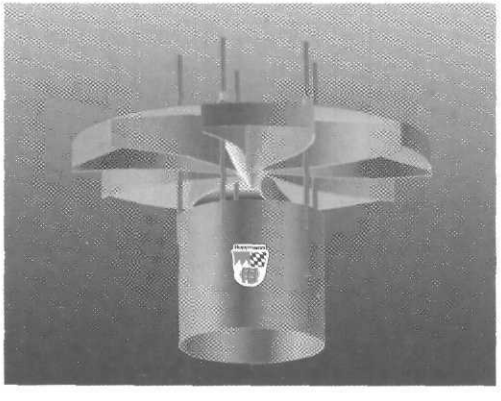


Рис. 3.72г. Двухфазный экран (тип Huppmann, г. Китцинген, описание в тексте)

Длительность процесса и давление при кипячении

В настоящее время процесс кипячения сусла продолжается, как правило, 60–70 мин и при «классическом» кипячении с низким избыточным давлением он протекает следующим образом (рис. 3.73):

- нагрев до 100 °С приблизительно за 15 мин;
- предварительное кипячение при 100 °С около 10 мин;
- нагрев до 102–104 °С за 10–15 мин;
- кипячение под давлением при 102–104 °С около 15–30 мин;
- сброс давления и понижение температуры до 100 °С приблизительно за 15 мин;
- последующее кипячение при 100 °С около 10 мин.

Динамическое кипячение при низком избыточном давлении (фирма Huppman, г. Китцинген)

При динамическом кипячении с низким избыточным давлением нет длительной стадии выдерживания при избыточном давлении, а постоянно производится поочередное повышение и сброс давления (рис. 3.72д).

Обычно начинают с 10–15-минутной стадии предварительного кипячения, которая должна служить главным образом для коагуляции белка и изомеризации хмелевых смол. В конце этой стадии клапан вытяжной трубы для вторичного пара закрывается и давление в котле поднимается на 300–350 мбар. Температура повышается до 104–105 °С и поддерживается в течение 3–5 мин.

Затем давление снижается до 100–150 мбар, а температура соответственно понижается до 101–102 °С. Чтобы ускорить сниже-

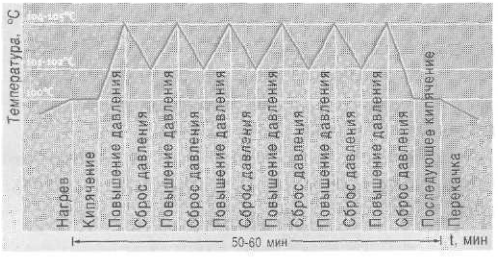


Рис. 3.72д. Динамическое кипячение при низком избыточном давлении (описание в тексте)

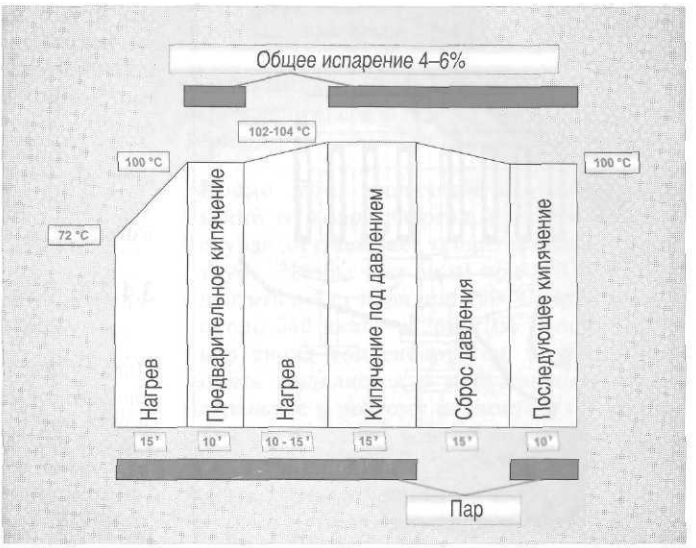


Рис. 3.73. Продолжительность процесса, температура и давление при кипячении сусла

ние давления, подвод свежего пара перекрывается и водяной регулирующий контур накопителя тепловой энергии (см. гл. 3.4.2.5.3) включается на полную мощность. После стадии сброса давления продолжительностью 3–5 мин вновь открывают подачу пара и весь процесс повторяется. Можно производить последовательно друг за другом до 6 таких повышений и сбросов давления.

Частое повторение сбросов давления обеспечивает существенное повышение интенсивности и глубины испарения летучих веществ сусла [151]. Более интенсивное кипячение приводит к большей термической нагрузке на сусло, которое однако в этом случае не влияет на старение пива.

В качестве преимуществ внутреннего кипятильника можно назвать:

- простую и надежную конструкцию в сочетании с большим сроком эксплуатации;
- не требуется дополнительной электроэнергии, поскольку нет принудительной перекачки;
- беспроблемное применение безразборной мойки (CIP);
- отсутствие необходимости в изоляции кипятильника;
- отсутствие необходимости в дополнительных площадях.

В качестве недостатков следует отметить следующие:

- *при нагреве до температуры кипения* возникает стадия нестабильной работы, которая воздействует неблагоприятно на *состав сусла; этот существенный недостаток* можно устранить только используя перекачку насосом (см. выше);
- трубы внутреннего кипятильника быстрее загрязняются из-за высоких температур при нагреве сусла и из-за более низкой скорости течения в данный момент времени;
- конструктивно возможная площадь выбора поверхности нагрева ограничена определенными пространственными пределами.

Решение о выборе между внутренним и выносным кипятильниками является в основном вопросом философии пивоваренной компании, так как существенной разницы между этими двумя системами нет.

Для устранения стадии нестабильности, кроме описанной выше системы принудительной циркуляции с помощью насоса имеется еще возможность обогревать сусло с помощью внутреннего трубного перколятора, работающего в комбинации с мешалкой (рис. 3.73).

Обогреватель такой конструкции иногда используется для заторных емкостей с целью

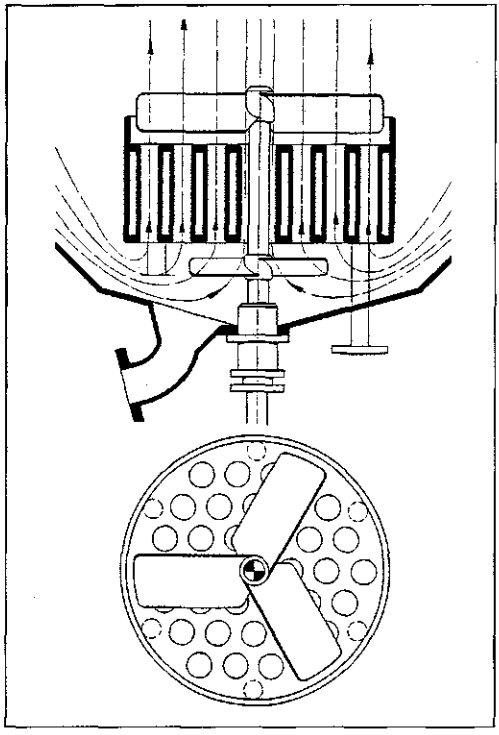


Рис. 3.73. Внутренний трубный перколятор с мешалкой (BTE Brauerei-Technik, г. Эссен)

обеспечения щадящего перемешивания затора при высокой интенсивности нагрева.

Комбинированные котлы-вирпулы

Если дно сусловарочного котла сделано плоским, то его можно использовать также в качестве вирпула (котел-вирпул). Для таких котлов лучше подходят выносные кипятильники, так как для работы вирпула нежелательно наличие встроенных деталей. При использовании таких котлов с внутренним кипятильником следует учитывать, что от кипятильника возникнут существенные помехи для кругового вращения сусла (см. раздел 3.8.3), что может привести к плохому отделению взвесей горячего сусла.

3.4.2.4. Высокотемпературное кипячение сусла

Идея существенно повысить температуру кипячения сусла исходит из того, что многие реакции протекают быстрее при повышенной температуре, а значит и повышенном давлении.

Так, для полной изомеризации α-кислоты хмеля (по Зоммеру, Sommer) требуется при

100 °C	90 мин кипячения,
120 °C	5–8 мин высокотемпературной выдержки,
130 °C	3–5 мин высокотемпературной выдержки,
140 °C	2–3 мин высокотемпературной выдержки,
150 °C	1–1,5 мин высокотемпературной выдержки.

При **высокотемпературном кипячении сусла** неохмеленное сусло собирают в *сусловборнике* (*рис. 3.74, 1*) и *смешивают* с хмелем. Это сусло с помощью насоса (*2*) доводят до давления 6 бар и затем

- в первом теплообменнике (*3*) нагревают до 95 °C;

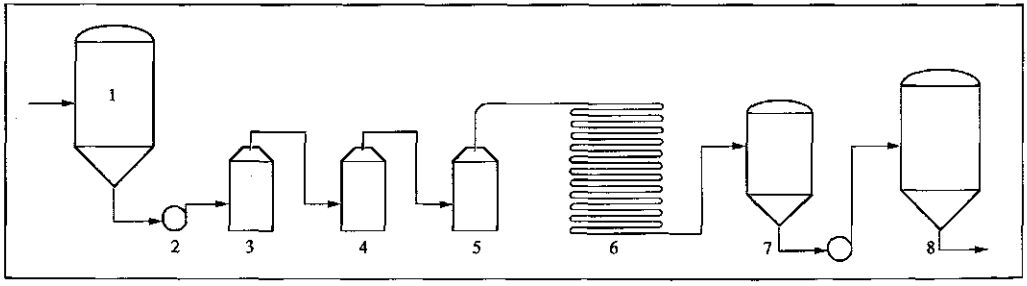


Рис. 3.74. Высокотемпературное кипячение сусла:

1 — сборник сусла; 2 — насос; 3–5 — теплообменники; 6 — участок высокотемпературной выдержки; 7 — испаритель; 8 — вторая ступень сброса давления

во втором теплообменнике (*4*) нагревают до 115 °С;

в третьем теплообменнике (*5*) нагревают до 140 °С.

На последующем участке высокотемпературной выдержки, выполненном (*6*) в виде змеевика, температура выдерживается 5 мин при избыточном давлении 6 бар. Затем сусло направляется в испарительную емкость (*7*), где избыточное давление снижают до 1 бар (= = 120 °С); во второй ступени сброса давления (*8*) давление снижают до атмосферного, а температуру соответственно до 100 °С, после чего сусло можно направлять в вирпул.

Преимущества данного способа — меньшее окисление и более низкая цветность сусла; недостаток — недостаточное испарение летучих веществ. Установки для высокотемпературного кипячения сусла не получили широкого распространения и больше не изготовляются.

3.4.2.5. Системы энергосбережения при кипячении сусла

При кипячении сусла образуются водяные пары, который называют **вторичным паром**. Если этот вторичный пар беспрепятственно выпускают через вытяжную трубу, то специфический для пивоваренного производства запах чувствуется во всех окрестностях. Это можно рассматривать как выброс запахов в окружающую среду, что по законодательству Германии не разрешается.

Кроме того, вторичный пар содержит много тепловой энергии, которая в этом случае бесполезно уходит в вытяжную трубу. Чтобы 1 кг воды при 100 °С превратить в 1 кг пара при 100 °С, требуется около 540 ккал = 2260 кДж. Когда этот пар снова конденсируется, эта теплота опять выделяется в окружающем пространстве и поэтому полностью теряется для пивоваренного производства.

3.4.2.5.1. Конденсация вторичного пара

Целесообразно вернуть хотя бы часть теплоты парообразования. Это осуществляют путем установки ***конденсатора вторичного пара***, подключенного к вытяжной трубе котла. Если вторичный пар конденсировать в этом аппарате, то можно получить обратно теплоту парообразования.

В этом конденсаторе (рис. 3.75) вторичный пар пропускают вокруг труб или каких-либо других теплообменных каналов, через которые

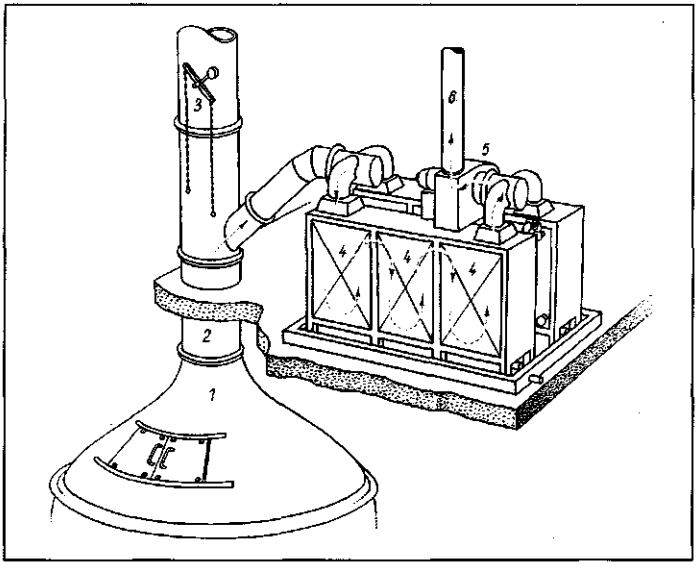


Рис. 3.75. Конденсатор вторичного пара:

1 — сусловарочный котел; 2 — вытяжная труба; 3 — переключающий клапан; 4 — камеры с теплообменными поверхностями; 5 — вентилятор; 6 — вытяжная труба конденсатора

прокачивают воду. Вода при этом нагревается, а вторичный пар отдает свою теплоту парообразования и конденсируется.

Смотря по целям дальнейшего использования, вторичный пар охлаждают в одну или две ступени, получая при этом горячую воду. В настоящее время выпускают конденсаторы вторичного пара с одноступенчатым охлаждением (рис. 3.76).

Из 1 гл испаренной воды можно получить до 8,0 гл горячей воды при 80 °С.

Объем вторичного пара при конденсации в воду существенно уменьшается и этот конденсат может легко удаляться.

В настоящее время конденсатор вторичного пара выпускают чаще в виде одноступенчатого пластинчатого теплообменника. При этом вторичный пар подается сверху в каждую вторую пластину и конденсируется при движении вниз, тогда как охлаждающая вода течет в промежуточных пластинах в противотоке, снизу вверх, и при этом нагревается (рис. 3.76а).

Из теплотехнических соображений (в случаях, когда используется система энергосбережения с тепловым накопителем — *прим. ред.*) в качестве охлаждающей воды применяют воду с возможно более высокой температурой с таким расчетом, чтобы благодаря конденсации вторичного пара температура горячей воды на выходе была бы как можно ближе к точке кипения.

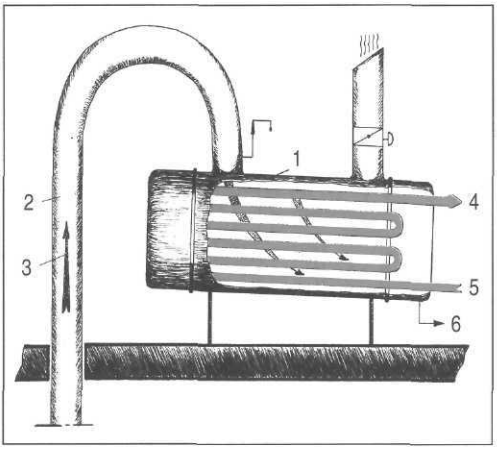


Рис. 3.76. Конденсатор вторичного пара:

1 — кожухотрубный теплообменник; 2 — вытяжная труба; 3 — водяной пар; 4 — выход горячей воды; 5 — подача охлаждающей воды; 6 — отвод конденсата

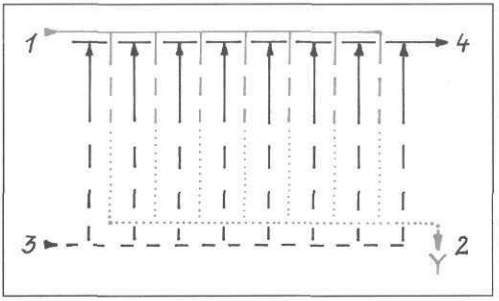


Рис. 3.76а. Пластинчатый теплообменник как конденсатор вторичного пара:

1 — вторичный пар; 2 — конденсат; 3 — охлаждающая вода; 4 — горячая вода

3.4.2.5.2. Компрессия вторичного пара

Получаемый при кипении вторичный пар имеет температуру около 100 °С и уже не может применяться для целей обогрева котла, но если его сжать путем создания избыточного давления величиной несколько десятых бара, то его температура повышается до 102–108 °С и затем его можно использовать снова для целей обогрева котла. Таким путем можно непосредственно рекуперировать теплоту парообразования, израсходованную при кипячении сусла.

Условием для возможности повторного использования вторичного пара является отсутствие в нем воздуха. Оно может быть обеспечено в том случае, если в котле не образуется пена и кипячение сусла происходит без затягивания наружного воздуха.

Компрессия вторичного пара производится либо

- путем механического сжатия; в этом случае говорят о **механической компрессии,** либо
- путем использования пароструйного компрессора, для работы которого требуется первичный нередуцированный пар из парового котла; в этом случае говорят о **термической компрессии** вторичного пара.

Механические компрессоры вторичного пара можно часто встретить на современных пивоваренных предприятиях, термические же

компрессоры получили меньшее распространение.

Механическая компрессия вторичного пара

Полученный вторичный пар сжимается винтовым или двухроторным трехлепестковым компрессором (компрессором Рутса) до избыточного давления 0,2–0,5 бар. Благодаря этой компрессии температура вторичного пара повышается и он может снова использоваться непосредственно для целей обогрева сусловарочного котла. Однако перед повторным использованием сжатого вторичного пара в него производят впрыск конденсата, чтобы снять теплоту перегретого пара. Путем компрессии вторичного пара можно экономить тепловую энергию, так как здесь расходуется энергия только для привода компрессора (ее расход равен примерно 5% от рекуперированной первичной тепловой энергии, то есть экономятся оставшиеся 95% рекуперированной первичной энергии).

Нагрев сусла до температуры кипения должен осуществляться путем подачи первичного пара (рис. 3.77, *10*) в кипятильник.

Сусло прокачивают с помощью циркуляционного насоса (*4*) через выносной кипятильник (*3*), где оно нагревается, после чего сусло возвращают в сусловарочный котел (*1*). Когда достигается желаемая температура кипения 102–106 °С на выходе из кипятильника, включают компрессор (*2*) и сжимают вторичный пар (*9*) до избыточного давления 0,09 – – 0,25 бар = 102–106 °С.

Установку для компрессии вторичного пара можно также подключать к существующему оборудованию. Этот способ энергосбережения представляет интерес и для пивоваренных заводов, где не желают проводить кипячение сусла при низком избыточном давлении по соображениям качества. Повышенное давление создается только в выносном кипятильнике, а не в котле. Система нормально функционирует только в случае, когда в ней не присутствует воздух. Поэтому в самом нижнем месте системы всегда монтируется устройство для автоматического удаления воздуха, поскольку более тяжелый воздух опускается вниз.

Экономия первичного пара, обеспечиваемая при использовании метода компрессии

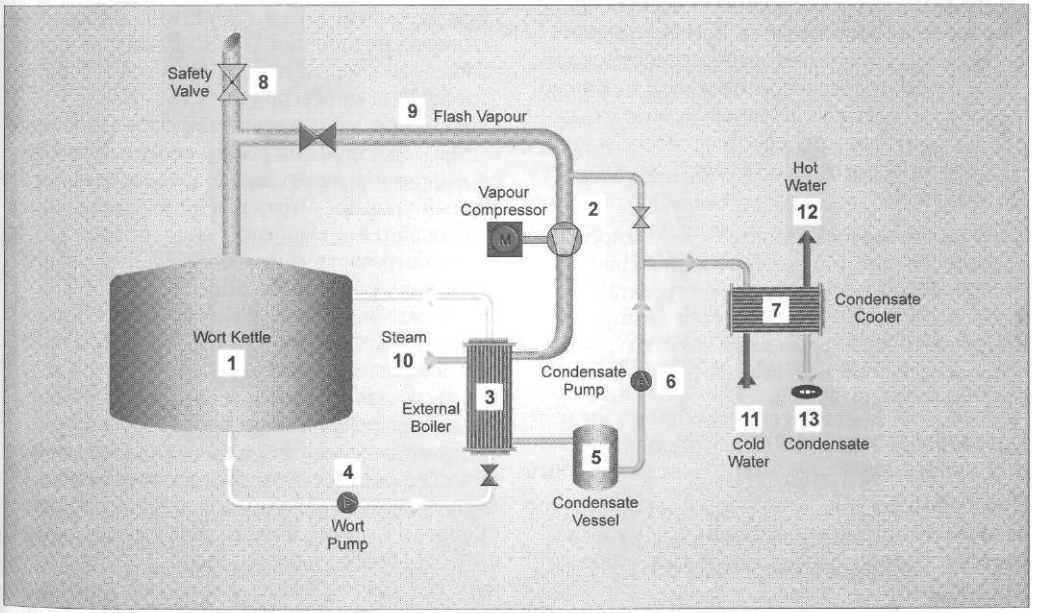


Рис. 3.77. Механическая установка для компрессии вторичного пара:

1 — сусловарочный котел; 2 — компрессор; 3 — выносной кипятильник; 4 — насос для циркуляции сусла; 5 — емкость для сбора конденсата; 6 — насос для конденсата; 7 — конденсатор вторичного пара; 8 — предохранительный клапан; 9 — вторичный пар; 10 — первичный пар; 11 — холодная вода; 12 — горячая вода; 13 — конденсат

вторичного пара довольно значительна. Поскольку теплота конденсата повторно используется для нагрева сусла, то практически не образуется избыточная горячая вода. Необходимо предусмотреть в сусловарочном котле вакуумный предохранитель, чтобы исключить деформацию котла при внезапном охлаждении [13].

Однако помимо преимуществ система имеет и недостатки:

- использование сложного и дорогостоящего оборудования;
- требуется большая поверхность теплопередачи (60–80 м^2/100 гл сусла), так как при использовании в качестве обогревающего пара сжатого вторичного пара образуется лишь относительно небольшая разность температур;
- необходимы работы по техническому обслуживанию дополнительно установленного оборудования;
- если для привода компрессора используют электродвигатель, то из-за высокой установленной мощности компрессора на предприятии могут возникать значительные пики потребления электроэнергии; если используется привод от двигателя внутреннего сгорания (работающего на газе или дизельном топливе), то можно также использовать тепловую энергию, выделяющуюся при работе двигателя, при этом пики потребления электроэнергии не возникают.

В целом можно сказать, что компрессия вторичного пара имеет смысл только начиная с оборачиваемости варочного агрегата более 5 варок в сутки. Преимущества компрессии вторичного пара возрастают вместе с ростом оборачиваемости варочного агрегата и массы единовременной засыпи.

Термическая компрессия вторичного пара

При термической компрессии вторичного пара последний втягивается в систему и сжимается с помощью пароструйного компрессора (рис. 3.78).

Этот компрессор состоит из смесительной камеры (*1*) с соплом (*2*), через которое проходит первичный пар из котла, имеющий избыточное давление как минимум 8 бар (лучше всего порядка 18 бар). Благодаря высокой

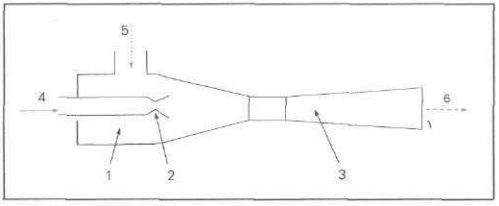


Рис. 3.78. Пароструйный компрессор:

1 — смесительная камера; 2 — сопло; 3 — диффузор; 4 — первичный пар; 5 — вторичный пар; 6 — обогревающий пар

скорости первичного пара в линию всасывается вторичный пар и в расположенном далее диффузоре (*3*) при снижающейся скорости смешанного пара его кинетическая энергия переводится в энергию сжатия с $P_{изб.}$ = 0,1–0,4 бар.

Установка для термического сжатия вторичного пара (рис. 3.79) функционирует так [133], что сначала сусло нагревается посредством подачи первичного пара.

Сусло прокачивается с помощью циркуляционного насоса (*4*) через выносной кипятильник (*3*), нагревается и возвращается в сусловарочный котел (*1*). Когда достигнута температура кипения 106 °C на выходе после выносного кипятильника, включается пароструйный компрессор (*2*).

Большая часть вторичного пара (*9*) всасывается пароструйным компрессором, сжимается и переводится на более высокий температурный уровень. Этот сжатый вторичный пар направляется в выносной кипятильник (*3*) и далее обогревает сусловарочный котел для поддержания процесса кипения.

Образовавшийся в выносном кипятильнике конденсат при 106 °C и $P_{изб.}$ = 0,3 бара попадает в емкость для сбора конденсата (*5*) и через насос для конденсата (*6*) направляется в конденсатор вторичного пара (*7*).

Если бы компрессии подвергалось все количество образующегося вторичного пара, то посредством необходимого добавления первичного пара как рабочего тела к суслу подводилось бы все больше тепловой энергии и процесс тем самым вышел бы из-под контроля. Поэтому оставшаяся часть, около 30% вторичного пара, отводится в атмосферу или конденсируется в конденсаторе вторичного пара, в котором таким путем получают для нужд производства горячую воду.

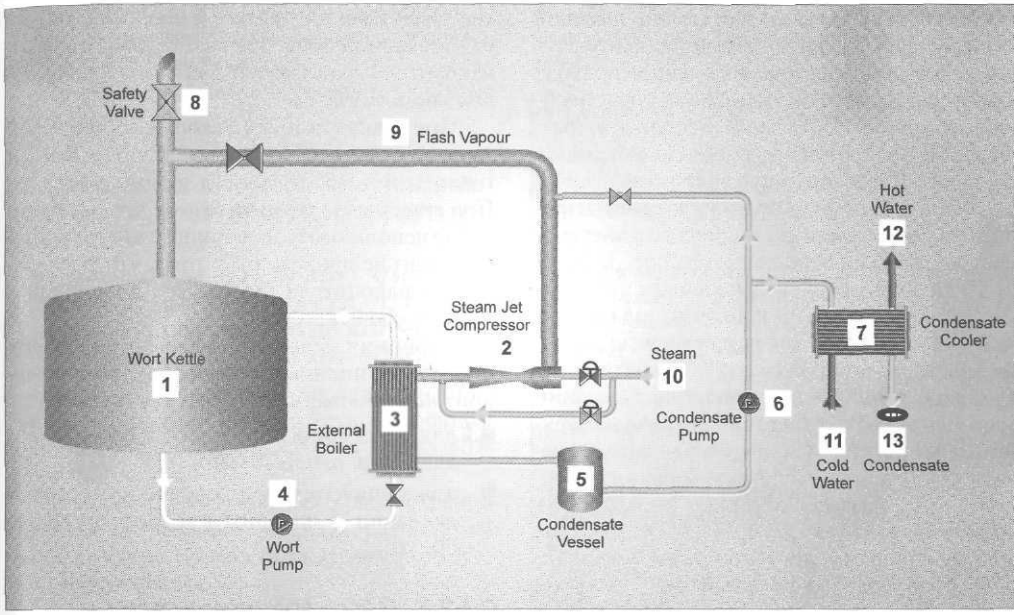


Рис. 3.79. Установка термического сжатия вторичного пара:

1 — сусловарочный котел; 2 — пароструйный компрессор; 3 — выносной кипятильник; 4 — циркуляционный насос для сусла; 5 — емкость для сбора конденсата; 6 — насос для конденсата; 7 — конденсатор вторичного пара; 8 — предохранительный клапан; 9 — вторичный пар; 10 — первичный пар; 11 — холодная вода; 12 — горячая вода; 13 — конденсат

Преимуществами термической компрессии вторичного пара являются:

- надежная эксплуатация при небольших затратах на техническое обслуживание;
- исключение пиков потребления электроэнергии.

Недостатками являются:

- потребность в больших поверхностях теплопередачи из-за низкой температуры обогревающего пара;
- образование повышенного количества горячей воды;
- необходимость в наличии первичного пара высокого давления (до 18 бар; необходима собственная котельная установка).

Термическая компрессия вторичного пара может составить благоприятную по стоимости альтернативу механическому сжатию вторичного пара не только для небольших пивоваренных заводов, но и для крупных предприятий с дополнительной потребностью в горячей воде. При сравнении экономической эффективности в пересчете на одну варку (выход горячего сусла 100 гл при степени испарения 10%) от применения метода термического сжатия вторичного пара с традиционным методом кипячения сусла без сжатия получаются существенные различия [132]. Пространственное размещение необходимых поверхностей теплообмена при использовании данного метода в сочетании с внутренним кипятильником чаще всего связано с большими проблемами; кроме того, применение термического сжатия вторичного пара имеет смысл только, когда полученная горячая вода также может быть использована. (Термическая компрессия в сочетании с накопителем тепловой энергии в настоящее время является наиболее перспективной системой энергосбережения в варочном цехе. — *Прим. ред.*)

3.4.2.5.3. Кипячение при низком избыточном давлении с накопителем тепловой энергии

Вследствие применения теплообменных установок на различных производственных участках варочного цеха обычно образуется большой избыток теплой воды, которой трудно найти применение. Однако в варочном цехе

нужна горячая вода с достаточно высокой температурой, которую можно использовать для целей обогрева при небольшом подводе дополнительной теплоты. Кроме того, необходимо использовать даже небольшую разность температур и накапливать горячую воду для использования по мере появления потребности в ней. Это возможно осуществить с использованием теплоизолированных систем с накоплением тепловой энергии (рис. 3.80).

Испарившаяся в сусловарочном котле (*3*) вода конденсируется в конденсаторе вторичного пара (*4*), тогда как охлаждающая вода в противотоке нагревается до 97 °С. Нагретая до 97 °С вода вводится в верхнюю часть накопителя энергии (*5*). Этой горячей водой из верхней части накопителя энергии можно нагревать неохмеленное сусло, находящееся в сборнике (*1*) или затор в заторном аппарате (*6*). Возможны и другие объекты для обогрева, но следует обращать внимание на то, чтобы горячая вода при этом не остывала.

Горячая вода хранится в хорошо теплоизолированных накопителях энергии; при этом в процессе работы происходит постоянное смещение пограничного слоя между очень горячей и менее горячей водой соответственно расходу накопленной тепловой энергии. Толщина смешанной зоны зависит от конструкции накопителя и составляет для узких накопителей лишь 10–20 см.

При таких системах накопления тепловой энергии можно долгое время хранить избытки теплоты и в любой момент использовать их. При этом важно следить за тем, чтобы стремление использовать малейшие температурные перепады не привело бы к тому, что температура в накопителе опустилась до слишком низкого уровня.

Экономия первичной энергии по сравнению с традиционным кипячением без повторного использования теплоты составляет:

- для кипячения при низком избыточном давлении около 40–50%;
- для кипячения при низком избыточном давлении с накопителем энергии около 60–70%.

3.4.2.6. Потребление энергии при кипячении сусла

Сусловарочный котел является самым большим потребителем энергии во всем цикле

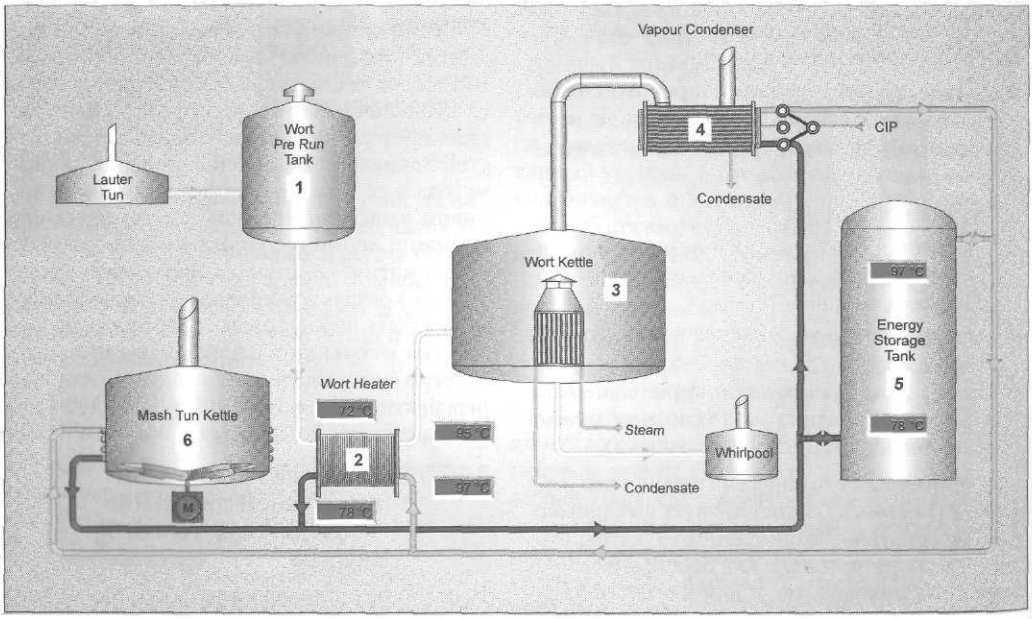


Рис. 3.80. Система накопления тепловой энергии:

1 — сборник сусла; 2 — нагреватель сусла; 3 — сусловарочный котел; 4 — конденсатор вторичного пара; 5 — накопитель энергии; 6 — заторный аппарат, Condensate — конденсат, Steam — пар, Whirlpool — вирпул

приготовления сусла. Поэтому следует совершенно точно представить, как повысить экономическую эффективность.

Потребление энергии выражается в кВт · ч или кДж, при этом:

- 1 кВт · ч = 3,6 МДж = 860 ккал.

Мы знаем также, что обычные теплоносители имеют следующую теплоту сгорания (см. также раздел 10.2.1):

природный газ — 11,20 кВт · ч/м³;
топочный мазут — 10,14 кВт · ч/л;
дизельное топливо — 11,16 кВт · ч/кг;
каменный уголь — 8,95 кВт · ч/кг.

При этом для варочного цеха можно принять КПД равным 80%, то есть в варочном цехе эффективно используется около 80% энергии.

Исходным пунктом нашего рассмотрения является потребление энергии, которое мы имеем при использовании традиционного сусловарочного котла.

Потребление энергии при нагреве сусла до кипения

Обычное неохмеленное сусло при полном наборе имеет температуру около 75 °C. Чтобы довести его до кипения, требуется подведение около 3 кВт · ч/гл = 10,5 МДж теплоты.

Потребление энергии при традиционном способе кипячения

Если мы кипятим сусло 90 мин при 100 °C и при этом в нашем сусловарочном котле достигается степень испарения около 12%, то нам потребуется:

на 1 гл готового сусла около 14 кВт · ч (12 000 ккал).

Экономия энергии при переходе к кипячению при низком избыточном давлении

При кипячении с низким избыточным давлением (КНИД) общее время кипячения существенно сокращается в связи с повышением температур и ускорением процессов растворения и превращений веществ. И если вместо прежних 12% (10–15%) здесь испаряется только 5–7%, то по сравнению с традиционным кипячением экономится 6 кВт · ч/гл готового сусла, так что здесь требуется:

на 1 гл готового сусла около 9 кВт · ч (= 7740 ккал).

Эту существенную экономию получают благодаря лишь уменьшению степени испарения.

Сделаем короткий расчет:

Задано: какова экономия при переходе к КНИД, если за год производят 1700 варок с выходом по горячему суслу 560 гл при стоимости мазута 0,43 немецких марок/л?

Для производства 1 гл сусла при традиционном способе кипячения	= 14 кВт·ч/гл;
для производства 1 гл сусла при КНИД	= 9 кВт·ч/гл;
экономия	= 5 кВт·ч/гл.
теплота сгорания топочного мазута	10,14 кВт·ч/л.

Для получения первичной тепловой энергии 5 кВт·ч расход топочного мазута составит 0,49 л.

Стоимость 0,49 л мазута составит 0,21 немецких марок.

Экономический эффект составил бы

для 560 гл	118 немецких марок;
для годового производства 1700 варок	200 600 немецких марок.

3.4.2.7. Конденсат вторичного пара

При кипячении сусла испаряется вода в виде вторичного пара, который на предприятиях Германии конденсируют и при этом не только получают обратно существенную часть энергии, содержащейся во вторичном паре (см. раздел 3.4.2.5.1), но одновременно получают пригодную к использованию для различных целей воду. Однако поскольку конденсат вторичного пара содержит ряд нежелательных веществ (ДМС, карбонилы старения и др.), то повторное использование его в качестве пивоваренной воды нельзя рекомендовать [193]. Дополнительно подготовленный конденсат вторичного пара (желательно — методом обратного осмоса) может применяться в таких операциях, как:

- вода для предварительной промывки оборудования в системах безразборной мойки;
- вода для охлаждения в конденсаторах вторичного пара;

- питающая вода для паровых котлов;
- вода для мойки ящиков;
- вода для мойки силосов для дробины;
- вода для промывки дна фильтрчанов и вирпулов;
- вода для смазки лент из синтетических тканей на линии розлива.

3.4.2.8. Сборник сусла

Заторные аппараты и фильтрчан заняты до тех пор, пока длится затирание или фильтрование затора. При этом сусловарочный котел должен использоваться от момента начала сбора первого сусла до выгрузки горячего охмеленного сусла и является поэтому дольше всего используемой емкостью варочного агрегата. Если в сутки делают всего лишь несколько варок, то это не играет особой роли, но если оборачиваемость варочного агрегата в сутки составляет 8 или более варок, то возникает проблема с занятостью сусловарочного котла, так как в тот момент, когда уже нужно было бы его снова заполнить первым суслом, котел все еще занят (рис. 3.81).

В связи с этим при конструировании современных варочных агрегатов пришли к необходимости установки между фильтрчаном и сусловарочным котлом сборника сусла, представляющего собой не обогреваемую, но хорошо изолированную буферную емкость, которая позволяет сохранить производственный ритм работы варочного агрегата.

Конечно, можно было бы установить второй сусловарочный котел, чтобы иметь возможность работать более гибко и при определенных условиях это возможно было бы необходимо, но не обогреваемая накопительная емкость безусловно дешевле, чем относительно дорогой сусловарочный котел.

Имеется возможность при перекачке сусла в сусловарочный котел подогревать его с использованием теплообменника. В качестве теплоносителя лучше всего подходит горячая вода, которая была нагрета, например, в конденсаторе вторичного пара (см. раздел 3.4.2.5.3).

3.4.3. Технология кипячения сусла

Для кипячения сусла особенно важны два связанных между собой процесса:

кипячение сусла;
превращение горьких веществ хмеля.

3.4.3.1. Кипячение сусла

Как правило, кипячение сусла начинается после осуществления полного набора неохмеленного сусла.

Продолжительность кипячения составляет 60–70 мин. С точки зрения технологии более длительное и интенсивное кипячение дает следующие преимущества:

- горькие вещества хмеля в большей степени переходят в раствор;
- коагулируемый белок осаждается лучше;

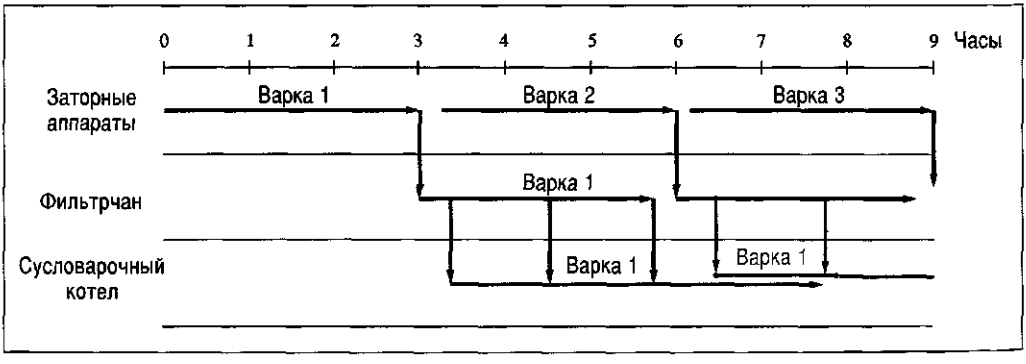


Рис. 3.81. Занятость аппаратов варочного агрегата (временной разрез)

- происходит более интенсивное испарение ДМС,

но с каждой дополнительной минутой кипячения возрастают и затраты энергии, поэтому на практике кипятят не дольше, чем это безусловно необходимо.

Важно также, чтобы в конце процесса кипячения, то есть при перекачке горячего сусла в вирпул, сусло имело бы желаемую экстрактивность (см. раздел 3.4.1.3).

Перед началом кипячения необходимо еще раз проверить полноту осахаривания.

Возможно, что при перекачке затора в фильтрационный агрегат и фильтровании затора в раствор еще переходят частицы крахмальных зерен, которые не были полностью осахарены, потому что амилазы к тому моменту уже были инактивированы в ходе осахаривающей паузы при высокой (а возможно – слишком высокой) температуре в конце процесса затирания. Чтобы предотвратить появление в пиве клейстерной мути, в этом случае можно было бы рекомендовать провести дополнительное осахаривание в сусловарочном котле перед нагревом до температуры кипения или это доосахаривание следует сделать в бродильном отделении путем добавления первого сусла или вытяжки солода; так как корректировка на последующих стадиях процесса становится уже невозможной.

3.4.3.2. Внесение хмеля

Во время процесса кипячения к суслу добавляется хмель и при этом путем совместного кипячения достигается изомеризация α-кислоты в изо-α-кислоту, благодаря чему пиво приобретает желаемую горечь. При этом важно знать:

- дозировку хмеля;
- момент внесения той или иной порции хмеля;
- способ внесения хмеля в сусло.

3.4.3.2.1. Расчет дозировки хмеля

Следует стремиться к достижению горечи, соответствующей типу пива. Горечь выражается в единицах горечи (BE по EBC), отражающих содержание горьких веществ (в мг/л пива).

Среднее значение горечи (в единицах горечи) и задача горьких веществ для немецких сортов пива составляют примерно:

Типы пива	г α-кислоты/ гл пива	Горечь в ед. EBC
Пшеничное пиво	5,0–7,0	14–20 BE
Тип Бокбир	6,0–8,0	19–23 BE
Тип Мерцен	7,0–8,5	20–25 BE
Безалкогольное пиво	7,0–9,0	20–28 BE
Тип «Экспортное пиво»	7,5–11,0	22–30 BE
Тип «Пилзнер»	10,0–16,0	28–40 BE

Итак, если пивоваренный завод намеревается приготовить пиво типа «Пилзнер» с горечью 32 BE, то необходимая дозировка горьких веществ на 1 л пива составит 32 мг на 1 л пива.

Хмель добавляется в горячее сусло. Следует учитывать, что при охлаждении это сусло уменьшается в объеме на 4% (см. раздел 3.5.1.3). Именно на это уменьшенное количество холодного сусла и должно быть рассчитано вносимое количество хмеля.

Важно отметить еще одно обстоятельство: внесенные горькие вещества хмеля только частично переходят в пиво. При этом выход горьких веществ хмеля зависит от технологии (длительности кипячения, величины давления, pH и др.) и изменяется в общем случае от 25 до 35% по отношению к объему выпускаемого пива. При внимательном рассмотрении таблицы можно заметить, что добавляемое в сусло количество α-кислоты всегда приблизительно соответствует одной трети от количества единиц горечи, которые мы хотим иметь в пиве. Для точной задачи хмеля следует этот выход горьких веществ определить на производстве экспериментальным путем.

Пример

Выход горячего сусла составляет для сорта типа «Пилзнер» 360 гл сусла и при этом хотят получить в горячем охмеленном сусле горечь 32 единицы горечи BE (EBC).

Задача: сколько кг α-кислоты нужно добавить?

Выход горячего сусла = 360 гл.

Выход холодного сусла = 360 × 0,96 = = 345,6 гл *холодного сусла*.

Требуемое количество горьких веществ в готовом пиве:

32 ед. BE = 32 мг/л пива = = 3,2 г/гл пива;

на 1 гл = 3,2 г;

на 345,6 гл = 1105,9 г.

Нужно 1,106 кг горьких веществ в пиве.

Требуемое количество горьких веществ:

выход горьких веществ = 31%.

31% горьких веществ = = 1,106 кг α-кислоты.

100% горьких веществ = (1,106 кг 100%)/31% = 3,57 кг α-кислоты.

Должно быть внесено 3,57 кг α-кислоты.

Следующий шаг состоит в том, чтобы представить потребность в α-кислоте в виде отдельных количеств внесения хмеля и хмелепродуктов. Это решается на каждом предприятии индивидуально.

Если мы будем следовать данным нашего примера, то мы можем распределить необходимые 3,57 кг α-кислоты, например, следующим образом:

75% количества в виде гранул хмеля типа Pellets 45 с 9% α-кислоты;
25% количества в виде натурального шишкового хмеля с 7% α-кислоты.

Задача:

а) сколько кг гранулированного хмеля с 9% α-кислоты и

б) сколько кг натурального шишкового хмеля с 7% α-кислоты мы должны задать?

а) 100% = 3,57 кг;
75% = x;
x = 3,57 × 75% /100%;
x = 2,68 кг α-кислоты;
9% = 2,68 кг
100% = x кг;
x_1 = 2,68 × 100% /9%;
x = 29,78 кг гранулированного хмеля с 9% α-кислоты.

б) 100% = 3,57 кг;
25% = x;
x = 3,57 × 25% /100%;
x = 0,89 кг α-кислоты;
7% = 0,89 кг;
100% = 0,89 × 100% / 7%;
x_2 = 12,71 кг натурального шишкового хмеля с 7% α-кислоты.

3.4.3.2.2. Состав и момент внесения хмеля

Для внесения хмеля имеется в распоряжении три продукта:

натуральный шишковой хмель;
гранулированный хмель;
хмелевой экстракт.

С точки зрения получаемого охмеленного сусла различия в качестве между этими продуктами сегодня практически отсутствуют, так как все способы предварительной обработки хмеля при получении хмелепродуктов являются щадящими, то есть они гарантируют, что при их применении все основные составные части хмеля сохраняются. Однако остаются различия в показателях качества между отдельными сортами хмеля, как было показано в разделе 1.2.6.

Какие хмелепродукты следует применять, определяется сегодня в основном производительностью и составом оборудования варочного цеха.

В целом повсеместно наблюдается процесс перехода от применения натурального хмеля к использованию хмелепродуктов из-за остающейся от шишкового хмеля хмелевой дробины, которую нужно удалять.

При внесении хмеля следует определить:

- какими порциями следует вносить хмель;
- когда вносить эти порции;
- какие сорта вносить сначала, а какие в конце кипячения.

Если применяют несколько сортов, то всегда сначала вносят горький хмель, чтобы максимально использовать при переработке его высокий потенциал α-кислоты. Кроме того, следует удалить не представляющие ценности летучие составные части (например, мирцен и др.).

Хмель с лучшим ароматом (ароматический хмель) вносят в последнюю очередь, причем при кипячении сусла под давлением это делают после сброса давления. Таким путем сохраняются желаемые для того или иного сорта пива ценные хмелевые масла; разумеется в этом случае приходится отказываться от максимального использования горьких веществ.

От решения о том, когда и какую порцию хмеля вносить, зависят показатели качества получаемого пива.

3.4.3.2.3. Способы внесения хмеля

Внесение шишкового натурального хмеля

Несмотря на тенденцию к сокращению применения натурального хмеля, в различных странах существует еще большое число пивоваренных предприятий, применяющих натуральный хмель. Если добавляют хмель в виде шишек, то для удаления хмелевой дробины после выпуска следует перекачивать сусло через хмелеотделитель или (на небольших пивзаводах — *прим. ред.*) фильтрчан, что в конечном итоге лишь прибавляет работы и приводит к потерям сусла. Поэтому на некоторых предприятиях, использующих шишковой хмель, его очень тонко размалывают непосредственно перед внесением и отделяют эти мелкие частицы хмелевой дробины в вирпуле.

Хмелевую дробину можно использовать как воду для промывки пивной дробины для следующей варки и затем продавать ее вместе с дробиной солода. Компостирование хмелевой дробины едва ли возможно.

Внесение хмелевого порошка или гранулированного хмеля

Эти виды хмелепродуктов используются как для того, чтобы упростить способ их применения, так и с целью обеспечить стандартную форму вносимых горьких веществ, а также чтобы уменьшить необходимую площадь складских помещений.

Хмелевой порошок и гранулированный хмель поступают в продажу в банках, мешках из фольги с заполнением инертным газом, в жесткой упаковке или фольгированных коробках весом до 150 кг.

Гранулированный хмель поступает на рынок большей частью в стандартных упаковках с заполнением инертным газом, не допускающих благодаря фольге никакого газообмена; обычно указывается содержание в кг α-кислоты, чтобы упростить применение.

На небольших предприятиях банки или фольгированные тюки открывают вручную и вносят содержимое в котел. Пустые банки удерживаются в сусловарочном котле в подвешиваемых сетчатых клетках. Чем крупнее предприятие, тем настоятельнее становится необходимость автоматизировать внесение хмеля. При оборачиваемости 8 варок в сутки интервал между варками составляет 3 часа, и если засыпь составляет 10 тонн, то в сутки приходится вносить 0,24– 0,3 тонны гранулированного хмеля.

Один из вариантов автоматического внесения хмеля состоит в том, что раз в сутки смесью хмелепродуктов заполняют несколько дозировочных емкостей, причем в каждую из них вносится хмель на одну варку и затем автоматически через определенное время они опорожняются путем промывки суслом (рис. 3.82).

Переработка экстракта хмеля

Высокую вязкость экстракта хмеля следует устранить путем нагрева до 45–50 °С и сделать продукт более текучим. В некоторых способах внесения хмеля банки автоматически промывают струей горячей воды или последней промывной воды, затем путем непрерывной рециркуляции полученный раствор удерживают в гомогенном состоянии и вносят в сусло в заданный момент.

При наличии больших бочек их содержимое следует подогреть в течение 36–48 часов до предусмотренной температуры — ни в коем случае не выше 50 °С, затем в текучем состоянии слить экстракт в смеситель и после перемешивания экстракт можно дозировать. Практикуют также прямое внесение хмелевого экстракта по массе с помощью объемного насоса. Здесь следует подогревать линию транспортировки экстракта.

На небольших пивзаводах банки с экстрактом обычно протыкают в нескольких местах без предварительного подогрева и опуска-

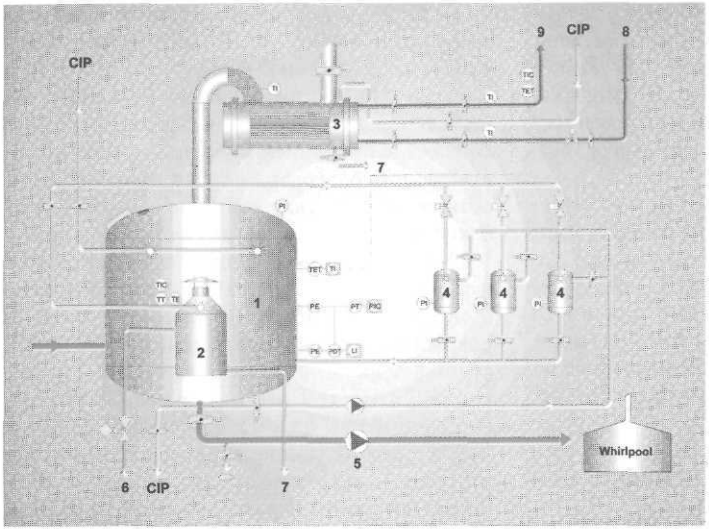


Рис. 3.82. Сусловарочный котел с емкостями для автоматического внесения хмеля:

1 — сусловарочный котел; 2 — внутренний кипятильник; 3 — конденсатор вторичного пара; 4 — емкости для внесения хмеля; 5 — насос для готового сусла; 6 — подача пара; 7 — отвод конденсата; 8 — подача холодной воды; 9 — отвод теплой воды

ют во время кипячения сусла прямо в котел. Банки можно подвесить с помощью улавливающей сетки и легко удалить.

3.4.4. Контроль готового сусла

Кипячение заканчивается перекачкой горячего сусла, при этом сусло перекачивается в вирпул мощным сусловым насосом. Перед этим, независимо от вида используемого оборудования, пивовар контролирует сусло.

Сюда относят:

- *контроль прозрачности сусла*; с помощью пробного стаканчика пивовар проверяет против источника света, выглядит ли пиво, как это требуется, прозрачным с блеском и плавают ли в нем крупные хлопья взвесей — как это желательно;
- *йодная проба на осахаривание;* мы уже видели, что при горячей промывке пивной дробины возможен переход в раствор еще нерастворенных частичек крахмала, которые в пиве приводят к образованию помутнения; этот недостаток сусла следует своевременно распознать;
- *выход сусла*; в старых сусловарочных котлах пивовар измеряет его мерной рейкой или с помощью поплавковой мерной рейки; *выход сусла важен для определения* выхода экстракта и установления объема выпускаемой продукции финансовыми органами. Если на пивзаводе имеется калиброванное измерительное устройство для измерения количества холодного сусла, то определение выхода сусла в сусловарочном котле можно не делать;
- *экстрактивность горячего охмеленного сусла*; для определения экстрактивности сусла в варочном цехе имеется небольшая контрольная станция (см. раздел 3.5.1.1); в современных установках экстрактивность определяется автоматически и изображается на мониторе (см. об этом раздел 7.5).

На этом этапе сусло называют горячим охмеленным суслом. Его объем и экстрактивность являются исходными данными для расчета выхода варочного цеха.

Состав охмеленного сусла естественно оказывает большое влияние на качество приготавливаемого из него пива. Исследованные центральной лабораторией Берлинского института пивоварения (VLB) образцы охмеленного сусла дали следующие средние значения показателей [200]:

Величина pH	5,38
Цветность (светлое сусло)	9,5 ед. EBC
Цветность (темное сусло)	43 ед. EBC
Единицы горечи (для типа «Пилзнер»)	34,1 ед. горечи по EBC (BE)

Единицы горечи (прочие)	30,4 ед. горечи по EBC (BE)
Общий азот	1018 мг/л
Коагулируемый азот	18 мг/л
Азот, осаждаемый сульфатом магния	195 мг/л
Свободный α-аминный азот	190 мг/л
Фотометрическая йодная проба	0,62 ΔE
Вязкость	1,76 мПа · с
Диметилсульфид (ДМС)	57 мкг/л
Предшественник диметилсульфида	95 мкг/л
ПТК (для светлого сусла)	46
ПТК (для темного сусла)	104
содержание цинка	0,19 мг/л
содержание β-глюкана	340 мг/л
содержание холодной мути	200 мг/л
жирные кислоты:	
низкомолекулярные жирные кислоты	0,8 (0,3–3,8) мг/л
высокомолекулярные насыщенные жирные кислоты	0,4 (0,0–1,9) мг/л
высокомолекулярные ненасыщенные жирные кислоты	0,4 (0,0–1,1) мг/л

ΔE = разница в цвете осажденной этанолом пробы и контрольного раствора;

ПТК — показатель тиобарбитуровой кислоты.

3.5. Выход экстракта в варочном цехе

Выход экстракта в варочном цехе показывает, сколько процентов от общей засыпи содержится в готовом сусле в виде экстракта. Тем самым выход экстракта в варочном цехе является важным внутрипроизводственным критерием работы варочного цеха.

3.5.1. Расчет выхода экстракта в варочном цехе

На современных пивоваренных предприятиях выход экстракта в варочном цехе вычисляется автоматически на основе данных проведенных измерений. В данном разделе будут рассмотрены теоретические аспекты и практические действия по определению выхода экстракта в варочном цехе, которые еще выполняют на более старых и небольших предприятиях.

Порядок величины выхода экстракта в варочном цехе обычно составляет 75–80%.

Для расчета выхода экстракта в варочном цехе требуются следующие данные:

- масса засыпи;
- сахарометрическое определение массовой доли сухих веществ;
- определение выхода горячего охмеленного сусла.

Масса засыпи была точно зафиксирована автоматическими весами и эти данные отражены в программе компьютера или отчете о варке.

3.5.1.1. Определение массовой доли сухих веществ

Она определяется с помощью сахарометра (рис. 3.83).

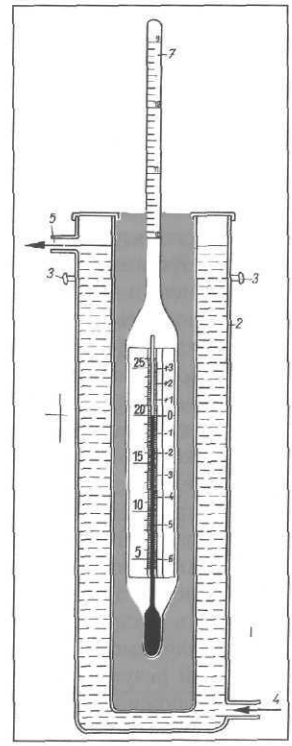


Рис. 3.83. Сахарометр для сусла в сахарометрическом цилиндре:

1 — цилиндр сахарометра; 2 — рубашка для охлаждения сусла; 3 — крепление для вертикального подвешивания; 4 — подача охлаждающей воды; 5 — отвод охлаждающей воды; 6 — горячее охмеленное сусло; 7 — сахарометр

Сахарометр – это поплавковый прибор, работающий по принципу всплывания: чем меньше удельная масса жидкости, тем глубже погружается сахарометр. На узкой шейке сахарометра нанесена шкала, показывающая массовую долю в процентах. Сахарометр – это ареометр, откалиброванный с помощью раствора сахарозы.

Измерение производят при температуре около 20 °С. Для этого небольшое количество горячего охмеленного сусла помещают в металлический цилиндр (зачастую подвешиваемый с помощью шарнирного крепления), имеющий охлаждаемую рубашку для снижения температуры до 20 °С; при этом естественно сусло не должно разбавляться; точно так же нельзя допускать испарения воды, приводящего к концентрированию сусла. Отсчет производят на уровне мениска поверхности сусла, соприкасающегося с шейкой сахарометра.

Считывание показания требует навыка, так как металлический цилиндр мешает считывать показания под поверхностью сусла, да к тому же сусло несколько поднимается вверх по шейке сахарометра; из-за этого верхние деления шкалы кажутся немного сближенными. **В качестве показания сахарометра берут самое верхнее, еще четко распознаваемое значение.**

В варочном цехе показания считывают обычно по верхнему мениску. В лаборатории применяют также сахарометры со считыванием показаний по нижнему мениску, поскольку там используют стеклянный цилиндр. На сахарометре всегда помечают, калиброван он для верхнего или нижнего считывания.

Для получения неискаженного результата измерения следует проследить за сохранением на неизменном уровне концентрации сусла. Поэтому перед погружением сахарометра в сусло его нельзя смачивать водой или другой жидкостью, отличающейся от измеряемой. Перед измерением содержимое цилиндра следует перемешать чистой или смоченной суслом лабораторной стеклянной палочкой для исключения возможной температурной неравномерности. Нельзя слишком глубоко погружать сахарометр, так как верхушка его шейки будет смочена суслом, что исказит считываемый результат. Сухой сахарометр следует осторожно взять за верхушку шейки и медленно погрузить до уровня ожидаемого показания. При этом образовавшиеся пузырьки пены следует сдуть с поверхности сусла.

Сахарометр калибруется при 20 °С. Если температура измерения отличается от 20 °С, то следует вводить поправку. Ее величина зависит от температуры сусла. Если сусло нагрето выше 20 °С, то его плотность понижена и поправку следует прибавить, и наоборот.

Для этого в нижней части сахарометра встроен термометр. Поправку получают, когда сахарометр извлечен так, что погруженным остается лишь его нижний конец. На обратной стороне шкалы термометра нанесены красным цветом числа и штрихи. На рис. 3.84 красным числам соответствуют числа на правой стороне. Приведенные числа означают понижающую поправку на температуру в десятых долях процента для возможности внесения корректировки в показания сахарометра.

Пример	
Показание сахарометра	11,6%
Поправка	– 0,2%
Массовая доля сухих веществ	11,4%

Откорректированное показание сахарометра указывает, сколько кг экстракта содержится при 20 °С в 100 кг сусла.

В нашем примере в 100 кг сусла (20 °С) содержится 11,4 кг экстракта.

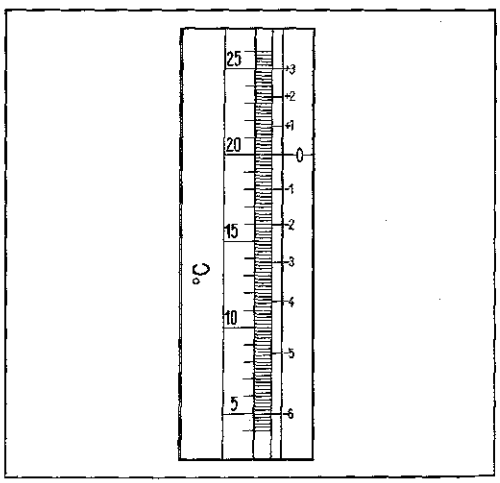


Рис. 3.84. Термометр сахарометра с пределами измерений 10–15% и числами для внесения поправок

3.5.1.2. Определение объемно-массовой доли сухих веществ в сусле (содержание экстракта в 1 гл сусла)

Практически массовая доля сухих веществ в 100 кг сусла непосредственно не используется, а вместо нее для расчетов используют объемно-массовую концентрацию экстракта, содержащегося в 1 гл сусла, поскольку количество сусла всегда определяют в объемных единицах, в частности, в гектолитрах.

Пересчет выполняют с учетом относительной плотности сусла.

Содержание экстракта в кг/100 кг ×
× относительную плотность =
= содержание экстракта в кг/гл.

Плотность вещества зависит от температуры и давления. Поэтому всегда указывают относительную плотность и приводят относительную температуру измерения, причем величиной относительного давления для жидкости можно пренебречь.

Для нашего пересчета в кг экстракта на 100 л сусла мы используем плотность сусла (ρ) при 20 °С, отнесенную к плотности воды при 4 °С (кратко – d 20/4).

В нижеприведенной таблице «соотношение между относительной плотностью жидкости и содержанием экстрактивных веществ по Плато», в которую были внесены исправления Комиссией по стандартизации, с точностью до двух знаков после запятой указана объемно-массовая доля экстракта в г на 100 мл при 20 °С (= кг экстракта на 1 гл), соответствующая определенной массовой доле экстракта (см. выдержку из таблицы, рис. 3.89).

Если под рукой нет таблицы, можно определить относительную плотность также по следующему упрощенному правилу:

раствор с массовой долей сухих веществ, %	имеет относительную плотность
0 (вода)	1,000 г/мл
1	1,004 г/мл
2	1,008 г/мл и т.д.

Таким образом, приближенно получают численное значение относительной плотности, считая:

Плотность = (% масс. × 0,004) + 1.

В нашем примере: 11,4 × 0,004 + 1 = 1,0456.

По таблице Плато находим относительную плотность 1,043395.

Разность значений невелика, но для точных расчетов она слишком значительна.

В представленной ниже упрощенной таблице, предназначенной для повседневного ориентировочного использования, значения плотности опущены и в этой таблице:

- каждой десятой доле величины массовой доли сухих веществ;
- соответствует определенное значение объемно-массовой доли сухих веществ в г /100 мл сусла.

Если взять наш пример, то найдя в таблице значение массовой доли 11,4, берем в графе «объемно-массовая доля, %» соответствующее ему значение 11,90.

Это означает, что в 100 мл данного сусла при 20 °С содержится 11,90 г экстракта, чему соответствует 11,90 кг экстракта в 1 гл сусла (при 20 °С).

Относительная плотность 20/20 °С	Массовая доля, % (г в 100 г)	Относительная плотность ρ 20/4 °С	Объемно-массовая доля, % (г в 100 мл) при 20 °С	Относительная плотность 20/20 °С	Массовая доля, % (г в 100 г)	Относительная плотность ρ 20/4 °С	Объемно-массовая доля, % (г в 100 мл) при 20 °С
1,04419	11,00	1,04229	11,47	1,04628	11,50	1,04437	12,01
423	01	233	48	632	51	441	02
427	02	237	49	636	52	445	03
431	03	241	11,50	640	53	450	04
436	04	245	51	645	54	454	05
440	05	250	52	649	55	458	06
444	06	254	53	653	56	462	08

Рис. 3.85. Таблица для определения массовой доли в % и объемно-массовой доли в % (фрагмент)

Таблица для пересчета массовой доли (в %) в объемно-массовую долю (в%) и коэффициент выхода

Массовая доля, % (г в 100 г)	Объемно-массовая доля, % (г в 100 мл) при 20 °С	Коэффициент выхода	Массовая доля, % (г в 100 г)	Объемно-массовая доля, % (г в 100 мл) при 20 °С	Коэффициент выхода
0,1	0,10	0,10	0,8	0,80	0,77
0,2	0,20	0,19	0,9	0,90	0,86
0,3	0,30	0,29	1,0	1,00	0,96
0,4	0,40	0,38	1,1	1,10	1,06
0,5	0,50	0,48	1,2	1,20	1,15
0,6	0,60	0,58	1,3	1,30	1,25
0,7	0,70	0,67	1,4	1,41	1,35
1,5	1,51	1,45	6,4	6,55	6,29
1,6	1,61	1,55	6,5	6,66	6,39
1,7	1,71	1,64	6,6	6,76	6,49
1,8	1,81	1,74	6,7	6,87	6,59
1,9	1,91	1,83	6,8	6,97	6,69
2,0	2,01	1,93	6,9	7,08	6,80
2,1	2,11	2,03	7,0	7,18	6,90
2,2	2,21	2,13	7,1	7,29	7,00
2,3	2,32	2,23	7,2	7,39	7,10
2,4	2,42	2,32	7,3	7,50	7,20
2,5	2,52	2,42	7,4	7,60	7,30
2,6	2,62	2,52	7,5	7,71	7,40
2,7	2,72	2,61	7,6	7,82	7,51
2,8	2,83	2,71	7,7	7,92	7,61
2,9	2,93	2,81	7,8	8,03	7,71
3,0	3,03	2,91	7,9	8,13	7,81
3,1	3,13	3,01	8,0	8,24	7,91
3,2	3,23	3,10	8,1	8,35	8,02
3,3	3,34	3,20	8,2	8,45	8,12
3,4	3,44	3,30	8,3	8,56	8,22
3,5	3,54	3,40	8,4	8,67	8,32
3,6	3,64	3,50	8,5	8,77	8,42
3,7	3,75	3,60	8,6	8,88	8,53
3,8	3,85	3,70	8,7	8,99	8,63
3,9	3,95	3,79	8,8	9,09	8,73
4,0	4,06	3,90	8,9	9,20	8,83
4,1	4,16	3,99	9,0	9,31	8,94
4,2	4,26	4,09	9,1	9,41	9,04
4,3	4,36	4,19	9,2	9,52	9,14
4,4	4,47	4,29	9,3	9,63	9,25
4,5	4,57	4,39	9,4	9,74	9,35
4,6	4,67	4,49	9,5	9,84	9,45
4,7	4,78	4,59	9,6	9,95	9,55
4,8	4,88	4,69	9,7	10,06	9,66
4,9	4,99	4,79	9,8	10,17	9,76
5,0	5,09	4,89	9,9	10,27	9,86
5,1	5,19	4.99	10,0	10,38	9,97
5,2	5,30	5,09	10,1	10,49	10,07
5,3	5,40	5,18	10,2	10,60	10,18
5,4	5,51	5,29	10,3	10,71	10,28
5,5	5,61	5,39	10,4	10,81	10,38
5,6	5,71	5,48	10,5	10,92	10,49

Массовая доля, % (г в 100 г)	Объемно-массовая доля, % (г в 100 мл) при 20 °С	Коэффициент выхода	Массовая доля, % (г в 100 г)	Объемно-массовая доля, % (г в 100 мл) при 20 °С	Коэффициент выхода
5,7	5,82	5,58	10,6	11,03	10,59
5,8	5,92	5,68	10,7	11,14	10,70
5,9	6,03	5,79	10,8	11,25	10,80
6,0	6,13	5,89	10,9	11,36	10,91
6,1	6,24	5,99	11,0	11,47	11,01
6,2	6,34	6,09	11,1	11,57	11,11
6,3	6,45	6,19	11,2	11,68	11,22
11,3	11,79	11,32	15,7	16,68	16,00
11,4	11,90	11,42	15,8	16,79	16,11
11,5	12,01	11,53	15,9	16,90	16,22
11,6	12,12	11,63	16,0	17,02	16,34
11,7	12,23	11,74	16,1	17,13	16,45
11,8	12,34	11,85	16,2	17,24	16,56
11,9	12,45	11,95	16,3	17,36	16,67
12,0	12,56	12,06	16,4	17,47	16,77
12,1	12,67	12,17	16,5	17,58	16,88
12,2	12,78	12,27	16,6	17,70	16,99
12,3	12,89	12,38	16,7	17,81	17,10
12,4	13,00	12,48	16,8	17,92	17,21
12,5	13,11	12,59	16,9	18,04	17,32
12,6	13,22	12,69	17,0	18,15	17,43
12,7	13,33	12,80	17,1	18,27	17,54
12,8	13,44	12,90	17,2	18,38	17,65
12,9	13,55	13,01	17,3	18,50	17,76
13,0	13,66	13,11	17,4	18,61	17,87
13,1	13,77	13,22	17,5	18,72	17,97
13,2	13,88	13,32	17,6	18,84	18,08
13,3	13,99	13,43	17,7	18,95	18,19
13,4	14,10	13,54	17,8	19,07	18,31
13,5	14,21	13,64	17,9	19,18	18,42
13,6	14,32	13,75	18,0	19,30	18,53
13,7	14,43	13,85	18,1	19,41	18,64
13,8	14,55	13,97	18,2	19,53	18,75
13,9	14,66	14,07	18,3	19,64	18,86
14,0	14,77	14,18	18,4	19,76	18,97
14,1	14,88	14,28	18,5	19,88	19,08
14,2	14,99	14,39	18,6	19,99	19,19
14,3	15,10	14,50	18,7	20,11	19,31
14,4	15,22	14,61	18,8	20,22	19,42
14,5	15,33	14,72	18,9	20,34	19,53
14,6	15,44	14,82	19,0	20,45	19,64
14,7	15,55	14,93	19,1	20,57	19,75
14,8	15,66	15,03	19,2	20,69	19,86
14,9	15,78	15,14	19,3	20,80	19,97
15,0	15,89	15,25	19,4	20,92	20,08
15,1	16,00	15,36	19,5	21,04	20,20
15,2	16,11	15,47	19,6	21,15	20,31
15,3	16,22	15,57	19,7	21,27	20,42
15,4	16.34	15,69	19,8	21,39	20,53
15,5	16,45	15,79	19,9	21,50	20,64
15,6	16,56	15,90	20,0	21,62	20,76

В старой литературе вместо массовых указываются весовые проценты.

3.5.1.3. Пересчет объема горячего охмеленного сусла на холодное сусло

В конце кипячения количество готового сусла точно определяется при помощи измерительной рейки. При этом поверхность сусла должна быть совершенно спокойной. Рейку предварительно градуируют для каждого котла, и она должна опускаться в котел в предусмотренном для этого месте. Градуировка рейки для сусловарочного котла, имеющая решающее значение для точного определения выхода варочного цеха, выполняется путем специального замера объема.

Для приемки варки в соответствии с немецким налоговым законодательством допускается также измерение объема холодного сусла с помощью градуированного индуктивного измерителя объемного расхода (IDM).

Пример:

В данном примере выход сусла составляет 264 гл. Но это измерение выполнялось при 100 °С, а измерение сахарометром осуществляли при 20 °С.

Но если охладить 264 гл сусла до 20 °С (без учета испарения), то от прежнего объема останется только 96 %: сусло сжалось на 4%. Если снова нагреть сусло до 100 °С, его объем опять стал бы равен 264 гл.

В этих 4% одновременно учитывается то обстоятельство, что вместе с суслом измерялись не относящиеся к экстракту компоненты, а именно хмелевая дробина и взвеси горячего сусла.

Пересчет объема горячего охмеленного сусла на холодное (при 20 °С, так как именно при этой температуре проводится измерение сахарометром) выполняют путем умножения на коэффициент 0,96.

Величина 0,96 называется поправочным коэффициентом на уменьшение объема сусла при его охлаждении.

Следовательно, в нашем примере из имевшихся 264 гл горячего сусла получается 264 гл × 0,96 = 253,44 гл холодного охмеленного сусла при 20 °С.

Конечно, данная поправка на 4% не совсем точна, так как, например, объем горячего сусла из-за расширения котла при измерении был занижен приблизительно на 0,2%. С другой стороны, играет роль также и вид внесенного хмеля и хмелепродуктов. При натуральном шишковом хмеле можно исходить из того, что хмелевая дробина повышает измеряемый объем сусла приблизительно на 0,2%, а при использовании хмелевого порошка, гранулированного хмеля и в особенности экстракта хмеля это соотношение уже выглядит иначе.

Поскольку выход варочного цеха является в первую очередь внутрипроизводственным контрольным показателем, то если существенно не изменяется состав используемых хмелепродуктов, то это отклонение не играет роли.

3.5.1.4. Расчет массы экстракта, полученного в варочном цехе

В 1 гл нашего сусла содержится при 20 °С 11,90 кг экстракта. В 253,44 гл сусла содержится при 20 °С 3015,94 кг экстракта. Таким образом, было получено 3015,94 кг экстракта.

Следовательно, формула для расчета массы экстракта, полученного в варочном цехе, записывается следующим образом:

Масса экстракта [кг] = экстрактивность [кг/100 кг] × ρ × 0,96 × × объем готового сусла [гл].

Так как **поправочный коэффициент 0,96** является константой, его для удобства включили в упрощенную таблицу Плато в составе коэффициента выхода, который равен: **экстрактивность [кг/100 кг] × ρ × 0,96.**

В нашем примере достаточно лишь найти для данной экстрактивности [кг/100 кг] ее табличное значение и в последней колонке считать коэффициент выхода (в данном примере 11,42).

Итак, было получено:

Объем горячего сусла × коэффициент выхода = масса экстракта [кг],
то есть 2,64 × 11,42 = 3014,88 кг экстракта.

Определение массы произведенного в варочном цехе экстракта важно для последующего расчета потерь экстракта на дальнейших стадиях производства пива.

3.5.1.5. Определение выхода экстракта (Э) в варочном цехе

Выход экстракта в варочном цехе (или выход экстракта из зернопродуктов) определяется как масса полученного экстракта, отнесенная к массе засыпи зернопродуктов в процентах.

$$Э = \frac{\text{Масса экстракта [кг]} \cdot 100\%}{\text{Масса засыпи [кг]}}$$

Для упрощения формулы можно сократить число 100 в числителе и выразить засыпь в центнерах. Расчет массы экстракта уже приводился, так что расчет выхода экстракта в варочном цехе возможен по следующим формулам:

$$Э = \frac{\text{Экстрактивность [кг/100 кг]} \cdot \rho \times 0{,}96 \cdot \text{объем горячего сусла [гл]}}{\text{Масса засыпи [ц]}}$$

или еще короче

$$Э = \frac{\text{Коэффициент выхода [кг/100 кг]} \times \text{объем горячего сусла [гл]}}{\text{Масса засыпи [ц = 100 кг]}}$$

В нашем примере потребовалось на получение 3015 кг экстракта израсходовать 40 ц засыпи. В этом случае выход Э составляет:

$$Э = \frac{3015 \text{ кг} \times 100\%}{4000 \text{ кг}} = 75{,}37\% = 75{,}4\%.$$

3.5.2. Факторы, оказывающие влияние на выход экстракта в варочном цехе

Выход экстракта в варочном цехе зависит от:

сырья;
оборудования варочного цеха;
применяемого способа затирания;
применяемой технологии фильтрования затора;
человеческого фактора.

Выход экстракта обычно составляет от 74 до 79%. Он должен быть по возможности максимальным и быть не более чем на 1% ниже лабораторного выхода, определенного в тонком помоле солода и выраженного в расчете на воздушно-сухое вещество (ВСВ).

Сырье

Различные партии солода дают разный выход экстракта, и поэтому очень ценится солод с высокой экстрактивностью. Плохо растворенный солод дает меньший выход, чем хорошо растворенный. С увеличением влажности солода выход экстракта также снижается. Повышенное содержание карбонатов в воде приводит к снижению выхода экстракта, а использование воды сульфатного типа или очень мягкой воды улучшает выход, так эти типы воды способствуют сдвигу pH в кислую сторону и таким образом активизируют деятельность ферментов при затирании.

Оборудование варочного цеха

Современные варочные агрегаты рассчитаны на получение высокого выхода при хорошем качестве сусла. Для этого они оснащены рядом дополнительных устройств, ориентированных в первую очередь на возможно более полное выщелачивание дробины. Поэтому современные варочные агрегаты превосходят по выходу экстракта старые варочные цеха с традиционным оснащением.

Эффективность работы варочного цеха среди прочих параметров оценивается также по разности между производственным и лабораторным выходом экстракта. Для современных варочных агрегатов эта разница очень мала.

Способ затирания

Более продолжительный и интенсивный способ затирания дает повышенный выход экстракта. Путем более продолжительного кипячения густого затора получают больший выход экстракта. Использование метода с предварительным холодным настаиванием перед началом затирания и проведение кипячения затора под давлением способствуют повышению выхода, но в основном за счет качества. Важным фактором является правильное соотношение главного налива к количеству воды, подаваемой для промывки дробины, так как при слишком большом объеме главного налива уже не останется возможностей для основательного вымывания экстракта из дробины, из-за чего падает выход.

Технология фильтрования затора

Неравномерное выщелачивание пивной дробины и не одинаковая работа фильтрационных кранов вызывают потери выхода экстракта.

Применение нескольких небольших подач воды на промывку дробины дает повышенный выход по сравнению с непрерывным выщелачиванием дробины. Технология фильтрования затора отражается на содержании вымываемого экстракта, то есть экстракта, удержанного дробиной (см. раздел 3.3.6.2). Применение последней промывной воды для следующего затирания несколько увеличивает выход, но приводит к снижению качества конечного продукта.

Человеческий фактор

Вся работа варочного цеха направлена на оптимизацию деятельности ферментов. Но она возможна только в том случае, если всегда точно выдерживаются заданные температурные и временные параметры. Требуется постоянная точность и надежность действий пивовара, иначе ущерб может быть существенным!

Чтобы избежать этого, в современных варочных цехах составляются программы по затиранию и фильтрованию затора, которые выполняются полностью автоматически, причем пивовар осуществляет визуальный контроль и имеет возможность вмешаться при необходимости в любой момент. Таким образом исключаются возможные человеческие ошибки, и процессы можно вести оптимально (см. раздел 3.10).

3.5.3. Пример расчета выхода экстракта в варочном цехе

Для приготовления пива типа «Пилзнер» мы использовали засыпь массой 4600 кг, состоящую из солода типа «Пилзнер», и при этом выход горячего охмеленного сусла с экстрактивностью 10,7% составил 331 гл. Каков выход экстракта в варочном цехе?

$$Э = \frac{\text{Экстрактивность} \times \rho \times 0{,}96 \times \text{выход горячего сусла (гл)}}{\text{Масса засыпи (ц)}}$$

$$Э = \frac{11{,}14 \times 0{,}96 \times 331}{46} = \frac{3540}{46} = 76{,}95\%.$$

Выход экстракта в варочном цехе составляет 76,95%.

Если считать с использованием коэффициента выхода, то расчет изменится так:

$$Э = \frac{10{,}70 \times 331}{46} = \frac{3541{,}7}{46} = 76{,}99\%.$$

Результат отличается на четыре сотых. Разница мала и для приближенных расчетов не имеет значения, однако она имеет значение при сопоставлении с лабораторным выходом (тонкий помол воздушно-сухое вещество; см. раздел 2.8.3.2). Естественно, что это сопоставление имеет смысл только в том случае, если оно проводится с одинаковым солодом. Для получения статистически достоверных результатов необходимо отбирать средние пробы солода в течение всего сравниваемого периода и с ними проводить лабораторный анализ.

3.6. Состав оборудования варочного цеха

3.6.1. Количество аппаратов и их размещение

В варочном цехе размещаются все аппараты, необходимые для приготовления сусла. Небольшие варочные агрегаты состоят только из двух емкостей:

- одного чана, являющегося одновременно и заторным, и фильтрационным чаном;
- котла, который функционирует как заторный и как сусловарочный котел.

На таком простом агрегате с двумя аппаратами можно производить 1–2 варки в сутки. Они часто используются на небольших предприятиях. В зависимости от количества дней работы варочного цеха в неделю на таком оборудовании можно производить до 600 варок в год.

Классический четырехпосудный варочный агрегат, то есть агрегат с четырьмя аппаратами состоит из

- одного заторного чана или одного заторного чана-котла;
- одного заторного котла для кипячения части затора;

- одного фильтрчана или одного заторного фильтр-пресса;
- сусловарочного котла (рис. 3.85а).

В связи с увеличевшейся оборачиваемостью в настоящее время в состав оборудования варочного цеха включают:

- *сборник сусла с обогревом* для сбора первого сусла или полного набора сусла до тех пор, пока еще занят сусловарочный котел;
- *вирпул* (если только сусловарочный котел не является аппаратом, комбинированным с вирпулом).

На небольших и относительно старых предприятиях аппараты варочного цеха расположены так, что фильтрационный чан располагается несколько выше и вблизи сусловарочного котла, так что сусло течет через фильтрационную батарею в котел самотеком. В настоящее время все аппараты располагают на одном уровне.

В современные варочные цехи включают также дробильное отделение.

3.6.2. Размеры аппаратов варочного цеха

Размеры аппаратов различны, поскольку они предназначены для различных целей. Считается, что на 1 т засыпи требуются следующие объемы аппаратов:

Заторный чан (котел)	**6 т/л**
Заторный котел	**4–5 т/л**
Фильтрчан	**6 т/л**
Сусловарочный котел	**8–9 т/л**
Сборник сусла	**7 т/л**

Размеры аппаратов варочного цеха определяются выходом сусла. Самые небольшие фильтрчаны имеют диаметр 2 м, самые большие — свыше 12 м.

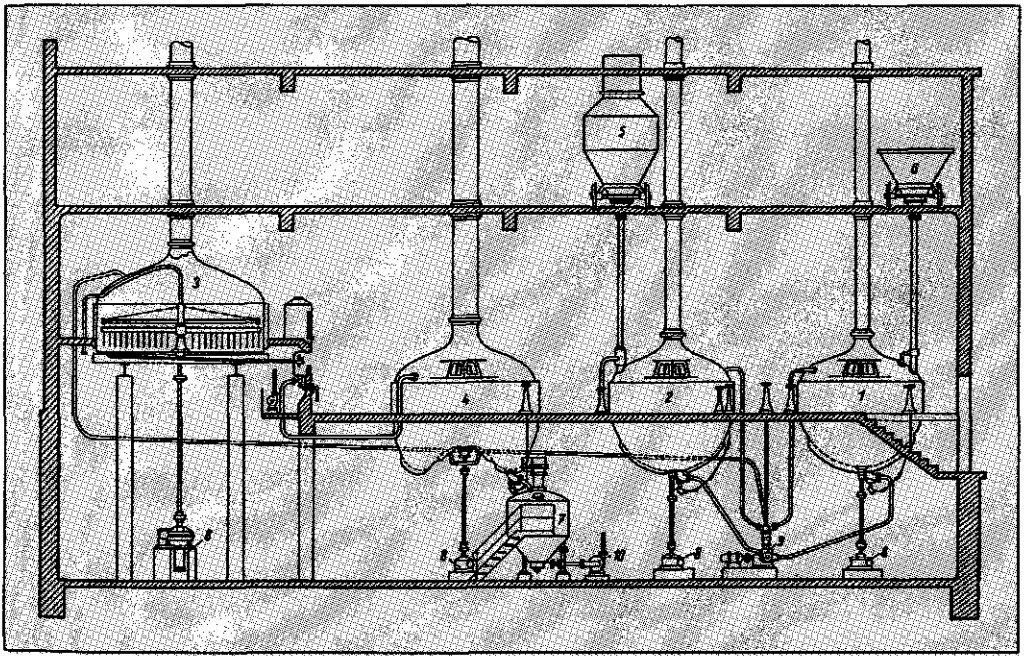


Рис. 3.85а. Варочный четырехлосудный агрегат (классическая конструкция):

1 — заторный чан-котел I; 2 — заторный чан-котел II; 3 — фильтрчан; 4 — сусловарочный котел; 5, 6 — бункерные емкости (передвижные) для дробленого солода; 7 — хмелеотделитель; 8 — привод мешалки; 9 — насос для затора; 10 — насос для горячего охмеленного сусла

С другой стороны, даже и на крупных пивоваренных заводах зачастую предпочитают иметь в составе варочного цеха несколько варочных агрегатов.

3.6.3. Материал для изготовления емкостей варочного цеха

Классический материал для изготовления емкостей — медь. В течение столетий варочные порядки из меди являются гордостью пивовара. Варочный цех стараются располагать вдоль главной улицы так, чтобы проходящие мимо граждане видели его через большие витринные окна, чем создается очень выразительная реклама пивоваренному предприятию.

Но медь со временем темнеет и с годами покрывается зеленым налетом, выглядящем выразительно только на крышах. Чтобы сохранить прекрасный медно-красный блеск емкостей, их приходится постоянно чистить. На длительный срок не помогает и покрытие лаком, так как под порами покрытия распространяется коррозия. Постоянная чистка является очень трудоемкой и невозможна без специальных подмостков.

Начиная примерно с 1965 года, стали изготавливать первые аппараты варочного цеха из нержавеющей стали. Так как они изготавливаются из плоских листов, которым механически придают желаемую форму, эти аппараты можно изготавливать значительно дешевле, чем кованые медные емкости. Эти экономические соображения привели к тому, что сегодня почти все аппараты варочного цеха изготавливают из нержавеющей стали. Их преимущества — это легкая мойка снаружи и внутри с помощью систем безразборной мойки CIP и неизменяемость их серебристого внешнего вида с течением времени.

Проблемы возникают тогда, когда нужно заменить только одну из медных емкостей из-за ее износа. В этом случае часто пытаются подвести новую емкость из нержавеющей стали под еще сохранившуюся в приемлемом состоянии старую медную крышку, чтобы сохранить общий дизайн варочного цеха.

Без сомнения, современные варочные агрегаты из нержавеющей стали производят на зрителей такое же хорошее впечатление, как и варочные порядки из меди, особенно если архитектору удается путем удачного размещения аппаратов и подбора цветовой гаммы помещения варочного цеха, а также облицовки и искусного освещения усилить это впечатление.

3.6.4. Производственная мощность варочного цеха

Варочный цех является сердцем пивоваренного предприятия; от его использования в решающей степени зависит производительность следующих отделений. Чтобы полностью использовать рабочее время и энергию и тем самым работать рентабельно, каждое предприятие заинтересовано в том, чтобы максимально загрузить варочный цех.

Мы видели, что с помощью современной техники с использованием фильтрационного чана можно выполнить до 12 варок в сутки. Это число умножается в неделю на 5 рабочих дней и на 52 недели в год, за исключением праздничных дней. Если приходится делать перерывы в варках, чтобы произвести необходимый ремонт, это естественно заметно уменьшает производительность варочного отделения. Произведенное за год количество сусла естественно еще не является количеством товарного пива, так как до выпуска в продажу возникают еще дополнительные потери по жидкой фазе (см. раздел 5.5), разные на каждом предприятии и составляющие порядка 8–10%.

Мощность варочного цеха часто указывается в тоннах единовременной засыпи зернопродуктов, используемых на варку.

Задание: как можно перейти от засыпи к количеству готового сусла?

Приближенное правило:

На 1 гл пива требуется 17 кг солода.

Если требуется 17 кг солода на 1 гл пива, то получают из 1000 кг солода 100/17 = = 58,8 гл пива.

Если взять потери по жидкой фазе 9%, то это количество пива получается из 58,8 : 0,91 = 64,6 гл сусла.

Это означает: с использованием варочного агрегата мощностью 1 т единовременной засыпи производится около 64,6 гл горячего охмеленного сусла, а с использованием варочного агрегата мощностью 10 т производится около 646 гл.

Задача: сколько гл пива можно произвести на 10-тонном оборудовании в год?

При этом мы исходим из количества горячего охмеленного сусла 640 гл, 8 варок в сутки, 4,5 рабочих суток варочного отделения в неделю и 52 рабочих недели в году — за исключением праздничных дней.

Производство сусла

одна варка		= 640 гл
за сутки	640 гл × 8	= 5120 гл
за неделю	5120 гл × 4,5	= 23 040 гл
за год	23 040 гл × 52	= 1 198 080 гл
за вычетом 10 праздничных дней	5120 гл × 10	= – 51 200 гл
Производство сусла за год:		1 146 880 гл
Пересчет на товарное пиво 91% (9% потери):		1 043 660 гл

Следовательно, на 10-тонном оборудовании можно производить за год 1,04 млн гл пива, но этот расчет сделан практически без запаса мощности.

В качестве упрощенного приблизительного правила можно считать, что при условии 5 дней работы в неделю и при 8 варках в сутки на оборудовании варочного цеха мощностью 1 т засыпи можно получить в год 100 000 гл товарного пива.

3.6.5. Варочные агрегаты специальной конструкции

Среди оборудования варочного отделения малой мощности в последние годы получили распространение две группы таких агрегатов:

- варочные агрегаты мини-пивзаводов ресторанного типа;
- экспериментальные и учебные варочные агрегаты.

3.6.5.1. Варочные агрегаты мини-пивзаводов ресторанного типа

С начала 1980-х годов, но особенно с 1986 года в Германии повсюду начали строить и с успехом эксплуатировать мини-пивзаводы ресторанного типа, особенно в средних и крупных городах. В настоящее время в Германии насчитывается более 230 таких предприятий, и их число постоянно растет.

Мини-пивзаводы ресторанного типа рассчитаны, как правило, на выход сусла в 10–15 гл и производят 3–4 варки в неделю или 1000–3000 гл пива в год, которое продается только в данном ресторане.

Сердцем такого предприятия является варница с двумя емкостями, которые эффектно располагаются в зале (рис. 3.85б) и посетителям отлично видно, как варят пиво. Благодаря этому посещение ресторана превращается в совершенно особое действо, когда по определенным дням можно наблюдать, как мастер-пивовар варит пиво. Если пиво свежее и действительно вкусное, а хороший хозяин предлагает также подходящие к пиву блюда, то бизнес идет превосходно. Не говоря уже о таком дополнении к ресторанному бизнесу, как

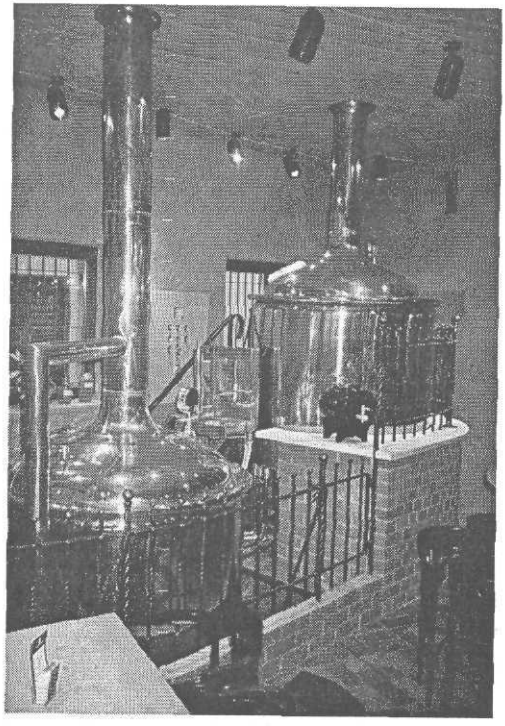


Рис. 3.85б. *Варочный агрегат мини-пивзавода ресторанного типа (фото: Beraplan, Harter GmbH, г. Хеминг)*

пивной сад, который пользуется сегодня все большей популярностью.

Мини-пивзаводы ресторанного типа работают значительно экономичнее, чем крупные предприятия, поскольку им не приходится заниматься дорогостоящей рекламой, у них нет организационных проблем и они не зависят от оптовой торговли. Поскольку отпадает также дорогостоящий разлив в бутылки и обеспечение стойкости, по цене они почти непобедимы (см. об этом раздел 8).

3.6.5.2. Интегральный варочный агрегат

Особо оригинальной формой двухпосудного варочного агрегата, очень подходящего для мини-пивзаводов ресторанного типа, является интегральный варочный агрегат [76] (рис. 3.85в).

У этого варочного агрегата заторно-фильтрационный чан (*2*) кольцевой формы расположен вокруг заторно-сусловарочного котла (*1*). Благодаря удачному конструктивному размещению чан герметично отделен от котла, а четыре плеча рыхлителя (*3*) могут подниматься и опускаться в любое положение вместе с переставляемыми ножами.

В качестве преимуществ здесь можно упомянуть:

- уменьшенную приблизительно на 40% потребность в площади;
- поставку и установку в готовом виде под ключ;
- 10%-ную экономию энергии благодаря компактной конструкции;
- повышенный выход экстракта и многое другое.

Тем не менее недостатком является проблематичная мойка кольцевого фильтрчана (*2*), расположенного вокруг сусловарочного котла.

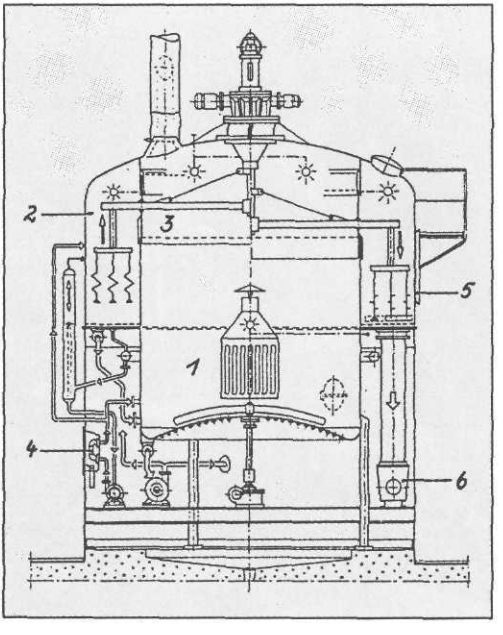


Рис. 3.85в. Интегральный варочный агрегат:

1 — заторно-сусловарочный котел; 2 — заторно-фильтрационный чан; 3 — рыхлитель, переставляемый по высоте; 4 — фильтрационная батарея и сахарометрическая станция; 5 — смотровое стекло; 6 — удаление дробины

3.6.5.3. Экспериментальные и учебные варочные агрегаты

Обучение специалистов по пивоварению и производству солода на весьма различающихся по величине и по техническому оснащению пивоваренных предприятиях приводит к тому, что многие обучаемые не могут достаточно успешно заниматься во время практической подготовки процессами, происходящими в варочном цехе. Поэтому необходимо во время практики изучать эти процессы путем учебных варок в учебном заведении. Для этого сегодня все профессиональные школы по обучению пивоваров в Германии оснащены учебными варочными агрегатами, а также установками для брожения (дображивания), фильтрования и розлива пива емкостью от 50 до 100 л (рис. 3.85г), аналогичными имеющимся в исследовательских и учебных институтах с обучением технологии пивоварения.

3.7. Перекачка горячего охмеленного сусла

На этой стадии сусло перекачивается насосом в вирпул. Этот процесс должен проводиться по возможности быстро, чтобы освободить сусловарочный котел для следующей

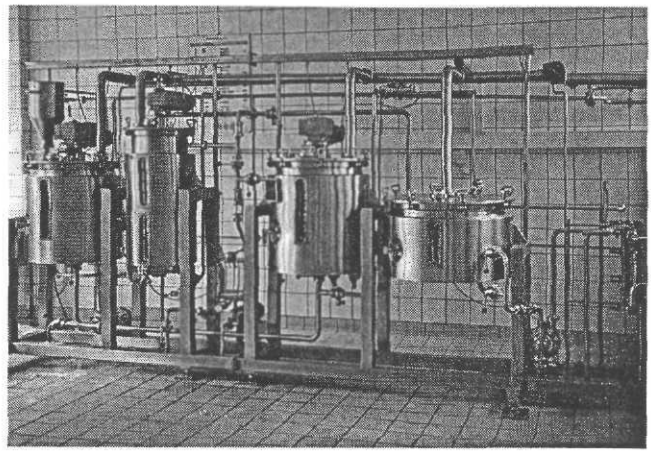


Рис. 3.85г. Учебный варочный агрегат в учебном профессиональном центре г. Дрездена (Фото: BAM, г. Фрайзинг)

варки, но он должен быть одновременно бережным, чтобы не возникали касательные напряжения, которые приводят к нарушению коллоидной структуры сусла (см. раздел 3.2.1.4).

Следует обращать внимание на различные структурные изменения β-глюканов, которые происходят

- при медленном охлаждении, с одной стороны,
- при быстром охлаждении и при воздействии касательных напряжений, с другой стороны, так как иначе могут возникнуть проблемы с фильтрованием пива.

Если применяют не молотый натуральный хмель, то перед подачей сусла в вирпул следует удалять хмелевую дробину, поскольку она не представляет ценности для дальнейшей переработки. После перекачки сусла оставшаяся от спуска хмелевая дробина содержит около 4,9 л сусла на 1 кг внесенного хмеля; эти потери уменьшаются:

до 4,4 л, если просто позволяют стечь суслу;
до 4,3 л, если хмелевую дробину хорошо промыть;
до 4,0 л, если спрессовать;
до 2,0 л, если промыть и спрессовать.

Удаление хмелевой дробины выполнялось раньше через **хмелеотделитель**. Он представляет собой резервуар с коническим дном, снабженный вставным ситом, которое задерживает хмелевую дробину и пропускает сусло.

После стекания сусла хмелевая дробина еще раз промывается водой и этот процесс выщелачивания интенсифицируется путем перемешивания смеси хмелевой дробины с водой. Так как даже при лучших способах ведения процесса выщелачивания в хмелевой дробине всегда остаются остатки экстракта, а сама дробина не имеет хорошего применения, ее целесообразно перекачать обратно в фильтрчан перед выгрузкой дробины от следующей варки, где она перемешивается с солодовой дробиной.

3.8. Отделение взвесей горячего сусла

Из горячего охмеленного сусла выделяются взвеси горячего сусла, которые прежде называли брухом. Они состоят из крупных частиц размерами 30–80 мкм, которые несколько тяжелее, чем сусло, и обычно хорошо и плотно осаждаются, если им дать для этого достаточно времени.

Взвеси горячего сусла следует удалять, так как для дальнейшего производства пива они не только бесполезны, но и вредят качеству. Взвеси горячего сусла

- препятствуют осветлению сусла;
- «оклеивают» дрожжи;
- увеличивают количество белкового отстоя и с ним потери;

- содержат жирные кислоты солода;
- затрудняют фильтрование пива, если их своевременно не отделить.

Количество взвесей горячего сусла составляет 6000–8000 мг/л после перекачки горячего охмеленного сусла, и оно должно быть уменьшено после их удаления до 100 мг/л. Но целью является полное удаление взвесей горячего сусла.

Однако многие пивзаводы не достигают этого уровня. В качестве причин недостаточного отделения взвесей горячего сусла наряду с неудовлетворительными конструкциями фильтрчана, вирпула или центрифуг имеют место следующие причины:

- повышенная мутность сусла из-за
  - неблагоприятного состава помола;
  - плохого качества солода;
  - неправильного ведения процесса фильтрования затора; а также
- внесение хмеля, не содержащего или содержащего недостаточное количество дубильных веществ.

В таких случаях содержание взвесей горячего сусла в охлажденном сусле может возрасти более чем до 1000 мг/л, что приведет затем к указанным трудностям.

Удаление взвесей горячего сусла осуществлялось раньше с помощью ***холодильной тарелки*** или ***отстойного чана***, а сегодня большей частью с помощью ***вирпула***, а иногда также ***центрифуги (сепаратора)*** или путем ***фильтрования***.

3.8.1. Холодильная тарелка

Холодильная тарелка является «классическим» аппаратом для удаления взвесей горячего сусла (белкового отстоя). Это плоский открытый сосуд, в который сливается сусло слоем высотой 15–25 см. В течение 0,5–2 часов, когда сусло находится в холодильной тарелке, взвеси осаждаются и тем лучше, чем тоньше уровень сусла в тарелке. Раньше варку в тарелке оставляли на всю ночь. Белковый отстой от холодильных тарелок содержит еще большое количество сусла, кроме того, эта часть сусла в значительной степени инфицирована. Поэтому белковый отстой после холодильных тарелок требует дополнительной обработки. (Как правило, фильтрования на фильтр-прессах или центрифугирования в сепараторах — *Прим. ред.*)

Так как на холодильной тарелке в сусло почти всегда попадают контаминанты, а работа с холодильной тарелкой требует больших трудозатрат, этот вид оборудования сейчас почти не применяют.

3.8.2. Отстойный чан

Вместо холодильной тарелки, требующей для размещения очень большой площади, в прошлом зачастую использовали более экономичный по площади отстойный чан. Он представляет собой емкость с плоским дном, снабженную системой охлаждения в виде змеевиков или наружной рубашки (рис. 3.86).

В отличие от тарелки, отстойный чан имеет крышку, которая должна уменьшать опасность контаминации.

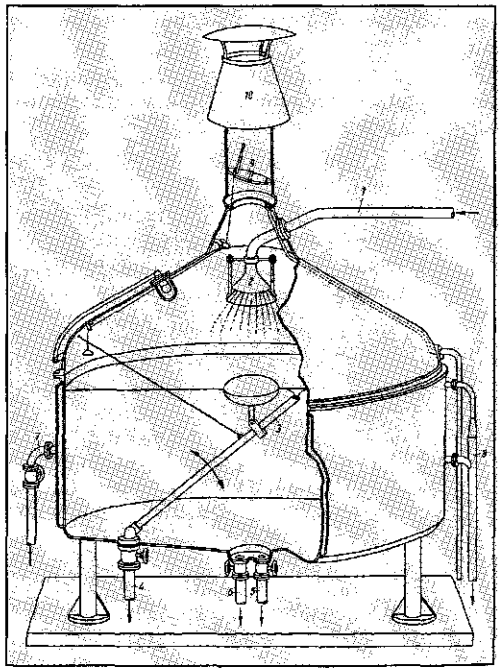


Рис. 3.86. Отстойный чан:

1 — трубопровод для подачи охмеленного горячего сусла; 2 — распределительный конус; 3 —суслоприемник; 4 — отвод сусла; 5 — отвод белкового отстоя; 6 — отвод воды после промывки; 7 — впуск холодной воды; 8 — выход теплой воды; 9 —дроссельная заслонка; 10 — вытяжная труба

Сусло перекачивают в отстойный чан до высоты слоя 1–2 м, через трубы охлаждения или рубашку охлаждения подается производственная вода. Сусло при этом несколько охлаждается, а холодная вода нагревается и может дальше применяться как теплая вода, например, для мытья бочек.

Из-за большой высоты слоя сусла взвеси в отстойном чане осаждаются хуже. Так как верхние слои сусла содержат меньше частиц взвесей горячего сусла, чем нижние, осветленное сусло отводится из отстойного чана через поплавковый суслоприемник, который отбирает сусло из верхнего слоя. Сусло, содержащее взвеси, остается в чане и должно дополнительно обрабатываться подобно тому, как это производится после холодильной тарелки. Помимо отстойного чана с охлаждением может применяться отстойный чан без охлаждения. В этом случае отстойный чан в первую очередь выполняет функцию буферного резервуара. Отстойные чаны с охлаждением и без охлаждения на сегодняшний день устарели, и их больше не изготовляют.

3.8.3. Вирпул

Приблизительно с 1960 года все в большей степени для удаления взвесей горячего сусла применяют вирпул (гидроциклонный аппарат). Он представляет самый элегантный способ удаления взвесей горячего сусла и является наиболее экономичной альтернативой всем другим способам их удаления.

Вирпул — это вертикальная цилиндрическая емкость без встроенных элементов, в которую горячее охмеленное сусло закачивается тангенциально. Этим достигают в емкости закручивание потока, которое действует так, что взвеси в форме конуса осаждается в центре дна емкости.

Сусло может отбираться сбоку. Принцип работы вирпула мы хотим пояснить с помощью опыта.

3.8.3.1. Принцип действия вирпула

Эксперимент

Берем большой стеклянный сосуд или большую емкость минимум 40 см в диаметре, с плоским дном и наполняем ее наполовину водой. Затем берем столовую ложку песка и ложку более легкого зернистого материала, который должен быть однако тяжелее воды (например, кусочков измельченного мела) и добавляем их в этот сосуд. Частицы падают на дно и находятся в тех местах, куда упали.

Затем приводим жидкость во вращение погруженной в нее рукой, и по возможности как можно быстрее. Мы видим, что частицы песка и мела прижимаются возникшим центробежным ускорением наружу и собираются у наружной стенки, тогда как поверхность воды приобретает вогнутую форму параболоида вращения (рис. 3.87).

В этом нет, собственно говоря, ничего нового. Теперь удаляем руку из сосуда и наблюдаем за происходящим в нем: видим, что частицы песка и мела очень быстро движутся по спирали на середину и там собираются в виде кучки, которая сначала еще вращается. При этом наблюдаем сверху образование завихрений, причем частички кучки, находящиеся снаружи, постоянно изменяют свое положение. У внешних стенок наблюдаем, что скорость сильно тормозится. Это торможение из-за трения о стенки и дно так велико, что вращение в нашем сосуде практически заканчивается за несколько минут. Благодаря этому внутри сосуда возникает сильный ***первичный вихревой поток***, который способствует тому, что частицы песка и мела быстро собираются к середине сосуда (рис. 3.88). Причина состоит в том, что в этом так называемом придонном граничном слое нарушается равновесие между силами давления и центробежными силами. В этом слое уменьшается скорость жидкости особенно сильно из-за трения о дно. Этот замечательный эффект обозначил уже Альберт Эйнштейн как «эффект чашки чая», так как этот эффект можно хорошо наблюдать на примере частичек чая в чашке.

Наряду с этим главным потоком в вирпуле возникают во время уменьшения скорости вращения создающие помехи ***вторичные вихревые потоки***, которые могут сильно препятствовать основному вихревому эффекту, а значит и отделению взвесей (рис. 3.89–3.91). При этом особенно отрицательно действуют ***вихревые потоки в форме тора*** (Т), расположенные у дна, которые возбуждают и другие временно возникающие вихревые потоки и препятствует быстрому осаждению.

Основной предпосылкой для успешной работы вирпула является прежде всего нали-

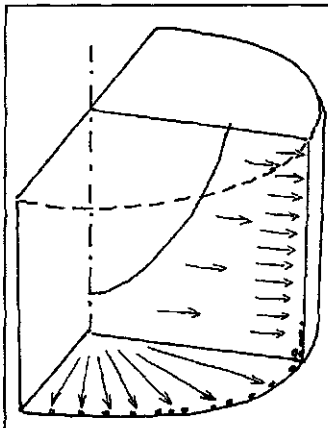


Рис. 3.87. (1)

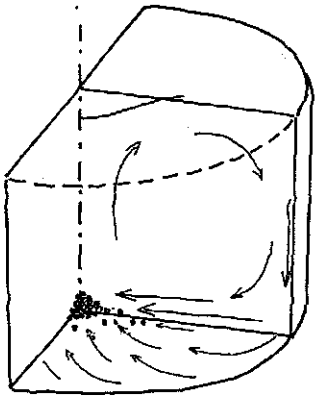


Рис. 3.88. (2)

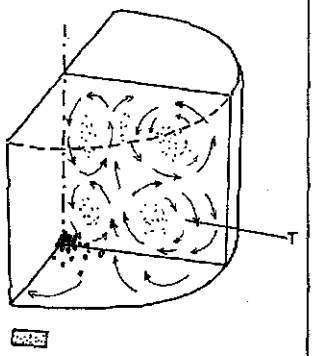


Рис. 3.89. (3)

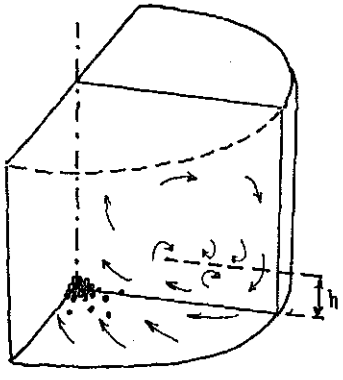


Рис. 3.90. (4)

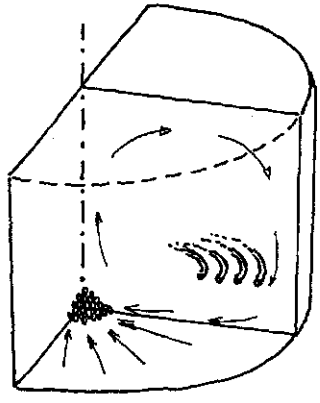


Рис. 3.91. (5)

Рис. 3.87–3.91. Потоки и силы в вирпуле:

1 — центробежная сила действует наружу; 2 — силы трения о стенки и дно перемещают частицы внутрь; 3 — образование завихрений препятствует нормальному оседанию частиц взвесей в центре; 4 — разрез образования завихрений; 5 — кольца Денка (Denk) облегчают хорошее осаждение

чие сусла, пригодного для осветления в вирпуле [171]. Для контроля пригодности сусла предлагается метод, в котором в остроугольную (изолированную) воронку наливают 380 мл сусла и с помощью источника света следят за осаждением взвесей горячего сусла (рис. 3.92): пригодное для вирпула сусло характеризуется полным осаждением взвесей, сусло над осадком прозрачное. Проблемное сусло не дает удовлетворительного результата даже через 10 мин и более.

Возможные причины плохого отделения взвесей горячего сусла в вирпуле [171]:

- при фильтровании затора были допущены ошибки;
- слишком сильное воздействие касательных напряжений на сусло в трубопроводах и поворотах;
- неправильный расчет центробежных насосов;
- слишком высокая скорость сусла на входе в вирпул;

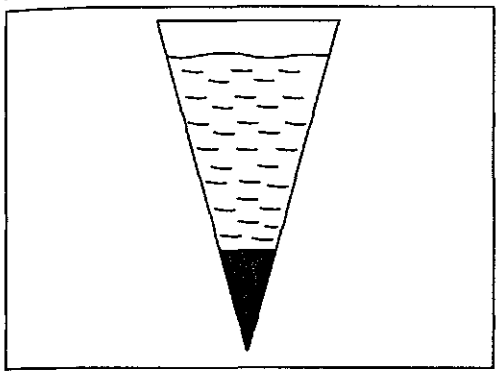


Рис. 3.92. Воронка Имхоффа (Imhoff) для контроля осаждения взвесей

- слишком сильные вторичные вихревые потоки в вирпуле;
- слишком высокая скорость выпуска сусла;
- неблагоприятное соотношение высоты сусла и диаметра вирпула.

Особенно важно, чтобы:

- скорость входного потока не превышала 3,5 м/с;
- при перекачке сусла в вирпул обеспечить максимально возможный объемный расход;
- при этом не были разбиты крупные хлопья взвесей горячего сусла;
- в вирпуле не было никаких встроенных элементов и деталей, препятствующих вращению сусла.

Особенно удачным решением считается отделение взвесей горячего сусла в той же самой емкости, в которой производилось кипячение (***котле-вирпуле***), так как тогда только часть сусла должна перекачиваться с помощью насоса, чтобы приводить во вращательное движение весь объем сусла и поэтому только часть хлопьевидных взвесей гомогенизируется. Кроме того, экономится время, требуемое на перекачку сусла в вирпул и полностью исключается поглощение кислорода (*для оптимизации работы насосов могут применяться частотные преобразователи VHT (см. прил. 1 на правах рекламы, с. 869)*).

В некоторых вирпулах возникают большие нежелательные вторичные вихревые потоки.

В исследованиях Денка (Denk) [20] пытались помешать влиянию вихревых потоков, не

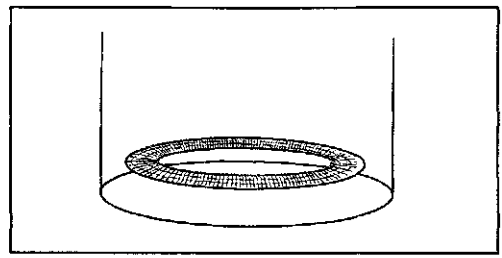


Рис. 3.92а. Решетка в вирпуле (по Денку)

нарушая эффекта вирпула. Это оказалось возможным путем применения устройства в виде решетки или кольца, установленного на определенной высоте над дном вирпула (рис. 3.90).

Путем применения устройства в виде решетки или кольца «разрезается» торообразный вихревой поток и тем самым он лишается силы. Вместе с ним разрушается весь механизм образования вторичных вихревых потоков во всем вирпуле и тем самым образуется без помех донный поток, направленный к центру (рис. 3.91). Эти кольца или решетки размещаются в вирпуле концентрически (рис. 3.92а).

3.8.3.2. Конструкция вирпула

Вирпул (гидроциклонный аппарат, гидроциклонный чан) представляет собой закрытую цилиндрическую емкость с плоским днищем и уклоном в 1% к выпуску (рис. 3.93).

Соотношение «диаметр вирпула : высота сусла» может составлять от 1 : 1 до 5 : 1, но в настоящее время предпочитают соотношение 3 : 1. Вирпул изолирован снаружи от охлаждения (в первую очередь, из-за соображений техники безопасности. — *Прим. ред.*) Дно вирпула с так называемой чашкой для сбора взвесей — углублением в центре чана, не дает преимуществ, кроме того чашка для сбора взвесей снижает эффект вирпула, поскольку она создает существенное нарушение образования пограничного донного слоя. К тому же эта чашка мешает требуемому стеканию сусла с образованием сухого конуса взвесей.

Впуск сусла осуществляют тангенциально, причем часто он производится через два отверстия:

- одно впускное отверстие располагается вблизи днища, чтобы снизить поглощение кислорода;

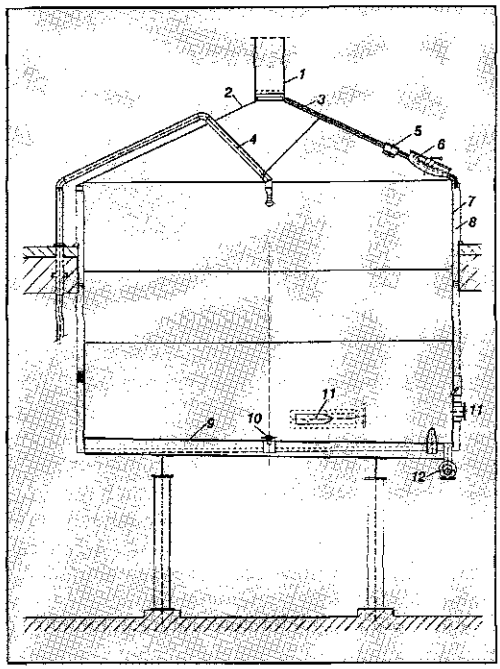


Рис. 3.93. Вирпул:

1 — вытяжная труба; 2 — крышка; 3 — отвод конденсата испарений; 4 — система мойки CIP; 5 — освещение; 6 — люк обслуживания со смотровым окном; 7 — боковая стенка; 8 — изоляция; 9 — днище вирпула с уклоном в 1%; 10 — донная моющая форсунка; 11 — тангенциальный впуск; 12 — выпуск

- второе впускное отверстие располагается в нижней трети обечайки, чтобы вызвать круговое вращение сусла; выпускное отверстие всегда устраивают сбоку в самой низкой точке вирпула.

Особым видом оборудования для осветления сусла является ***котел-вирпул***. В этом случае сусло остается в котле, который по окончании процесса кипячения сусла начинает выполнять функцию вирпула. Естественно для отделения взвесей пригодны только котлы с плоским днищем и без встроенных деталей. В этом случае используют выносной кипятильник для сусла. В качестве котлов-вирпулов могут использоваться также существующие котлы с вогнутым вниз днищем, когда условия образования вихревого потока в этих котлах обеспечивают хорошее отделение взвесей горячего сусла.

Выгрузка взвесей из вирпула осуществляется с помощью:

- центральных вращающихся разбрызгивающих головок или
- неподвижно установленных форсунок.

3.8.3.3. Технология осветления сусла в вирпуле

Особо важным моментом является перекачка сусла в вирпул.

При этом следует прежде всего обратить внимание на то, чтобы насос для сусла работал не слишком быстро и без кавитации, тогда взвеси не будут разрушаться возникающими касательными напряжениями.

Входная скорость сусла не должна превышать 3,5 м/с; часто достаточно значительно меньшей скорости, чтобы закрутить сусло и получить эффект вирпула. Но при этом важно, чтобы объемный расход на входе был максимальным.

Длительность паузы в вирпуле составляет 20—30 мин; при использовании решеток или колец эта длительность сокращается на 30—60% при неизменной прозрачности сусла, но она должна составлять не менее 20 мин. Мутное сусло нельзя существенно улучшить в вирпуле.

Следует стремиться к тому, чтобы сделать *термическую нагрузку на сусло* после кипячения по возможности минимальной, и этого можно достигнуть, сократив паузу в вирпуле.

Сокращенная пауза дает:

- **меньшее повышение цветности;**
- **лучшую стойкость вкуса пива [115].**

Обычно начинают с отбора сусла в верхней части, в то время как внизу еще продолжается осаждение. Позднее сусло удаляют внизу сбоку, если к этому моменту осаждение взвесей закончилось.

Когда конус взвесей появляется из поверхности сусла, он часто начинает размываться. Причины этого состоят в том [20], что при понижении общего уровня сусла уровень находящегося в конусе взвесей сусла либо (рис. 3.94):

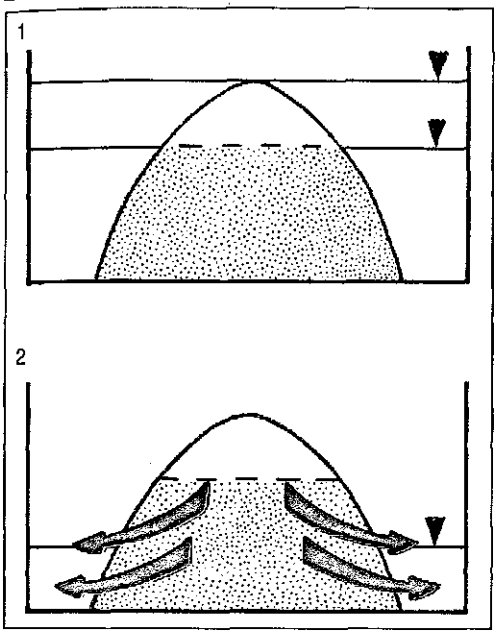


Рис. 3.94. Выход сусла из конуса взвесей горячего сусла (масштаб не соблюден)

- понижается с равной скоростью (*1*); в этом случае конус взвесей сохраняет свою форму, либо
- снижается медленнее (*2*); в этом случае появляющаяся из сусла часть конуса взвесей заполнена суслом как губка и выдавливает сусло из конуса, из-за чего конус взвесей в той или иной степени расплывается;
- как только из поверхности сусла появляется конус взвесей, исчезает подъемная сила; которая его стабилизирует.

Устранить этот недостаток можно путем снижения объемного расхода сусла в конце процесса опорожнения вирпула.

3.8.4. Сепараторы

3.8.4.1. Принцип центрифугирования

Мы видели, что взвеси несколько тяжелее сусла и поэтому они осаждаются естественным путем, если этому процессу дать достаточно времени. *Длительное время осаждения, с которым связана потребность в большом числе емкостей, например, отстойных чанов, и возрастающая опасность инфицирования при снижающейся температуре пробуждают желание искать другие решения.*

Так, естественным решением представляется идея заменить ускорение силы тяжести во много раз большим центробежным ускорением и тем самым существенно ускорить отделение взвесей труба. Центробежная сила, направленная по радиусу наружу, рассчитывается по формуле:

$$F_z = m \times a_z = \frac{m \cdot V^2}{r} = m \times \omega^2 \times r,$$

F	M	v	w	r	a_z
N	Кг	m/c	1/c	м	$м/с^2$

где

F_z — центробежная сила;
m — масса тела;
v — линейная скорость тела;
r — радиус кругового пути;
ω — угловая скорость тела;
a_z — центробежное ускорение.

$$a_z = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \times r.$$

Линейная скорость v рассчитывается по формуле:

$$v = 2\pi \cdot r \cdot n.$$

Здесь n = об/с, поэтому если мы хотим использовать об/мин, то

$$v = 2\pi \cdot r \cdot n/60.$$

Отсюда возникающая центробежная сила тем больше, чем быстрее вращается тело, чем больше его масса и чем дальше оно находится от оси вращения.

Но как велика в действительности сила, возникающая на центрифуге, попытаемся рассчитать на примере.

Центрифуга имеет диаметр барабана 0,60 м и число оборотов 6000 об/мин. Каково возникающее центробежное ускорение?

Найти:

1. Круговую скорость.
2. Центробежное ускорение.

1. $v = 2\pi \cdot r \cdot n$,

$v = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}30\ м \cdot 6000\ об/мин =$
$= 11\,304\ м/мин = 188{,}4\ м \cdot с^{-1}$,

2. $a_z = \frac{188{,}4\ м/с \cdot 188{,}4\ м/с}{0{,}30\ м} =$

$= 118\,315{,}2\ м \cdot с^{-2}$.

Центробежное ускорение составляет 118 315,2 м/с^2.

Если сравнить это значение с ускорением свободного падения тела (9,81 м · с$^{-2}$), то видно, что возникающие в центрифуге ускорение превышает первое более чем в 10 000 раз. Сила, развивающаяся в центрифуге, невообразимо велика.

Очень убедительно действие центробежной силы можно увидеть, если представить себе карусель в виде простого диска, когда хозяин приводит его в медленное, но постоянно ускоряющееся вращение: стоящие снаружи моментально спрыгивают, так как не могут удержаться, затем спрыгивают стоящие дальше от края, и только один, который остается точно посередине, задерживается, но и то до тех пор, пока он может располагаться точно по оси вращения.

Этот процесс разделения мы можем также хорошо проследить на следующем примере: на вертикальной оси вращения расположены под углом две, три или более трубки, заполненные водой (рис. 3.95).

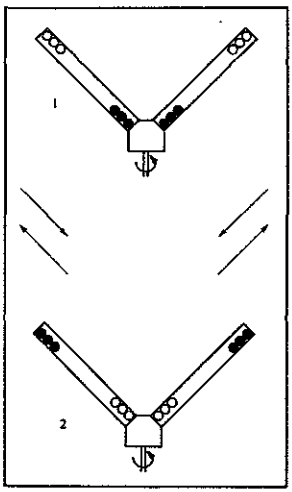


Рис. 3.95. Демонстрация центробежной силы:
1 — состояние покоя;
2 — вращение

В каждую трубку помещены несколько шаров различного веса, например, одни из пластмассы, а другие более легкие, например, шарики для настольного тенниса, и трубки затем закупориваются (*1*). Приведем эту маленькую центрифугу в медленное движение и увидим, как шарики начинают двигаться в противоположных направлениях (*2*), как только центробежная сила превосходит силу земного притяжения: более тяжелые пластмассовые шарики перемещаются к периферии, тогда как шарики для настольного тенниса еще остаются вблизи оси вращения.

По этому принципу, ясному из приведенных примеров повседневной жизни, функционируют и центрифуги.

При использовании центрифуг вместо очень медленной седиментации взвесей под действием силы тяжести действуют значительно большие центробежные силы, направленные наружу, с помощью которых отделение взвесей происходит в течение нескольких секунд.

3.8.4.2. Виды центробежных сепараторов (центрифуг)

Среди центробежных сепараторов различают:

- **камерно-барабанные сепараторы и тарельчато-барабанные сепараторы.**

Под ***камерно-барабанными центробежными сепараторами*** (в старой литературе используется название «центрифуга» — *Прим. ред.*) понимают устройства, в которых центробежные силы, используемые для разделения сред, действуют в пространстве (камерах) вращающихся барабанов. При этом сусло вынуждено протекать через ряд барабанов, вложенных друг в друга, причем более тяжелые взвеси задерживаются на стенках барабанов и затем удаляются.

Так как барабаны после каждой варки должны разбираться и мыться, для осветления сусла их теперь почти не применяют.

Под ***тарельчато-барабанными центробежными сепараторами*** понимают машины с одним барабаном, который оборудован коническими вставками (тарелками), служащими для сокращения времени осаждения; они оснащены устройствами для самостоя-

тельной выгрузки взвесей и отражают современный уровень развития техники.

Эти сепараторы выпускаются с числом оборотов барабана от 2500 до 10000 об/мин при его диаметре до 800 мм. Диаметр барабана и возможное число оборотов всегда взаимосвязаны и не могут произвольно увеличиваться, поскольку возрастающая центробежная сила предъявляет очень высокие требования к прочности стали на разрыв, что и ограничивает их возможности.

3.8.4.3. Устройство и способ действия саморазгружающихся сепараторов

Сепараторы (рис. 3.96) состоят из неподвижной основной плиты (*4*), которая связывает мощный приводной электродвигатель (*2*) и собственно сепаратор клино-ременной передачей (*3*).

Привод барабана осуществляется от вала (*5*), называемого также шпинделем. Главным элементом является тарельчатый барабан (*6*) с тарелками.

Вращающиеся части сепаратора (вал и тарельчатый барабан) динамически уравновешены и должны всегда быть собранными в строго предусмотренном порядке. Несмотря на это возникают, особенно при запуске барабана, неуравновешенности (из-за допусков изготовления, люфта подшипников, вибрации неуравновешенного поступающего сусла, влияния привода), которые нагружают вал барабана и ведут к колебаниям (биениям). Эти критические числа оборотов должны быстро проходиться при запуске и торможении. Явление также уменьшается благодаря применению упругого промежуточного подшипника (*9*) вала барабана.

Вращение сепаратора без биений является основной предпосылкой для его безупречной работы, так как неуравновешенность может создавать такие силы, которые приведут к поломке вала. Ущерб может быть непредсказуемо велик, так как вращающийся барабан обладает очень большой кинетической энергией.

3.8.4.3.1. Принцип работы тарельчатых барабанов

Тарельчатые барабаны содержат до 200 конических тарельчатых вставок. Эти вставки

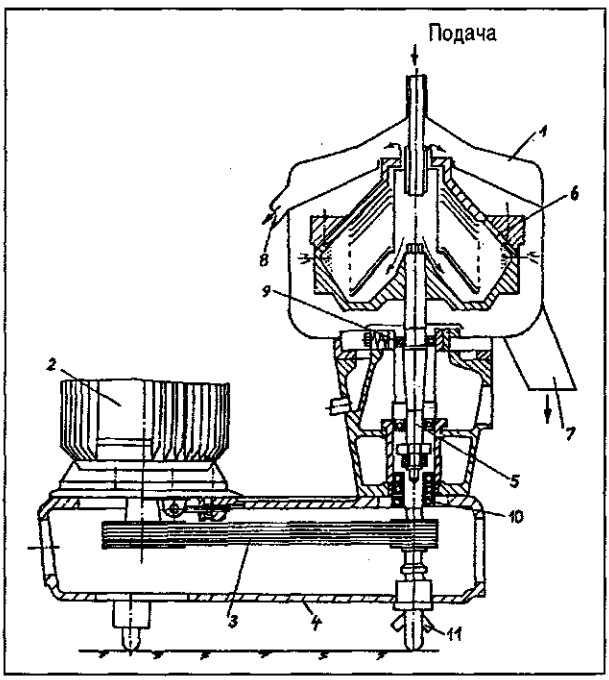


Рис. 3.96. Сепаратор (схематично):

1 — кожух барабана; 2 — приводной электродвигатель; 3 — клино-ременная передача; 4 — основная плита; 5— вал барабана сепаратора; 6 — тарельчатый барабан; 7 — выгрузка твердого материала; 8 — выпуск фугата (сусла); 9 — промежуточный подшипник; 10 — шпиндельный опорный подшипник; 11 — демпфер (гаситель) колебаний

имеют угол наклона от 50 до 60°. Этот угол наклона зависит от шероховатости поверхности тарелок и от коэффициентов скольжения и трения твердых частиц (рис. 3.97).

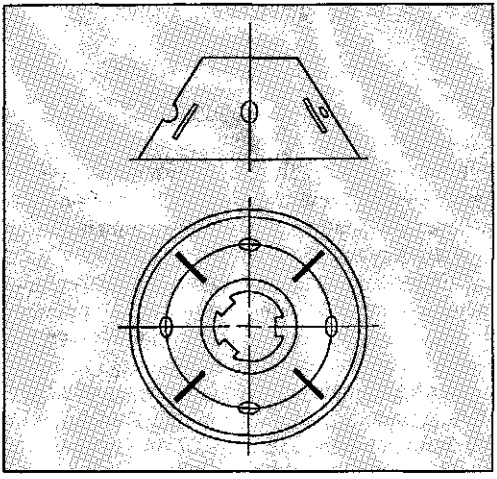


Рис. 3.97. Тарелка барабана

Толщина тарелки 0,4–0,6 мм, их расстояние друг от друга 0,3–0,4 мм, устанавливаемое с помощью приваренных дистанционных ребер. В середине тарелки имеются отверстия, которые, будучи соединенными вместе при сборке, образуют подъемные каналы, служащие для распределения сепарируемой среды.

Вращающийся барабанный пакет разделяет частички сусла следующим образом (рис. 3.98): неосветленное сусло подводится к подъемным каналам снизу и поднимается наверх. При этом более тяжелые частицы

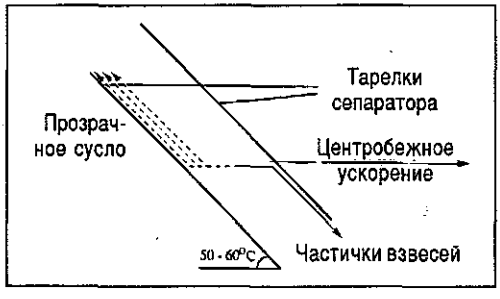


Рис. 3.98. Процесс разделения между тарелками барабана

взвесей прижимаются к стенкам тарелок и скользят по их нижней стороне наружу.

Напротив, более легкое сусло движется к верхней стороне тарелки внутрь и, осветленное там, может быть удалено. Из-за очень короткого пути осаждения (на рисунке представлен преувеличенно) этот процесс протекает очень быстро (рис. 3.99).

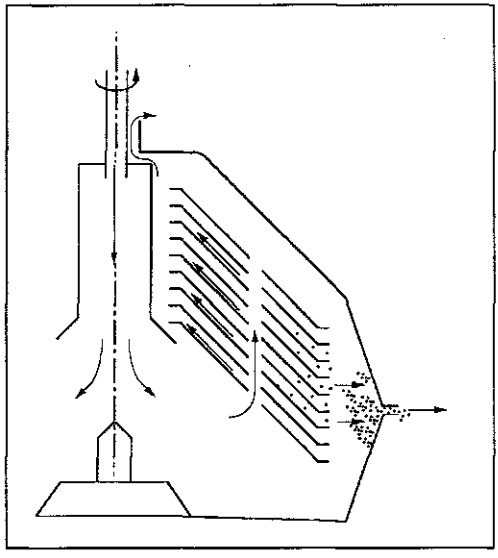


Рис. 3.99. Принцип работы сепаратора

Взвеси собираются на периферии вращающегося барабана и должны удаляться. Для такого удаления осадка имеется два способа.

3.8.4.3.2. Тарельчатые барабаны, обеспечивающие периодическую выгрузку осадка

Они выполнены в виде двойного конуса (рис. 3.100), который на периферии имеет ряд разгрузочных каналов, закрываемых кольцевыми поршнями.

Путем вертикального перемещения кольцевых поршней отверстия открываются и осадок взвесей выгружается.

Кольцевой поршень находится в закрытом состоянии благодаря гидростатическому давлению вращающейся жидкости, обычно воды (*а*). Открывание осуществляется водой под давлением, действующей на нижнюю сторону

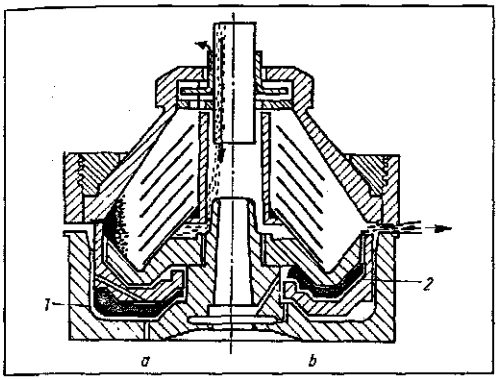


Рис. 3.100. Сепаратор с периодической выгрузкой твердой фазы:

a — разгрузочные каналы для выгрузки шлама закрыты; b — разгрузочные каналы открыты; 1 — вода под давлением для закрытия разгрузочных каналов; 2 — вода под давлением для открытия разгрузочных каналов

кольцевого поршня (*b*). Время открытия можно при этом так сокращать, чтобы происходило частичное освобождение от шлама и процесс отделения мог продолжаться без потерь жидкости.

По этому принципу работает осветлительный сепаратор SC 120 (рис. 3.101). При увеличении мутности можно управлять открыванием выпуска осадка фотоэлектрическим способом (*8*).

3.8.4.3.3. Тарельчатые барабаны, обеспечивающие непрерывную выгрузку осадка

Эти барабаны имеют на периферии двойного конуса разгрузочные отверстия, так называемые ***сопла***. Выгружаемое количество осадка можно изменять в зависимости от числа и диаметра сопел в пределах от 0,5 до 2,5 мм.

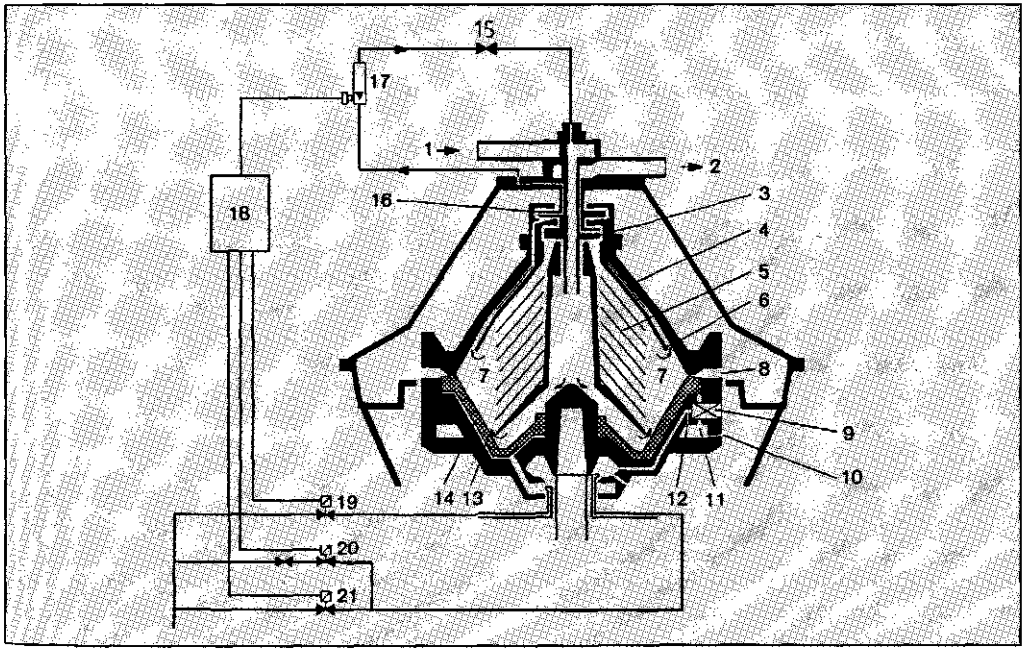


Рис. 3.101. Барабан сепаратора с собственным управлением посредством контрольной жидкости (SC 120–36–777):

1 — впуск; 2 — выпуск; 3 — напорный диск для захвата осветленной жидкости; 4 — осветлительная тарелка для контрольной жидкости; 5 — пакет тарелок; 6 — отделяющая тарелка для контрольной жидкости; 7 — шламовое пространство; 8 — выпуск шлама; 9 — кольцевой клапан; 10 — разгрузочное сопло; 11 — приемная камера; 12 — сопло; 13 — поршневой шибер; 14 — закрывающая камера; 15 — регулирующий клапан; 16 — захват контрольной жидкости; 17 — контрольный прибор для протекающей жидкости; 18 — управляющий прибор; 19 — клапан закрывающей воды; 20 — клапан управляющей воды для предварительного выбора объема выгружаемого шлама; 21 — клапан открывающей воды

Эти сопла изготавливаются из твердого металла или синтетических драгоценных камней, например агата, так как они работают под очень высокой нагрузкой. В новых сепараторах выпуск осадка возможен с использованием управляемых сопел.

3.8.4.4. Оценка метода осветления горячего сусла на центробежных сепараторах

С помощью сепаратора можно быстро и без проблем отделить горячее сусло от взвесей; и потери по жидкой фазе относительно приемлемы, составляют в среднем меньше 0,3%. Среди недостатков высокая стоимость инвестиций и эксплуатации, особенно это относится к высокому потреблению электроэнергии, составляющее для привода барабана 0,65–0,8 кВт·ч/м^3; кроме того, следует отметить конструкционную сложность машины.

В общем, в настоящее время вместо использования сепаратора отдают предпочтение вирпулу. Но сепаратор, как и прежде, занимает свое место при удалении взвесей холодного сусла и при осветлении пива перед фильтрованием (см. раздел 3.9.4.3).

3.8.5. Получение сусла из белкового отстоя

По окончании удаления взвесей они остаются в виде белкового отстоя — шлама, состоящего приблизительно из 75% сусла и 25% взвесей. Взвеси следует удалить и получить это сусло.

Для разделения взвесей и сусла применяют фильтр-прессы или центрифуги; таким путем можно извлечь большую часть сусла. Однако существует вероятность контаминации сусла в процессе осветления и обратного получения, и поэтому оно должно быть стерилизовано. Этого можно добиться путем перекачки сусла в следующую варку, если хотят избежать трудоемкой и требующей специальной техники, а значит и дорогой стерилизации.

Сегодня все больше пивоваренных заводов переходят к тому, чтобы сусло, содержащее взвеси (белковый отстой), без предварительной обработки добавлять непосредственно в следующую варку. Если возможно, то следует перекачивать его в фильтрационный чан к моменту начала промывки дробины, чтобы получить полное, но не излишнее его выщелачивание. Чтобы не сосчитать это количество сусла дважды, следует при расчете выхода варочного цеха вычесть 75% количества возвращенного белкового отстоя сусла от последующего количества готового сусла.

Получение сусла из белкового отстоя необходимо по ряду причин:

- **если сбросить его в сточные воды, то оно будет загрязнять окружающую среду и увеличит затраты на отведение стоков;**
- **если белковый отстой вернуть в следующую варку, то осадок взвесей смешается с солодовой дробиной;**
- **для нас имеет большое значение каждый литр полученного сусла! Если мы при каждой варке дополнительно получим только 1 гл сусла, то при 1500 варках в год это будет уже 1500 гл!**

3.9. Охлаждение и подготовка сусла к брожению

Так как дрожжи способны сбраживать сусло только при низких температурах, следует как можно быстрее охладить сусло до 5–6 °С, или, что часто практикуется, до 7–10 °С. Это происходит в отделении охлаждения сусла. Во время этого процесса первоначально прозрачное сусло мутнеет из-за ***образования взвесей холодного сусла***. Быстрое проведение брожения и созревания требует оптимального удаления этих взвесей при охлаждении. Кроме того, для быстрого проведения брожения к дрожжам должно подводиться оптимальное количество воздуха. Одновременно мы должны учитывать изменения концентрации при охлаждении из-за испарения или добавления воды.

3.9.1. Процессы при охлаждении

При охлаждении сусла происходит ряд процессов, решающим образом влияющих на скорость последующего брожения и созревания. К ним относятся:

- охлаждение сусла;

- образование и оптимальное удаление взвесей холодного сусла;
- интенсивная аэрация сусла.

Кроме того, изменяется экстрактивность и объем сусла. Также продолжают происходить процессы биохимических превращений веществ в сусле, которые можно аналитически оценить по увеличению цветности и изменению других физико-химических показателей качества сусла.

3.9.1.1. Охлаждение сусла

Сусло с помощью пластинчатого холодильника быстро доводится до температуры начала брожения 5–7 °С. Это важно, так как при более продолжительном пребывании при промежуточных температурах возрастает опасность размножения вредных для пива микроорганизмов.

При перекачке горячего сусла опасности инфицирования еще нет. Но если микроорганизмы-вредители пивоваренного производства попадают в него на последующих стадиях и размножаются, они могут путем образования продуктов обмена веществ уже перед фильтрованием пива повлиять негативно на его качество или сделать пиво непригодным для продажи.

3.9.1.2. Оптимальное удаление образующихся взвесей холодного сусла

При температуре ниже 60 °С прежде прозрачное сусло начинает мутнеть. Это помутнение обусловлено образованием мельчайших частиц диаметром около 0,5 мкм, называемых взвесями холодного сусла.

В связи с очень малыми размерами частиц взвеси холодного сусла осаждаются с большим трудом. Они обладают свойством осаждаться на других частицах, например, на клетках дрожжей или на пузырьках воздуха. Если им удастся осесть на дрожжевых клетках, из-за этого уменьшается контактная поверхность клетки с суслом и снижается скорость брожения. В этом случае говорят о затухании брожения, связанном с наличием в сусле клейких веществ.

Это приобретает значение с ростом числа генераций семенных дрожжей; если постоянно применяют новые дрожжи, то удаление взвесей холодного сусла уже не столь обязательно.

Взвеси холодного сусла состоят из комплексных соединений белковых и дубильных веществ, которые в более холодной среде выделяются сильнее, а при нагревании частично снова растворяются. Это означает, что сусло при охлаждении до 5 °С еще содержит 14% взвесей холодного сусла в растворенной форме.

Удаление осажденных взвесей холодного сусла является проблемой, которую пытаются решить различными путями. При этом нежелательно полностью удалять взвеси холодного сусла, так как это вызывает появление в пиве пустого вкуса.

Остаточное содержание взвесей холодного сусла в сусле на уровне 120–160 мг/л сухого вещества является значением, к которому следует стремиться [199]. При снижении содержания взвесей холодного сусла приблизительно до этой величины следует ожидать:

- округленного вкуса пива, особенно горечи;
- улучшения показателей качества пены пива (благодаря отделению жирных кислот);
- улучшения стойкости вкуса пива;
- более интенсивного брожения.

Для удаления взвесей холодного сусла можно использовать на выбор следующие способы (см. раздел 3.9.4):

- фильтрование (через перлит);
- флотацию;
- седиментацию;
- сепарирование.

Новейшие исследования [199] показывают, что для осветления холодного сусла (в особенности путем применения современных сепараторов) можно существенно увеличить производительность установки при сохранении высокой степени отделения взвесей холодного сусла (см. раздел 3.9.4.3).

Невозможно одним и тем же аппаратом одновременно удалить взвеси и горячего, и холодного сусла, так как аппараты, удовлетворительно удаляющие взвеси холодного сусла, не могут одновременно удалять взвеси горячего сусла. Поэтому нужны отдельные аппараты для удаления взвесей горячего сусла и для

удаления взвесей холодного сусла, однако многие пивоваренные заводы часто отказываются от целенаправленного удаления взвесей холодного сусла.

3.9.1.3. Аэрация сусла

Аэрация сусла при более высоких температурах приводит к его сильному окислению. Из-за окисления в сусле повышается цветность и появляется нехарактерная горечь. Однако наличие кислорода безусловно необходимо для размножения дрожжей. При анаэробных условиях (то есть в отсутствие воздуха) размножение дрожжей тормозится и брожение протекает вяло. Этот недостаток устраняется путем оптимальной аэрации холодного сусла (см. раздел 3.9.3).

3.9.1.4. Изменения экстрактивности сусла

При применении открытого холодильника часть воды испаряется; количество испарившейся воды при длительном стоянии на холодильной тарелке может быть существенным, из-за этого возрастает экстрактивность сусла. При применении закрытых холодильных линий, влага, естественно, не может испаряться, но при промывке холодильника водой для снижения потерь экстракта несколько снижается его общая экстрактивность. Чтобы выйти на предписанное содержание массовой доли сухих веществ экстракта в начальном сусле (рис. 3.102), еще на стадии горячего охмеленного сусла следует учитывать возможные изменения в концентрации сусла при охлаждении.

3.9.2. Аппараты для охлаждения сусла

Быстрое охлаждение сусла выполняют сегодня исключительно с помощью пластинчатых теплообменников (пластинчатых холодильников). В них сусло охлаждается более холодной водой; передача тепла осуществляется при этом через тонкие пластины из нержавеющей стали.

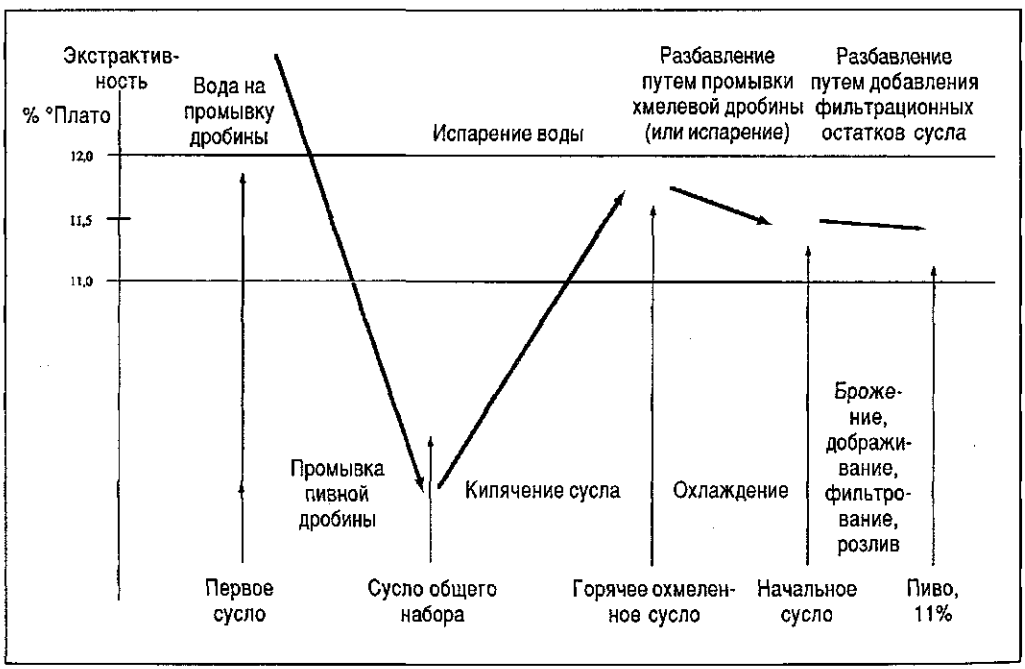


Рис. 3.102. Изменения экстрактивности при производстве сусла и пива

3.9.2.1. Устройство пластинчатого теплообменника

Пластинчатый теплообменник состоит из большого числа тонких металлических пластин, расположенных параллельно, при этом узкие пространства между пластинами служат для чередующихся потоков сусла и охлаждающей воды. Две пластины всегда составляют вместе основной элемент (рис. 3.103).

Для получения хорошей теплопередачи применяют:

- **очень тонкие металлические пластины;**
- **профилирование пластин для возбуждения турбулентности;**
- **минимальные расстояния между пластинами;**
- **подачу сусла и холодной воды в противотоке;**
- **частые изменения направления потока** (рис. 3.104).

Пластины устанавливаются в единой станине на несущих штангах и сжимаются. Подача и отвод сред происходят через соединительные пластины. Совокупность пластин, через которые жидкость протекает в одном направлении, называется блоком (рис. 3.104а).

Изменение направления потока от предыдущего к последующему блоку осуществляется через поворотную пластину.

Чтобы получить необходимую поверхность охлаждения, несколько блоков соединяют в ряд.

Для надежного исключения перемешивания сред приливы, образующие угловые каналы, и протоки среды на обратной стороне пластин разделены двойными уплотнениями. Промежуточное пространство между пластинами связано с внешней средой дренажными каналами.

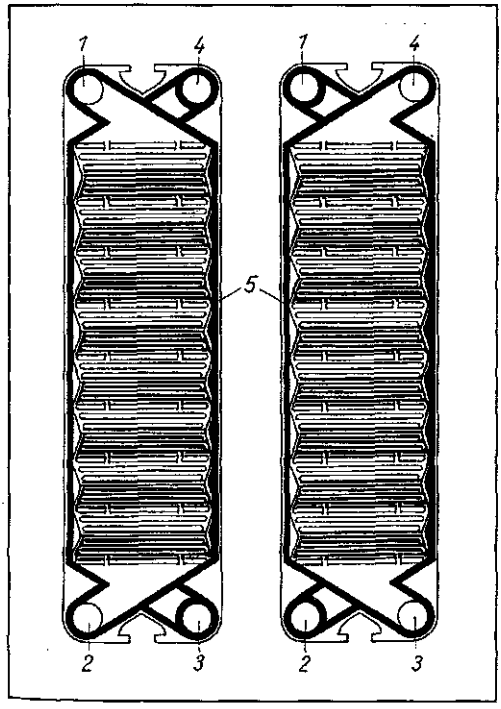


Рис. 3.103. Пластины (основной элемент) пластинчатого холодильника:

1 — впуск сусла; 2 — выпуск сусла; 3 — впуск холодной воды; 4 — выпуск холодной воды; 5 — резиновое уплотнение

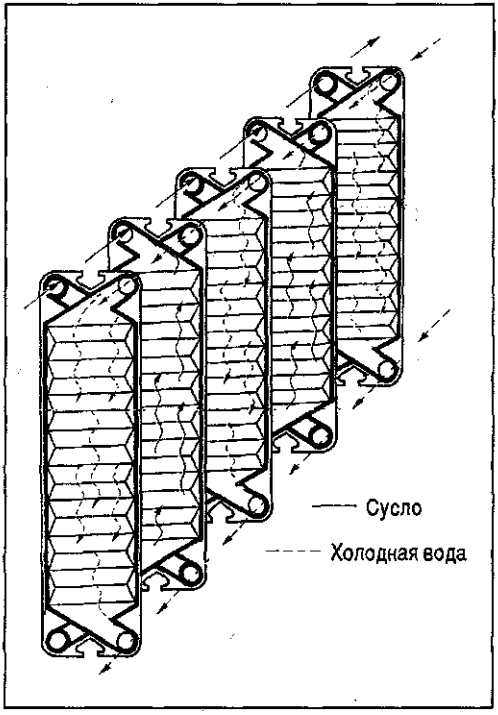


Рис. 3.104. Теплопередача в пластинчатом холодильнике

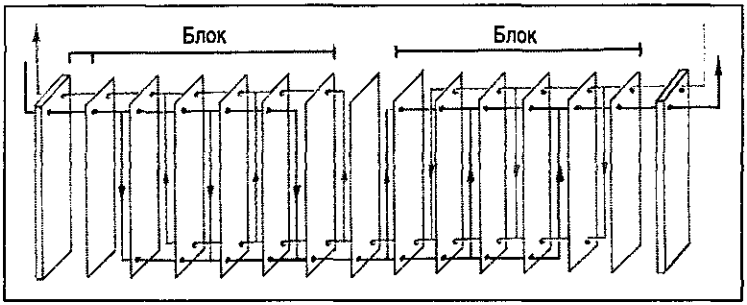
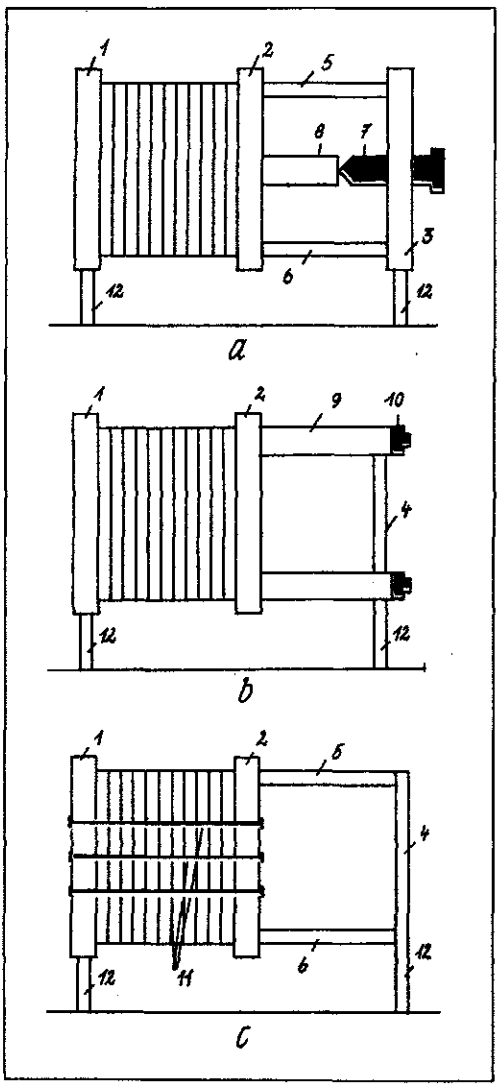


Рис. 3.104а. Принцип работы пластинчатого холодильника



Пластинчатый холодильник состоит из:

- **станины с зажимным устройством;**
- **соединительных пластин;**
- **пластин для теплообмена.**

Особенно важно, чтобы пластины были плотно прижаты друг к другу так, чтобы холодильник был абсолютно герметичен. Сжатие осуществляется с помощью зажимного устройства. Различают:

- центральный зажим;
- зажим через штанги;
- стяжку болтами.

При **центральном зажиме** пластины прижимаются с помощью плиты и центрального винта. Чтобы уменьшить ход винта при зажиме, между ним и плитой устанавливается дистанционная прокладка (рис. 3.105, *a*).

Для разборки пластинчатого холодильника дистанционная прокладка удаляется и образуется достаточно свободного места для перемещения пластин. При ***зажиме через штанги*** пластины сжимаются через шлицованные натяжные гильзы с помощью зажимных гаек (рис. 3.105, *b*).

При более высоких эксплуатационных давлениях предпочтительно использовать

Рис. 3.105. Зажимные устройства для пластинчатого холодильника:

a — центральный зажим; b — зажим через штанги; c — стяжка болтами; 1 — стойка; 2 — плита; 3 — стойка винта; 4 — опора штанг; 5 — несущая штанга; 6 — направляющая штанга; 7 — центральный винт; 8 — прокладка; 9 — зажимная гильза; 10— зажимная гайка; 11— стягивающие болты; 12— тарельчатые опоры

стяжку болтами. При этом пакет пластин стягивается несколькими парами болтов и гайками, которые, естественно, должны затягиваться равномерно (рис. 3.105, *c*).

Во всех случаях следует ограничивать степень зажима, так как очень сильное сжатие пакета может повредить пластинчатый холодильник.

Следует учитывать также расширение материала при нагревании, например, при безразборной мойке оборудования.

3.9.2.2. Принцип работы пластинчатого холодильника

В пластинчатом теплообменнике горячее сусло с температурой 98–95 °С охлаждается холодной водой до температуры начала брожения 6–8 °С; при этом холодная вода нагревается до требуемой температуры, которую мы можем регулировать с помощью объемного расхода воды.

При этом происходит теплообмен между горячим суслом и холодной водой. Процесс теплопередачи зависит от многих факторов (рис. 3.105а).

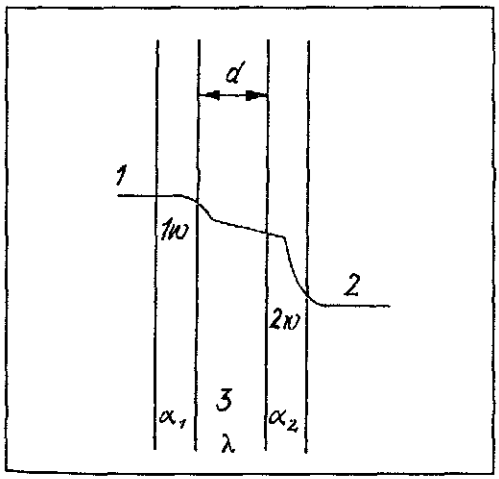


Рис. 3.105а. Теплообмен через пластину:

1 — температура жидкости с более высокой температурой; 2 — температура охлаждающей жидкости; 3 — пластина; 1w, 2w — температура в пограничном слое; d — толщина пластины; α_1 и α_2 — коэффициент теплопередачи; λ — коэффициент теплопроводности

Энергия горячей жидкости (*1*) передается холодной жидкости (*2*) через пластину (*3*). Для теплопередачи имеет значение:

- толщина стенки (*3*);
- материал стенки;
- коэффициент теплопроводности (λ).

Известно, что сталь проводит тепло лучше, чем нержавеющая сталь.

На границе между жидкостями 1 + 2 и стенкой образуется пограничный слой (1w и 2w), в котором температура возрастает или понижается, приближаясь к температуре другой жидкости. Толщина этого слоя больше для неподвижных, чем для быстро движущихся жидкостей.

Для теплопередачи через стенку имеют значение также:

- коэффициент теплоотдачи от жидкости (*1*) к стенке (α_1),
- теплопроводность стенки и
- коэффициент теплоотдачи (α_2) от стенки к жидкости (*2*).

Коэффициент теплопередачи k выражается следующим образом:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{n_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$$

Из формулы можно видеть, что определяющей величиной для коэффициента теплопередачи является наименьшая величина в знаменателе (α_1, α_2 или λ). Поэтому для улучшения коэффициента теплопередачи необходимо, чтобы

- **жидкости-теплоносители двигались по отношению друг к другу в противотоке;**
- **скорость движения жидкостей была высокой;**
- **поверхности материала стенок оставались чистыми;**
- **применялись пластины с хорошей теплопроводностью.**

Применение нержавеющей стали, имеющей относительно плохую теплопроводность, обусловлено:

- требованиями к механической прочности пластин с учетом возникающих перепадов давлений и требованиями к коррозионной устойчивости,

требованиями в отношении хорошей пригодности к безразборной мойке.

Вместе с тем следует иметь в виду, что теплопередача оказывает на процесс охлаждения сусла существенно большее влияние, чем обусловленная материалом теплопроводность. Высокие скорости течения и большая турбулентность уменьшают требуемые размеры поверхности теплообмена, но они также требуют:

- существенного увеличения мощности насоса, а значит;
- повышенных эксплуатационных расходов.

При осуществлении процесса теплопередачи возникают две проблемы:

1. Нельзя получить температуру начального сусла ниже 10–15 °С путем охлаждения обычной холодной водой; для этого требуется ледяная вода, которую должны предварительно охладить до температуры, которая не менее чем на 3 градуса ниже температуры начального сусла.
2. При охлаждении сусла холодная вода нагревается. Если вода нагрелась только до температуры 30–60 °С, то ей трудно найти применение на пивоваренном производстве. Требуется по возможности максимально высокая температура воды на выходе из холодильника, чтобы иметь возможность дальнейшего использования ее высокого температурного потенциала в виде производственной горячей воды или в системах энергоснабжения.

Охлаждение сусла может осуществляться в одну или две стадии. Охлаждение в две стадии было до сих пор обычным способом, используемым на пивоваренном производстве (рис. 3.106).

В более крупной секции предварительного охлаждения сусло отдает свое тепло холодной производственной воде. В то время как сусло охлаждается до температуры на 3–4 градуса выше температуры воды, охлаждающая вода нагревается до 80–88 °С. В меньшей по площади секции глубокого охлаждения сусло охлаждается ледяной водой с температурой 1–2 °С до требуемой температуры начала брожения. Ледяная вода при этом несколько нагревается, но ее температура остается ниже, чем температура производственной воды, так что ее можно направить обратно в холодильник для получения ледяной воды.

Современная тенденция развития техники заключается во все большем распространении способа охлаждения сусла в одну стадию (рис. 3.107).

Здесь предварительно охлажденная до 1–2 °С ледяная вода нагревается в пластинчатом холодильнике до 80–88 °С, тогда как горячее сусло охлаждается с 95–98 °С до температуры начала брожения. Использованная здесь ледяная вода должна заменяться свежей водопроводной водой.

Потребление холода при охлаждении в две стадии меньше, чем в одну (см. раздел 10.3.4.3), но для него требуется больший расход воды; тем не менее многие пивоваренные предприятия предпочитают проводить охлаждение сусла в одну стадию, так как аппараты

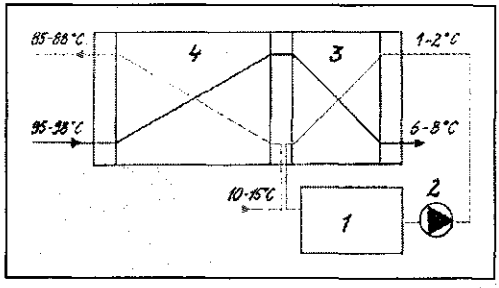


Рис. 3.106. Пластинчатый холодильник с охлаждением в две стадии:

1 — накопительный резервуар с ледяной водой; 2 — насос для ледяной воды; 3 — секция глубокого охлаждения; 4 — секция предварительного охлаждения

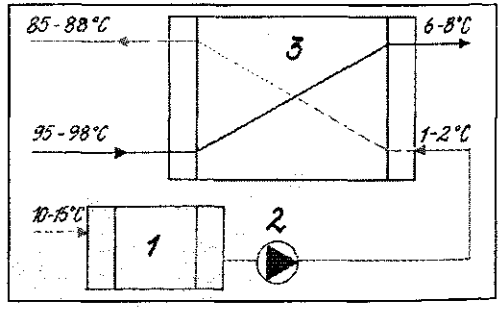


Рис. 3.107. Пластинчатый холодильник с охлаждением в одну стадию:

1 — холодильник для получения ледяной воды; 2 — насос для ледяной воды; 3 — пакет пластин

для этого имеют более простую конструкцию, дешевле и характеризуются более низкими эксплуатационными расходами; в то же время при охлаждении сусла в одну стадию можно добиться такого же потребления энергии, как и при охлаждении в две стадии.

Допустимое рабочее давление для пластинчатого холодильника составляет обычно $P_{изб.} = 10$ бар. Разность давлений между сторонами пластин для воды и для сусла обычно составляет около 2 бар, максимально 4 бар. Эту разность давлений нельзя произвольно превышать, так как это может привести к деформациям пластин и разгерметизации уплотнений. Пластины теплообменника должны быть рассчитаны на максимально возможную разность давлений ($\Delta p \hat{=} 20$ бар).

3.9.2.3. Преимущества пластинчатого холодильника

Для этого холодильника нет альтернатив, другие возможности охлаждения не используются по различным соображениям. Но все же следует назвать следующие преимущества:

- пластинчатый холодильник требует очень небольшой площади для размещения;
- он обладает очень хорошей теплопередачей при небольших потерях давления;
- он легко очищается и совместим с системами безразборной мойки (CIP);
- сусло задерживается в холодильнике на очень короткое время;
- нет опасности контаминации, так как он регулярно моется при высокой температуре.

Пластинчатый холодильник может быть приспособлен к изменившимся условиям эксплуатации.

3.9.3. Аэрация сусла

Известно, что дрожжи для размножения нуждаются в кислороде. Отсутствие аэрации или запоздалая аэрация немедленно повлияет в негативную сторону на скорость брожения и размножения дрожжей.

Аэрация холодного сусла для снабжения дрожжей кислородом является единственным случаем во время всего производства пива, когда целенаправленно осуществляется подача кислорода. Этот кислород потребляется дрожжами за несколько часов и не вредит качеству сусла.

Чтобы растворить воздух в холодном сусле, его следует тонко распылить и в турбулентном потоке перемешать с холодным суслом. При этом стремятся к достижению содержания кислорода 8–9 O_2/л. Чтобы этого достичь, нужно израсходовать большое количество воздуха. Теоретически для растворения такого количества кислорода требуется лишь 3 л воздуха на гл сусла, но практически требуется в несколько раз больший его расход, так как

- **часть пузырьков воздуха не растворяется в сусле и**
- **воздух невозможно распределить совершенно равномерно.**

Проблема состоит в необходимости тонкого распыления воздуха, который должен очень хорошо распределиться и раствориться в сусле. Пузырьки воздуха, поднимающиеся на поверхности сусла, образуют пену. Объем этой пены может сильно увеличиться и воспрепятствовать процессу аэрации.

Нагнетаемый воздух должен быть стерильным. Для стерилизации воздух предварительно пропускают через **фильтр для стерилизации воздуха** (см. раздел 10.5.3.7). Если воздух не фильтровать, то это будет надежный путь для внесения в дрожжи инфекции.

Растворение газов зависит от температуры и давления. Каждый газ имеет свой удельный «технический коэффициент растворимости» (λ), зависящий от температуры. Он приведен в следующей таблице в мл газа (1 кг воды × 1 бар) и составляет для газов:

	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C
Кислород	47,4	41,5	36,8	33,0	30,0
Воздух	28,0	25,0	22,0	20,0	18,0
Азот	22,5	20,0	18,1	16,5	15,2
CO_2	1658,0	1378,0	1159,0	987,0	851,0

Чтобы обеспечить то или иное требуемое содержание кислорода в сусле, важно поддерживать по возможности постоянным давление во время растворения газа (при заполнении цилиндроконического танка гидростатическое давление постоянно изменяется!).

3.9.3.1. Устройства для аэрации сусла

Из устройств для аэрации сусла находят применение:

- свечи из керамики или спеченного металлического порошка;
- аэрационные устройства с трубками Вентури (смесительные форсунки);
- аэрационные устройства с двухкомпонентными форсунками;
- аэрационные устройства со статическим смесителем;
- центробежный смеситель.

Свечи из керамики или спеченного металлического порошка

Воздух проходит через мелкие поры свечей и попадает в обтекающее их сусло; при этом воздух очень тонко распыляется и поэтому растворяется. Это очень простой и эффективный способ, но свечи необходимо мыть, что из-за их высокой пористости очень трудно сделать, в противном случае они могут быть источником контаминации.

Устройства с трубкой Вентури (рис. 3.108)

В трубке Вентури происходит сильное возрастание скорости потока в области сужения трубки. При этом воздух добавляется через форсунку и затем в турбулентном потоке в области расширения трубки воздух интенсивно перемешивается с суслом. При этом не возникает существенных потерь давления.

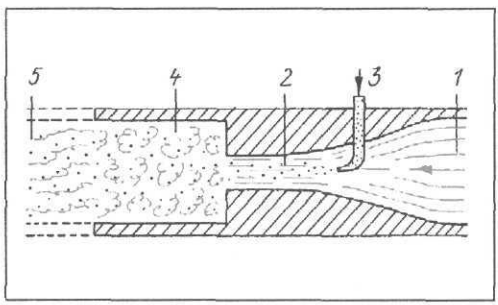


Рис. 3.108. Трубка Вентури (принцип действия):

1 — ламинарный поток; 2 — сужение в области форсунки с повышением скорости; 3 — форсунка, распыляющая стерильный воздух; 4 — турбулентное течение; 5 — смотровое стекло

Устройства с двухкомпонентной форсункой

Двухкомпонентная форсунка имеет устройство, аналогичное трубке Вентури (рис. 3.109).

При этом воздух подводится через очень тонкие форсунки в стенке, чем достигается образование мельчайших пузырьков с очень узким разбросом по своим размерам.

После примешивания воздуха смесь направляется через узкую форсунку. Благодаря расширению камеры после форсунки смесь сусла, дрожжей и воздуха тщательно перемешивается. Аналогичным способом, примешивая CO_2 к пиву, можно произвести его карбонизацию (см. гл. 4.7).

Устройства со статическим смесителем

В статическом смесителе (рис. 3.110 и 3.110а) тщательное перемешивание сусла и воздуха достигается с помощью встроенных смесительных элементов, резко изменяющих траекторию движения сусла.

Большое число углов вынуждает сусло постоянно изменять направление своего течения, создает турбулентный поток и, следовательно, хорошее распределение воздуха в сусле.

Центробежный смеситель

У этого смесителя воздух подается в сусло через диспергирующий ротор, при этом он распыляется на тончайшие частицы. Таким путем достигается очень хорошее и интенсивное растворение воздуха.

3.9.3.2. Момент проведения аэрации дрожжей

Дрожжи должны интенсивно аэрироваться лишь при их внесении! Если их интенсивно аэрировать уже сразу после съема, то они активируются. Но если дрожжи не найдут сбраживаемых веществ, то они начнут разрушать собственные резервные углеводы. Это ослабит их, и к началу брожения у них будет отсутствовать необходимый запас резервных питательных веществ. Это затем проявится в повышенном количестве мертвых клеток и в худшем общем состоянии дрожжей. Всегда важно произвести удаление CO_2 из собранных дрожжей.

Интенсивная аэрация дрожжей к моменту их внесения очень важна, но, кроме того, следовало бы проводить очень целенаправленную

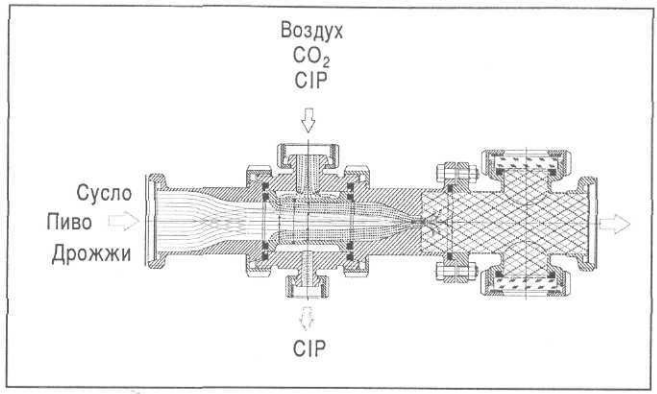


Рис. 3.109. Двухкомпонентная форсунка (фирма Essay & Hueber, г. Шробенхаузен)

аэрацию в первые часы после их внесения, чтобы возбудить активность дрожжей.

Введенный кислород потребляется за несколько часов; после этого больше нельзя проводить аэрацию.

Процессы аэрации и дозирования дрожжей могут объединяться в одной установке (рис. 4.17). При этом норма внесения дрожжей распределяется на все время подачи сусла, чтобы дрожжи равномерно распределились в танке. Дозирование дрожжей осуществляется здесь с помощью насоса с частотным регулированием. Общее количество вносимых дрожжей отмеряется с помощью весоизмерительного тензометрического датчика, установленного в танке для хранения и внесения дрожжей.

Возможно точно установить следующие параметры:

- требуемую концентрацию дрожжевых клеток в начальном сусле;
- количество внесенного воздуха.

3.9.4. Аппараты для удаления взвесей холодного сусла

Выше было показано (раздел 3.9.1.2), какие преимущества дает удаление значительной части взвесей холодного сусла. Для их удаления применяются следующие способы:

- фильтрование через перлит;
- *флотация сусла*;
- сепарация холодного сусла.

3.9.4.1. Кизельгуровый (диатомитовый) фильтр

Фильтрование сусла через перлит является *наиболее надежным методом оптимального* (до 90%) удаления взвесей холодного сусла.

Об устройстве и принципе действия кизельгуровых фильтров, а также о вспомогательных фильтрующих материалах фильтров (перлите и кизельгуре) будет сказано в разделе 4.5, так что здесь это можно опустить.

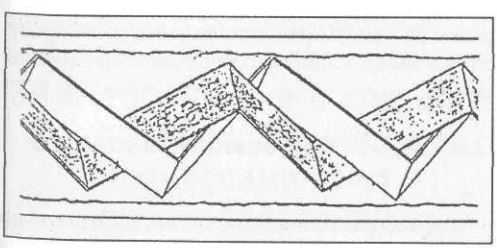
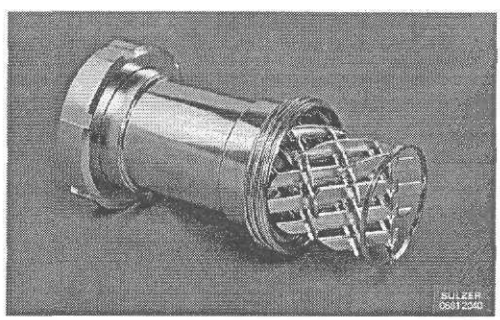


Рис. 3.110 и 3.110а. Смесительные элементы в статическом смесителе



Вместо кизельгура здесь лучше применять более легкие и дешевые перлиты.

3.9.4.2. Флотация

Взвеси холодного сусла стремятся отложиться на мелких частицах (клетках дрожжей, воздушных пузырьках) («эффект пограничной поверхности»). Этот эффект используется при флотации: к суслу в избытке примешивается тончайше распыленный воздух, в флотационной емкости в течение нескольких часов пузырьки воздуха отделяются, всплывают и насыщаются на поверхности сусла частичками взвесей. При этом образуется компактная дека, которую можно удалить после опорожнения емкости.

При проведении флотации представляют интерес следующие вопросы:

- внесение воздуха;
- емкость для флотации;
- осуществление способа.

Главной проблемой для эффективной реализации способа флотации является внесение ***«транспортирующего воздуха»***. Чтобы работать рентабельно, необходимо минимальным количеством воздуха, тонко распыленного в форсунках, создать наибольшую транспортирующую поверхность. Благодаря этому уменьшается объем образовавшейся пены, а с ним и требуемая вместимость емкости (рис. 3.111).

Имеется ряд методов введения в сусло тончайше распыленного форсунками воздуха.

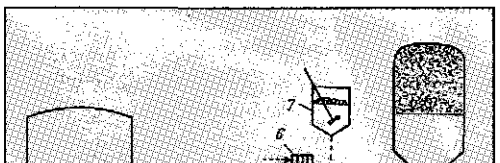


Рис. 3.111. Флотационная установка:

1 — вирпул; 2 — насос; 3 — пластинчатый холодильник; 4 — насос, повышающий давление; 5 — смесительная форсунка; 6 — воздушный фильтр; 7 — емкость для внесения дрожжей; 8 — флотационный танк

Производители оборудования предлагают для этого подходящие устройства.

Флотация может проводиться с дрожжами или без них. В настоящее время чаще ведут флотацию с дрожжами, так как:

- период нахождения сусла без дрожжей означает опасность инфицирования;
- кислород сразу же отлично используется дрожжами;
- время флотации используется как стадия забраживания сусла.

Обогащенное воздухом сусло направляется в флотационную емкость. Ею могут быть открытые чаны, закрытые танки, цилиндроконические танки. Сусло остается здесь от 4 до 8 ч. За это время образуется очень толстая, плотная дека из пены, которая через 8 часов выдержки опадает приблизительно до 5–10 см и после перекачки сусла в бродильную емкость остается в флотационной емкости. Образовавшиеся при этом потери по жидкой фазе составляют 0,2–0,4%, отделение взвесей холодного сусла происходит на 60–65%.

Если применяется закрытая флотационная емкость, то можно работать с противодавлением, препятствуя таким образом неконтролируемому образованию пены сусла и экономя этим дорогостоящий объем емкости. Вертикальные флотационные танки имеют плоское, слегка наклоненное к центру днище. Горизонтальные (лагерные) танки удерживают в большой степени пенную деку на стенках и дне емкости. Все закрытые танки удобны для безразборной мойки (CIP).

Преимуществами флотации против фильтрования являются:

- меньший износ оборудования;
- меньшие затраты труда;
- отсутствие вспомогательных фильтрующих средств (перлита, кизельгура).

Приходится, однако, обрабатывать смесь взвесей и мыть флотационный танк. Образуется в значительном количестве загрязненная вода.

3.9.4.3. Сепарирование холодного сусла

Сепараторы холодного сусла работают по тому же принципу, который описан в разделе 3.8.4. С помощью высокопроизводительных современных осветлительных сепараторов

[199] с часовой производительностью 700 гл можно отделить более 50% взвесей холодного сусла и получить таким образом 120–160 мг взвесей/л сусла. Потери для этих установок составляют от 0,15 до 0,20% от количества горячего охмеленного сусла. Благодаря этому возможно холодное сусло перед перекачкой на брожение стандартизировать и тем самым добиться очень стабильных показателей качества.

3.9.5. Компоновка оборудования линии охлаждения сусла

В соответствии с постановкой различных задач после удаления взвесей холодного сусла необходимо следующее оборудование:

- аппарат для охлаждения сусла (пластинчатый холодильник);
- устройство для аэрации сусла;
- возможно
- аппарат для удаления взвесей холодного сусла (фильтр, флотация).

Эти аппараты находятся в помещении, которое при классическом размещении располагается над бродильным отделением. Устройство для аэрации сусла относительно невелико и помещается в любом подходящем месте у стены. Остается еще только пластинчатый холодильник, который сам по себе также занимает немного места, и таким образом размещать в отделении охлаждения сусла почти нечего.

Поэтому на современном пивоваренном производстве холодильник для сусла устанавливается преимущественно в варочном цехе.

Для компоновки всех аппаратов линии охлаждения сусла имеется много возможностей. В случае применения фильтра следует все же главным образом осуществлять интенсивную аэрацию сусла после фильтрования, так как иначе возникнут проблемы в фильтре.

3.10. Управление и контроль за технологическими процессами производства сусла

Если на небольшом пивоваренном предприятии производят одну варку в сутки, то пивовар может легко контролировать все процессы. Он знает все температуры и время и постоянно воспринимает всеми пятью органами чувств, как протекает этот процесс, и может принять необходимые меры, имея для этого достаточно времени.

Однако чем больше предприятие и чем больше проводится варок в сутки, тем меньше возможностей для одного человека охватить все процессы. Если на предприятии производят 8 варок в сутки, то многие процессы накладываются друг на друга во времени и появляется опасность что-то просмотреть или не точно установить температуру. И если нет соответствующего контролирующего прибора, никто уже не сможет доказать, что пивовар в 3 часа ночной смены из-за усталости допустил ошибку.

Необходимость строго устанавливать временной режим, точно реализовывать все заданные параметры (температуру, время, давление и т. д.) и постоянно обеспечивать наивысший выход при наилучшем качестве, вынуждает каждое более-менее крупное предприятие все больше переходить к автоматическому управлению процессами при производстве сусла. Если говорят об управлении, то многие люди тотчас представляют себе большие пульты управления или сложные автоматические линии. Управление начинается в совершенно персональной области. Возьмем выключатель света: с его помощью можно включить или выключить лампочку, при этих двух возможных положениях выключателя ВКЛ/ВЫКЛ имеется уже двухпозиционный регулятор.

Естественно, что управление в варочном цехе протекает не так просто. Сегодня оно расчленяется на несколько уровней. Во-первых, сюда относятся прежде всего механические контакторы, то есть переключатели, которые приводятся в действие магнитными катушками. Кроме того, применяют реле времени, реле тока и электропневматические клапаны. При этом используют низковольтные управляющие напряжения, чтобы включать мощные приводы или обеспечивать блокировку механизмов. Здесь различают открывающие и закрывающие устройства. Когда контактор обесточен, он может быть либо открыт, либо закрыт. Этим и различаются открывающие и закрывающие устройства, так как при подаче тока положение переключателя изменяется на

обратное и этим достигается открытие или закрытие клапана. Этот вид блокировки существует уже давно. К примеру, у привода фильтрационного чана электродвигатель для удаления дробины разрешается включать только тогда, когда электродвигатель рыхлителя выключен, и наоборот.

Естественно, в варочном цехе очень многие процессы протекают параллельно или друг в друге, поэтому в больших цехах не удается справиться с управлением даже с помощью реле, включая и реле времени. Для этого применяют **программируемое управление с использованием памяти (SPS)**. При этом закладываемая программа вводится на объектно-ориентированном языке программирования и защищается от отключения подачи напряжения. Эта программа циклически прогоняется и выполняется, причем возможны разветвления и переходы. При очень сложных программах их изменение и изменение способа программирования осуществляются только особыми квалифицированными специалистами во избежание аварии. Поэтому сегодня в программах существует третий уровень, который доступен лишь определенным лицам.

Компьютеры (или лучше сказать рабочие места оператора) с жесткими накопительными дисками, обладающими большой памятью и цветными мониторами, обеспечивают также всеобъемлющий охват параметров производства. Банки данных позволяют обмен с другими программами внутри предприятия.

Если несколько отдельных участков управления соединены друг с другом, появляется полностью автоматическое управление всеми установками, и технологический процесс протекает без ручного вмешательства до появления в этом необходимости. У новых установок сегодня применяют почти исключительно автоматическое управление и все в большей степени переоборудуют существующие установки для автоматического производства *(о компонентах Danfoss для автоматизации технологических процессов см. прил. 1 на правах рекламы, с. 868)*.

Преимуществами автоматизации являются:

- однородность качества продукции благодаря
- исключению психологических ошибок;
- разгрузка обслуживающего персонала;
- уменьшение обслуживающего персонала;
- лучшая координация процессов;
- соблюдение последовательности процессов;
- меньшая вероятность отказов;
- простота изменения протекания процессов;
- возможность подключения дополнительных компонентов и установок.

При управлении оборудованием варочного цеха различают два варианта:

- управление с использованием мозаичных мнемосхем;
- графическое управление.

Управление с помощью мозаичных мнемосхем (диспетчерских щитов)

На мозаичной мнемосхеме графически представляются все протекающие технологические процессы. Для всех приводов предусмотрены пусковые кнопки, и все обратные сообщения отражаются с помощью светового табло.

Для считывания результатов измерений в мозаичной мнемосхеме смонтированы индикаторы, регуляторы и счетчики, так что в любой момент пивовар имеет точную информацию о состоянии дел и может реагировать соответствующим образом. Эти устройства еще имеют распространение, поскольку они очень наглядны и просты в обслуживании. Их больше не производят из-за очень высокой стоимости.

Графическое управление (дисплейная техника)

При этом управлении используют исключительно изображение на мониторе частей оборудования и хода технологических процессов. Приводы, обратные сообщения, индикаторы и управляющие действия отражаются на экране и обслуживаются клавиатурой. Изменение параметра происходит через монитор, протоколирование процесса возможно с помощью печатающего устройства. Возможен постепенный переход от мозаичного к графическому управлению. Преимуществами последнего являются более простое дополнение системы новым оборудованием и расширение возможностей графического представления. В силу этого сегодня все больше пивоваренных предприятий переходят к графическому управлению.

С помощью заданной программы управления все процессы автоматически протекают в нужной последовательности. Пивовар отслеживает процессы на экране и при необходимости может вмешаться. Автоматика сама контролирует ход процессов. Она принимает и перерабатывает сигналы от управляемых объектов. При этом важно, что при возникновении помех и отклонений немедленно подается оптический или акустический сигнал с тем, чтобы пивовар мог принять нужные меры.

Компьютер обрабатывает многочисленные данные и информацию, которые он может распечатать, а также запомнить. Данные можно вызывать из памяти и использовать через много месяцев, прежде чем они будут стерты.

Но очень часто в варочных цехах еще используется **автоматизация процессов**, когда наряду с автоматикой на уровне монитора еще сохраняется мозаичное изображение с ручным дистанционным уровнем управления (рис. 3.112).

Содержание активного уровня ручного управления через монитор с изображением переключений параллельно с СУПК (SPS) требует больших затрат, так как большинство входов и выходов должно быть удвоено; это относится прежде всего к тому случаю, когда условия блокировки и в варианте мозаичной мнемосхемы должны активно использоваться.

Поскольку и другие участки пивоваренного производства из приблизительно тех же соображений все больше автоматизируются, имеется тенденция к общей концепции автоматизации производства (см. раздел 11). Монитор сегодня уже невозможно даже мысленно удалить из варочного цеха (рис. 3.113).

3.11. Техника безопасности при производстве сусла

3.11.1. Предупреждение несчастных случаев вблизи дробилки

Все подвижные части, к которым имеется доступ, представляют потенциальную опас-

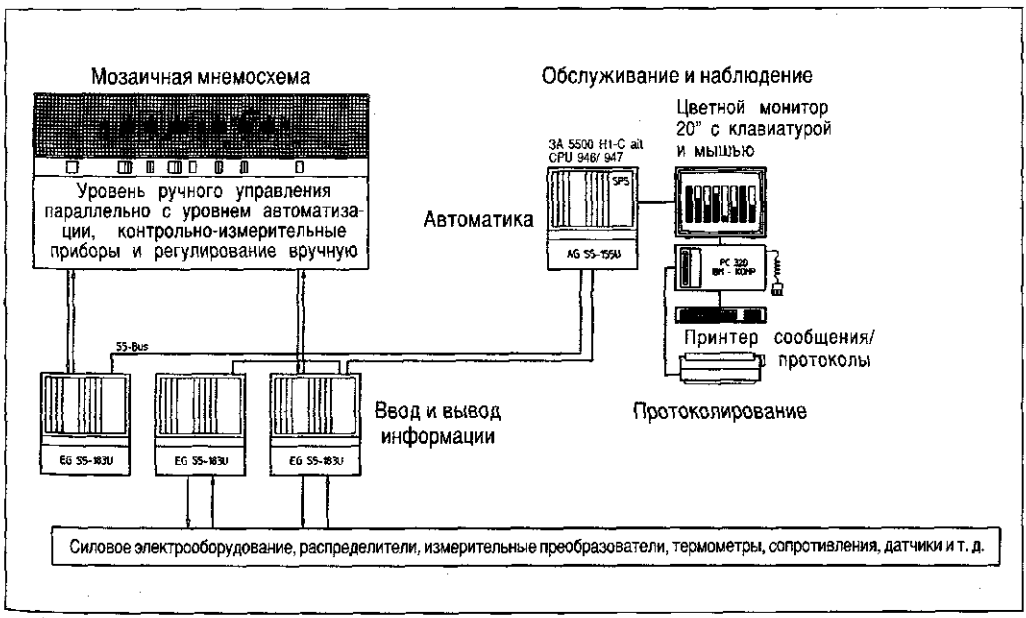


Рис. 3.112. Автоматизация процессов в варочном цехе

Рис. 113. Рабочее место главного пивовара в варочном цехе индустриального дизайна в Шлоссбрауэрай Ау (г. Халлертау) (фото: Happmann, г. Китцинген)

ность. Как только части одежды, пряди волос, часть кисти или руки попадают в машину, то пострадавший безжалостно затягивается в нее. Последствия могут быть трагическими.

Отсюда главное требование: ***рабочая одежда должна быть плотно облегающей; длинные волосы следует спрятать под шапочку или платок.***

Это обстоятельство особенно относится к ***обращению с вальцовой дробилкой***.

Согласно Указаниям по предупреждению несчастных случаев вальцы дробилки должны быть защищены так, чтобы их втягивающая сторона была недоступна. Если конструктивно не обеспечено, что ни в коем случае нельзя было бы дотянуться до входа в вальцы даже ладонью, то требуется специальное ограждение, состоящее из одного или нескольких стержней. Они должны быть надежно закреплены к станине или принудительно подведены так, чтобы при открытой крышке (окне) находиться в безопасном положении.

Перед дробилкой должен устанавливаться достаточно мощный постоянный магнит или электромагнит, предотвращающий повреждение машины или образование искр от попадания металлических предметов.

Из-за ***искрения*** в дробилке может произойти **взрыв пыли**. Такая опасность очень велика, так как пыль с воздухом в определенном соотношении взрывоопасна. Поскольку из-за пыли в дробилке образуется электростатический заряд, ее следует надежно заземлять, а корпус должен быть в герметичном пылезащитном исполнении.

Взрыворазрядные заслонки не должны регулироваться неспециалистами. Техника, обеспечивающая безопасность (взрывогасящие трубки, разрывные мембраны), должна быть всегда в рабочем состоянии.

Одновременно требуется соблюдать чистоту в помещении дробилок, которые должны регулярно очищаться. В связи с повышенной опасностью возгорания мучной пыли на полу дробильного отделения мастер должен быть постоянно уверен в том, что находящиеся на его рабочем месте ручные огнетушители и гидранты готовы к применению. Транспортное оборудование должно оснащаться устройствами для автономного блокирования при нестандартных производственных ситуациях.

3.11.2. Предупреждение несчастных случаев при работах в аппаратах варочного цеха

В более старых варочных емкостях требовалось для их мойки спускаться внутрь, мойка современных аппаратов проводится безразборным методом (CIP). Несмотря на это, в такие емкости также приходится спускаться время от времени, чтобы проводить контроль или устранять неисправности.

Проникновение в такие емкости связано с большой опасностью. Если произойдет несанкционированный пуск мешалки или рыхлителя, когда работник находится в емкости, то он не успеет даже попросить о помощи.

В качестве защитного мероприятия от несанкционированного включения мешалки или другого движущегося устройства оправдало себя такое простое мероприятие, как вывинчивание из патрона электрического предохранителя, чтобы можно было хранить его у себя все время работ. В этом случае даже при наличии дистанционного управления любое непреднамеренное включение движущихся механизмов не сработает.

В автоматизированных системах управления предусмотрено, что работник, спускающийся в аппарат, вынимает из замка ключ блокировки и берет его с собой.

3.11.3. Предупреждение несчастных случаев при работе с сепараторами

Центробежные сепараторы должны работать совершенно ровно. На испытательном стенде проводится испытание на отсутствие биений, так как они могут привести к появлению ударов и в конце концов к разрушению сепаратора. В этом случае в большом радиусе от сепаратора все разрушается. Чтобы этого избежать, во время балансировки сепаратора выполняется определение фиксированного местоположения вставок и соединяемых винтами деталей, которые соответственно маркируются. Необходимо собирать детали сепаратора с учетом маркировки, точно ее соблюдая.

4. Производство пива (брожение, созревание и фильтрование)

Для превращения сусла в пиво сахар, содержащийся в сусле, должен быть сброжен ферментами дрожжей в этанол и углекислоту.

При этом возникают побочные продукты брожения, которые существенно влияют на вкус, запах и другие потребительские свойства пива. Образование и частичное расщепление этих побочных продуктов тесно связано с обменом веществ дрожжей и может рассматриваться только вместе с ним.

Сбраживание и созревание пива происходит на многих пивоваренных предприятиях по классическому способу в **бродильном** и **лагерном** отделениях (рис. 4.1, *1*, *2*). На предприятиях, оснащенных современным оборудованием, брожение и созревание проводится в **цилиндроконических танках (ЦКТ)** (*3*). Так как между оборудованием, используемом в том или в другом случае, имеются существенные различия, то эти варианты должны рассматриваться по отдельности.

По завершении брожения, созревания и дображивания пиво фильтруют и подвергают биологической и коллоидной стабилизации. Это происходит с помощью **фильтров** (*4*) и **пастеризатора** (*5*). После этого пиво можно подавать на розлив.

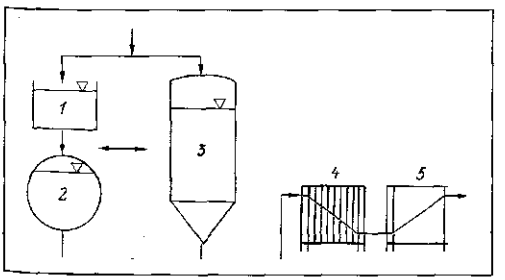


Рис. 4.1. Брожение, созревание и фильтрование:

1 — бродильный чан, 2 — лагерный танк, 3 — цилиндроконический танк, 4 — фильтр, 5 — пастеризатор

4.1. Превращения при брожении и созревании

Важнейшим моментом в пивоварении является сбраживание дрожжами содержащегося в сусле сахара в этанол и углекислоту. Процессы, протекающие при сбраживании, можно только условно разделить на процессы главного брожения и процессы созревания, так как они переходят друг в друга. Все процессы, протекающие при брожении и созревании, необходимо рассматривать как единое целое.

При этом особую роль играет то, что во время брожения в процессе метаболизма дрожжей возникают побочные продукты, многие из которых снова распадаются. Эти побочные продукты брожения наряду с составными частями хмеля в значительной мере определяют вкус и аромат пива. Поэтому для пивовара особенно важны сведения об их образовании и расщеплении.

4.1.1. Дрожжи как важнейший партнер пивовара

Многие пивовары используют светло-коричневую массу дрожжей только как добавку к суслу и ожидают, что из этого получится пиво, забывая при этом, что эта масса состоит из миллиардов отдельных клеток, существующих абсолютно независимо друг от друга и унаследовавших свои свойства благодаря развитию миллиардов предшествующих поколений, что и сохранено в их генах.

Не мы определяем, что должны делать дрожжи, но мы должны управлять фактора-

ми, которые регулируют их работу. При этом нельзя забывать о том, что «интересы» дрожжевой клетки совершенно иного рода, чем интересы пивовара. Если последнего в первую очередь интересуют спирт и CO_2, то для дрожжей это — яд, от которого они стремятся избавиться, и поэтому выделяют наружу. Для дрожжевой клетки имеет значение только получение энергии (при потреблении питательных веществ) для продолжения своего существования и образования клеточной массы.

Из этого следует, что компоненты, имеющие ценность для пива, могут возникать только тогда, когда создаются оптимальные условия для дрожжевой клетки. Таким образом, качество пива в решающей степени зависит от дрожжей и их обмена веществ.

Поэтому прежде чем перейти к деталям, рассмотрим процессы, происходящие с дрожжами во время брожения и созревания.

После попадания в сусло дрожжевая клетка должна прежде всего привыкнуть к новой среде, которая оказывает на нее сначала шоковое воздействие: другая температура, pH, высокая концентрация сахара и т. д. В течение нескольких часов дрожжевая клетка выделяет во внешнюю среду аминокислоты и нуклеотиды, однако вскоре она начинает потреблять некоторые из них обратно. Чем выше температура, тем больше выделяется аминокислот, но процесс привыкания (лаг-фаза) длится, в общем-то, короткое время. Перед тем как клетка вступает в тесный контакт с новой средой, она расщепляет хранящиеся в ней запасные вещества, которые дают ей первую энергию.

Избыточное количество сбраживаемых сахаров в сусле стимулирует потребление сахара клеткой. Одновременно с поступлением растворенного кислорода начинается и дыхание, которое приводит к выделению в митохондриях, этих силовых станциях клетки, большого количества энергии.

Благодаря такому энергетическому сдвигу у дрожжей появляется возможность не только начать брожение, но и одновременно образовывать новые клеточные вещества и размножаться почкованием. Вещества, необходимые для образования клеточной субстанции, дрожжи получают из сусла. Пивовар же должен заботиться только о том, чтобы в сусле всегда были все необходимые для этого компоненты, а именно:

- аминокислоты для образования клеточных веществ (конечно, дрожжи легко могут синтезировать необходимые им аминокислоты и из других источников азота);
- фосфаты для образования АТФ (см. раздел 4.1.2.1.2) и двойного фосфолипидного слоя клеточных и внутренних мембран;
- жирные кислоты для строительства клеточных мембран;
- сахар для создания запасных углеводов;
- соли и микроэлементы (например, цинк);
- кислород в достаточном количестве для дыхания и ряда других превращений.

Большинство этих веществ всегда присутствуют в сусле в достаточном количестве или они могут быть самостоятельно синтезированы дрожжами, однако недостаток отдельных компонентов может привести к проблемам при брожении. Именно об этом должен помнить пивовар, если он захочет применить другое сырье или заменить часть засыпи несоложеными материалами или сахаром, который вообще не содержит аминокислот и солей.

В этой крайне активной фазе, когда в сусле есть еще много питательных компонентов в форме сбраживаемых сахаров, дрожжи создают запас резервных углеводов (гликогена и трегалозы), чтобы при недостатке питания иметь сырье для получения энергии.

Эта логарифмическая фаза (log-фаза) является важнейшим этапом брожения, так как именно в ней исчезает вкус сусла и благодаря метаболизму дрожжей определяются важнейшие качественные параметры будущего пива.

Как только запасы кислорода становятся исчерпанными, дрожжи должны снова перестраивать свое «энергетическое хозяйство» на анаэробный гликолиз и обходиться минимальным количеством энергии, получаемой через сбраживание сахара в спирт и CO_2.

Признак того, что log-фаза подходит к концу, — низкое содержание сбраживаемого сахара во внешней среде. Брожение считается законченным, когда сахара почти не остается. Дрожжи начинают флокулировать, размножение останавливается, спирт и CO_2 как клеточные яды все в большей мере угнетают дрожжевую клетку. Так как возникающие в танке во время главного брожения турбулентные

потоки ослабевают или совершенно прекращаются, дрожжи медленно оседают на дно, откуда их можно собрать.

Теперь для дрожжей начинается самое трудное время, поскольку они начинают ощущать недостаток энергии и должны использовать свои собственные запасы. Дрожжи начинают медленно выделять во внешнюю среду продукты метаболизма и аминокислоты. Именно в этот момент они должны быть собраны.

Несмотря на низкие температуры во время дображивания, дрожжи для поддержания своей жизни нуждаются в энергии, правда, совсем в небольших количествах. Они начинают расщеплять резервные углеводы и другие вещества, и все больше продуктов метаболизма выделяется во внешнюю среду. Наконец, клетка может умереть. Тогда ферменты начинают растворять ее изнутри, повреждают клеточную стенку и все содержимое растворенной (автолизированной) клетки попадает в пиво. Из-за этого существенно ухудшается вкус и пена, pH пива повышается, а перешедшие в раствор компоненты клетки являются прекрасной пищей для инфицирующей микрофлоры. Поэтому пивовары должны заботиться о своевременном и повторном снятии дрожжей.

Но и после съема дрожжей забывать о них нельзя. Дрожжи должны храниться в холоде, причем таким образом, чтобы в последующем цикле использования и при возможно большем числе этих циклов они быстро и полно восстанавливали бы свою активность.

Все эти замечания необходимы, так как каждый пивовар должен осознать, что при приготовлении пива дрожжи — его важнейший партнер. Только если для этого партнера созданы оптимальные условия, можно надеяться на получение оптимального результата для качества пива. Об этом мы поговорим ниже.

4.1.2. Метаболизм дрожжей

Знания о метаболизме (обмене веществ) дрожжей имеют для пивовара фундаментальное значение, так как они позволяют решающим образом влиять на качество пива. При этом особый интерес представляют:

- сбраживание сахара и метаболизм углеводов;
- метаболизм азотистых веществ;
- метаболизм жиров;
- метаболизм минеральных веществ.

4.1.2.1. Сбраживание сахаров

Дрожжи — единственный живой организм, способный и готовый при нехватке воздуха заменить энергетически более выгодное дыхание на брожение. Теперь нам нужно разобраться:

В чем особенность алкогольного брожения?

Какова его энергетическая ценность?

4.1.2.1.1. Спиртовое брожение как анаэробный гликолиз

Как и все другие организмы (растения и животные), дрожжевая клетка для осуществления всех энергозависимых процессов нуждается в энергии. Это относится прежде всего к таким процессам, как:

- образование нового клеточного вещества;
- прием и ассимиляция веществ из окружающей среды;
- расщепление и удаление ненужных и вредных соединений;
- транспортировка веществ внутри клетки.

Все живые организмы получают энергию благодаря дыханию. Дыхание начинается с расщепления глюкозы — этот процесс проходит в цитоплазме (цитозоле) и называется гликолиз (см. рис. 4.2). При этом после нескольких сложных промежуточных реакций возникает пируват (пировиноградная кислота), который затем превращается в этанол (спирт) и CO_2.

При гликолизе глюкоза сначала получает один атом фосфора от АТФ (фосфорилируется). АТФ превращается при этом в АДФ (*1*) (см. следующий раздел). Возникает глюкозо-6-фосфат, который превращается с помощью фермента глюкозофосфатизомереза во фруктозо-6-фосфат (*2*). Далее следует еще одно фосфорилирование благодаря передаче другого атома фосфора от АТФ под действием фермента 6-фосфофруктокиназа. Таким образом, возникает фруктозо-1,6-дифосфат (*3*).

Фруктозо-1,6-дифосфат расщепляется ферментом фруктодифосфатальдолаза (*4*) на два изомерных триозофосфата. Возникаю-

щие глицераль- и глицерон-3-фосфат (*5*) восстанавливаются ферментом глицеральдегид-3-фосфат-дегидрогеназа в две молекулы 1,3-дифосфоглицерата (*6*) и одновременно отдают ион водорода НАД. Затем происходит двойное дефосфорилирование под действием фермента фосфоглицераткиназа и возникают две молекулы 3-фосфоглицерата (*7*). При этом два атома фосфора возвращаются двум молекулам АДФ (возникшим в *1* и *3*), которые становятся АТФ и могут принимать участие в новых реакциях. При участии фермента фосфоглицератмутаза (*8*) 3-фосфоглицерат превращается в 2-фосфоглицерат, который переходит под действием фермента фосфопируватгидратаза (*9*) в фосфоенолпируват. Пируваткиназа переводит две молекулы фосфоенолпирувата в две молекулы пирувата (пировиноградной кислоты) (*10*). При этом благодаря возникновению двух молекул АТФ из двух молекул АДФ высвобождается некоторое количество энергии ($2 \times 30{,}5$ кДж), которое организм может использовать по своему усмотрению.

Если при дыхании пируват расщепляется дальше, то при спиртовом брожении (анаэробном гликолизе) фермент пируватдекарбоксилаза (*11*) превращает его в CO_2 и этаналь (ацетальдегид). Затем этаналь благодаря алкогольдегидрогеназе (только при наличии цинка!) становится этанолом (этиловым спиртом, спиртом) (*12*), при этом НАД H_2 отдает свои полученные в (*6*) ионы водорода и снова превращается в НАД.

В реакциях *6* + *12* переносится одна молекула водорода. В природе для таких окислительно-восстановительных процессов используется соединение никотинамидаденин-динуклеотид (НАД), который препятствует образованию опасного свободного водорода. Это поясняют круговые стрелки с обозначениями НАД и НАД H_2.

Если рассмотреть соотношение между АТФ/АДФ, то станет ясно, что превращения АТФ в АДФ в реакциях *1*+*3* уравновешиваются обратным процессом в реакции *7*. Тем самым возникает замкнутый круг. Собственно получение энергии происходит в реакции *10* благодаря двойному дефосфорилированию и превращению двух молекул АДФ в АТФ.

Гликолиз с его незначительным выходом энергии (2 АТФ на моль глюкозы) возник, как предполагают, в те времена, когда на Земле совсем или почти не было кислорода. Гликолиз протекает во всем объеме цитоплазмы. При дыхании пируват транспортируется в митохондрии и сжигается до CO_2 и H_2O с несравненно большим энергетическим выходом (38 АТФ/моль).

Возможность сбраживать пируват имеют только дрожжи, однако при наличии кислорода брожение сильно замедляется или совсем

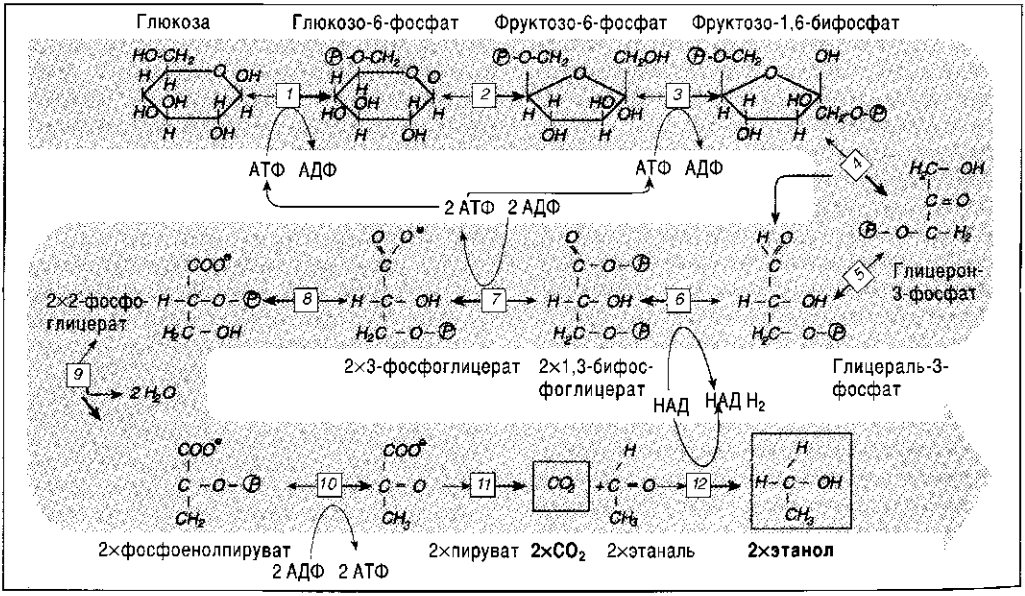


Рис 4.2. Схема спиртового брожения по Эмбдену-Мейергофу-Парнасу (Embden-Meyerhof-Parnas)

прекращается **(эффект Пастера (Pasteur))**. С другой стороны, если концентрация сахара с среде превышает 0,1 г/л, то замедляется работа дыхательного ферментного комплекса и вместе с дыханием происходит брожение **(эффект Кребтри (Crabtree))**.

Суммарно процесс спиртового брожения выражается следующим уравнением Гей-Люссака:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2,$$
$$\Delta G = -230\ кДж.$$

Если количественно подсчитать возникающие продукты с учетом их атомных масс, то получится следующее отношение:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$		
C: 72	48	24
H: 12	12	
O: 96	32	64
180	92	88

Из одного моля глюкозы (180 г) при спиртовом брожении возникает 92 г спирта и 88 г CO_2. Это означает, что сахар по массе практически в равной степени разделяется на спирт и CO_2 (см. дополнительно раздел 7.4.3.1). При этом объемная доля углекислоты по сравнению со спиртом несравнимо больше, так как газы обладают существенно меньшей плотностью.

Этот эффект используют пекари. В тесте сахар сбраживается дрожжами, и хотя возникают равные (незначительные) массовые доли спирта и CO2, однако чрезмерно большой объем углекислоты придает выпечному изделию пышную форму.

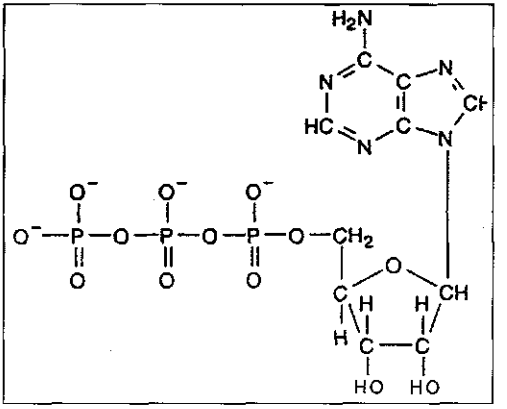
4.1.2.1.2. Получение энергии при брожении

Энергия сохраняется в таких соединениях, которые могут расщепляться с освобождением энергии.

Так, ассимиляция в зеленых растениях воды из почвы и CO_2 из воздуха под воздействием солнечного света и с помощью хлорофилла приводит к образованию глюкозы (реакция, обратная вышеприведенной формуле), которая накапливается в фруктах и луковицах в форме крахмала. Тем самым глюкоза, как и крахмал, представляет собой концентрированную химическую энергию. Когда глюкоза или крахмал сжигаются организмом (или расщепляются в процессе дыхания), эта энергия высвобождается, причем ее количество может быть точно измерено.

Промежуточными хранилищами энергии служат такие химические соединения, у которых электроны перемещаются на более высокий энергетический уровень с затратами энергии. Если они возвращаются в свое первоначальное состояние, то происходит выделение энергии.

В живой природе есть только одно соединение, которое постоянно осуществляет передачу энергии. Оно хранит одну единицу энергии и может преобразовывать эту химически сохраняемую энергию в другие формы энергии, необходимые организму. Речь идет об **аденозинтрифосфате (АТФ)**. АТФ, который присутствует во всех живых организмах и состоит из пуринового основания (здесь аденин), сахара с пятью атомами углерода (здесь рибоза) и трех остатков фосфорной кислоты:



Связь между внешним и средним атомом фосфора особенно выгодна энергетически. При ее разрыве возникает аденозиндифосфат (АДФ), фосфат и происходит выделение энергии в количестве 30,5 кДж на каждый моль АТФ:

$$АТФ \rightarrow АДФ + Р + 30{,}5\ кДж/моль.$$

Примерно такое же количество энергии необходимо, чтобы перевести АДФ в АТФ. Таким образом, АТФ – это своего рода «энергетическое хранилище», используемое всеми животными и растительными клетками. АТФ является прямым переносчиком энергии для всех процессов в организме, идущих с затратами энергии или освобождением ее. При этом процесс переноса энергии должен идти постоянно, в связи с чем невозможно накопление большой «энергетической бомбы».

Если заканчивается поступление глюкозы или других веществ, то получение энергии становится невозможным и клетка умирает.

У всех высокоразвитых организмов происходит перемещение возникшего в цитоплазме пирувата (пировиноградной кислоты) в митохондрии, «энергетические станции клетки», где он расщепляется в присутствии кислорода до CO_2 и воды. При этом возникает существенно большее количество энергии (38 АТФ/моль глюкозы), чем в случае гликолиза. Поэтому при наличии кислорода дрожжи тотчас переходят к энергетически более выгодному дыханию, к которому пригодны их митохондрии.

> Количество АТФ и АДФ само по себе очень мало. В человеческом организме содержится только от 3 до 4 г свободных АТФ и АДФ, и поэтому каждая молекула АДФ ежедневно много тысяч раз фосфорилируется в АТФ и дефосфорилируется обратно.

Количество содержащейся в органическом соединении энергии может быть найдено путем сжигания вещества в калориметрической бомбе.

> Глюкоза имеет энергию, равную
> 2870 кДж/моль.
> Спирт имеет энергию, равную
> 2640 кдж/моль.
> Разность в энергии составляет
> 230 кДж /моль.

Это значение характеризуется как свободная энтальпия (ΔG) и пишется со знаком минус, что указывает на ее выделение в результате превращения глюкозы в спирт.

Однако в распоряжение организма (в данном случае дрожжевой клетки) поступает только та энергия,

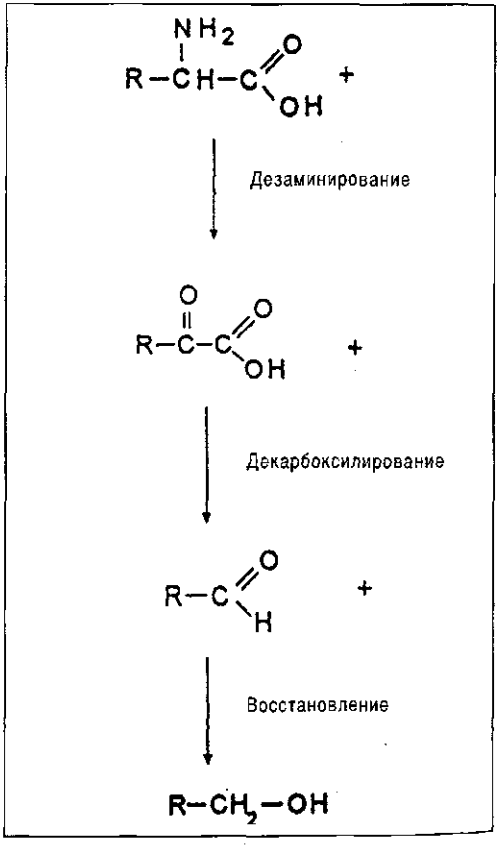
- которая как химическая энергия сохранилась в виде АТФ (при спиртовом брожении — 2 молекулы АТФ).
- Остаток теряется в виде тепла.

Это означает, что из
$\Delta G = 230$ кДж/моль глюкозы
дрожжевая клетка получает только
$2 \times 30{,}5 \approx 61$ кДж/моль глюкозы.
Остаток в количестве
169 кДж/моль глюкозы
выделяется в виде тепла (при стандартных условиях), которое должно быть отведено.

На практике учитывают выделение тепла для пива типа «Фолльбир» в количестве 4500–4700 кДж/гл (*см. раздел 4.4.2.2.1*).

4.1.2.2. Метаболизм азотистых веществ

Дрожжевая клетка на 35–60% (в пересчете на сухое вещество) состоит из белков, поэтому для строительства нового клеточного вещества ей необходим азот, который представлен в сусле (прежде всего в виде аминокислот). Дрожжи усваивают только низкомолекулярные аминокислоты с количеством углеродных атомов не более 4, причем эти аминокислоты потребляются дрожжами в определенной последовательности, на которую пивовар, конечно, не может оказывать влияние. Особое значение для дрожжей имеет NH_2-группа — аминогруппа, которая отщепляется и используется для строительства клеточных белков (свободный α-аминный азот, FAN, см. также главу 1.1.4.2.2). При этом из аминокислоты после дезаминирования (отщепления и перемещения аминогруппы), декарбоксилирова-



ния (удаления CO_2) и восстановления (удаления кислорода) возникает высший спирт, который выделяется во внешнюю среду (механизм Эрлиха (Ehrlich)) как побочный продукт брожения (см. главу 4.1.3). Приведенная схема поясняет процесс превращения аминокислот. Радикал R обозначает цепочку $(CH_2)_n$+H.

Достаточным считается наличие свободного α-аминного азота (FAN) в количестве 200–230 мг/л (в пересчете на 12%-ное сусло). Эта величина всегда достигается при работе с хорошо растворенным солодом; сусло же, полученное с применением несоложеного зерна или сахара, требует контроля и особого к себе отношения (например, более длительной белковой паузы при затирании). Потребление аминокислот из сусла происходит сквозь белки пор клеточной стенки. Предварительно аминокислоты собираются и накапливаются во внешней сфере, из которой они по мере необходимости транспортируются во внутреннюю сферу, имеющую постоянные размеры. Здесь происходит перестраивание аминокислот (переаминирование) и строительство клеточных белков.

Таким образом, метаболизм азотистых веществ имеет большое значение для качества пива, так как возникающие в этом процессе продукты возвращаются во внешнюю среду и оказывают влияние на стабильность, вкус, пеностойкость и другие потребительские свойства пива.

4.1.2.3. Метаболизм жиров

Жиры возникают из протеинов и фосфора в форме фосфолипидов клеточных мембран, расположенных вокруг клетки и вокруг органелл внутри клетки (см. раздел 1.4.1). Дрожжи во время брожения в 4–6 раз увеличивают свою массу — должно быть синтезировано соответствующее количество липидов, при этом для синтеза липидов необходим кислород.

Дрожжи усваивают жирные кислоты из сусла, хотя могут их синтезировать самостоятельно. Синтез начинается с пирувата (пировиноградной кислоты) посредством активации уксусной кислоты. Дрожжи также в состоянии образовывать и ненасыщенные жирные кислоты, имеющие большое влияние на гибкость клеточной мембраны; для этого синтеза также необходим кислород. Если у дрожжевой клетки слишком мало длинноцепочечных ненасыщенных жирных кислот, то способность клеточной мембраны пропускать вещества из окружающей среды сильно уменьшается, а потребление аминокислот может вообще прекратиться.

Метаболизм азотистых веществ преобладает над метаболизмом жиров, который имеет место только тогда, когда источники азота для синтеза белков уже исчерпаны. Так как, с другой стороны, метаболизм жиров тесно связан с кислородом, то решающее значение для синтеза жирных кислот приобретает хорошее и достаточное аэрирование в начале брожения.

Синтезированные дрожжами длинноцепочечные жирные кислоты нельзя рассматривать как отрицательно влияющие на вкусовую стабильность пива, поскольку они крепко связаны с клеточными мембранами. Опасность ухудшения вкуса возникает только в случае автолиза, так как свободные ненасыщенные кислоты обладают высокой способностью вступать в реакцию.

4.1.2.4. Метаболизм углеводов

Дрожжи потребляют из сусла моносахариды (глюкозу и фруктозу), дисахариды (мальтозу и сахарозу), трисахарид мальтотриозу и сбраживают их именно в такой последовательности. Известно, что 98% сахара уходит на брожение и только 2% — на дыхание (см. раздел 4.1.2.1).

Очень небольшое количество мальтозы (около 0,25%) дрожжи запасают как резервный углевод. Важнейший запасной углевод — это ***гликоген***, полимер глюкозы, синтезирующийся и хранящийся в цитоплазме в форме характерных скоплений. Гликоген потребляется дрожжами перед началом брожения как первичный источник энергии, и поэтому его количество значительно уменьшается в первые 10–12 часов после введения дрожжей в сусло, а потом вновь возрастает. Масса накопленного в ходе брожения гликогена может составлять до 30% массы клетки (в пересчете на сухое вещество). Во время хранения дрожжей перед последующим использованием количество гликогена значительно уменьшается, причем тем сильней, чем дольше и чем при более высокой температуре хранятся дрожжи. При холодном хранении гликоген в значительной степени сохраняется [175], и это имеет большое влияние на жизненную силу дрожжей.

Наряду с гликогеном дрожжи накапливают до 6% ***трегалозы*** (в пересчете на сухое вещество). Трегалоза — это резервный углевод, дисахарид, состоящий из глюкозных остатков. Трегалоза находится в цитоплазме дрожжевой клетки; часть трегалозы связана с клеточной стенкой и защищает ее от внешнего воздействия. Этот резервный углевод также спустя несколько часов после начала брожения претерпевает расщепление, а затем синтез и накопление, которое протекает быстрее и интенсивнее при высокой температуре [176].

Запасные углеводы, особенно гликоген, имеют для дрожжей огромное значение. Дрожжевая клетка потребляет этот запас, когда снаружи не остается питательных веществ; тем самым она может получать энергию и поддерживать обмен веществ на минимальном уровне. Это как раз и происходит в конце холодного дображивания, а также при хранении дрожжей до следующего использования.

4.1.2.5. Метаболизм минеральных веществ

Что касается минеральных веществ, то дрожжи в первую очередь нуждаются в фосфоре и сере, а также в незначительном количестве некоторых ионов металлов.

Фосфор поступает из солода в форме фосфатов и всегда присутствует в хорошо растворенном солоде в достаточном количестве. Фосфор необходим для:

- **образования АТФ (см. раздел 4.1.2.1.2);**
- **создания двойной фосфолипидной мембраны вокруг клетки;**
- **поддержания буферности, препятствующей сдвигу pH.**

Нехватка фосфора проявляется в:

- **плохом брожении;**
- **отсутствии роста дрожжевой клетки.**

Сера усваивается дрожжами из неорганических сульфатов, из серосодержащих аминокислот (метионин, цистеин) и в виде SO_2 участвует в метаболизме клеточных аминокислот. Когда рост клетки прекращается, образующийся SO_2 выделяется во внешнюю среду. Синтез SO_2 завершается только с остановкой обмена веществ [181].

Возникновению свободного SO_2 препятствуют все факторы, способствующие размножению дрожжей, а именно:

- сильная аэрация;
- многократный долив;
- использование активных дрожжей, богатых гликогеном.

Повышенная концентрация сульфитов возникает при высокой температуре, длительном дображивании и недостаточной аэрации.

Особенно важно то, что ацетальдегид совместно с SO_2 способен связывать карбонилы, тем самым препятствуя старению пива. Поэтому возникающий во время брожения SO_2 оказывает положительное влияние на вкусовую стабильность пива.

Подтверждением этому служит тот факт, что во многих странах для стабилизации вкуса в пиво добавляются сульфиты (в Германии этот прием не разрешен в соответствии с Законом о чистоте пивоварения).

В метаболизме сернистых соединений наряду с образованием сульфитов важную, но отрицательную роль играет возникновение летучих *сульфидов*, в особенности диметилсульфида (см. следующий раздел).

- *Калий* особенно необходим для метаболизма углеводов и способствует протеканию всех связанных с АТФ ферментативных превращений. Также важна pH-регулирующая роль калия, связанная с обменом возникающих ионов водорода на ионы калия («ионный насос»).
- *Натрий* активизирует ферменты и одновременно играет существенную роль для транспортировки веществ через клеточную стенку.
- *Магний* имеет решающее значение для реакций с фосфором, прежде всего при брожении. Эту функцию не могут выполнять никакие другие ионы, кроме магния.
- *Кальций* замедляет дегенерацию дрожжей и способствует хлопьеобразованию. Недостаток кальция может компенсироваться магнием или марганцем.
- *Железо* и *марганец* являются важнейшими микроэлементами, необходимыми для дыхания и почкования.
- *Цинк* оказывает влияние на синтез белка и для брожения имеет огромное значение. Недостаток цинка приводит к вялому брожению; потребность в нем лежит в пределах 0,1–0,15 мг/л сусла. Цинк является тем микроэлементом, в котором чаще всего испытывают недостаток дрожжи, так

как большая часть цинка остается в дробине. На многих пивзаводах, чтобы снабдить дрожжи столь необходимым цинком, вынуждены что-либо предпринимать (см. раздел 3.2.1.7).

Нитраты не потребляются дрожжами, но восстанавливаются в нитриты, которые являются клеточным ядом и вызывают вялое брожение и плохое размножение дрожжей. Нитраты поступает главным образом из воды — чрезмерное внесение удобрений на полях, расположенных в зоне забора воды, может привести к повышенному содержанию в ней нитратов. Для дрожжей уже опасна их концентрация в размере 20 мг/л.

Немецкий Закон о чистоте пивоварения не допускает отдельного внесения питательных веществ. Напротив, при производстве пекарских дрожжей своевременное внесение аммонийных и других солей в условиях интенсивной аэрации приводит к огромному ускорению процесса их размножения (накопления биомассы). Это свидетельствует о том, что дрожжи активно образуют новое клеточное вещество, если в их распоряжении в достаточном количестве имеются все необходимые микро- и макроэлементы (прежде всего кислород).

4.1.3. Образование и расщепление побочных продуктов брожения

Во время брожения дрожжи выделяют в пиво целый ряд продуктов метаболизма, которые претерпевают количественные и качественные изменения, частично реагируя друг с другом. Побочные продукты брожения имеют решающее значение для качества готового пива, поэтому их образование и расщепление нужно рассматривать вместе с метаболизмом дрожжей. Вместе с тем оценивать эти продукты следует также с позиции пивовара, который с помощью известных технологических приемов должен пытаться поддержать их концентрацию в оптимальных пределах.

С этой точки зрения мы рассмотрим по отдельности образование и расщепление:

- диацетила;
- высших спиртов;
- эфиров;
- альдегидов;
- сернистых соединений.

Различают (см. рис. 4.3):

- **Вещества, формирующие букет молодого пива (диацетил, альдегиды, сернистые соединения).** Они придают пиву нечистый, зеленый, незрелый вкус и запах и при повышенной концентрации отрицательно влияют на качество пива. Эти вещества в ходе брожения и созревания могут быть удалены из пива биохимическим путем, в чем и состоит цель созревания пива.
- **Вещества, формирующие букет готового пива (высшие спирты, эфиры).** Они в значительной мере определяют аромат пива; их наличие в определенной концентрации является предпосылкой для получения качественного пива. Эти вещества, в отличие от первой группы, не могут быть удалены из пива технологическим путем.

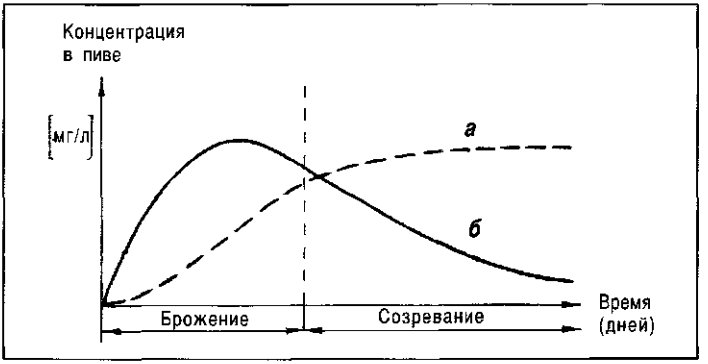


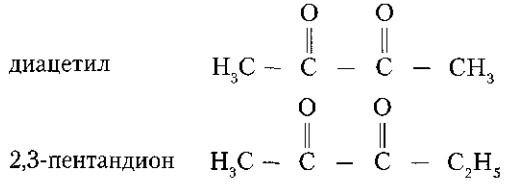
Рис. 4.3. Изменение концентрации побочных продуктов в ходе брожения и созревания:

а — вещества, формирующие букет готового пива;

б — вещества, формирующие букет молодого пива

4.1.3.1. Диацетил (вицинальные дикетоны)

Диацетил — важнейший фактор для образования букета молодого пива. При превышении порогового значения он придает пиву нечистый вкус — от сладкого до противного, а в очень больших концентрациях обладает ароматом масла. Аналогичные ощущения вызывает и пентандион, который обладает, правда, существенно большим пороговым значением вкуса. Эти вещества называются вицинальными дикетонами, так как обладают расположенными рядом кетогруппами:



Расщепление вицинальных дикетонов протекает параллельно другим процессам созревания и считается сегодня главным критерием созревания пива.

Формирование и расщепление вицинальных дикетонов протекает в три стадии.

Стадия 1: образование предшественников

В процессе метаболизма дрожжей образуются всего лишь предшественники вицинальных дикетонов. Эти предшественники не обладают вкусом или запахом и не обнаруживаются в пиве. **Ацетогидроксикислоты** возникают при синтезе аминокислот, который начинается с пировиноградной кислоты (пирувата), промежуточного продукта гликолиза (см. раздел 4.1.1), и выделяются дрожжами в бродящий субстрат. Их образование зависит от следующих факторов [34]:

штамм дрожжей; момент возникновения и количество возникших кислот являются специфическим признаком штамма дрожжей;

норма внесения дрожжей; повышенная норма внесения дрожжей приводит к усиленному образованию ацетогидроксикислот, но способствует быстрому и интенсивному расщеплению диацетила;

кислород; кислород приводит к повышенному образованию дрожжами ацетогидроксикислот.

Однако влияние этих факторов проявляется не настолько сильно, чтобы при помощи целенаправленных технологических приемов можно было эффективно влиять на содержание ацетогидроксикислот.

Стадия 2: превращение предшественников

Посредством окислительного декарбоксилирования из ацетогидроксикислот возникают вицинальные дикетоны диацетил и пентандион. Во внешней среде этот процесс протекает относительно легко и независимо от дрожжевой клетки. Его ускоряют:

пониженные значения pH; при pH 4,2–4,4 проходит быстрое превращение ацетогидроксикислот в вицинальные дикетоны; с повышением pH скорость падает;

повышенные температуры; при повышенной температуре превращение совершается еще быстрее;

доступ кислорода; попадание кислорода в пиво приводит к ускоренному образованию вицинальных дикетонов из их предшественников.

Скорость созревания пива зависит от скорости перехода ацетогидроксикислот в диацетил и пентандион.

Стадия 3: восстановление дикетонов

Дрожжевые клетки расщепляют диацетил и пентандион; отрицательное влияние этих веществ на вкус пива уменьшается. Расщепление происходит через восстановление по следующей схеме:

диацетил → ацетоин → бутандиол.

Бутандиол имеет очень высокое пороговое значение вкуса и в пиве не ощущается.

Расщеплению диацетила способствуют следующие факторы:

- во время брожения дрожжи обладают очень большой способностью к расщеплению диацетила; дрожжи способны восстановить в 10 раз больше дикетонов, чем их образуется во время брожения;

- способность восстанавливать диацетил остается постоянной во время брожения и постепенно падает при дображивании;
- разные штаммы дрожжей в способности расщеплять диацетил незначительно отличаются друг от друга;
- восстановление диацетила тесно связано с температурой и значительно возрастает с ее повышением (см. рис. 4.4);
- скорость распада диацетила сильно зависит от концентрации дрожжей в созревающем пиве;
- эта скорость зависит от факторов, которые способствуют или препятствуют интенсивному контакту созревающего пива и дрожжей. Перекачивание пива, сброс давления и т. п., все, что предотвращает оседание дрожжей, содействует распаду диацетила;
- добавление пива на стадии «низких завитков» ускоряет расщепление диацетила, так как восстанавливающая способность дрожжей во время размножения достигает максимума.

Предшественниками вицинальных дикетонов являются ацетогидроксикислоты. Существует взаимосвязь между содержанием имевшихся ацетогидроксикислот и количеством возникших дикетонов [111].

Из диаграмм, приведенных на рис. 4.5 и 4.6, ясно видно, что:

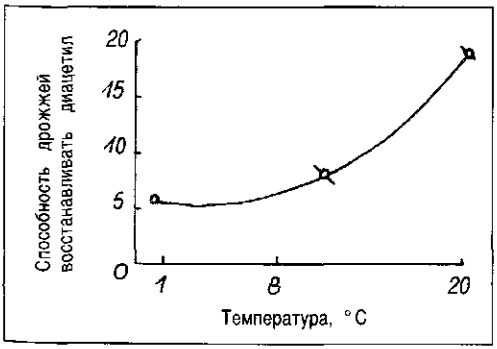


Рис. 4.4. Влияние температуры на восстановление диацетила дрожжами

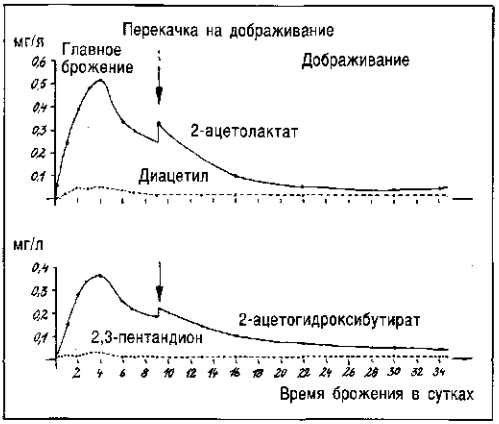


Рис. 4.5. Изменение содержания ацетогидроксикислот и вицинальных дикетонов в зависимости от времени [97]

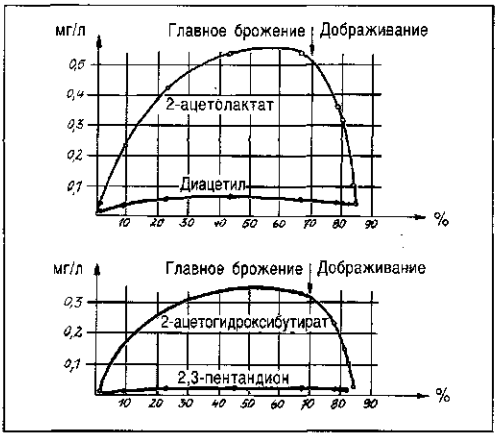


Рис. 4.6. Изменение содержания ацетогидроксикислот и вицинальных дикетонов в зависимости от видимой степени сбраживания пива [97]

- в первые дни главного брожения содержание ацетогидроксикислот очень быстро возрастает;
- из-за попадания кислорода во время перекачивания на дображивание содержание ацетогидроксикислот снова увеличивается;
- во время дображивания происходит окончательный распад ацетогидроксикислот и вицинальных дикетонов;
- с повышением степени сбраживания содержание ацетогидроксикислот и вици-

нальных дикетонов сначала возрастает, а затем, по мере дальнейшего увеличения степени сбраживания, уменьшается.

Это означает, что каждый случай попадания в пиво кислорода, например, при перекачивании на дображивание, приводит к повышению содержания в молодом пиве диацетила, который снова должен быть расщеплен дрожжами при брожении.

Рекомендации по проведению брожения.

- Содержание диацетила (вицинальных дикетонов) может рассматриваться как критерий степени созревания пива. При сокращении времени брожения и созревания большое значение приобретает контроль за содержанием диацетила.
- Должно произойти быстрое превращение ацетогидроксикислот в вицинальные дикетоны. Этому способствуют: ускоренное сбраживание до величины, близкой к конечной степени сбраживания, низкие значения pH, предотвращение возможности попадания кислорода, проведение брожения и созревания при высоких температурах (для пива низового брожения – до 18 °C).
- Для фазы созревания необходимы активные, живые дрожжевые клетки. Необходимо препятствовать оседанию дрожжей, используя известные приемы. Важна определенная концентрация активных, живых клеток.

Ориентировочное значение содержания общего диацетила (вицинальных дикетонов и их предшественников) в созревшем пиве должно составлять не более 0,1 мг/л.

4.1.3.2. Альдегиды (карбонилы)

Важнейшим альдегидом является ацетальдегид, который возникает как промежуточный продукт при спиртовом брожении (см. схему брожения). Ацетальдегид выделяется дрожжами в пиво в первые три дня брожения и вызывает **«зеленый» вкус молодого пива, имеющий привкус «подвала» или «подземелья»**.

В ходе дальнейшего брожения ацетальдегид расщепляется и вкус молодого пива исчезает.

В молодом пиве содержание альдегида составляет от 20 до 40 мг/л. В готовом пиве это значение падает ниже 8–10 мг/л.

Концентрация ацетальдегида возрастает:

- при интенсивном брожении;
- при росте температуры во время брожения;
- при повышенной норме внесения дрожжей;
- при увеличении давления в фазе главного брожения;
- при слишком низкой аэрации сусла;
- при инфицировании сусла.

Расщеплению образовавшегося альдегида способствуют:

- все приемы, ведущие к интенсивному дображиванию и созреванию;
- теплое созревание;
- достаточная аэрация сусла;
- повышенная концентрация дрожжей в фазе созревания.

4.1.3.3. Высшие спирты

В отличие от вицинальных дикетонов и альдегидов, *которые относятся к веществам-букетообразователям* молодого пива, компонентами вкуса и аромата готового пива являются высшие спирты или **«сивушные масла»**.

Существует несколько путей возникновения высших спиртов:

- дрожжи перестраивают аминокислоты сусла в высшие спирты через дезаминирование, декарбоксилирование и восстановление (см. раздел 4.1.2.2);
- образование высших спиртов может происходить через гидроксикислоты или кетокислоты;
- высшие спирты возникают также из сахара через ацетат.

80% высших спиртов возникает во время главного брожения; в фазе дображивания происходит лишь незначительное увеличение концентрации. Возникшие высшие спирты не могут быть удалены из пива посредством каких-либо технологических приемов, поэтому их содержание можно регулировать только на этапе брожения.

Факторы, влияющие на образование в пиве высших спиртов

Образование высших спиртов возрастает:

- при увеличении температуры брожения;
- при перемешивании молодого пива (например, мешалкой или насосом);
- при пониженной концентрации аминокислот в сусле;
- при интенсивной аэрации сусла;
- при многократном доливе сусла;
- при температуре внесения дрожжей выше 8 °С;
- при начальной экстрактивности сусла более 13 %.

Образование высших спиртов понижается:

- при повышенной норме внесения дрожжей;
- при низких температурах начального сусла;
- при более холодном ведении брожения;
- при исключении попадания кислорода в пиво уже после внесения дрожжей;
- при достаточно высоком количестве аминокислот в начальном сусле.

Концентрация высших спиртов свыше 100 мг/л ухудшает вкус и полезные свойства пива. Для светлого пива типа Фольльбир нормальным считается содержание 60–90 мг/л.

4.1.3.4. Эфиры

Эфиры являются важнейшими букетообразователями и во многом определяют аромат пива. При повышенной концентрации они могут придавать пиву неприятно горький, фруктовый вкус.

Эфиры образуются во время брожения благодаря этерификации жирных кислот и высших спиртов (в незначительной степени). Концентрация эфиров возрастает главным образом в фазе главного брожения. Увеличение концентрации в фазе созревания зависит от ведения дображивания; при длительном дображивании может произойти удвоение количества эфиров.

В пиве было выявлено содержание около 60 различных эфиров, из которых большое влияние на вкус и аромат пива имеют только шесть:

- этилацетат;
- изоамилацетат;
- изобутилацетат;
- β-фенилацетат;
- этилкапроат;
- этилкаприлат.

Содержание эфиров зависит от сорта пива и экстрактивности сусла.

- Пиво верхового брожения содержит до 80 мг эфиров/л.
- Пиво низового брожения содержит до 60 мг эфиров/л.

Какой уровень содержания эфиров в пиве является предпочтительней, до сих пор не ясно.

Легче всего можно повлиять на содержание эфиров через экстрактивность начального сусла. Содержание эфиров возрастает с увеличением экстрактивности сусла. С другой стороны, при применении высоких танков содержание эфиров в пиве снижается, так как оказывают свое влияние гидростатическое давление и CO_2 [33].

Между образованием эфиров и обеспечением дрожжей кислородом существует тесная взаимосвязь, так как кислород, помимо влияния на дыхание и брожение, оказывает влияние на синтез жиров: пока образуются жирные кислоты, синтеза эфиров не происходит. Таким образом, образование эфиров является очень сложным процессом, на который нелег-

ко повлиять. На образование эфиров оказывают влияние следующие факторы:

Образованию эфиров **способствует**:

- Увеличение экстрактивности сусла свыше 13 %;
- увеличение конечной степени сбраживания и степени сбраживания готового пива;
- усиленная аэрация сусла;
- *высокие температуры* брожения;
- активное перемешивание пива во время брожения и созревания.

Образование эфиров **уменьшается**:

- при низкой экстрактивности сусла;
- при низкой степени сбраживания;
- при слабой аэрации сусла;
- при низких температурах брожения;
- при возрастающем давлении во время брожения.

При производстве пива верхового брожения, особенно пшеничного, происходит образование особых ароматических веществ, которые придают пиву характерный аромат. Речь идет о таких веществах, как *4-винилгваяколь* и других соединениях, которые рассматриваются в главе 7.3.1.2.

4.1.3.5. Сернистые соединения

При метаболизме дрожжей возникают такие **летучие сернистые соединения**, как H_2S, меркаптаны и другие вещества, уже в очень малых концентрациях обладающие интенсивным вкусом и запахом.

При превышении пороговой концентрации этих веществ возникает незрелый вкус молодого пива.

Такой же вкус появляется у пива, инфицированного термобактериями, которые выделяют эти же продукты.

При брожении из серосодержащих аминокислот возникает ***сероводород***. Также могут привести к повышенному содержанию H_2S в сусле недостаток или потери ростовых веществ в дрожжах.

Сероводород летуч и частично удаляется во время брожения и созревания с поднимающимися пузырьками углекислоты. Вымывание происходит сильнее:

- с повышением температуры;
- с увеличением высоты столба жидкости.

Химическое и биохимическое превращение H_2S в пиве необходимо рассматривать как важнейший фактор брожения и созревания пива.

Меркаптаны являются тиоспиртами — соединениями, в которых OH-группа спирта заменяется SH-группой. Эти вещества могут ухудшать аромат пива в наибольшей степени и именно они несут ответственность за возникновение так называемого «засвеченного» привкуса.

Содержание меркаптанов возрастает до степени сбраживания 60–70%, а затем снова падает. При доступе кислорода меркаптаны окисляются в органолептически менее вредные дисульфиды.

Диметилсульфид (DMS). При теплом брожении вымывается больше DMS, чем при холодном. В случае противодавления вымывание замедляется. При продолжительном дображивании содержание DMS немного повышается. В общем, содержание DMS в готовом пиве соответствует содержанию DMS в начальном сусле.

4.1.3.6. Органические кислоты

Основное количество органических кислот пива возникает из аминокислот сусла в результате деятельности дрожжей: они отнимают у аминокислот аминогруппу ($-NH_2$), необходимую дрожжам для строительства клеточных белков, и выделяют в пиво дезаминированные органические кислоты. Таким образом, кроме высших спиртов, образующихся похожим образом, возникает целая палитра органических кислот, которые могут оказывать влияние на вкус пива.

4.1.3.7. Критерии оценки ароматических веществ пива по Миеданеру (Miedaner)

Вещество	Пределы концентраций, мг/л	Пороговое значение вкуса, мг/л	Ощущаемый аромат
Высшие спирты:			
2-метилпропанол	5–20	10–(200)*	Спирт
2-метилбутанол	10–20	10–(65)*	Спирт, растворитель
3-метилбутанол	35–70	30–(70)*	Спирт, бананы
2-фенил-этанол	10–20 (30–50)*	28–(125)*	Розы
Эфиры:			
Этиловый эфир уксусной кислоты	5–30	25–30	Фруктовый, леденцы
Бутиловый эфир уксусной кислоты	0,1	0,4–(1,6)**	Фруктовый, бананы
Изопентиловый эфир уксусной кислоты	0,5–2,5	1–1,6	Фруктовый, бананы
Этиловый эфир масляной кислоты	0,3	0,4	Папайя, яблоко
Этиловый эфир гексановой кислоты	0,1–0,3	0,12–0,23	Яблоко, фруктовый
Этиловый эфир додекановой кислоты	0,02	3,5	Мыльный, эфирный
Этиловый эфир молочной кислоты	0,1-0,5 (0,4–0,8)**	250	Фруктовый, земляника
Органические кислоты:			
Масляная кислота	0,2–0,6	1,2–2,2	Сырный, прогорклый
Изовалерьяновая кислота	0,5–1,2	1,5–1,6	Сырный, старый хмель
Октановая кислота	3–10	10–13	Масляной
Декановая кислота	0,8	10	Прогорклый
Додекановая кислота	0,1–0,5	6	Мыльный
Вицинальные дикетоны:			
Диацетил	0,1	0,10–0,15	Сладкий, приторный
Ацетоин	3	8–20	Фруктовый
Сернистые соединения:			
Диметилсульфид	0,03–0,12	0,10–0,12	Огурцы, затхлый

* В скобках даны значения для пшеничного пива.

** В скобках даны значения для технологии с биологическим подкислением.

Регулирование уровня побочных продуктов брожения:

- Для регулирования содержания в молодом пиве букетообразователей, относящихся к группам альдегидов и сернистых соединений, используются в основном те же технологические приемы, что и для вицинальных дикетонов.
- В процессе брожения и созревания должны накопиться определенные количества букетообразователей готового пива.
- На содержание эфиров в пиве в большей степени оказывает влияние качества сусла, на содержание высших спиртов — сам ход процесса.

4.1.4. Другие процессы и превращения

Кроме образования побочных продуктов, во время брожения происходят другие процессы

и превращения, которые тоже имеют большое значение. Это:

- изменения состава белковых веществ;
- понижение pH;
- изменение окислительно-восстановительного потенциала пива;
- понижение цветности пива;
- выделение горьких и дубильных веществ;
- растворение CO_2 в пиве;
- осветление пива.

4.1.4.1. Изменения азотистого состава

Дрожжи ***выделяют во время брожения и созревания часть азотистых веществ в виде аминокислот и низкомолекулярных пептидов.*** Эти процессы делятся на две части:

процесс выделения веществ из клетки после завершения главного брожения и поступление веществ из клетки из-за необратимого разложения клеточных веществ клеточными ферментами.

Питательные вещества в основном закончились. Клетка жива, но все процессы протекают слабее. Клетка начинает выделять вещества, способствующие, в определенных рамках, округлению и формированию полноценности вкуса. Эту роль играют аминокислоты, пептиды, витамины, фосфаты, гликопротеины и ферменты.

Изменение вкуса можно рассматривать как важнейший момент созревания пива, и поэтому даже в случае долгого дображивания после снятия дрожжей слишком раннее их удаление может привести к «пустому» и «сухому» пиву.

Процессы выделения веществ из клетки из-за необратимого разложения клеточных веществ ферментами клетки приводят к саморастворению **(автолизу)** дрожжевой клетки (см. раздел 4.4.4). В случае автолиза качественные параметры пива падают, а именно:

- отчетливо ухудшается вкус в сторону дрожжевого, чужеродного креозотного привкуса;
- pH повышается за счет выделения основных аминокислот;
- изменяется цветность пива;
- ухудшается биологическая и коллоидная стойкость;
- падает стойкость пены;
- горечь становится шире, появляется остаточная горечь;
- содержание диацетила возрастает из-за недостаточности процессов восстановления;
- в большом количестве появляется инфицирующая микрофлора;
- падает вкусовая стабильность из-за снижения восстановительных процессов;
- возникают проблемы с фильтрованием.

Так как около 70% выделяющихся азотистых веществ присутствуют в пиве в форме аминокислот, то по значительному увеличению аминного азота можно контролировать начало автолиза.

4.1.4.2. Понижение pH

Величина pH во время брожения значительно падает:

- с 5,3–5,6 единиц в готовом сусле или 5,0–5,3 в случае биологического подкисления;
- до 4,2–4,6 в готовом пиве.

pH особенно заметно уменьшается при забраживании и в логарифмической фазе роста дрожжей из-за:

- образования органических кислот через дезаминирование;
- потребления дрожжами первичных фосфатов;
- использования дрожжами ионов аммония ($-NH_2$);
- поглощения дрожжами ионов калия и выделения в пиво ионов водорода.

В ходе брожения pH медленно снижается и наконец становится постоянным.

Повышение значения pH указывает на начинающийся автолиз дрожжей.

Величина pH оказывает существенное влияние на качество пива. В готовом пиве стремятся получить pH 4,2–4,4. Значение pH ниже 4,4 способствует:

- выделению коллоидно-нестабильных белково-дубильных соединений;
- созреванию;
- улучшению вкуса пива;
- является предпосылкой для лучшей биологической стойкости пива.

Более низкие значения pH (особенно ниже 4,1) приводят к появлению у пива кислого вкуса. Не допускается подкисление пива с помощью развития в течение брожения и созревания микробиологической инфекции.

Понижению pH способствуют следующие факторы:

- умягчение воды, используемой для производства пива (остаточная щелочность ниже 5 °d;
- биологическое подкисление затора и сусла;
- повышение конечной степени сбраживания;
- минимальная разница между конечной степенью сбраживания и степенью сбраживания пива;
- недопущение автолиза;
- высокое качество сусла и специальные приемы, обеспечивающие хорошее размножение дрожжей;
- интенсивное брожение (повышение температуры и нормы внесения дрожжей).

4.1.4.3. Изменение окислительно-восстановительного потенциала

Под окислительно-восстановительным потенциалом (редокс-потенциалом) понимают меру окислительно-восстановительной способности раствора. Важнейшее изменение в сусле при брожении – увеличение восстанавливающей способности пива. Увеличение восстанавливающей способности пива тесно связано с потреблением дрожжами растворенного в сусле кислорода.

Мерой для редокс-потенциала в пиве считается:

- величина rH (отрицательный логарифм парциального давления водорода);
- ITT-индекс (Indikator-Time-Test по Грею (Gray) и Стоуну (Stone)) или
- содержание кислорода в пиве.

rH и ITT-индекс при брожении существенно снижаются:

	rH	ITT
Сусло	20–30	250–500
Молодое пиво	8–12	70–200

Содержание кислорода в сусле после внесения дрожжей быстро падает и достигает в лагерном танке значения 0,00–0,01 мг O_2/л пива. Ниже будет показано, что на стадии розлива очень трудно сохранить содержание кислорода на таком же низком уровне.

Низкая величина rH пива может быть достигнута в ходе брожения и созревания благодаря:

- применению закрытых танков;
- интенсивному, активному брожению;
- исключению возможности попадания кислорода в пиво после внесения дрожжей в сусло.

4.1.4.4. Изменение цветности пива

В первые три дня брожения цветность пива уменьшается примерно на три единицы ЕВС. Это вызвано:

- понижением цветности некоторых веществ из-за падения величины pH;
- адсорбцией на дрожжевой клетке или выделением в пену и осадок красящих веществ.

4.1.4.5. Выделение горьких и дубильных веществ

Часть коллоидно-растворенных горьких и дубильных веществ благодаря понижению pH во время брожения оказывается в области своей изоэлектрической точки и выделяется из пива либо на пузырьках CO_2 (поскольку эти вещества являются поверхностно-активными), либо

посредством адсорбции на белках и дрожжевых клетках.

Неизомеризованные α-кислоты исчезают из пива, так как они практически нерастворимы при pH ниже 5,0 и температуре ниже 10 °C.

Часть изогумулона выделяется в деку, поскольку изокислоты очень поверхностно-активны. Они накапливаются на поднимающихся пузырьках CO_2 и выносятся на поверхность. Образующаяся на поверхности пена, называемая завитками, содержит выделившиеся вещества. При открытом брожении эти завитки снимаются в конце главного брожения (они превращаются в остаточную деку), а при закрытом — опадают с переходом части выделившихся веществ снова в раствор.

В ЦКТ 20% объема танка должно быть предусмотрено для подъема пены.

При классическом брожении и созревании от горечи холодного сусла (=100%)

- **теряется 25–30%, при этом 70–80% от этого количества уходит до конца главного брожения;**
- **до 50% горечи теряется при теплом брожении.**

4.1.4.6. Насыщенность пива CO_2

Насыщенность пива CO_2 является важнейшим качественным критерием.

В хорошо освежающем пиве с хорошей пеной концентрация CO_2 составляет от 0,45 до 0,50%.

От возникающей в пиве при брожении углекислоты ее остается в растворенном состоянии только около 15%; большая часть углекислоты улетучивается, улавливается и повторно используется после прохождения через установки рекуперации.

Растворимость CO_2 в пиве зависит:

- **от температуры**; с повышением температуры растворимость падает;
- **от давления**, которое существует над жидкостью; растворимость возрастает пропорционально давлению (см. раздел 4.3.5.1).

4.1.4.7. Осветление и коллоидная стабилизация пива

Последняя фаза созревания преследует цель осветления пива, улучшения его фильтруемости и повышения коллоидной стабильности (см. раздел 4.6.2.2).

Критерием осветления пива служит концентрация дрожжей на входе в фильтр, которая должна быть ниже 2×10^6 клеток/мл пива.

На осветление пива оказывают влияние:

- **интенсивное забраживание и, как следствие, сильное понижение pH;**
- **количество и свойства веществ, образующих помутнение;**
- **содержание β-глюканов в пиве;**
- **температура пива** (своевременное глубокое охлаждение);
- **интенсивность дображивания** (движение пива);
- **величина pH пива** (pH 4,2–4,4 способствует осветлению пива);
- **форма лагерного танка и высота жидкости** (чем меньше высота жидкости, тем лучше осветление);
- **длительность осветления** (1–2 недели при температуре от 0 до –1 °C);
- **вязкость пива.**

4.1.5. Влияние на дрожжи различных факторов

В периоды разведения чистой культуры, брожения и созревания, хранения дрожжей до следующего использования, на дрожжевую клетку могут оказывать неблагоприятное воздействие различные факторы. Они могут тормозить метаболизм или даже привести к ее гибели. Такие факторы являются стресс-факторами и приводят к различным нарушениям в обмене веществ дрожжей [177]. К стресс-факторам относятся:

Высокая экстрактивность сусла

При сбраживании сусла с высокой экстрактивностью зачастую возникают проблемы, так как концентрация сахара слишком высока,

а содержание аминокислот в пиве недостаточно. Замедление брожения можно устранить только внесением новых дрожжей или добавкой сбраживаемого сусла с дрожжами в логарифмической фазе роста (пива на стадии высоких завитков).

Высокая концентрация этанола

При производстве «нормального» пива низового брожения дрожжи без проблем образуют 4,7–5,0% об. спирта. Большинством штаммов дрожжей также без труда сбраживает сусло до содержания спирта 6–7% об.; при более высокой концентрации спирта возникают большие трудности.

На метаболизм дрожжевой клетки спирт оказывает следующее воздействие:

- препятствует увеличению размеров клетки;
- убивает клетки;
- замедляет брожение.

С ростом концентрации спирта содержание некоторых жирных кислот в фосфолипидной мембране клеточной стенки существенно изменяется, что отрицательно отражается на качестве пива.

С высокой концентрацией спирта существует не очень много сортов пива. Наивысшим содержанием спирта — 15% об. обладает французский сорт «Вельзевул» (Belzebuth), но эта величина достигается путем применения специальных дрожжей и особых приемов.

Микроэлементы

В ином сусле содержание цинка настолько невелико, что нельзя гарантировать активное брожение. Нижним пределом для нормального брожения считается 0,12 мг цинка/л сусла.

Так как большая часть цинка остается в дробине, то чтобы повысить содержание цинка в сусле до этой минимальной величины необходимо искать какой-то выход (см. раздел 3.2.1.7).

Наличие кислорода

Для нормального размножения дрожжи нуждаются в кислороде. При наличии кислорода образуются незаменимые липиды и ненасыщенные жирные кислоты, идущие на строительство клеточного вещества. Если сусло не аэрировалось или недостаточно аэрировалось, то:

- дрожжи испытывают нехватку этих веществ;
- стадия размножения завершается раньше времени;
- возникают нарушения брожения, удлиняется срок брожения;
- значительно возрастает количество мертвых клеток.

Поэтому крайне важно контролировать в начале брожения наличие кислорода в сусле. Нижней границей считается 8–10 мг O_2/л сусла. Можно исходить из того, что внесенный кислород будет использован в течение нескольких часов и не окажет вредного воздействия на вкусовую стабильность пива.

Низкие температуры

Температуры, применяемые при низовом брожении, находятся существенно ниже температурного оптимума для ферментов дрожжей. Уже при разведении чистой культуры используют ступенчато понижающиеся температуры, которые все больше и больше соответствуют будущим температурам брожения.

Когда дрожжи без подготовки вносят в холодное сусло или сильно охлаждают, они «испытывают шок» и начинают выделять во внешнюю среду аминокислоты и нуклеотиды. Размножение их замедляется или совсем прекращается, и брожение затягивается или полностью останавливается.

Дрожжи очень чувствительны к скачкообразному понижению температуры (холодный шок).

Повышенные температуры

«Шок» от нагрева возникает у дрожжей при кратковременном повышении температуры до 37–40 °C. При этом начинается активный синтез определенных протеинов [177], но через несколько часов метаболизм возвращается к нормальному состоянию.

В обычных методах производства пива «шок» от нагрева никак не используется.

Повышенное давление

При брожении под давлением в танке с помощью шпунт-аппаратов поддерживается избыточное давление от 0,2 до 1,8 бар, благодаря чему в пиве повышается концентрация CO_2. При этом на дрожжи действуют стрессовые

факторы — не только повышенное статическое давление, но и возросшее парциальное давление CO_2.

Из-за возросшей концентрации CO_2 замедляется восстановление собственных веществ клеток дрожжей. При этом расщепление этих веществ тоже замедляется, но не в такой степени, как их восстановление. Это позволяет сбраживать сусло при сравнительно высоких температурах, причем типичные для сильного размножения ароматические компоненты (такие, как эфиры и высшие спирты) образуются слабее.

Все вышесказанное свидетельствует о существовании целого ряда стрессовых факторов, из-за которых могут возникать более или менее сильно выраженные отклонения в нормальном ходе брожения.

4.1.6. Флокуляция дрожжей (хлопьеобразование)

Незадолго до завершения главного брожения дрожжевые клетки начинают собираться вместе, флокулировать. Они образуют хлопья и быстро оседают на дно (седиментируют). Эти свойства у различных рас дрожжей выражены по-разному.

Существуют:

- ***пылевидные дрожжи***, которые почти не образуют хлопьев;
- ***хлопьевидные дрожжи***, у которых способность образовывать хлопья выражена сильнее.

Способность образовывать хлопья — расовый признак дрожжей. Его нельзя изменить, но иногда (при дегенерации) хлопьевидные дрожжи могут превращаться в пылевидные.

Причины, обусловливающие хлопьеобразование, точно не известны. Способность образовывать хлопья

- является генетическим признаком, и зависит, по крайней мере, от 11 генов [205];
- на нее оказывают влияния определенные факторы пива (температура, катионы, pH, давление и т.д.).

Однако о том, как и какие факторы должны действовать, чтобы вызвать флокуляцию дрожжей, сведений нет. Существенное влияние играет клеточная стенка дрожжей, обладающая сложным строением (см. раздел 1.4.1) и способствующая флокуляции дрожжей, образуя связи между клетками. Пивовар не может влиять на ход хлопьеобразования. У него есть единственная возможность — правильно выбрать расу дрожжей.

Хлопьеобразование может проходить относительно быстро или затягиваться. Оно влияет на ряд процессов, например:

- на достигаемую степень сбраживания;
- на снятие дрожжей;
- на осветление пива;
- на длительность рабочего цикла фильтра.

4.2. Разведение чистой культуры дрожжей

Дрожжи, необходимые для проведения брожения, могут быть получены при разведении чистой культуры дрожжей.

Принцип разведения чистой культуры состоит в том, что активные дрожжевые клетки изолируют и размножают в стерильных условиях так долго, пока их количества не хватит для использования в стандартной бродильной емкости.

При разведении чистой культуры различают три стадии:

1. ***Получение пригодных дрожжевых клеток;***
2. ***Разведение чистой культуры в лаборатории до количества 5–10 л молодого пива в стадии высоких завитков;***
3. ***Размножение чистой культуры на производстве до количества, вносимого в сусло при нормальных условиях.***

Но прежде всего следует упомянуть о факторах, определяющих размножение дрожжей.

4.2.1. Факторы, определяющие размножение дрожжей

Цель размножения чистой культуры дрожжей состоит в том, чтобы за кратчайшее время подготовить в стерильных условиях задаточные дрожжи с правильным метаболизмом, которые обеспечат нормальное брожение и хорошее качество пива. При этом решающее зна-

чение приобретают правильная обработка дрожжей и их разведение.

Для размножения дрожжей необходимы три фактора: наличие кислорода, аминокислот и микроэлементов.

Наличие кислорода

Важнейший фактор, влияющий на размножение дрожжей, — наличие кислорода. Благодаря начавшемуся дыханию дрожжи получают возможность активизировать обмен веществ и размножаться. Однако наличие сахара в среде препятствует дыханию и побуждает к брожению (эффект Кребтри (Crabtree), см. раздел 4.2.1.1), в связи с чем нельзя усилить размножение дрожжей, все более увеличивая аэрацию.

С возникновением клетки начинается строительство и сохранение фосфолипидов, являющихся главными компонентами двойной клеточной мембраны. Благодаря кислороду часть жирных кислот переводится в ненасыщенные жирные кислоты, обладающие более низкой точкой плавления и благоприятствующие лучшему проникновению веществ сквозь мембрану.

Кислород необходим и для синтеза стеринов. Синтез стеринов, с одной стороны, тесно связан с ростом дрожжей, а с другой — с обогащением клетки гликогеном.

Между синтезом липидов и эфиров существует обратная зависимость: пока образуются липиды (при наличии кислорода), не происходит возникновения эфиров.

Наличие аминокислот и микроэлементов

Содержащихся в сусле аминокислот и минеральных веществ достаточно для брожения, но когда дрожжи размножаются, они нуждаются в гораздо большем количестве аминокислот и микроэлементов. Этих веществ не хватает, так что даже при очень интенсивной аэрации размножение прекращается при достижении концентрации примерно в 100 млн дрожжевых клеток/мл среды. Лимитирующим фактором является, в первую очередь, содержание аминокислот в сусле (200–240 мг/л), из которых не все могут ассимилироваться дрожжами (например, пролин).

Требования к суслу и задаточным дрожжам

К суслу предъявляются следующие требования.

Сусло, в которое вносятся дрожжи (начальное сусло), должно:

- быть осахаренным;
- соответствовать по цвету и составу желаемому типу пива;
- содержать, по меньшей мере, 8–10 мг O_2/л,
- содержать, по меньшей мере, 0,15 мг цинка/л;
- иметь вязкость, максимум, 1,7 м Па • с (в пересчете на 10%-ное сусло);
- pH — от 5,0 до 5,20;
- не быть инфицированным.

Задаточные дрожжи должны быть получены при разведении того штамма, который позволяет достичь желаемого вкуса пива. Кроме того, дрожжи должны:

- быть жизнеспособными;
- ни в коем случае не содержать инфицирующую микрофлору или дикие дрожжи;
- содержать не более 3% мертвых клеток;
- обладать густой консистенцией.

4.2.2. Выделение пригодных дрожжевых клеток

Для разведения чистой культуры используют клетки тех штаммов дрожжей, которые хорошо зарекомендовали себя в опытах. Изоляция дрожжевых клеток осуществляется в стадии высоких завитков. По методу Линднера (Lindner) капли с одиночными дрожжевыми клетками изолируются под микроскопом (капельная культура Линднера). Изолируют много таких отдельных культур и дают им развиваться при температуре 8–10 °C, то есть при тех же температурах, при которых дрожжи бродят в бродильном отделении. Под микроскопом можно наблюдать различные стадии роста дрожжевых клеток и отобрать самую сильную колонию. Эта культура промокается стерильной полоской из фильтрованной бумаги, помещается в пробирку, наполненную 5 мл стерильного сусла, размножается и переливается в следующую колбу при соотношении объемов 1:10.

Если дрожжевая культура не используется сразу, то клетки хранятся на твердой питательной среде, чаще всего на сусло-агаре. Культура на косом агаре хранится под слоем парафинового масла, защищающего ее от вы-

сыхания, в течение 6–9 месяцев при температуре 0–5 °С (дрожжевой банк).

4.2.3. Разведение чистой культуры в лаборатории

Для разведения чистой культуры в лаборатории используется пробирка с 5 мл сусла, в которой уже находится колония дрожжей.

Размножение (пропагация) дрожжей происходит далее таким способом, что содержимое колбы переливается на стадии высоких завитков в следующую колбу, с объемом в 10 раз большим, чем у предыдущей колбы.

Колба №	1	2	3
Объем колбы	10 мл	100 мл	1000 мл
Объем стерильного сусла	5 мл	50 мл	500 мл
Объем культуры	—	5 мл	55 мл
Общее количество	5 мл	55 мл	555 мл

Начиная с объема 10 л применяются металлические (из хромоникелевой стали) сосуды, называемые ***колбами Карлсберга***. Обычно используют:

- маленькие колбы Карлсберга емкостью 8–10 л;
- большие колбы Карлсберга емкостью 20–25 л.

Колба Карлсберга (рис. 4.7) герметично закрыта резьбовым соединением с уплотнением (4, 5).

Большинство колб оснащены ручкой (*6*) для облегчения переноса колбы, фильтром для стерилизации воздуха (*1*) и пробоотборником (*2*) или гибкой трубкой для наполнения/опорожнения колбы с шланговым зажимом. Гибкая трубка связана с подъемной трубкой, доходящей до дна емкости. Колба стерилизуется вместе с суслом. После охлаждения до температуры внесения дрожжей происходит пересев культуры. Для этого большинство колб оснащено специальным штуцером с резиновой мембраной (*3*), через которую с помощью шприца впрыскивается 100–200 мл культуры.

Стерильный воздух подводится к пробоотборнику (*2*) и подается по подъемной трубке в сусло снизу; это стимулирует размножение дрожжей.

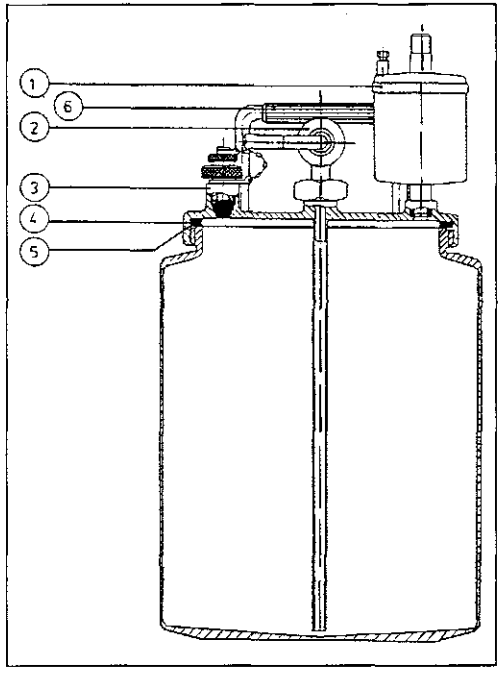


Рис. 4.7. Колба Карлсберга:

1 — фильтр для стерилизации воздуха; 2 — проотборник; 3 — штуцер для пересева культуры с резиновой мембраной; 4, 5 — уплотнение резьбового соединения; 6 — ручка для переноса

Когда достигается желаемая концентрация клеток, через воздушный фильтр в колбу подводится воздух под давлением, и колба опорожняется через подъемный трубопровод и пробоотборник.

Дальнейшее разведение дрожжей проходит на производстве, так как транспортировка большого количества сусла в лабораторию затруднена.

4.2.4. Разведение чистой культуры на производстве

Дальнейшее размножение дрожжей происходит на производстве

- ***в установках чистой культуры*** или
- ***при открытом разведении.***

При выращивании чистой культуры каждая клетка должна многократно увеличить

свою клеточную массу. В конце размножения на каждый миллилитр чистой культуры приходится от 100 до 140 млн клеток. Для выполнения такой огромной работы дрожжам, кроме питательных веществ, прежде всего необходим кислород, так как:

- для строительства органических веществ необходима энергия;
- дрожжи могут получать энергию только при дыхании; энергии, выделяющейся при брожении, для строительства недостаточно;
- для дыхания дрожжам необходим кислород, но так как избыточное содержание сахара все равно тормозит дыхание, подавать чрезмерно большое количество воздуха не имеет смысла;
- чтобы быть доступным для всех клеток, кислород должен быть хорошо диспергирован в среде;
- необходимо работать с избытком воздуха, но помнить о том, что каждый пузырек, который поднимается слишком быстро, не успевает передать в сусло (путем диффузии) большое количество кислорода, и это приводит к вспениванию среды.

4.2.4.1. Установки для выращивания чистой культуры дрожжей

Установки для выращивания чистой культуры состоят из закрытых емкостей различных размеров (материал — хромоникелевая сталь), в которых дрожжи размножаются до тех пор, пока их количества не будет достаточно для внесения в стандартный чан или танк. Существует несколько способов выращивания чистой культуры дрожжей на производстве.

В одном из вариантов установка для выращивания чистой культуры состоит из **стерилизатора сусла**, в котором сусло стерилизуется и снова охлаждается, и **танков для размножения дрожжей (пропагаторов)** различных размеров, в которых дрожжи последовательно размножаются, пока их количество не достигнет величины, достаточной для внесения в ЦКТ.

Для выращивания чистой культуры дрожжей важны следующие условия:

- Вплоть до танка размножения дрожжей должна соблюдаться стерильность. Попавшие инфицирующие микроорганизмы уже невозможно удалить какими-либо дополнительными мерами, так как они имеют те же условия существования, что и дрожжи.
- Главной предпосылкой для быстрого роста дрожжей и получения здоровой, активной культуры является интенсивная аэрация стерильным воздухом.
- При температуре 20–25 °С дрожжи размножаются гораздо быстрее, чем при более низких температурах. Однако для того чтобы дрожжи смогли нормально сбродить сусло при приготовлении пива, в ходе выращивания чистой культуры необходимо температуру постепенно приближать к значениям, используемым на производстве.
- Для разведения чистой культуры используют готовое охмеленное сусло, так как горькие вещества хмеля оказывают на посторонюю микрофлору тормозящее воздействие.

Процесс состоит из следующих операций:

- Стерилизатор наполняется суслом; сусло выдерживается минимум 30 мин при температуре 100 °С, чтобы убить все микроорганизмы. Затем сусло охлаждается до 14–16 °С.
- Дрожжи вносятся в танк размножения. Если используется несколько танков различной величины, то в стерильных условиях дрожжи сначала передаются из колбы Карлсберга в самый маленький танк. Предварительно на пробном кранике обжигаются оба отверстия, чтобы исключить любую возможность инфекции. Важно, чтобы сусло было хорошо проаэрировано — это ускоряет размножение дрожжей. Для этого необходимый объем сусла перекачивается из танка предварительной стерилизации в танк размножения дрожжей, после чего сусло начинает циркулировать и одновременно происходит аэрация (рис. 4.8). Нужный объем сусла отмеряется с помощью весоизмерительного прибора — тензорезисторного датчика.
- Через сутки (через 24–36 ч) наступает стадия высоких завитков (логарифмическая фаза роста дрожжей), и весь объем бродящего сусла перекачивается в стерильных

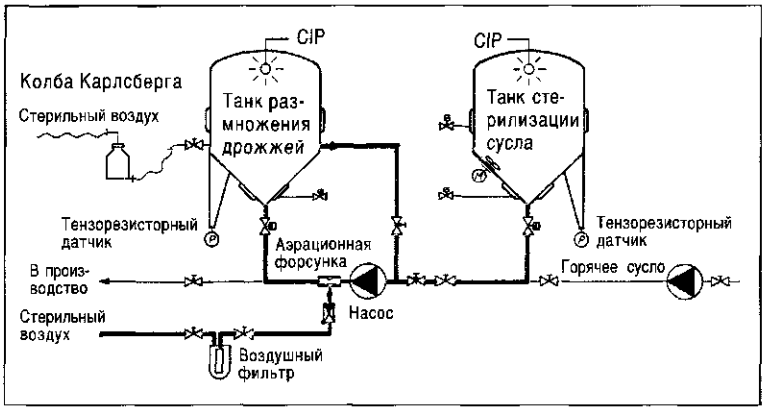


Рис. 4.8. Установка для выращивания чистой культуры дрожжей Conti-Prop (фирмы Esau & Hueber)

условиях в следующий по величине танк, наполненный стерильным проаэрированным суслом. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не накопится нужное количество дрожжей.

- Когда в последнем танке достигается максимально возможный объем среды, бродящее молодое пиво на стадии высоких завитков перекачивается в танк для брожения. При этом, чтобы гарантировать оптимальный забел пива, происходит еще одна интенсивная аэрация.
- В танке для размножения остается остаток сусла на стадии высоких завитков, к которому тотчас добавляется стерильное сусло, и весь процесс начинается заново. Для мойки танк полностью опорожняется.

Благодаря такой форме **«долива»** на производстве появляется возможность стабильно в короткие промежутки времени получать чистую культуру постоянного качества (рис. 4.9) [63, 107].

Идеальный вариант — это получение производственных дрожжей в активном состоянии для каждой варки. Выше уже говорилось, что использование дрожжей, находящихся в логарифмической фазе роста, дает много преимуществ [99], а именно:

- **быстрое забраживание;**
- **уменьшение времени брожения;**
- **стремительное падение pH;**
- **быстрое и значительное расщепление диацетила;**
- **чистый, округленный вкус пива.**

На производстве существуют две возможности выращивания дрожжей:

- часть чистой культуры в логарифмической фазе оставляют в танке и смешивают с новым суслом; таким образом работают с «депозитом» дрожжей *(ассимиляционный способ);*
- новые дрожжи всегда выводят из новой культуры; при этом практикуют «полное опорожнение танка» *(способ разведения дрожжей в одном танке).*

4.2.4.2. Ассимиляционный способ

При ассимиляционном способе по Баку (Back) сусло сбраживается дрожжами в ассимиляторе при поддержании определенных условий, влияющих на рост (температура, кислород, pH, экстрактность сусла). Ассимилятор представляет собой вертикальный танк с цилиндроконическим или эллиптическим днищем, оснащенный обычной арматурой (предохранительный клапан, вакуумный клапан, моющие головки и т.п.) (рис. 4.9).

Когда в ассимиляторе накоплено достаточно большое количество бродящего сусла с дрожжами, находящимися в логарифмической фазе роста (100–120 млн клеток/мл) и видимым экстрактом (E_s) 6–7%, 80–85% содержимого танка откачивается и используется для внесения в обычный танк.

15–20% содержимого остается в ассимиляторе в виде закваски и смешивается с суслом такой же температуры [203, 204]. Дрожжи, находящиеся в логарифмической фазе роста, сно-

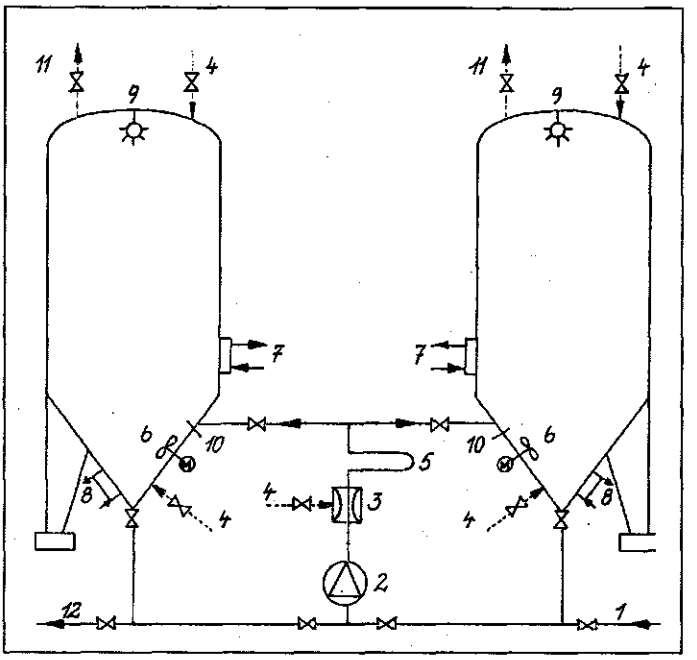


Рис. 4.9. Оптимизированное разведение дрожжей (по Баку (Back)):

1 — вход сусла; 2 — насос с частотным регулированием; 3 — сопло Вентури; 4 — стерильный воздух; 5 — участок растворения кислорода; 6 — мешалка для аэрирования; 7 — охлаждение; 8 — нагрев; 9 — CIP; 10 — участок измерения O_2, pH экстрактивности; 11 — CO_2; 12 — дрожжи

ва сбраживают в сусло в заново наполненном танке до видимого экстракта (E_s) 6–7%, и процесс повторяется снова и снова (рис. 4.9а).

В этом процессе управляемыми параметрами являются:

- соотношение сброженного и несброженного сусла при наполнении танка;
- видимый экстракт;
- температура;
- аэрация.

Аэрация осуществляется в режиме 1–2 мин через интервал в 8–9 минут. Воздух подается через обычный тройник; затем смесь воздуха и сусла проходит участок растворения длиной 2–3 м. Температура поддерживается на 4–5 °С выше температуры брожения, применяемой на производстве.

Обычно, чтобы ограничить чрезмерное вспенивание, работают со слабой подачей воздуха.

При этом способе получают много дрожжей, что в конечном итоге приводит к увеличению количества съемных дрожжей и дрожжевого пива, которое необходимо отделять от дрожжей. При этом повышаются расходы, которые можно снизить, если работать не только на ассимилированных дрожжах, а на их смеси с маточными, уже ранее использованными дрожжами (40/60 или 50/50).

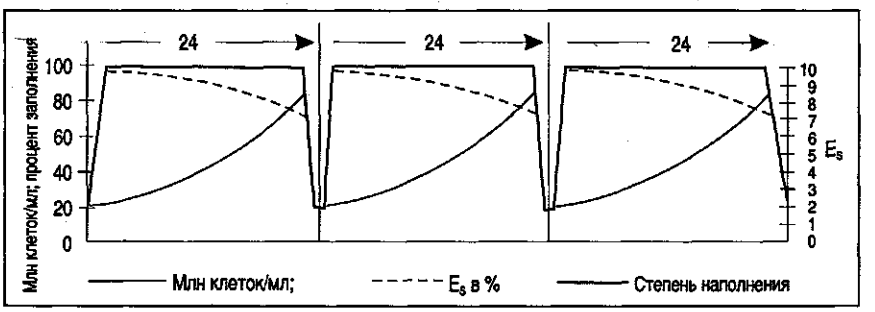


Рис. 4.9а. Принцип работы ассимилятора

Преимущества ассимиляционного способа заключаются в следующем [99, 203]:

- короткие сроки получения чистой культуры, пригодной для внесения в обычный танк;
- заметное снижение мертвых клеток ниже уровня 3%;
- возможность снизить концентрацию дрожжей при внесении в сусло до 10–15 млн клеток/мл;
- более низкий уровень pH (на 0,1 единицу);
- сокращение времени восстановления диацетила;
- сокращение времени брожения и созревания на 1 день;
- отчетливое улучшение биологической стойкости пива еще до фильтрации;
- улучшение качества.

К этому надо добавить экономию электроэнергии, кизельгура, воды/сточных вод и избыточных дрожжей [203].

4.2.4.3. Способ разведения дрожжей в одном танке

При этом способе по Вакербауэру (Wackerbauer) [182, 202] чистая культура из колбы Карлсберга размножается в одном танке так долго, пока ее количества не будет достаточно для внесения в обычный танк для брожения. При этом способе никаких дрожжей в танке не остается, и каждое разведение начинается с колбы Карлсберга, содержимое которой в стерильных условиях передавливается в пропагатор.

Пропагатор (рис. 4.10) представляет собой цилиндроконический танк (*1*), который снабжен рубашкой (*4*), служащей для подвода пара и охлаждающей среды (ледяная вода или гликоль). Кроме обычных вакуумных и предохранительных клапанов танк оборудован моющими головками. Стерильный воздух подается через аэрационную насадку

Проведение процесса

Танк наполняется суслом наполовину. Сусло стерилизуется в течение 15 минут и охлаждается до 20 °С, затем вносят чистую культуру. По аэрационной насадке подается стерильный воздух:

- в первый день — 1 минуту через интервал в 15 мин;
- во второй день — 1 минуту через интервал в 5 мин.

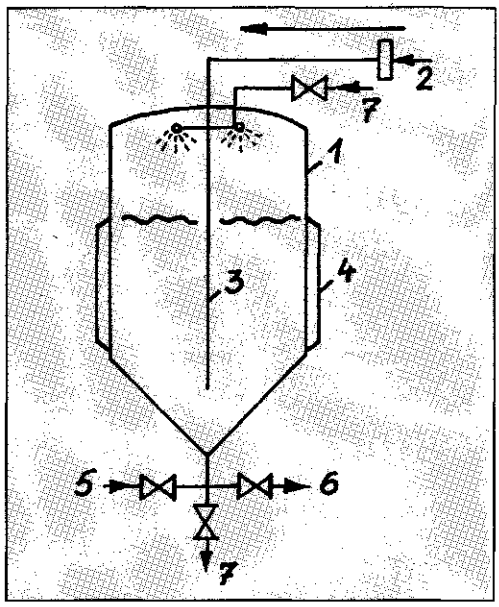


Рис. 4.10. Способ разведения дрожжей в одном танке по Вакербауеру (Wackerbauer):

1 — танк чистой культуры; 2 — подача стерильного воздуха; 3 — аэрационная насадка; 4 — рубашка для нагрева и охлаждения; 5 — подача сусла; 6 — подача дрожжей в ЦКТ; 7 — линия CIP

Такой вариант аэрации объясняется тем, что в первый день дрожжам необходимо не так много кислорода, как во второй, когда дыхание и брожение уже усилились.

Одновременно аэрация приводит к сильному перемешиванию бродящей среды. Дрожжи постоянно находятся во взвешенном состоянии, что благоприятно отражается на их активности.

Особое значение в этом способе придается стерилизации сусла и аэрационного воздуха перед пересевом дрожжей, чтобы исключить любую возможность инфекции.

При пересеве дрожжей используются следующие соотношения:

из колбы предварительного разведения в колбу Карлсберга	1:200
из колбы Карлсберга в пропагатор	1:250–300
для внесения в 500 гл сусла	1:20.

Через 2,5–3 дня разведения чистой культуры будет накоплено достаточно дрожжей для внесения в 1 варку.

Объем танка чистой культуры (гл) рассчитывается следующим образом:

Объем танка = (Объем варки (гл) · 2)/20.

Непрерывная аэрация стерильным воздухом приводит к быстрому размножению дрожжей. Преимущества данного способа заключаются в следующем [182, 202]:

- благодаря постоянной аэрации можно за короткое время получать исключительно чистые и активные дрожжи;
- благодаря отсутствию соединительных трубопроводов значительно снижается опасность попадания посторонней микрофлоры;
- так как танк чистой культуры после каждого цикла засевается заново, исключена возможность дегенерации дрожжей;
- способ выращивания дрожжей в одном танке более дешев и подкупает своей простотой.

4.2.4.4. Выращивание дрожжей открытым способом

Небольшие предприятия порой не имеют средств, чтобы закупить установки для выращивания чистой культуры дрожжей. Покупка дрожжей у крупных заводов не всегда возможна, так как зачастую на предприятии хотят работать со строго определенным штаммом дрожжей, которого ни у кого нет. В этом случае можно самостоятельно разводить дрожжи на пивоваренном предприятии; нужно только помнить, что при этом не всегда можно гарантировать стерильность.

Есть несколько вариантов открытого разведения дрожжей. Рассмотрим два варианта:

- способ Штокхаузена-Коблица (Stockhausen-Coblitz);
- способ выращивания в бидонах.

Классический способ Штокхаузена-Коблица предусматривает использование двух металлических сосудов, неплотно прикрытых крышкой (рис. 4.11)

Порядок работы, в принципе, не отличается от разведения дрожжей в лаборатории; только в конце процесса необходимо применять маленькие чаны, так как объем сбраживаемого сусла все время возрастает:

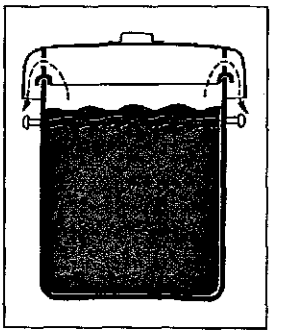


Рис. 4.11. Емкость Штокхаузена-Коблица для выращивания дрожжей

	Емкость			
	малая емкость Коблица (л)	большая емкость Коблица (л)	малый чан (л)	большой чан (гл)
Прокипяченное сусло	17	50	225	9
Приливаемое молодое пиво	8	25	75	3
Общее количество	25	75	300	12

Таким путем можно сбраживать до 50 гл сусла при незначительных затратах труда и минимальной потребности в оборудовании.

Строго говоря, выращивание дрожжей открытым способом — это брожение в чане с крышкой, так как после большой емкости Коблица используется производственное, нестерилизованное сусло.

Другой метод открытого разведения дрожжей — это выращивание в бидонах (рис. 4.12).

Дрожжи размножают в легко моющихся молочных бидонах. Чтобы обеспечить завод необходимым количеством дрожжей, достаточно пяти бидонов, один из которых служит исходным для следующего разведения.

Порядок работы

Бидон моют, обрабатывают паром или горячей водой и наполняют 20 л горячего начального сусла, из которого удалены хмелевые остатки.

Бидон закрывают и охлаждают в бродильном отделении до 10–11 °С. Это занимает

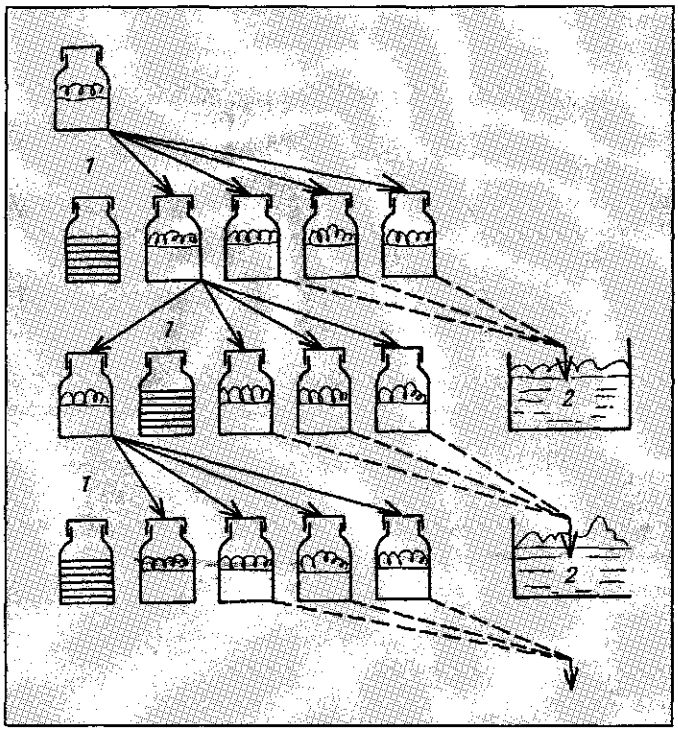


Рис. 4.12. Разведение дрожжей по Каррье (Carriere):

1 — 40-литровый молочный бидон с 25 л молодого пива для пересева; 2 — чан чистой культуры

примерно один день. К 20 л сусла приливают содержимое восьмилитровой колбы Парлсберга, в которой бродящее пиво находится в стадии высоких завитков. Брожение активно продолжается и в бидоне, о чем говорит обильное пенообразование.

Содержимое бидона распределяется еще на четыре емкости, которые тоже наполнены 20 л охлажденного сусла. Через 2–4 дня брожение и в этих бидонах переходит в стадию высоких завитков, после чего три емкости (около 0,8 гл) переливают в хорошо вымытый и продезинфицированный чан, а одну используют для нового разведения.

Этот процесс может некоторое время повторяться.

Во всех методах разведения дрожжей необходимо обращать внимание на следующие особенности:

- при размножении дрожжей в производственных условиях соотношение пересеваемого молодого пива к суслу не должно превышать 1:3 или 1:4;
- температура сусла при «доливе» должна соответствовать температуре дрожжей, в противном случае при внезапном охлаждении дрожжи могут испытать «шок» и прекратить брожение;
- температура при размножении дрожжей должна соответствовать температуре брожения при приготовлении пива, чтобы дрожжи смогли привыкнуть к производственным условиям.

Для проведения брожения и созревания используются:

- открытые бродильные чаны и лагерные танки; в этом случае речь идет о ***«классическом брожении и созревании»;***
- цилиндроконические танки (ЦПТ).

Оборудование и сам ход процесса в этих вариантах существенно отличаются друг от друга.

4.3. Классическое брожение и созревание

Некоторые пивоваренные предприятия до сих пор оснащены открытыми бродильными чанами и лагерными танками. Они проводят брожение и созревание старинным способом, так называемым классическим или традиционным. Ниже будет рассмотрено:

- оборудование бродильного и лагерного отделения;
- проведение брожения и созревания.

4.3.1. Бродильные чаны и оснащение бродильного отделения

Брожение происходит в бродильных чанах, располагаемых в бродильном отделении.

4.3.1.1. Бродильные чаны

Бродильные чаны отличаются друг от друга по степени использования помещения и по материалам, из которых они изготовлены. Чтобы отводить возникающее при брожении тепло, бродильные чаны охлаждаются.

Материалы и покрытия

Применяются чаны, изготовленные из дерева, стали, алюминия или бетона, с различными внутренним покрытием или облицовкой (пивная смолка, синтетические смолы, эмаль).

Охлаждение

В среднем при брожении возникает ***587 кДж тепла на 1 кг экстракта.***

При главном брожении экстракт сбраживается на 2/3. Примем, что в 1 гл начального сусла содержится 12 кг сухих веществ. Тогда при главном брожении будет сброжено 2/3 от 12 кг, то есть 8 кг экстракта. При этом на 1 гл сусла возникнет

$$587 \cdot 8 = 4696 \text{ кДж тепла,}$$

которое при охлаждении бродильного чана должно быть отведено. Отвод тепла осуществляется чаще всего через охлаждающие рубашки; реже — через змеевики. И в том, и в другом случае используется пресная ледяная вода, охлажденная до 0 – +1°С. Чтобы поддерживать в чане желаемую температуру, следует предусмотреть возможность регулирования и подачи воды.

Необходимо помнить, что как раз при открытом брожении пиво наиболее легко подвергается инфицированию. Чтобы гарантировать в дальнейшем его длительную биологическую стойкость, важно удалять все возможные источники инфекции.

4.3.1.2. Оснащение открытого бродильного отделения

Бродильные чаны устанавливаются в бродильном отделении таким образом, чтобы облегчить обслуживание емкостей. Бродильное отделение охлаждается и оснащается оборудованием для удаления образующегося углекислого газа.

Расположение бродильных чанов

Сусло может поступать в бродильное отделение самотеком, так как оно располагается ниже помещения, где происходит охлаждение сусла. Классический бродильный цех состоит чаще всего из трех участков:

1. ***Отделение внесения дрожжей.*** Это самое небольшое по площади, чуть выше других расположенное помещение с несколькими чанами без охлаждения.
2. ***Участок брожения или бродильное отделение.*** Здесь располагаются бродильные чаны с внутренним охлаждением.
3. ***Дрожжевое отделение, где хранятся дрожжи.***

Бродильное отделение располагается на двух этажах. Бродильные чаны располагаются таким образом и на такой высоте, чтобы их было легко обслуживать как сверху, так и снизу, а в нижнем коридоре оставалось достаточно места для работы. Исключение составляют ***одноэтажные бродильные отделения с деревянными чанами.*** Для их обслуживания используются лестницы.

Старые, классические пивоварни строились таким образом, чтобы сусло и пиво самотеком поступали сверху вниз. На самом верху располагалась холодильная тарелка, ниже — оросительный охладитель (оба больше не применяются), затем следовали отделение задачи дрожжей и бродильное отделение, а ниже всех всегда располагался лагерный

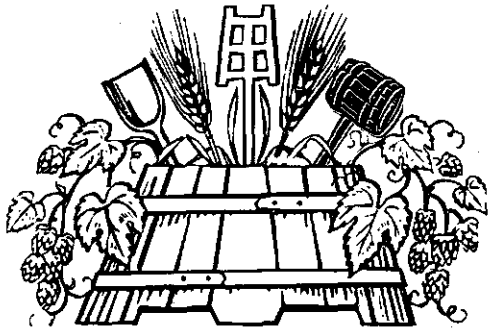


Рис. 4.15. Черпак на гербе пивоваров

подвал, врытый в землю или даже вырубленный в скалах. Такая планировка давала то преимущество, что для перекачки сусла и пива от одного участка к другому не требовалось насосов, а значит, и затрат энергии. Есть и другой аспект: еще до изобретения насоса столетиями пиво варилось более простыми, но похожими способами, и соответственно должно было передаваться от одного отделения к другому. Поэтажное расположение пивоварни позволяло сделать это! Когда пиво не могло течь дальше, его вычерпывали вручную или выкачивали примитивными ручными насосами. Об этом времени напоминает правый символ на гербе гильдии немецких пивоваров — ***черпак*** или ***ковш*** (рис. 4.15).

Оборудование бродильного отделения (рис. 4.16)

В бродильном отделении пиво контактирует с воздухом и может быть инфицировано микроорганизмами — вредителями пивоваренного производства.

Под вредителями пивоваренного производства или контаминантами понимаются любые микроорганизмы, кроме пивоваренных дрожжей. Развиваясь в пиве и выделяя продукты метаболизма во внешнюю среду, эти микроорганизмы могут привести к помутнению пива, ухудшению вкуса или даже к полной его непригодности. В бродильном отделении при чистке и мойке чанов возникает большое количество сточных вод, которые должны быстро удаляться. Для их отвода необходима соответствующая ***система канализации***.

Чтобы снизить до минимума влияние внешних температур, бродильное отделение изолируется толстыми стенами.

Охлаждение помещения

Выделяющаяся во время брожения теплота не полностью отводится при охлаждении чана. Для поддержания в помещении температуры 5,5–6 °C необходимо охлаждать все отделение, и при этом потребность в холоде составляет ежедневно около 4 МДж на каждый 1 м^2 поверхности пола.

Такое количество холода необходимо в первую очередь для охлаждения воздуха, который для полного удаления CO_2 должен в течение дня многократно меняться.

Охлаждение отделения происходит косвенным путем при ***охлаждении циркулирующего воздуха***. Холодильные трубы располагаются в смежном помещении. Воздух вдувается вентилятором в холодильное отделение, охлаждается, и при этом содержащаяся в воздухе вода выделяется на холодильных трубах в виде льда, а воздух осушается. Холодный и сухой воздух на низкой скорости поступает в бродильное отделение и отсасывается снизу с другой стороны помещения.

Вентиляция

При спиртовом брожении возникает диоксид углерода. Он тяжелее воздуха и скапливается в нижней части чанов и помещений.

■ ***Диоксид углерода — дыхательный яд!***

4%-ная концентрация диоксида углерода в воздухе может привести к смерти, поэтому образующийся диоксид углерода должен своевременно удаляться (см. раздел 4.10.1).

В пиве растворяется лишь малая часть возникшего диоксида углерода, большая его часть улетучивается.

Плотность диоксида углерода составляет 1,96 кг/м^3. Это означает, что 1 м^3 CO_2 весит 2 кг.

4.3.2. Выход экстракта в бродильном отделении

Как только варка поступает в бродильное отделение, определяется ее объем и массовая доля сухих веществ. Таким образом получают величину для определения выхода экстракта в бродильном отделении. Поскольку между выходом в варочном отделении и выходом в бродильном отделении существует тесная взаимосвязь, то выход экстракта в бродильном отделении представляет несомненный интерес.

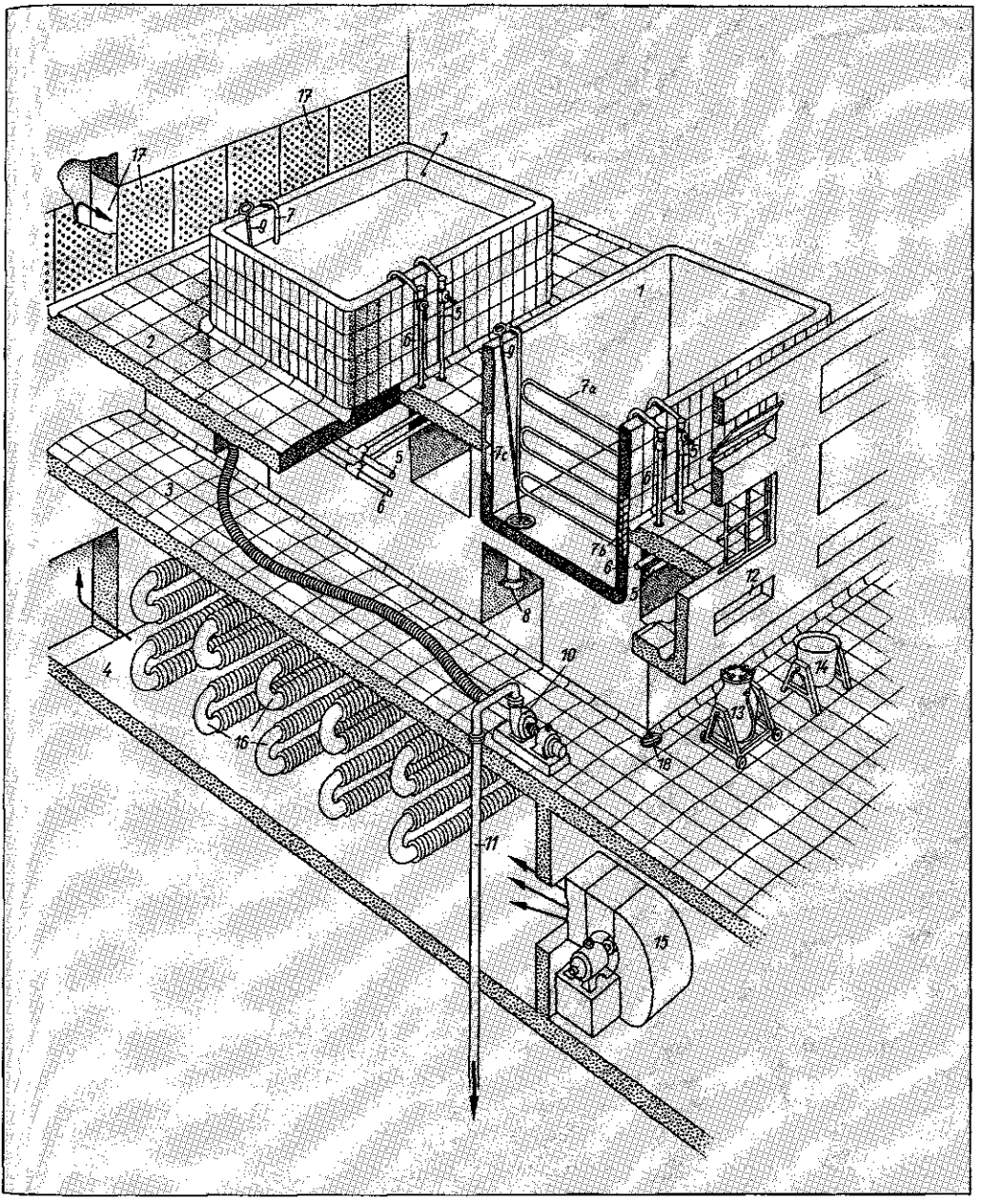


Рис. 4.16. Оборудование бродильного отделения (классическая компоновка):

1 — бродильный чан; 2 — верхний этаж; 3 — нижний этаж; 4 — холодильная камера; 5 — подача ледяной воды; 6 — выход ледяной воды; 7 — крепление змеевика; 7a — змеевики; 7b — охлаждающая рубашка Шмида (Dr. Schmid); 7c — охлаждающие карманы; 8 — выпускной патрубок; 9 — клапанная штанга; 10 — насос для молодого пива; 11 — трубопровод к лагерному отделению; 12 — выход CO_2; 13 — емкость для дозирования дрожжей; 14 — ванна для хранения дрожжей; 15 — вентилятор; 16 — холодильные трубы для охлаждения циркулирующего воздуха; 17 — вход охлажденного воздуха в бродильное отделение; 18 — канализация

Выход экстракта в бродильном отделении показывает, сколько процентов от всей массы засыпи перешло в бродильное отделение в виде массовой доли сухих веществ сусла.

Выход экстракта в бродильном отделении ($В_Б$) рассчитывается точно так же, как и в варочном. Необходимо только исключить умножение на коэффициент 0,96, так как объем сусла определяется в холодном состоянии и, соответственно, больше не уменьшается.

Насколько велико сжатие сусла при охлаждении, без учета испарения или других потерь, мы можем увидеть на следующем примере:

Пример

Перекачивается варка с объемом горячего сусла 543 гл. Сколько гектолитров получится после сжатия при охлаждении?

$$543 \cdot 0{,}96 = 521 \text{ гл.}$$

Это означает, что 22 гл исчезли из-за сжатия сусла. Эти потери при расчете выхода экстракта в бродильном отделении не учитываются.

Формула для расчета выхода $В_Б$ имеет вид:

$$В_Б = \frac{\textbf{Объем (гл)} \cdot \textbf{МД (\%)} \cdot \textbf{ОП (20/4)}}{\textbf{Засыпь (ц)}}$$

где

Объем — объем холодного сусла;
МД — массовая доля сухих веществ сусла (%);
ОП — относительная плотность.

Между количеством экстракта готового горячего сусла в варочном отделении и количеством экстракта начального сусла в бродильном отделении есть небольшая разница. Экстракт теряется:

- при смачивании трубопроводов и чанов;
- с горячими взвесями и хмелевой дробиной.

Поэтому выход экстракта в бродильном отделении всегда чуть ниже, чем выход в варочном.

На очень многих пивоваренных предприятиях для экономии шишкового хмеля не используют натуральный хмель, но добавляют в следующую варку горячие взвеси с частью сусла из отстойного чана. Можно принять, что эта смесь на 75% состоит из сусла (идущего в следующую варку) и на 25% из взвесей. Эти 75% сусла надо отнять от следующей варки и приплюсовать к предыдущей варке. Тогда разница в выходе между варками будет примерно равна.

Выход экстракта в бродильном отделении сам по себе не представляет интереса. Важна разница между выходом в варочном и бродильном отделениях.

Эта разница возникает из-за:

- **особенностей оборудования для охлаждения и способа охлаждения; влияние этого фактора всегда остается постоянным;**
- **методов работы на участке между горячим и охлажденным суслом в бродильном чане.**

Если меняется обычная для данного предприятия разница в выходе экстракта, это означает, что изменились методы обработки сусла на участке от сусловарочного котла до бродильного чана.

Пример

При засыпи 4960 кг солода пильзенского типа в варочном отделении было получено 331 гл сусла с экстрактивностью 11,4% $\hat{=}$ 11,9 г/100 мл, а в бродильном отделении принято (в масс/об. % — *прим. ред.*) 321 гл с экстрактивностью 11,2% = 11,68 г/100 мл.

Насколько велика разница в выходе экстракта в варочном ($В_В$) и бродильном ($В_Б$) отделениях?

$$В_В = \frac{11{,}9 \cdot 0{,}96 \cdot 331 \text{ гл}}{49{,}6 \text{ ц}} = 76{,}24\%.$$

$$В_Б = \frac{11{,}68 \cdot 331 \text{ гл}}{49{,}6 \text{ ц}} = 75{,}59\%.$$

Разница $В_В - В_Б$ составляет 0,65%.

Определить, насколько велика разница в количестве экстракта готового горячего сусла и начального сусла, можно довольно просто:

$Е_В = 11{,}9 \cdot 0{,}96 \cdot 331 = 3781{,}3$ кг экстракта перед передачей в бродильное отделение.

$Е_Б = 11{,}68 \cdot 331 = 3749{,}3$ кг экстракта в начальном сусле.

Потери экстракта = 32,0 кг.

4.3.3. Главное брожение в открытых чанах

Главное брожение начинается с внесения в сусло дрожжей. ***Режим брожения*** зависит от температуры и длительности главного брожения. Определение ***степени сбраживания*** осуществляется ***перед перекачкой*** пива в лагерный подвал.

4.3.3.1. Внесение дрожжей

Под внесением дрожжей понимают добавление дрожжей в сусло. Сусло непосредственно перед внесением в него дрожжей называется начальным суслом.

Экстрактивность сусла выражается в % Плато (Plato). Раньше в Германии пользовались обозначением «°Плато», и в некоторых странах это обозначение используется до сих пор.

Начальное сусло сразу же после внесения дрожжей считается пивом или, точнее, «молодым пивом».

При внесении дрожжей необходимо позаботиться о наличии достаточного количества кислорода в среде и о хорошем распределении дрожжей в сусле, чтобы размножение дрожжей и брожение пива начались бы незамедлительно. Это достигается перемешиванием и аэрацией дрожжей.

4.3.3.1.1. Перемешивание и аэрация дрожжей

Данная операция осуществляется не только в связи с необходимостью внесения кислорода, но и главным образом из-за необходимости достижения равномерного распределения дрожжей в среде. Нельзя допускать образования комков; каждая клетка должна быстро вступить в контакт с питательными веществами сусла – это важно для быстрого забраживания! Поэтому на современных предприятиях дрожжи равномерно дозируются в перекачиваемое сусло.

На небольших заводах размешивание дрожжей осуществляется:

- путем переливания дрожжей из одного ведра в другое;
- при помощи аппарата для интенсивного перемешивания дрожжей (с мешалкой – *прим. ред.*);
- с использованием специальной емкости для аэрации дрожжей в форме «груши» (медный луженый внутри сосуд на тележке с подводом сжатого воздуха снизу – *прим. ред.*).

На современных предприятиях применяются специальные приспособления для лучшего распределения воздуха в сусле (см. раздел 3.9.3).

Недостаточная аэрация сусла может привести к:

- вялому и длительному забраживанию (до трех дней и более);
- остановке брожения при охлаждении;
- медленному падению экстрактивности;
- вялому дображиванию;
- проблемам с качеством пива.

Не следует опасаться интенсивной аэрации сусла: кислород нужен дрожжам для размножения и они жадно поглощают его из среды. В течение нескольких часов кислород исчезает из сусла и не оказывает на пиво никакого вредного воздействия. Гораздо вреднее вышеназванные последствия, которые могут возникнуть при недостаточной аэрации.

4.3.3.1.2. Современные способы внесения дрожжей

Дрожжи добавляются к суслу равномерно; одновременно сусло должно интенсивно аэрироваться, и тогда брожение начнется быстро и активно.

Норма внесения дрожжей составляет от 20 до 30 млн клеток / 1 мл сусла, то есть 0,6–1 л густых дрожжей/гл сусла.

Можно считать, что

густые дрожжи содержат
$\hat{=} 3 \cdot 10^9$ клеток/мл;

1/2 л дрожжей/гл сусла
$\hat{=} 15 \cdot 10^6$ клеток/мл;

1 л дрожжей/гл сусла
$\hat{=} 30 \cdot 10^6$ клеток/мл.

Дозирование происходит из емкости для хранения дрожжей с помощью насоса или просто путем открытия запорной арматуры.

Регулирование вносимого количества дрожжей может также осуществляться путем ***измерения мутности продукта – дрожжевой суспензии. При этом имеется в виду***

не прямой, а косвенный подсчет количества дрожжевых клеток.

Существует множество способов контроля за дозированием дрожжей. Большое распространение получил способ косвенного определения количества клеток путем измерения мутности, которое может проходить в потоке. Это позволяет автоматизировать внесение дрожжей. Чаще всего применяется такое расположение измерительных приборов, при котором мутность сусла измеряется до и после дозирования дрожжей. По разнице в мутности определяется концентрация клеток.

Другой вариант — ***измерение количества дрожжей по их объемному расходу массы*** [135]. Под этим понимают переработку данных о содержании твердой фазы в единую величину — массу дрожжей в единице объема (в г/л). Сигналы обрабатываются на ЭВМ, что позволяет пересчитать концентрацию твердой фазы на 1 кг сухого вещества в определенном объеме и управлять внесением дрожжей независимо от консистенции дрожжевой суспензии.

Повышение нормы внесения дрожжей — самая простая возможность ускорить брожение без отрицательных последствий [39].

Интенсивное забраживание оказывает благоприятное воздействие на фильтруемость пива и его пеностойкость.

Система дозирования дрожжей и аэрации сусла показана на рис. 4.17.

Сусло перекачивается из вирпула (*1*) через пластинчатый теплообменник (*4*) во флотационный танк (*3*). При этом из танка (*2*) насосом дозируются дрожжи. На втором участке сусло интенсивно аэрируется с использованием уже описанных устройств. Вместо показанного здесь флотационного танка может стоять танк для брожения.

На старых пивоваренных предприятиях дрожжи чаще всего вливаются прямо в бродильный чан. Сусло содержит некоторое количество нерастворимых веществ, выделившихся при охлаждении, которые в течение суток оседают на дно чана. Это:

- ***частицы взвесей,*** которые еще остались после их удаления;
- ***хмелевые смолы,*** которые выделились из раствора при низких температурах,

а также мертвые и слабые дрожжевые клетки. Поэтому иногда применяют так называемые чаны предварительного брожения.

В этих чанах сусло с дрожжами выстаивается в течение 12–24 часов, а затем спускается

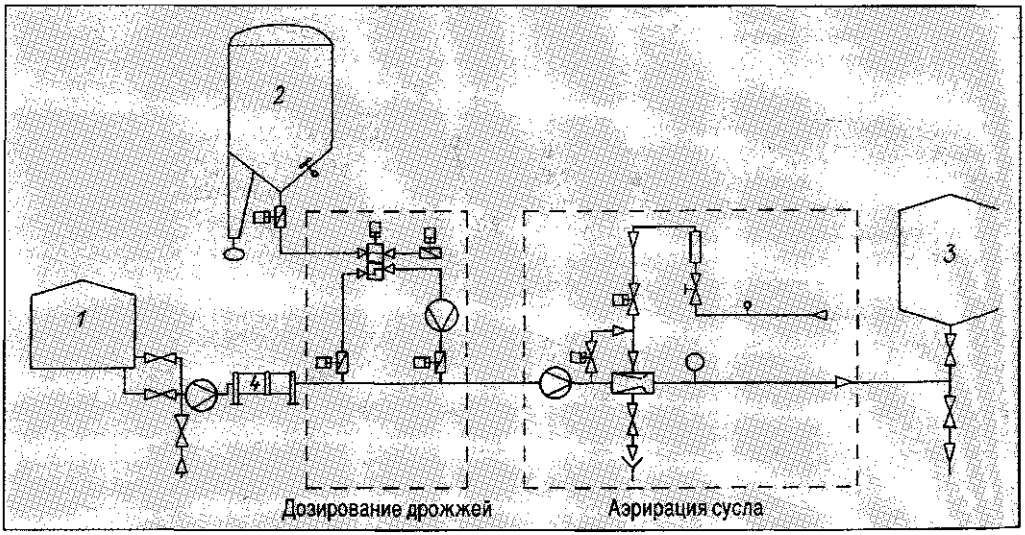


Рис. 4.17. Система непрерывного дозирования дрожжей и аэрирации сусла типа Turbo-Air (фирма Esau & Hueber GmbH, г. Шробенхаузен)

1 — вирпул; 2 — танк для дрожжей; 3 — флотационный танк; 4 — пластинчатый теплообменник

в бродильное отделение. Использование таких чанов позволяет получить более чистые и светлые съемные дрожжи, чем в случае прямого внесения дрожжей в бродильный чан.

Традиционная температура сусла при внесении дрожжей составляет 6–7 °С, однако возможны и другие температуры. Особый способ внесения дрожжей — так называемый «долив сусла».

4.3.3.1.3. Долив сусла

Под доливом сусла понимают добавление сусла в уже бродящий чан. Благодаря добавлению свежего сусла дрожжи тотчас активизируются, сбраживание и размножение начинаются с новой силой. Таким образом, экономится время на разбраживание.

Очень важно, чтобы доливаемое сусло имело такую же температуру, как и бродящее пиво. В противном случае дрожжи могут быстро охладиться и замедлить брожение, или даже вообще прекратить брожение.

Добавляя таким способом постоянно сусло к дрожжам, можно организовать работу бродильного отделения в ритме работы варочного цеха и исключить потери времени на стадиях латентного и ускоренного размножения дрожжей (см. раздел 1.6.4). Из большого чана, содержимое которого находится в состоянии высоких завитков, снизу откачивается часть молодого пива и помещается в чан меньшего размера, где дальше оно бродит в обычном режиме. В большой чан с завитками сверху доливается свежее сусло с такой же температурой (8,5 °С), так что общее количество сусла в большом чане не изменяется. Добавленное сусло перемешивается с бродящим пивом, дрожжи постоянно размножаются, и среда остается в фазе размножения дрожжей.

Теоретически, если регулировать количество добавляемого сусла таким образом, чтобы поддерживать разницу между экстрактивностью начального сусла и откачиваемого пива на уровне 1,5–2,5%, то можно доливать сусло до бесконечности. В среде постоянно находятся только молодые дрожжевые клетки, активно бродящие и не зараженные инфицирующей микрофлорой. При данном способе очень важно интенсивно аэрировать холодное сусло, чтобы обеспечить достаточное размножение дрожжей. При недостаточной аэрации сократить время брожения не удастся.

В конце каждой недели доливаемые чаны опорожняют, моют, а с первой варкой на следующей неделе вновь заполняют.

4.3.3.2. Технология брожения в чане

Как только дрожжи добавлены, сусло считается молодым пивом. Молодое пиво проходит различные стадии главного брожения, которые можно узнать по внешнему виду бродящей среды. Очень важными параметрами для режима брожения являются температура и время.

4.3.3.2.1. Стадии брожения

Молодое пиво проходит во время главного брожения следующие стадии.

Стадия брожения	Внешний вид деки
Забел	Поверхность молодого пива покрывается тонким слоем мелкозернистой белой пены. (происходит «забел» пива, то есть его поверхность белеет). Брожение началось.
Молодые или низкие завитки	Слой мелкозернистой пены становится выше, верхушка буреет. Дека должна быть равномерной и густой.
Высокие завитки	Брожение достигло своего пика; завитки стали выше и крупнозернистее.
Опадающие завитки	Интенсивность брожения пошла на убыль. Высокие завитки медленно опадают, так как теперь образуется не так много CO_2. Пена буреет.
Дека	Брожение завершается; завитки опадают. В конце остается только рыхлый, грязно-коричневый слой (дека), который перед перекачкой на дображивание снимается, чтобы избежать его опускания и загрязнения дрожжей.

Иногда в ходе брожения возникают отклонения, а именно:

Отклонения	Внешний вид	Последствия
Кипящее брожение	Молодое пиво в каком-нибудь месте чана приходит в волнение.	Качество пива не ухудшается. Дека должна быть

Отклонения	Внешний вид	Последствия
	Кажется, что оно начинает закипать	своевременно снята
Пузырчатое брожение	Перед завершением брожения на деке образуются большие, размером с человеческую голову, пузыри	Качество пива не ухудшается

4.3.3.2.2. Температура брожения

Для управления температурным режимом во время низового главного брожения в качестве параметров наиболее важны начальная и максимальная температура во время брожения. В конце главного брожения молодое пиво охлаждают.

Начальная температура

Начальная температура составляет обычно 5–6 °С. Чтобы брожение началось быстрее, при ускоренных способах начальную температуру брожения повышают.

Максимальная температура

Благодаря выделяющемуся во время брожения теплу (см. раздел 1.6.3.2) температура пива повышается. Хотя брожение при повышенной температуре протекает быстрее, необходимо строго следить за тем, чтобы не превысить определенную верхнюю границу, и тем самым не ухудшить качество пива. Верхней границей считается:

для холодного брожения — 8–9 °С;
для теплого брожения — 10–15 °С.

Охлаждение молодого пива

Максимальная температура поддерживается в течение 1–2 дней (при этом желательно исключить колебания температуры), затем пиво медленно охлаждается. Изменение температуры должно происходить равномерно, не более чем на 1 градус в день, так как дрожжи очень чувствительны к понижению температуры. Температура при перекачке на доображивание составляет 4–5 °С.

На рис 4.18 отражено изменение важнейших параметров (температура, экстрактивность и pH) в ходе брожения.

Первейшая задача при ведении брожения — контролировать и регулировать изменение температуры во время главного брожения, а также измерять падение экстрактивности, особенно в последние дни главного брожения. Классическое главное брожение длится от 6 до 8 дней.

Другие варианты проведения брожения рассмотрены в разделе 4.4.3.

4.3.3.3. Степень сбраживания

Во время брожения экстрактивность сусла постоянно уменьшается. Степень уменьшения экстрактивности называется степенью сбраживания (СС).

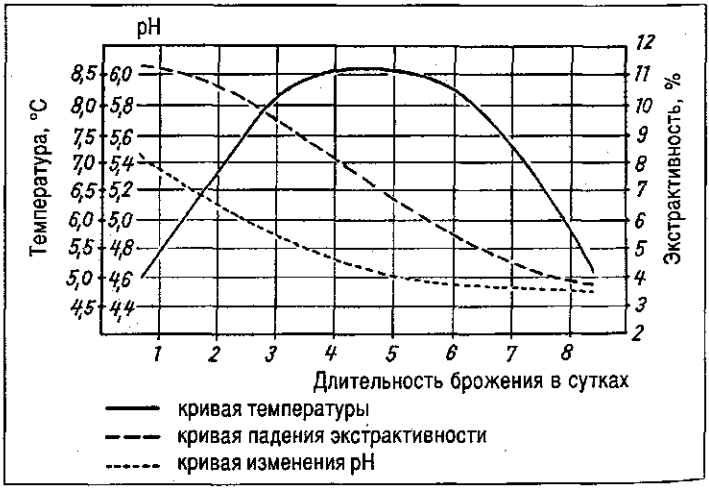


Рис. 4.18. Изменение температуры, экстрактивности и pH во время брожения

Степень сбраживания показывает, сколько процентов экстрактивных веществ, содержащихся в начальном сусле, сброжено.

Разность между экстрактивностью начального сусла и экстрактивностью пива в момент измерения называется сброженным экстрактом. Подсчет СС осуществляется по формуле:

$$СС = \frac{\text{сброженный экстракт} \cdot 100\%}{\text{экстрактивность начального сусла}}.$$

Пример

В начальном сусле сахарометр показал	12% ЭВ*
При перекачке на дображивание сахарометр показал	4% ЭВ
Это означает, что было сброжено	8% ЭВ

$$12\%\ ЭВ \mathrel{\widehat{=}} 100\%;$$

$$8\%\ ЭВ \mathrel{\widehat{=}} \frac{8 \cdot 100\%}{12} = \underline{66{,}66\%}.$$

Степень сбраживания составляет 66,7%.

* *ЭВ — экстрактивные вещества.*

Видимая и действительная степень сбраживания

Видимая степень сбраживания ***($СС_В$).*** Экстрактивность определяется с помощью сахарометра (рис. 4.19).

Степень сбраживания, подсчитанная после снятия показаний с сахарометра, на самом деле является видимой степенью сбраживания ($СС_В$), так как показания сахарометра ($Е_С$) искажаются образовавшимся спиртом. На производстве, однако, всегда работают именно с видимой степенью сбраживания, так как она легко определяется, а ошибка в показаниях сахарометра увеличивается пропорционально падению экстрактивности.

Действительная степень сбраживания ***($СС_Д$).*** Действительную степень сбраживания получают после отгона в лаборатории спирта и замены отогнанного количества спирта водой. По формуле подсчитывают $СС_Д$, которая всегда ниже $СС_В$.

Приближенно считают:

$$СС_Д \approx СС_В \cdot 0{,}81.$$

Коэффициент 0,81 получен Баллингом (Balling) опытным путем примерно в 1870 г. Еще проще степень сбраживания можно определить по **номограмме** (рис. 4.20): одной линией соединяют экстрактивность начального сусла (≈ массовая доля сухих веществ в начальном сусле) с экстрактивностью сброженного сусла и получают и видимую, и действительную степень сбраживания.

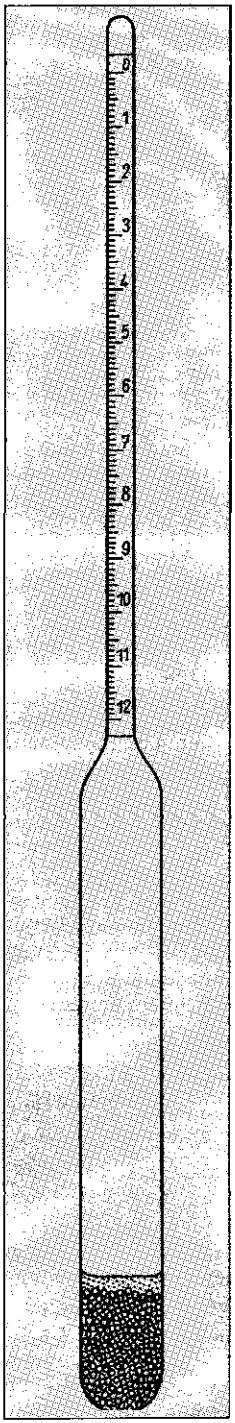


Рис 4.19. Сахарометр

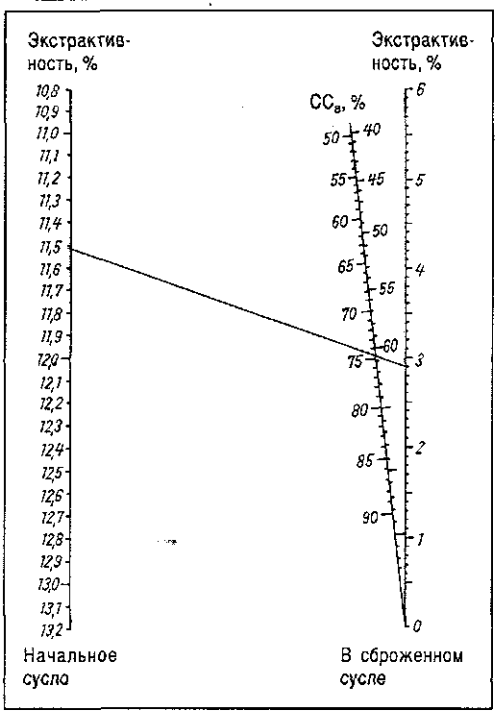


Рис. 4.20. Номограмма для определения видимой и действительной степени сбраживания для пива со средней начальной экстрактивностью

Величина степени сбраживания

Величина степени сбраживания зависит в первую очередь от времени ее определения.

Важно определить степень сбраживания:

- в конце главного брожения, то есть в молодом пиве перед перекачкой на дображивание ($СС_{мп}$);
- в конце дображивания, то есть перед передачей нефильтрованного пива в отделение фильтрации ($СС_{нфп}$).

Важно знать, какой процент экстракта вообще может быть сброжен. Поэтому в лаборатории определяют ***конечную степень сбраживания (КСС)***.

В производственных условиях КСС достигается позднее, чем в лабораторных, и поэтому сначала проводится лабораторный анализ сусла.

Анализ

0,3 л отфильтрованного сусла смешивают с 3 г отпрессованных на ваккумной воронке дрожжей и сбраживают в термостате при 25 °С или в заторном аппарате при 30 °С приблизительно за 8 часов. Можно взять и только что перекачанное сусло из бродильного чана. Через двое суток в пробе первый раз проводят определение экстрактивности сахарометром и повторяют эту операцию 1–2 раза в день до тех пор, пока экстрактивность не перестает падать. Если массовая доля сухих веществ в сусле больше не понижается, то определяют КСС.

КСС известна уже перед перекачкой на дображивание, через 4–5 дней после начала брожения.

КСС – максимально возможная $СС_в$, которая достигается при сбраживании всех пригодных для него экстрактивных веществ. КСС зависит от глубины расщепления крахмала в варочном цехе.

Величина желаемой КСС, например, у светлых сортов пива, в том числе Экспорт, Пильзнер (Export, Pilzener) достигает 80–84%.

Падение экстрактивности в период от начального сусла до перекачки на фильтрование/розлив происходит неравномерно: во время бурного главного брожения сбраживается гораздо больше экстрактивных веществ, чем в течение спокойного дображивания.

Для дальнейшего ведения процесса важны:

- **разница между $СС_{мп}$ и КСС;**
- **разница между $СС_{нфп}$ и КСС.**

Разница между СС в бродильном отделении и КСС

При перекачке пива на дображивание в нем должно оставаться еще достаточное количество экстрактивных веществ. Это необходимо для того, чтобы в пиве при дображивании под давлением могло накопиться достаточное количество диоксида углерода.

Эмпирическим путем установлено, что для этого необходимо около 1% экстракта. Это

Пример

При сбраживании варки были зарегистрированы следующие результаты (рис. 4.21):

Момент определения	Последовательность определения	Экстрактивность, %	Степень сбраживания	Обозначение
Перед внесением дрожжей	1	12,5	0,0	–
Перед перекачкой на дображивание	3	3,9	68,8	$СС_{мп}$ (степень сбраживания в бродильном отделении)
В конце дображивания	4	2,3	81,6	$СС_{нфп}$ (степень сбраживания нефильтрованного пива)
На конечной степени сбраживания	2	2,2	82,4	КСС (конечная степень сбраживания)

соответствует разнице между значениями степени сбраживания примерно в 10%.

$СС_{мп}$ составляет у светлого пива средней начальной экстрактивности от 66 до 74%;

у темного пива средней и высокой начальной экстрактивности – менее 60%.

Разница между СС готового пива и КСС

$СС_{нфп}$ определяется перед подачей пива на фильтрование или розлив.

Перед перекачкой на фильтрование берут пробу и проводят сахарометрическое определение в лаборатории. После подстановки в формулу получают величину $СС_{нфп}$. Разница между $СС_{нфп}$ и КСС характеризует собой остаточный сбраживаемый экстракт. Если разница слишком велика, то микроорганизмы (дрожжи и бактерии) найдут в пиве достаточное количество питательных веществ, смогут размножаться и вызывать помутнение.

$СС_{нфп}$ должна быть максимально близка к КСС.

В настоящее время на пивоваренных предприятиях стремятся обеспечить в пиве степень сбраживания, максимально близкую к конечной.

4.3.3.4. Перекачка пива из бродильного отделения

Под перекачкой понимают передачу молодого пива из бродильного отделения в отделение дображивания (лагерное отделение). Важно перекачать пиво вовремя, то есть верно определить ***готовность пива к перекачке***. При перекачке молодое пиво различных варок смешивается друг с другом и поступает в лагерные танки (раньше – в лагерные бочки) (см. раздел 4.3.6).

Определение готовности пива к перекачке

Существуют несколько признаков, по которым определяют эту готовность.

1. Сахарометрическая проба

На большинстве предприятий содержание экстрактивных веществ определяется в последние дни перед перекачкой на дображивание. Экстрактивность готового к перекачке пива – величина, определяемая на каждом предприятии опытным путем. Для пива средней начальной экстрактивности она составляет от 3,4 до 4%, что соответствует $СС_{мп}$ 66–69%.

Падение экстрактивности за последние 24 часа не должно превышать 0,2–0,3%.

2. Поведение деки

Если сильно подуть на еще не удаленную остаточную деку, то она не должна снова смыкаться. Зеркало пива должно быть черным.

Если сбраживание экстракта все еще продолжается с достаточной интенсивностью, то открытое место за короткое время вновь затянется пеной. Зеркало пива будет выглядеть «глинистым».

3. Проба на осветление пива

Перед перекачиванием на дображивание проба молодого пива отбирается в небольшой

стеклянный стакан. Если пиво в стеклянном стакане будет выглядеть прозрачным, можно предположить, что дрожжи в чане хорошо осели. Существенную роль, конечно, играет и раса дрожжей.

Момент готовности пива к перекачке и количество дрожжей в молодом пиве напрямую связаны друг с другом.

В зависимости от количества дрожжей в перекачиваемом пиве различают:

раннюю перекачку на дображивание, означающую, что в пиве осталось много дрожжей и экстракта;

позднюю перекачку, означающую, что в пиве осталось мало дрожжей и экстракта для дображивания.

Решение о том, какой вариант перекачивания должен применяться на том или ином предприятии, зависит от используемого штамма дрожжей и методов проведения дображивания.

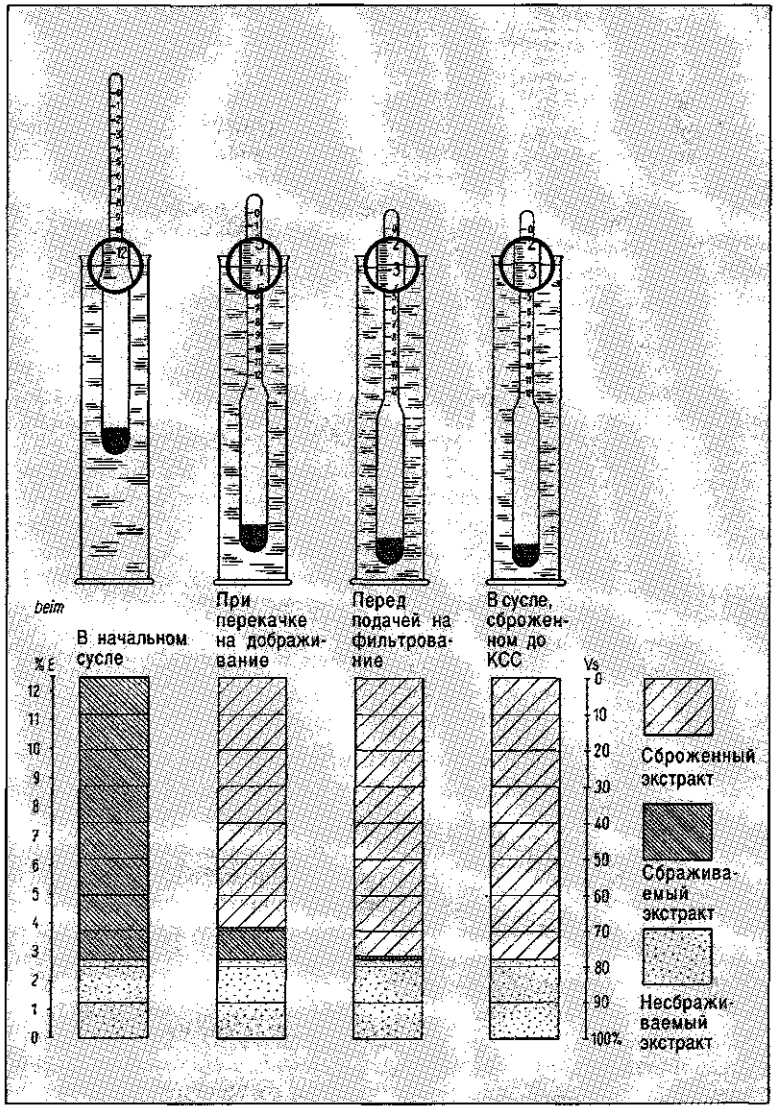


Рис. 4.21. Падение экстрактивности в ходе брожения

Поздняя перекачка	Ранняя перекачка
В случае слабосбраживающих дрожжей при разности КСС и $СС_{мл}$ в 10–12%	В случае высокосбраживающих дрожжей при разности КСС и $СС_{мл}$ более 15%,
При коротком времени дображивания	При длительном дображивании
В холодном режиме и	В теплом режиме и
в больших танках	в небольших танках

Смешивание пива

Применяемое для приготовления пива сырье не всегда одинаково. В результате каждая следующая варка несколько отличается от предыдущей, в связи с чем во избежание этого пиво одного сорта, но различных варок, смешивают друг с другом. Это происходит уже в бродильном отделении, когда путем «долива» соединяют сусло различных варок, и при перекачке в отделение дображивания, когда содержимое одного бродильного чана распределяют на несколько лагерных танков.

Можно смешивать не только пиво одного сорта, но и пиво с различной начальной экстрактивностью сусла.

Полностью смешать две жидкости друг с другом довольно трудно. Это тем тяжелее, чем больше разница:

- в массе смешиваемых компонентов;
- в температуре компонентов;
- в других качественных показателях (цветности, экстрактивности, содержании спирта и т. д.).

Полного смешивания можно достичь лишь при значительных затратах энергии (при перемешивании мешалкой, при многократной перекачке «на себя», при кипячении и т. д.).

Однако в следующих расчетах этот важный момент не учитывается.

Задача

По ошибке варка вышла слишком плотной (643 гл с экстрактивностью 12,2%) и должна быть разбавлена водой (0% экстракта) до экстрактивности 11,3%. Сколько гл воды нужно добавить?

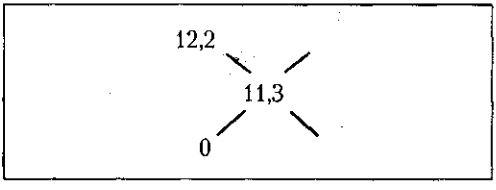
Для расчета количества воды существует несколько возможностей, из которых мы приведем две:

- расчет по правилу креста (крест Андреаса);
- расчет по формуле смешивания.

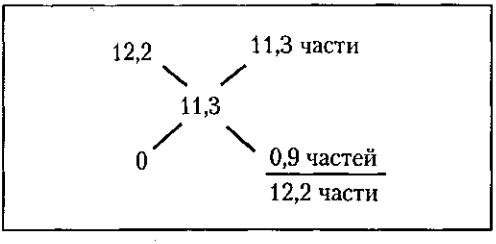
Расчет по правилу креста

При этом способе получают коэффициент (отношение смешивания), на который умножают подлежащее смешиванию данное количество.

Содержание экстрактивных веществ в смешиваемом пиве записывают друг над другом (знаки процентов можно опустить), а желаемую экстрактивность – чуть правее. Затем соединяют все три цифры линиями в виде креста, как это показано ниже:



На свободных концах креста записывают разницу, полученную при вычитании этих чисел друг из друга по диагонали:



Из этих значений мы рассчитываем смешиваемые части. В нашем случае:

если мы смешиваем 11,3 части
с экстрактивностью 12,2%
и 0,9 частей с экстрактивностью 0% (вода),
то получаем
12,2 части с экстрактивностью 11,3%.

Подставив наши значения, получаем:

11,3 части = 643 гл.

$$0{,}9 \text{ части} = \frac{643 \text{ гл} \cdot 0{,}9 \text{ части}}{11{,}3 \text{ части}} = \underline{51{,}2 \text{ гл}}.$$

Итак, чтобы понизить экстрактивность до 11,3%, следует добавить 51,2 гл воды. Общее количество сусла увеличивается до (643 + + 51,2) = 694,2 гл.

Расчет по формуле смешивания

количество I · экстрактивность I
+ количество II · экстрактивность II
= количество I + II · экстрактивность III

Если мы подставим числа из уже рассмотренного примера:

643 гл · 12,2% + количество II · 0% = 643 гл · 11,3% + количество II · 11,3%

643 гл · 12,2% – 643 гл · 11,3% = количество II · 11,3% – количество II · 0%

количество II (11,3% – 0%) = 643 гл (12,2% – 11,3%).

$$\text{Количество II} = \frac{643 \text{ гл} \cdot (12{,}2\% - 11{,}3\%)}{(11{,}3\% - 0\%)} = \frac{643 \text{ гл} \cdot 0{,}9\%}{11{,}3\%} = 51{,}2 \text{ гл}.$$

Сравнение показывает, что итог этого расчета совпадает с итогом расчета по правилу креста.

Приведенная задача должна продемонстрировать, как можно рассчитать смешиваемые количества. При внимательном рассмотрении в расчетах можно найти допущенные приближения. Так, данные в процентах надо подставлять с плотностью при 20/4 °С, так как именно эти значения должны умножаться на объем. Кроме того, разумеется, играют свою роль температура сусла или пива.

4.3.4. Сбор дрожжей из чана

После скачивания пива из чана дрожжи остаются на дне. Различают три слоя дрожжей:

- **верхний слой,** состоящий в основном из опустившихся остатков деки и дрожжевых клеток, которые осели самыми последними;
- **средний слой — семенные (маточные) дрожжи;** состоит из самых здоровых и сильных клеток и должен иметь светлый цвет;
- **нижний слой** — самый нижний и тонкий слой состоит из частичек хмелевых смол, опустившихся первыми, мертвых дрожжевых клеток, из частиц взвесей.

Сбор дрожжей по отдельности из каждого слоя возможен только теоретически и на практике не применяется. Физиологических различий в дрожжах из различных слоев не установлено. Слои различаются степенью загрязнения посторонними веществами, которые невозможно отделить от дрожжей. Прирост дрожжевой массы составляет в среднем 2,0–2,5 л густых дрожжей на 1 гл начального сусла. В случае хлопьевидных дрожжей сбор выше, чем в случае пылевидных; последних оседает гораздо больше в лагерном танке.

Собранные дрожжи используются или для немедленного внесения в следующие варки **(«сухое» внесение без хранения)**, или иногда промываются и хранятся под слоем воды **(«мокрое» внесение после хранения под водой)**.

Собранные дрожжи всегда содержат пиво, и в тем большей степени, чем рыхлее был слой дрожжей. При сухом внесении без хранения этот остаток пива не уходит с водой и тем самым сохраняется.

Хранение и обработка собранных дрожжей рассмотрены в разделе 4.4.5.

4.3.5. Процессы, протекающие при созревании пива в танках традиционной конструкции

В фазе созревания кроме дображивания происходят еще два процесса, которые следует

рассматривать отдельно — это насыщение пива диоксидом углерода под избыточным давлением и осветление пива, то есть отделение его от всех образующих муть веществ.

4.3.5.1. Насыщение пива диоксидом углерода под избыточным давлением

Концентрация растворенного диоксида углерода зависит, в первую очередь, от температуры и давления.

Зависимость концентрации диоксида углерода от температуры

Растворимость CO_2 в воде почти такая же, как и его растворимость в пиве, однако имеются небольшие отличия, отраженные в нижеприведенной таблице (вода, пиво 12°P/CC = 80%; все значения приводятся в г CO_2 на 100 г воды или пива).

Температура, °C	Растворимость CO_2		Температура, °C	Растворимость CO_2	
	в воде	в пиве		в воде	в пиве
0	0,335	0,317	6	0,268	0,258
1	0,321	0,306	8	0,249	0,241
2	0,309	0,296	10	0,232	0,226
3	0,298	0,286	15	0,197	0,193
4	0,287	0,276	20	0,169	0,165
5	0,277	0,267			

Так как все данные соответствуют содержанию CO_2 в г на 100 г воды или пива, то это является одновременно и концентрацией CO_2 в %.

Растворимость диоксида углерода в пиве тем выше, чем ниже температура; при повышенной температуре в пиве растворяется гораздо меньше CO_2.

Вышесказанное верно вообще для растворения всех газов; в зависимости от газа изменяется только степень растворимости.

Зависимость концентрации диоксида углерода от давления

По закону Генри (Henry) растворимость газов в жидкости прямо пропорциональна давлению. Это означает, что если повышается давление в танке, то количество растворенного в пиве диоксида углерода увеличивается.

Пример

При температуре дображивания +1 °C в пиве при атмосферном давлении растворяется 0,306% масс. (массовых процента) диоксида углерода.

На сколько увеличится растворимость при росте давления, если температура остается постоянной +1°C?

Для нахождения результата концентрацию диоксида углерода при данной температуре умножают на величину абсолютного давления, поддерживаемого в танке:

1,0 бар = 0,306% · 1,0 ≙ 0,306% CO_2

1,1 бар = 0,306% · 1,1 ≙ 0,337% CO_2

1,2 бар = 0,306% · 1,2 ≙ 0,367% CO_2

1,3 бар = 0,306% · 1,3 ≙ 0,398% CO_2

1,4 бар = 0,306% · 1,4 ≙ 0,428% CO_2

1,5 бар = 0,306% · 1,5 ≙ 0,459% CO_2

Ясно видно, что растворимость диоксида углерода возрастает с повышением давления.

Розлитое пиво должно содержать около 0,5% диоксида углерода. Давление шпунтования в лагерном танке следует устанавливать таким образом, чтобы при температуре, поддерживаемой в отделении дображивания, в пиве растворилось более 0,5% диоксида углерода, так как часть углекислоты будет потеряна при перекачке на розлив. Пиво с содержанием CO_2 в 0,32% воспринимается как выдохшееся.

Весь возникающий при дображивании избыток CO_2 (сверх остающегося при давлении шпунтования) улетучивается из пива. Уходящий диоксид углерода промывает пиво: он увлекает за собой летучие газы, выделяющиеся при брожении, и тем самым способствует созреванию пива.

В разделе 4.1.2.5 уже отмечалось, что таким образом из пива вымывается только малая часть сернистых соединений, а большая их часть биохимически реагирует с компонентами пива. Однако кроме сернистых существует целый ряд других летучих соединений, которые исчезают из пива благодаря промыванию диоксидом углерода. Поэтому можно

сократить время созревания, интенсифицируя процесс промывания пива CO_2, что, однако, невозможно без внесения CO_2 извне.

4.3.5.2. Осветление пива

В перекачанном на дображивание молодом пиве содержится еще значительное количество замутняющих пиво дрожжевых клеток. Дрожжи медленно оседают в лагерном танке. Осаждение дрожжей зависит, в первую очередь, от длительности дображивания. На скорость оседания влияют также температура дображивания, которая должна быть одинаковой по всему объему, чтобы избежать расслоения пива, и размеры лагерных танков. У малых емкостей площадь поверхности, отнесенная к объему, относительно больше, чем у крупных лагерных танков.

Молодое пиво становится мутным не только из-за дрожжей, но и из-за частиц холодной мути, выделившихся только благодаря дальнейшему охлаждению. Чем ниже температура дображивания, тем больше частиц холодной мути образуется в пиве. Эти частицы малы по размерам и поэтому очень медленно оседают. Некоторая их часть адсорбируется дрожжами. Пивовары очень заинтересованы в том, чтобы удалить из пива частицы холодной мути перед или в ходе фильтрации; поэтому дображивание должно проходить при температуре −1 °C.

Осветление пива можно ускорить, если для увеличения поверхности контакта фаз добавить деревянную стружку. Используют, как правило, буковую и ореховую стружку, которую предварительно стерилизуют («биостружка»), а иногда — фольгу из легких металлов. Стружка применяется довольно редко, так как требует дополнительных финансовых и трудовых затрат. Правда, при этом общие расходы на приготовление пива сокращаются, так как фильтр забивается не так быстро и, соответственно, не так часто должен регенерироваться.

На осветление пива положительно влияют:

длительное дображивание;
использование небольших емкостей;
выдержка пива при постоянных низких температурах;
добавление стружки.

Для выделения частиц холодной мути пиво выдерживается при низких температурах (от −2 до −1 °C) минимум в течение 7 дней.

Дрожжи, осевшие в лагерном танке, называются ***лагерным остатком.***

4.3.6. Устройство классического отделения дображивания

4.3.6.1. Устройство отделения дображивания

Пиво в ходе приготовления дольше всего находится в отделении (цехе) дображивания. Поэтому отделение дображивания — крупнейший цех пивоваренного предприятия, состоящий обычно из отдельных помещений с танками или деревянными бочками, соединенных между собой центральным проходом. То помещение, в которое в настоящий момент перекачивается пиво из бродильного отделения, должно быть чуть теплее, чем остальные, чтобы процесс дображивания мог начаться более интенсивно. Цех дображивания отделен от внешнего мира толстыми стенами и тепловой изоляцией, а также снабжен системой интенсивного охлаждения помещений. Эта система состоит из труб, в которые подается солевой раствор. Трубы должны быть расположены таким образом, чтобы выделяющаяся из воздуха вода в виде капель не попадала на емкости, так как это вызывает образование ржавых подтеков (рис. 4.23).

Отделение дображивания имеет большую площадь и поэтому является крупнейшим потребителем холода на предприятии. На охлаж-

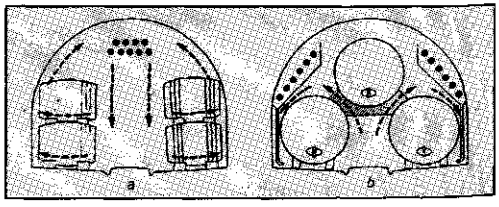


Рис. 4.23. Охлаждение помещений в традиционном лагерном отделении
a — деревянные бочки; b — лагерные танки

дение отделения доображивания требуется ежедневно около 3000 кДж холода на 1 м^2 площади этажа.

4.3.6.2. Лагерные танки (танки доображивания)

Традиционное доображивание происходит в металлических танках, реже — в деревянных бочках.

Деревянные бочки

Деревянные бочки, издавна используемые для доображивания пива, имеют объем от 15 до 150 гл. Чтобы оптимально использовать площадь лагерного подвала, верхние бочки устанавливают на седлообразных ложементах. Однако из-за своей специфической формы бочки не позволяют достаточно полно использовать весь объем помещения. Кроме того, их мойка снаружи и внутри требует больших трудозатрат. Главный недостаток деревянных бочек в том, что их необходимо ежегодно подвергать осмолке, для чего бочки нужно вытаскивать из подвала, а после осмолки вновь туда устанавливать. Эти операции очень трудоемки.

Поэтому в настоящее время деревянные бочки можно встретить очень редко, преимущественно на небольших предприятиях.

Металлические танки

Применяют в основном стальные и алюминиевые танки; большинство танков изготовлены из стали. Чтобы избежать ее отрицательного влияния на вкусовые характеристики пива, емкости изнутри покрывают эмалью, пивной смолкой или синтетическими смолами.

Для изготовления танков лучше всего использовать нержавеющую сталь, что позволяет отказаться от внутреннего покрытия (см. раздел 6.1.2).

Стальные танки, как правило, располагают горизонтально. Они поставляются либо сваренными целиком, либо в виде нескольких сегментов, которые свариваются или соединяются между собой болтами на месте монтажа. Изредка в отделении доображивания можно встретить вертикальные танки, которые для облегчения мойки разделены по высоте одной или двумя перегородками (вертикальные секционные танки).

Довольно часто в отделении доображивания используются алюминиевые танки. Их преимущество заключается в том, что алюминий не требует покрытия, так как он хорошо пассивирован. В общем, правила обращения с алюминиевыми танками те же, что и со всеми алюминиевыми емкостями (см. раздел 6.1.1).

Недостаток алюминия — его низкая прочность. При ошибках в работе он легко может деформироваться. Алюминиевые емкости, как и все другие танки, не выдерживают вакуума.

4.3.7. Доображивание в лагерных танках

Для доображивания пиво перекачивается в лагерные танки. Чтобы устанавливать в пиве желаемую концентрацию диоксида углерода, лагерные танки должны быть снабжены затвором — шпунтаппаратом.

Ранее для определения длительности доображивания применяли следующее правило:

- на каждый процент начальной экстрактивности сусла — одна неделя доображивания!

При этом температура доображивания от 0 до +1 °С считалась нормой. Но если температуру сразу снизить до 0 °С, то дрожжи не смогут расщепить диацетил, так что раньше концентрация диацетила в пиве, даже при длительном доображивании, могла быть весьма высокой.

В настоящее время пиво выдерживают в лагерных танках по меньшей мере две-три недели, но перед глубоким охлаждением контролируют расщепление диацетила. Так как лагерные танки не имеют собственного охлаждения, то температура в помещении может быть понижена только после того, как во всех танках прошло расщепление диацетила. Из-за этого длительность доображивания увеличивается. Стадия выдержки пива при низких температурах должна составлять по меньшей мере одну неделю.

4.3.7.1. Перекачка пива

Для перекачивания лагерная емкость соединяется с бродильным чаном шлангом и пиво отправляется в лагерное отделение. При этом лагерный танк наполняется пивом не полностью (пиво не доливают примерно на ширину ладони ниже отверстия шпунтования). Предварительно для избежания потерь углекислоты и предотвращения затягивания воздуха в танке создают небольшое избыточное давление, а заполнение ведут снизу.

После перекачки в отделение дображивания брожение протекает еще относительно интенсивно. Поэтому лагерные емкости шпунтуют не сразу, а только после одного-двух дней дображивания.

У слишком полно налитых танков на поверхности возникает шапка пены, с которой уходят частицы холодной мути и экстракта. Во избежание этих потерь лагерные танки сначала заполняют не полностью; через некоторое время, когда исчезает опасность перелива пены, их доливают.

Чтобы достичь более равномерного качества пива содержимое бродильного чана распределяется, по возможности, на несколько лагерных танков, так что в каждом находится пиво различных варок.

4.3.7.2. Шпунтование

Лагерную емкость закупоривают шпунтаппаратом. Благодаря этому удается избежать полного улетучивания из пива образующегося диоксида углерода. Давление в лагерном танке возрастает, и для регулирования давления как раз и служит шпунтаппарат.

Распределение давления в лагерном танке

Возникающее в лагерном танке повышенное давление действует равномерно во все стороны.

Очевидно, что давление в танке не может возрастать до бесконечности. Рано или поздно из-за большого давления произойдет разрыв днища, что приведет к значительным потерям пива, повреждению оборудования или даже к травмам персонала.

Шпунтаппараты

Из-за образования CO_2 давление в танке возрастает. Необходимо любыми средствами не допускать превышения давления выше требуемого. Для этого применяют шпунтаппараты, являющиеся одновременно предохранительными и перепускными клапанами.

Шпунтаппарат служит предохранительным клапаном и регулятором давления одновременно.

В самых первых шпунтаппаратах использовался столб воды (водяные шпунтаппараты). При водяном столбе в 3 м в танке будет поддерживаться избыточное давление 0,3 бара. Остальной диоксид углерода преодолеет столб жидкости и уйдет. Соответственно, водяные шпунтаппараты представляют собой металлическую или стеклянную трубку длиной около 4 м, которая наполнена водой до желаемой высоты. Вместо одной высокой трубки могут быть использованы несколько более коротких маленьких трубок, закрепленных друг над другом.

Позднее на место воды пришла более тяжелая (в 13,6 раза) ртуть. Благодаря своей большей плотности, столбу ртути необходимо иметь только 1/13,6 высоты столба воды, чтобы поддерживать такое же давление. Давлению в 0,1 бар соответствует столб воды в 1 м или 100 см : 13,6 = 7,4 см столба ртути.

Пары ртути ядовиты, и поэтому ртутные шпунтаппараты давным-давно не используются на пивоваренных предприятиях. В настоящее время используются пружинные или рычажные клапаны, которые позволяют точно поддерживать давление в танке. При определенном внутреннем давлении клапан открывается и сбрасывает избыточное давление. Такой предохранительно-перепускной клапан показан на рис. 4.24.

Ошибки при шпунтовании

Может случиться так, что шпунтаппарат (предохранительный клапан) не будет функционировать. Тому есть несколько причин:

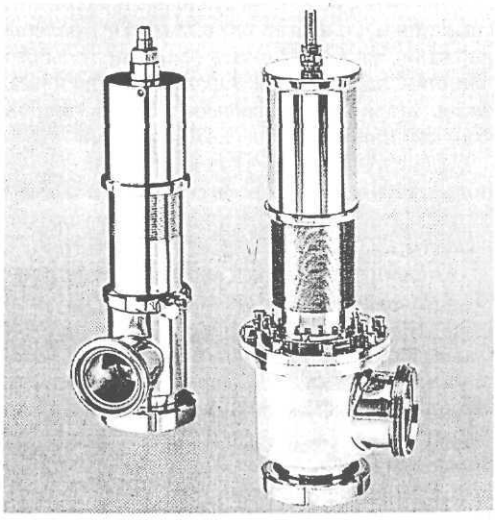


Рис. 4.24. Пружинный предохранительно-перепускной клапан

Пиво было перекачено слишком поздно и не содержало достаточного количества сбраживаемого экстракта, чтобы образовалось желаемое количество CO_2, или же дрожжи были слишком слабые и успели осесть.

В этом случае пиво должно быть смешано с бродящим суслом на стадии низких завитков, содержащим сбраживаемый экстракт и свежие бродящие дрожжи в логарифмической фазе роста. Этот процесс называется ***оживлением дображивания пивом в стадии низких завитков.***

При этом следует обращать внимание на то, чтобы дрожжи не испытали шока от низких температур и не прекратили брожение.

На некоторых пивоваренных предприятиях, чтобы достичь округленного вкуса пива, всегда работают с низкими завитками.

Могут иметься повреждения в уплотнении, через которые CO_2 беспрепятственно улетучивается.

Проверка происходит путем нанесения смазочных или моющих средств, которые пенятся в местах выхода углекислоты.

Может случиться так, что танк будет герметично закупорен. Это может произойти, если танк был чрезмерно наполнен, пена пошла сквозь предохранительный клапан и залепила его. То же самое может произойти, если в газоотводящий трубопровод встроен отсечный вентиль, который закрыли. Правила техники безопасности запрещают встраивание отсечной арматуры на газоотводящем трубопроводе.

В этом случае брожение продолжается, хотя и затягивается из-за повышенного давления. Давление может возрасти до такой степени, что произойдет разрыв дна, люка или швов танка.

4.3.8. Соединение лагерного танка с линией розлива

Под соединением танка понимают состыковку лагерной емкости и линии розлива для передачи ее содержимого. Способ соединения зависит от конструкции используемых лагерных емкостей. При этом главное:

В линии розлива должно поддерживаться давление, равное давлению, действующему на пиво в танке, иначе CO_2 будет улетучиваться.

Следует сделать все возможное для предотвращения попадания в пиво воздуха.

4.3.8.1. Установление соединения

Раньше это была проблема особого рода, так как самая низкая точка бочки лежала намного ниже порога, и для соединения бочки с линией розлива должна была применяться особая запорная арматура в виде шпагообразных кранов, конструкцией которых и сегодня можно восхищаться в музеях пивоварения. Старые танки и в настоящее время иногда имеют выходы для соединения которых необходимо использовать специальную арматуру подобного рода.

В современных танках всегда применяется отсечная (запорная) арматура с резьбовым штуцером, к которому может присоединяться шланг. Под отсечной (запорной) арматурой в пивоварении понимается вся закрывающая трубопроводы арматура.

Если бы на этой стадии пиво пришло в соприкосновение с воздухом, это неблагоприятно отразилось бы на его качестве. Кроме того, пиво бы пенилось и теряло CO_2.

Поэтому подсоединенный шланг наполняют деаэрированной водой (или продувают шланг CO_2 и поддерживают в нем избыточное давление) и только после этого открывают танк. В трубопроводе возникает смесь последней выдавливаемой воды и первых порций пива, которая называется ***первым или головным фильтрационным остатком***. Когда пиво выталкивают водой, возникает ***последний или хвостовой остаток***. Разделение воды и пива возможно по изменению цвета жидкости в смотровом фонаре, однако цвет меняется не сразу, а постепенно.

Головные и хвостовые фильтрационные остатки собирают по отдельности и подвергают специальной обработке.

При смешивании с водой плотность пива, а значит, и экстрактивность начального сусла падает, что следует учитывать на производстве.

4.3.8.2. Давление при опорожнении танка

В лагерном танке перед розливом поддерживается давление около 0,5 бар. Когда пиво отка-

чивают, давление в танке будет понижаться, если дополнительно не подводить какой-либо газ (для этого используют CO_2 или сжатый воздух).

При использовании сжатого воздуха в пиво попадает кислород и ухудшает его качество. Поэтому во избежание окисления пива лучше применять диоксид углерода. Диоксид углерода в значительной степени выделяется при брожении, однако его сбор в случае открытых чанов едва ли возможен. При брожении в ЦКТ такая возможность, напротив, существует.

Давление ускоряет перекачку танка, однако существует предел нагрузки на материал емкости. Обычно в танк при раскачке пива подается газ под избыточным давлением 0,9–1 бар, а в случае бочек – 0,5–0,6 бар.

К повреждению оборудования может привести не только повышенное, но и пониженное давление.

Если подача газа в танк при перекачке пива вообще не открыта, то при опорожнении емкости возникает вакуум, так что танк может «сложиться».

Особенно часто это происходит с алюминиевыми танками из-за мягкости их материала. Танки сжимаются полностью, и их выпрямление требует больших затрат. Особенно опасен для ЦКТ даже слабый вакуум.

4.3.9. Перекачка из танков

При перекачке из танков пиво направляется от лагерной емкости через смеситель и регулятор давления к фильтру. Для стабилизации пиво зачастую подвергают дополнительному глубокому охлаждению на теплообменнике.

4.3.9.1. Смеситель

При применении смесителя возможно:

смешивать содержимое двух или более танков, достигая тем самым однородного качества;

когда содержимое танка закончилось (это узнают по пене и мути, которая стала поступать вместе с пивом), можно тотчас запустить следующий танк. Благодаря этому не происходит прерывания потока и скачков давления, что особенно опасно для процесса фильтрования пива, а также с точки зрения попадания кислорода в пиво.

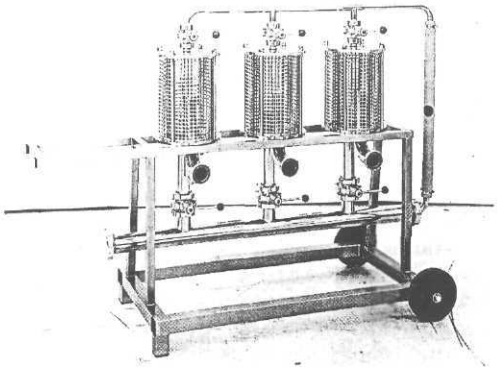


Рис. 4.25. Ручной смеситель на три входа

В смесителях бывает от 2 до 6 соединений для шлангов от лагерных емкостей; каждое соединение снабжено смотровым фонарем. Отток жидкости из смесителя происходит беспрепятственно и непрерывно, а наличие пива в трубопроводе можно контролировать в смотровом фонаре (рис. 4.25).

Обычно фонарь предусматривается на патрубке для подачи воды. Данный фонарь позволяет наполнять трубопровод и вытеснять пиво водой при завершении перекачки (хвостовой фильтрационный остаток).

4.3.9.2. Регулятор давления (друкреглер)

Регулятор давления – последняя позиция оборудования отделения доображивания. Он служит для того, чтобы пиво подавалось на фильтр при постоянном давлении. Это осуществляется стационарными насосами, снабженными преобразователями частоты для регулирования числа оборотов. Регулирование числа оборотов происходит таким образом, чтобы не возникали гидравлические удары.

По ходу фильтрования требуемое давление увеличивается. Поэтому если друкреглер одновременно является и фильтрационным насосом, следует постоянно его регулировать. Если в составе фильтрационной установки имеется отдельный насос у фильтра, то регулятор давления может работать с почти постоянным напором, то есть регулироваться так, чтобы уровень в буферном танке перед фильтром оставался постоянным.

4.3.9.3. Получение пива из лагерного осадка

Из лагерного осадка можно получить некоторое количество пива, которое относится к некондиционному пиву. Это остаточное пиво нужно отделять от дрожжей, но оно, конечно, не содержит CO_2, а в случае переработки дрожжей из открытых чанов оно к тому же еще и сильно инфицировано. Лагерный осадок фильтруется на специальных фильтр-прессах, выделенные дрожжи идут на корм скоту, а пиво обрабатывается особым образом (см. раздел 4.4.6.4).

4.3.9.4. Глубокое охлаждение пива

На многих пивоваренных предприятиях пиво перед фильтром еще раз сильно охлаждают, чтобы выделить частицы холодной мути и стабилизировать пиво.

Для охлаждения применяют пластинчатые или трубчатые теплообменники, в которых пиво охлаждается хладоносителем (солевым раствором или гликолем) до –2 или –3 °С.

Как правило, эффект от глубокого охлаждения переоценивают. Холодная муть возникает только после длительной выдержки пива при низких температурах, то есть не сразу, а только через какое-то время, так что успех охлаждения непосредственно перед фильтрованием вызывает сомнение. Кроме этого, при низких температурах вязкость пива увеличивается, что может привести к проблемам при фильтровании.

Для безусловного выделения частиц холодной мути пиво должно выстаиваться в отделении дображивания минимум **одну неделю при температуре от –2 до –1 °С.**

4.3.9.5. Фильтрационные остатки

При всех перекачках (в лагерный танк, из лагерного танка) возникает смесь воды и пива, называемая фильтрационными остатками, которая и перерабатывается отдельно от основной массы пива. Они почти всегда окислены, всегда инфицированы, и поэтому перед смешиванием с нормальным пивом должны быть пастеризованы на поточном теплообменнике.

Из-за низкой экстрактивности этой смеси экстрактивность начального сусла должна быть повышена на 0,2–0,3%, чтобы после разбавления получить требуемую экстрактивность.

Современное оборудование позволяет значительно сократить объем этих фильтрационных остатков.

4.4. Брожение и созревание в цилиндроконических танках (ЦКТ)

Обычные бродильные чаны и лагерные танки имеют определенные ограничения по размеру. Необходимость в большей экономичности производства и большем объеме потребовала применения еще более крупных производственных единиц и для процессов брожения и созревания пива. Как результат — возникновение цилиндроконических бродильных и лагерных танков (ЦКТБ и ЦКТЛ), применяемых в настоящее время на большинстве пивоваренных предприятий и полностью себя оправдавших. Использование ЦКТ предполагает не только их технические преимущества, но и проведение процессов брожения и созревания пива на качественно высоком уровне.

4.4.1. Конструкция и установка цилиндроконических танков

В плане конструкции и установки цилиндроконических танков нас интересуют следующие аспекты:

- конструкция и форма ЦКТ;
- их высота, диаметр, объем, общие размеры, свободное пространство для подъема пены;
- установка и расположение ЦКТ.

4.4.1.1. Изготовление, форма и материал ЦКТ

Цилиндроконические танки изготавливаются с верхней частью в виде цилиндра, а с нижней — в виде конуса. Такая форма дает возможность хорошо и полно отделять от пива осевшие дрожжи, а также улучшает опорожнение и мойку танка.

Первоначально ЦКТ изготавливались из обычной, черной стали. Для защиты материала от коррозионного воздействия пива предусмат-

ривалось покрытие из эпоксидной смолы, которое требовало регулярной проверки и обновления по мере износа. Сегодня ЦКТ так же, как и варочные порядки, фильтры и т. д. изготавливают почти исключительно из нержавеющей стали, различные виды которой в среде немецких пивоваров часто объединяют под общим обозначением V2A. Существует множество марок нержавеющей стали (подробнее о них см. в разделе 6.12).

Значение имеет не только материал танка, но и его внутренняя поверхность. Она должна быть возможно более гладкой и ни в коем случае не содержать микроскопических углублений. Эти зависящие от изготовителя танков углубления называются шероховатостью. Высота микрошероховатости определяется тщательностью обработки материала. Величина, характеризующая свойства поверхности, называется средним арифметическим отклонением профиля (R_a, ГОСТ 2789–73 — *прим. ред.*), которая зависит от глубины микрошероховатости. Средняя величина шероховатости поверхности, R_a, должна быть <1,6 мкм, причем изготовители стремятся к величине <0,8 мкм. Благодаря шлифовке и полировке можно уменьшить R_a до 0,3–0,4 мкм, что, конечно, связано со значительными дополнительными расходами.

Для предотвращения оседания инфицирующей микрофлоры в днище и на стоке из конуса средняя величина шероховатости должна быть очень низкой. Это относится и к сварным швам, которые подвергают тщательной шлифовке, чтобы предотвратить накопление в них микроорганизмов. (рис. 4.26).

Культурные дрожжи имеют размер 6–10 мкм, и на такой поверхности столь крупные клетки удержаться не смогут. Но бактерии и споры имеют величину от 0,7 до 4 мкм, так что существует возможность, что на днище с большой высотой микрошероховатости закрепится и будет размножаться посторонняя микрофлора. Это относится к бактериям и клеткам диких дрожжей с малым размером клетки, которые таким образом закрепляются на поверхности и со временем становятся очагом инфекции. Поэтому внутреннее пространство танка необходимо проверять и перепроверять на наличие инфекции, и при ее обнаружении применять усиленную мойку и дезинфекцию (см. раздел 4.4.7).

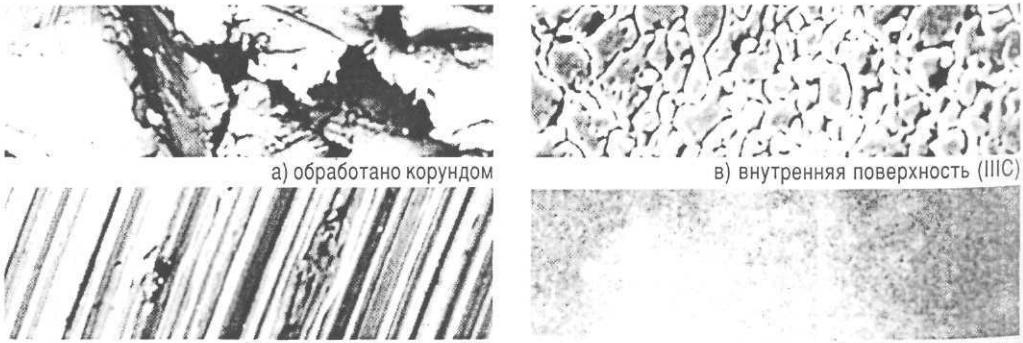
Вышесказанное является серьезной задачей для биологического контроля производства.

4.4.1.2. Размер ЦКТ

Прежде ЦКТ конструировались с произвольными размерами — до 40 м в высоту и свыше 10 м в диаметре. Сегодня к их размерам, особенно бродильных (ЦКТБ), подходят осторожнее. На основе практических и экспериментальных данных был сделан вывод о том, что в случае охлаждения через рубашки лучше не выходить за рамки определенных габаритных размеров [46].

4.4.1.2.1. Высота сусла в ЦКТБ

Исследования показали, что на состав побочных продуктов брожения влияет высота сусла. Представьте себе дрожжевую клетку, находящуюся на глубине 20 м — на нее действует столб сусла высотой 20 м, да еще и содержа-



а) обработано корундом

б) отшлифовано, зерно 180

в) внутренняя поверхность (IIIC)

г) электрополировка

Рис. 4.26. Различная высота микрошероховатости. Фото: фирма Хильге Пумпен (Hilge Pumpen), г. Боденхайм

щий CO_2. Возможная высота столба сусла ограничивается при этом концентрацией CO_2. Современные исследования позволяют сделать вывод, что высота сусла в ЦКТБ не должна превышать 20 м. Однако существует довольно много ЦКТБ с уровнем сусла от 23 до 27 м. Следует заметить, что в ЦКТЛ высота сусла не играет роли, если только процесс созревания (расщепления диацетила) завершен.

4.4.1.2.2. Отношение диаметра танка к высоте сусла

По поводу отношения диаметра ЦКТ к высоте сусла существуют различные мнения. Это отношение колеблется от 1:1 до 5:1. В настоящее время активно обсуждаются широкие танки [46], у которых:

- отношение диаметра к общей высоте сусла должно быть 1:2;
- отношение диаметра к высоте сусла в цилиндрической части должно быть от 1:1 до 1:1,5.

В ЦКТ с охлаждением через рубашку отношение d:H оказывает определенное влияние на гомогенность пива, что особенно заметно сказывается на тех стадиях процесса, при которых образуется относительно мало CO_2.

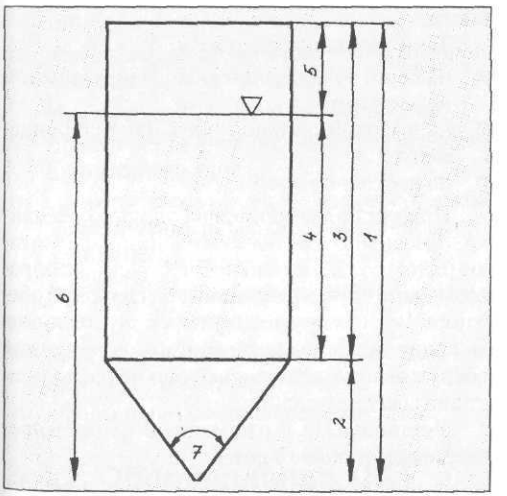


Рис. 4.27. ЦКТ как цилиндр и конус:

1 — общая высота; 2 — высота конуса; 3 — высота цилиндра; 4 — высота сусла в цилиндре; 5 — свободное пространство для пены; 6 — общая высота сусла; 7 — внутренний угол наклона конуса

Большинство танков имеет диаметр от 3.5 до 4,5 м. Диаметр танка, помимо всего остального, связан с решением транспортных проблем при его доставке к месту монтажа. Угол наклона конуса внутри может быть от 60 до 90° (наиболее распространены значения 60–75°). Для расчетов важно знать, что при наклоне конуса в 60° высота конуса равна 0,866 диаметра.

Расчет объема ЦКТБ складывается из определения суммы объемов (рис. 4.27):

- цилиндрической части: $r^2 \cdot \pi \cdot h$;
- конической части: $r^2 \cdot \pi \cdot h/3$.

Пример

Общая высота сусла в ЦКБТ составляет 9,4 м. Диаметр равен 4,2 м, высота конуса — 3,6 м. Сколько гл сусла вмещает танк?

	Общая высота сусла	9,4 м
–	Высота конуса	3,6 м
=	Высота цилиндра	5,8 м

Цилиндрическая часть:

2,1 м · 2,1 м · 3,14 · 5,8 м = $V_ц$.

Коническая часть:

2,1 м · 2,1 м · 3,14 · 3,6 м : 3 = $V_к$.

	$V_ц$ =	80,31 м³
+	$V_к$ =	16,62 м³
	$V_т$ =	96,93 м³ = 969,3 гл.

Итого танк вмещает 969 гл сусла.

4.4.1.2.3. Размеры танков

Размеры ЦКТ зависят от мощности варочного отделения. За основу принимается, что один танк должен вмещать максимум **половину производимого в сутки сусла** (и только в исключительных случаях — всю суточную выработку). Такое правило вызвано несколькими причинами:

- Если танк вмещает больше сусла, то заполнение длится слишком долго: первая варка успевает уже забродить.
- Если последняя варка перекачивается без внесения дрожжей, то это сусло может долго стоять в танке незабродившим, так как содержимое танка не перемешивается. Это способствует развитию инфицирующей микрофлоры.

- У очень больших танков длительное время занимают побочные операции (такие, как опорожнение, мойка, наполнение).
- Большие танки пригодны только для приготовления основных для данного предприятия сортов пива.
- Пик потребления холода у больших танков выше, чем у нескольких меньшего размера.

Тем не менее в некоторых случаях при решении вопроса об инвестициях пивоваренные предприятия могут ориентироваться на свои технологические или производственные потребности. Зачастую диаметр и высота емкости зависят от способа и маршрута транспортировки танка на предприятие.

4.4.1.2.4. Свободное пространство для подъема пены

ЦКТБ заполняется для брожения не полностью, так как и здесь при брожении из-за подъема CO_2 образуются завитки, занимающие значительный объем. В крайнем случае завитки поднимаются через верхушечные клапаны и могут закупорить предохранительную арматуру. Это очень опасно, так как засохшее сусло может так заблокировать арматуру, что она не сможет больше функционировать.

Поэтому за основу принимают, что свободное пространство для пены в случае ЦКТБ должно составлять не менее 18–25% от объема начального сусла.

В нашем примере к объему сусла в 969 гл необходимо добавить еще 25% свободного пространства (V_1). Какая высота должна быть у этого ЦКТ?

Объем сусла = 96,9 м³
+25% = 24,2 м³
Объем ЦКТ = 121,1 м³

Высоту свободного пространства (H_1) для пены высчитывают по формуле:

$$V_1 = r^2 \cdot \pi \cdot H_1;$$

$$H_1 = \frac{V_1}{r^2 \cdot \pi} = \frac{24{,}3\ м^3}{13{,}8\ м^2} =$$

$$= 1{,}75\ м.$$

Общая высота ЦКТБ должна составлять:

Высота сусла + Высота пены =
= Общая высота ЦКТБ.
9,4 + 1,75 = 11,15 м.

Итак, ЦКТ должен иметь общую высоту 11,15 м.

ЦКТБ для производства пшеничного пива наполняются из-за сильного пенообразования только на 50%. Свободное пространство должно составлять по меньшей мере 40%.

В лагерных танках для пены требуется меньший объем. Это, однако, зависит от процессов, проходящих в ЦКТЛ:

- если пиво выдерживается только при низких температурах 5–8%
- если еще происходит расщепление диацетила 10–12%
- если работают с добавлением завитков 25%

4.4.1.3. Установка и расположение ЦКТ

ЦКТ имеют довольно большую высоту, и поэтому первоначально они всегда устанавливались вне помещения, и, соответственно, изолировались и защищались от влияния погодных условий. Позднее чаще стали применять вариант установки танков в помещении. В настоящее время распространены оба варианта с подвариантами (рис.4.28).

Установка вне помещений очень распространена, но требует теплоизоляции каждой емкости.

Танк устанавливается:

- на короткой опорной юбке, в межэтажном перекрытии;
- на высокой опорной обечайке, на фундаменте;
- на несколько опор.

При установке танков на опорной обечайке помещение для обслуживания располагают рядом с ЦКТ или непосредственно в образовавшемся пространстве внутри опорной обечайки. Во всех других случаях конусы танков выходят непосредственно в помещение для обслуживания, если только оно не располагается в соседнем здании.

Установка ЦКТ в помещении *может преследовать несколько целей:*

- здание призвано улучшить внешний вид завода;
- выполнить предписания местных органов власти;
- обеспечить частичную или полную изоляцию емкостей.

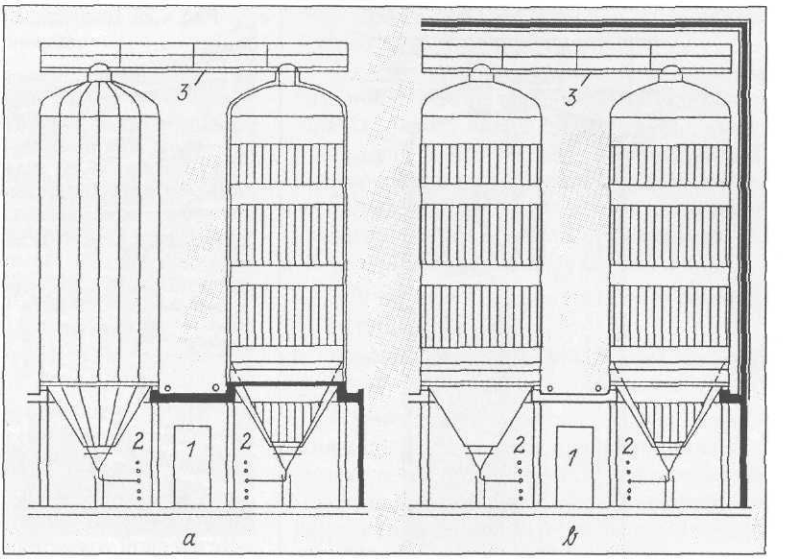


Рис. 4.28. Расположение ЦКТ:

a – установка вне помещения; b – установка в помещении

1 — проход; 2 — соединительная панель; 3 — верхняя площадка для обслуживания

Решение о том, какой вариант расположения танков предпочесть, должно приниматься только после тщательного рассмотрения всех имеющих значение факторов.

Преимущества *внешнего расположения* заключаются в следующем:

- возможность индивидуального температурного режима для каждого отдельного танка;
- невозможность взаимного температурного влияния.

Недостатки внешнего расположения:

- значительное увеличение затрат на изоляцию каждого танка;
- существенное увеличение энергопотерь из-за увеличения поверхности активного теплообмена.

При внутреннем расположении немалые расходы потребуются:

- на стальной каркас, панельные стены и на крышу помещения;
- оформление внешней поверхности.

4.4.2. Оборудование ЦКТ

К оборудованию ЦКТ относятся:

- контрольные приборы, элементы для обслуживания танка и предохранительная арматура;
- оборудование для охлаждения танка;
- оборудование для управления процессом брожения и его автоматизации.

На рис. 4.29 показаны элементы ЦКТ, о которых пойдет речь в следующих разделах.

4.4.2.1. Контрольные приборы, элементы для обслуживания танка и предохранительная арматура

Для обслуживания, контроля и безопасной эксплуатации танка необходимы следующие элементы:

- оборудование для наполнения и опорожнения ЦКТ;
- предохранительная арматура;
- контрольные приборы;
- станция CIP.

4.4.2.1.1. Оборудование для наполнения и опорожнения ЦКТ

ЦКТ всегда наполняют и опорожняют снизу по следующим причинам:

- это существенно проще;
- заполнение сверху приводило бы к лишнему попаданию кислорода.

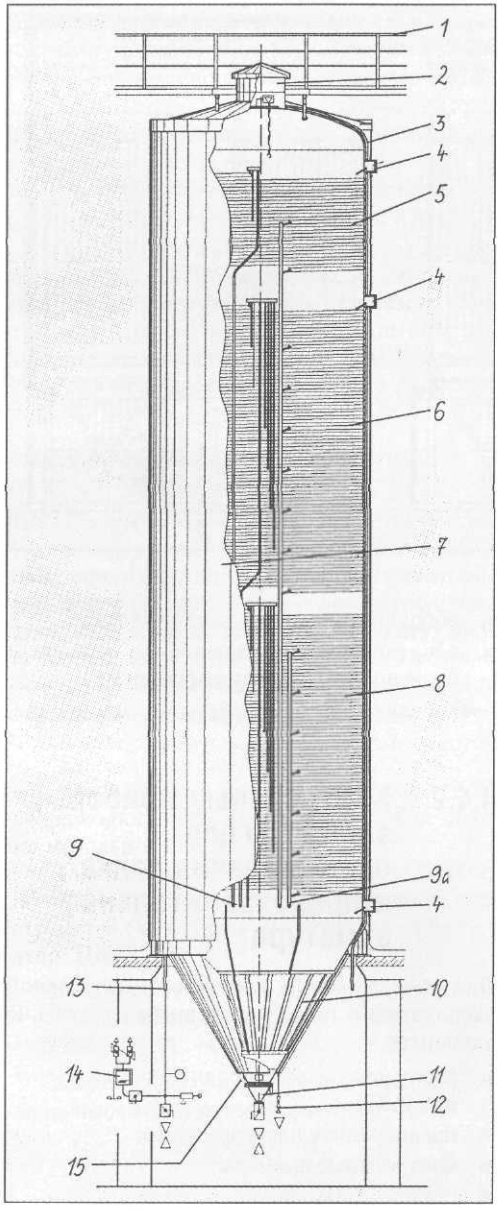


Рис. 4.29. Цилиндроконический танк (изоляция частично удалена):

1 — площадка для обслуживания; 2 — купол танка с арматурой; 3 — трубы с кабелем и дренажная труба; проложенные под изоляцией; 4 — гнездо для термометра; 5 — малая зона охлаждения для дображивания; 6, 8 — зоны охлаждения для брожения; 7 — изоляция; 9 — соединения для подвода жидкого аммиака, с клапанами; 9а — отвод испарившегося аммиака; 10 — конусная зона охлаждения; 11 — конусный патрубок с люком обслуживания DN 450; 12 — пробный кран; 13 — подающая на купол и отводящая с купола труба (CO_2; воздух; CIP); проложенная под изоляцией; 14 — шпунт-аппарат; 15 — измеритель уровня; датчик опорожнения

Однако наполнение и опорожнение снизу означает, что ЦКТ должен соединяться с несколькими трубопроводами, а именно:

- с трубопроводом подачи сусла;
- с линией снятия дрожжей;
- с трубопроводом откачки пива;
- с трубопроводом подачи и возврата CIP.

Важно, чтобы эти соединения были защищены от доступа воздуха и попадания посторонней микрофлоры.

Используя шланги, в долговременном плане нельзя достичь безупречных (с микробиологической точки зрения) результатов. Внутренняя поверхность шлангов выглядит зачастую гораздо хуже, чем может показаться на первый взгляд, и, кроме того, они требуют очень бережного обращения и тщательного ухода (см. раздел 6.3.1).

На большинстве предприятий для переключения потоков используются **панели** (рис. 4.30), на которых посредством **перекидных калачей** с помощью нескольких ручных операций производится требуемая состыковка расположенных параллельно друг над другом в виде забора трубопроводов (рис. 4. 30а).

Соединения открываются и закрываются с помощью **поворотных заслонок** вручную или дистанционно (рис. 4.31).

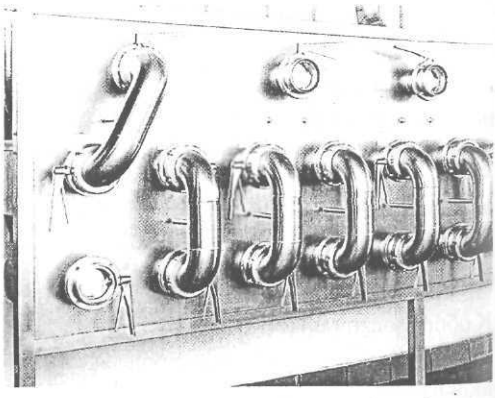


Рис. 4.30. Распределительная панель с калачами

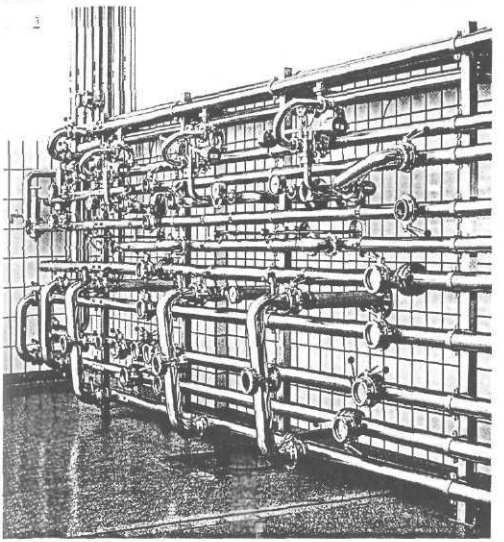


Рис. 4.30а. Соединенные калачами трубопроводы

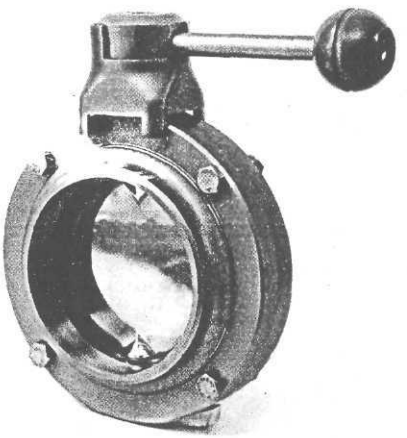


Рис. 4.31. Поворотная заслонка

Чрезвычайно важно не допустить попадания кислорода, который приведет к ухудшению качества пива. Для удаления кислорода при откачке пива из танков трубопроводы наполняют деаэрированной водой вплоть до запорной арматуры (при вытеснении воды образуется разбавленный остаток). Но как раз калач-то и привносит воздух в трубопровод, если этот воздух не удаляют, например, через деаэрационный клапан в высшей точке. Действенной альтернативой является продувка трубопроводов и арматуры CO_2, который полностью вытесняет воздух.

На крупных предприятиях **вся система трубной обвязки выполняется безразборной.** Открытие или закрытие трубопроводов происходит в этом случае с помощью дистанционно управляемых клапанов. Хотя это удорожает стоимость оборудования, но позволяет сократить численность обслуживающего персонала. Клапаны располагаются или

- под каждым танком **(раздельное соединение),** или
- объединяются в **блоки;** в этом случае говорят о групповом соединении.

На таких заводах большое количество клапанов сосредоточено в тесном пространстве. С течением времени герметичность клапанов может нарушаться, что может привести к серьезным последствиям, если, например, в пиво попадет щелочь для мойки. Чтобы такого ни в коем случае не произошло, клапаны снабжают **дренажным узлом,** который своевременно позволяет узнать о протечке.

Клапаны с дренажным узлом

Клапанами открываются и закрываются соединения между трубопроводами. Двухседельные клапаны обладают повышенной надежностью против негерметичности соединения.

Двухседельный клапан работает следующим образом (рис. 4.32).

Сильная пружина привода (*6*) давит вниз и через шток (*1*) прижимает нижнюю тарелку (затвор) к седлу корпуса (*2*) и таким образом плотно закрывает клапан. Нижняя тарелка клапана прочно соединена со штоком. Верхняя тарелка клапана тоже прижимается пружиной (*6*), но из-за дренажной пружины (*7*) сдвигается на меньшее расстояние, чем нижняя тарелка. Пространство между двумя тарелками соединено дренажной трубкой (*8*) с внешней средой и промывается путем подачи моющего раствора через отдельное соединение.

Когда приходит сигнал на открытие клапана, сжатый воздух поступает через штуцер (*4*) в клапан, движется внутри штока (*5*) вниз, под поршень, и поднимает его, преодолевая сопротивление пружины. С поршнем поднимается и двухседельный клапан, причем нижняя тарелка поднимает вместе с собой верхнюю тарелку и они плотно прижимаются друг к другу.

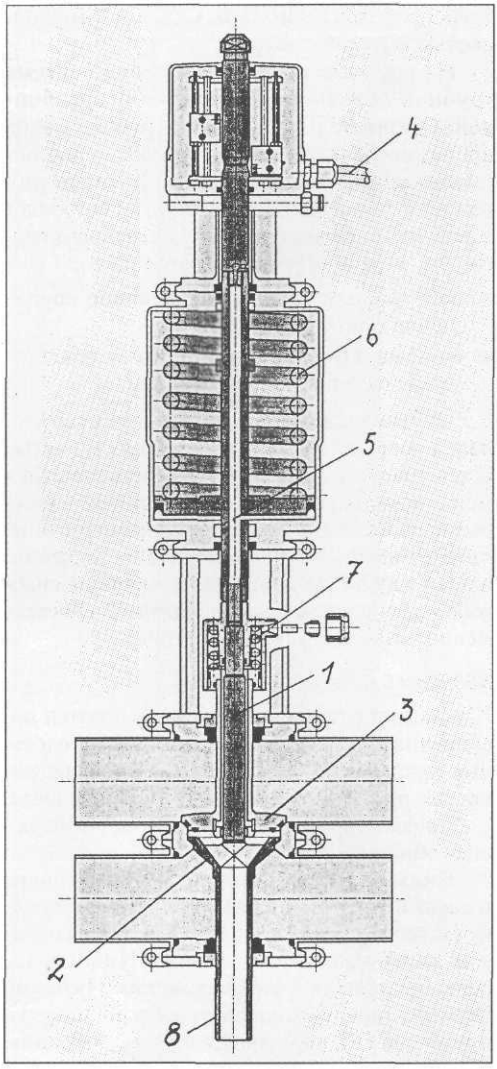


Рис. 4.32. Двухседельный клапан:

1 — шток привода клапана; 2 — нижний клапан; 3 — верхний клапан; 4 — штуцер для подачи в клапан сжатого воздуха; 5 — подача сжатого воздуха под поршень; 6 — пружина; 7 — малая пружина; 8 — дренажная трубка

При сигнале закрытия подача сжатого воздуха прекращается, давление пружины становиться больше давления воздуха. Пружина давит на поршень, а поршень через шток (*1*) перемещает нижнюю тарелку (*2*) вниз. При этом закрывается сначала верхний, а затем нижний клапан. Между ними остается небольшое пространство: если клапан негерметичен, жидкость будет вытекать наружу через полую дренажную трубку (*8*) и таким образом протечка может быть обнаружена.

Конечно, клапаны различных фирм сконструированы по-разному. Но если это двухседельный клапан, то он всегда имеет между клапанами полое пространство для свободного стока жидкости.

Подача и сбор CO_2

Возникающий при брожении CO_2 должен забираться из верхней точки танка. Когда пиво откачивают, то необходимо подавать в танк CO_2 или, за неимением углекислоты, воздух. Кроме того, для успешной мойки танка моющий раствор должен принудительно разбрызгиваться сверху. Необходимая для этого арматура располагается доступно, снизу, в зоне размещения клапанов, и соединяется с верхушкой танка вертикальным трубопроводом (рис. 4.33).

К клапанному узлу относятся:

- клапан для подачи моющей жидкости;
- клапан регулировки давления газа (подключается последовательно);
- клапан отвода CO_2;

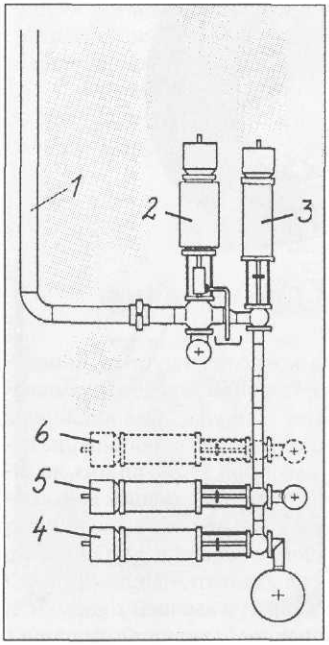


Рис. 4.33. Комбинированный газовый и моечный клапанный узел:

1 — подающий трубопровод; 2 — клапан CIP; 3 — клапан регулировки давления; 4 — клапан отвода CO_2; 5 — клапан подачи CO_2; 6 — клапан подачи стерильного воздуха

- клапан подачи CO_2 при опорожнении танка;
- клапан подачи стерильного воздуха (при необходимости);.

4.4.2.1.2. Арматура, устанавливаемая на куполе танка

Верхняя часть танка называется куполом танка. Купол доступен для обслуживания и содержит арматуру, размещенную в плите, находящейся в центральной части купола. Купольная арматура защищена от воздействия погодных условий. Она состоит из (рис. 4.34):

- предохранительного клапана;
- вакуумного клапана;
- системы CIP для мойки купольной арматуры, подключенной к линии подачи моющих растворов;
- датчика уровня (для защиты от переполнения);
- датчика для измерения давления в танке.

Купольная арматура должна быть связана с системой CIP, чтобы полностью сохранить свои функциональные возможности. Кроме этого, купольная арматура должна быть защищена от замерзания.

4.4.2.1.2.1. Предохранительный клапан

Необходимость предохранительного клапана очевидна. В разделе о традиционных лагерных танках уже было показано, какие мощные силы возникают при повышении давления в танке. Эта опасность у больших ЦКТ соответственно выше (особенно, если давление повышается почти в пустом танке). Предохранительный клапан расположен на куполе и работает с использованием груза или пружины (рис. 4.35 и 4.36).

4.4.2.1.2.2. Вакуумный клапан

Большие танки очень восприимчивы к вакууму и легко меняют свою форму даже при незначительном разряжении. Опасность, что танк сомнется, так же велика, как и опасность, что он разорвется. Для этого существуют следующие причины.

При нагреве на 1 градус газы расширяются примерно на 1/273 своего объема, а при охлаждении вновь сжимаются на эту же величину. При впрыскивании холодной воды газ, содержащийся в теплом или горячем танке, сожмется и возникнет вакуум, который может «сложить» танк.

Опасность особенно велика, если в танке работают с повышенными температурами, так как тогда в большом количестве возникает водяной пар. Водяной пар не только сжимается при охлаждении, но и конденсируется, из-за чего объем стремительно уменьшается (происходит «вакуумный удар»).

Можно принять, что при нормальном давлении 1 м³ пара весит 560 г, в то время как 1 м³ воды весит 1000 кг. Когда пар конденсируется, он сжимается в (1000 : 0,56) 1786 раз; ни к чему хорошему это не приведет!

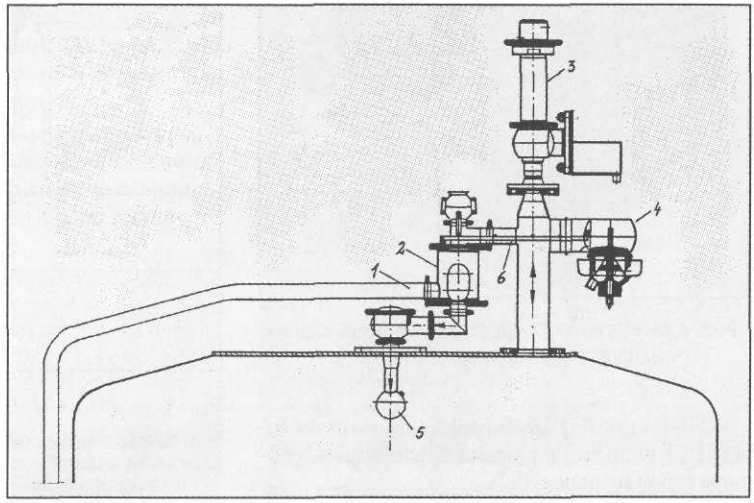


Рис. 4.34. Купольная арматура:

1 — вертикальный трубопровод (CO_2, сжатый воздух, CIP); 2 — механизм для разделения жидкости/газа; 3 — предохранительный клапан; 4 — вакуумный клапан; 5 — моющая головка; 6 — узел мойки арматуры

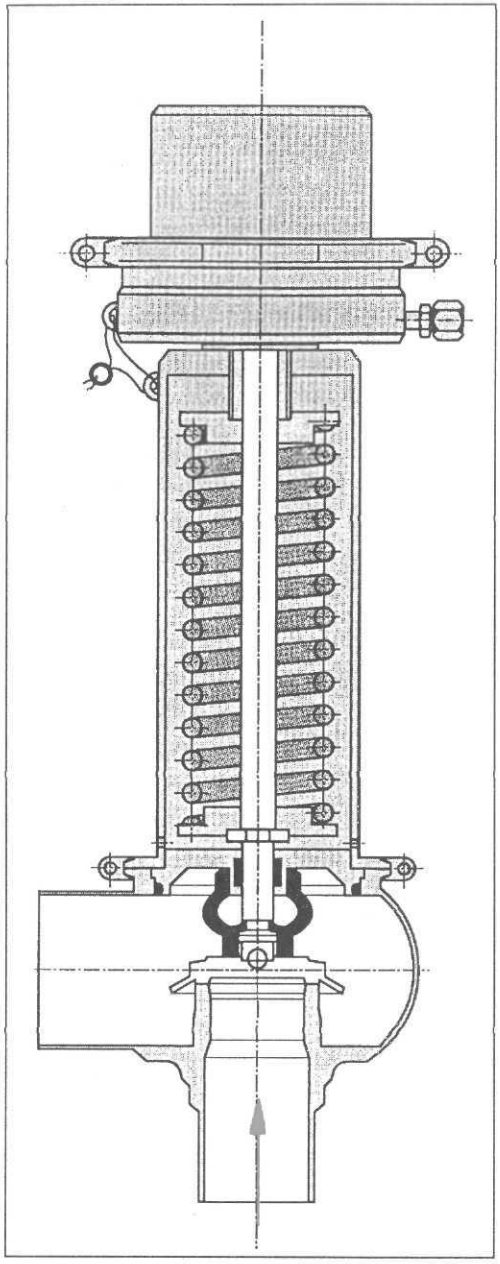


Рис. 4.35. Пружинный предохранительный клапан с поднимающейся тарелкой клапана

Большинство пивзаводов для мойки своих ЦКТ используют моющие растворы с температурой не выше 35 °С.

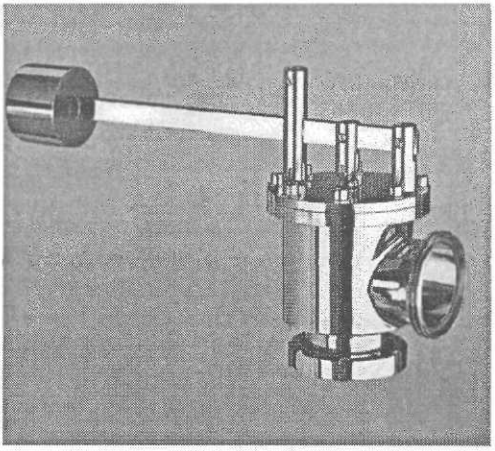


Рис. 4.36. Рычажный предохранительный клапан

Если, несмотря на это, все же предпочитают работать с высокими температурами, то рекомендуется не стравливать возникающее при нагреве избыточное давление. При охлаждении это давление снова снизится — таким образом можно предотвратить возникновение вакуума.

Вакуумные клапаны должны легко и надежно реагировать на понижение давления (рис. 4.37).

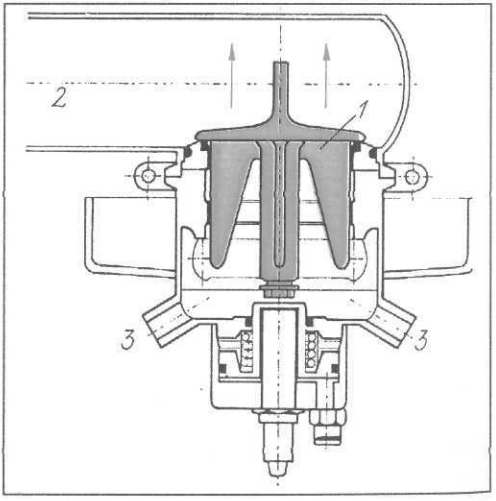


Рис. 4.37. Вакуумный клапан:

1 — тарелка клапана, она «сидит» в седле только благодаря своей массе; 2 — соединение с танком; 3 — соединение с внешней средой, дренажная трубка

При нормальном или избыточном давлении крышка клапана закрывает под действием своей массы отверстие клапана. При возникновении вакуума относительно большая тарелка клапана приподнимается и в танк засасывается воздух из окружающего пространства.

Не следует допускать залипания или замерзания клапана. По этой причине вакуумный клапан подсоединен к системе CIP и должен приподниматься при мойке танка и арматуры.

Вакуумный клапан относится к купольной арматуре танка.

4.4.2.1.2.3. Устройства для безразборной мойки (системы CIP)

Цилиндро-конические танки следует промывать только путем целенаправленного воздействия потока жидкости в системе CIP. Моечная арматура (статические моющие головки, вращающиеся струйные моющие головки) связана с купольной арматурой и имеет такие конструкционные параметры, что моющий раствор полностью покрывает поверхность танка по всей его длине и достаточно хорошо промывает даже конус.

Для этого необходимо поддерживать расход моющей жидкости на уровне 30 гл в час на 1 м окружности танка.

Для больших танков обычные моющие головки не подходят; в этом случае применяются **ротационные струйные моющие головки** (рис. 4.38).

Так как подача моющей жидкости, подача и отвод газов происходят по одному и тому же трубопроводу, то в купольной арматуре должно быть предусмотрено приспособление для разделения жидкой и газовой сред.

Во время мойки купольной арматуры все клапаны приподнимаются со своих седел, чтобы предотвратить залипание и обеспечить промывку седла клапанов.

Задача

Какое количество моющей жидкости необходимо использовать в случае рассмотренного ранее танка?

Диаметр танка: 4,20 м.

Окружность = диаметр · 3,14 = 13,2 м.

При окружности в 1 м = 30 гл/час,

при 13,2 м окружности =

= 13,2 · 30 = 396 гл/час

: 60 = 6,6 гл/мин

: 60 = 11 л/сек.

Итого: необходимо распрыскивать 11 л моющей жидкости в секунду.

4.4.2.1.3. Контрольные приборы

Пивовар не видит, что происходит внутри цилиндроконического танка. Тем важнее контрольные приборы, с помощью которых можно обследовать содержимое танка и регулировать процессы, протекающие внутри. К таким приборам относятся:

- **термометры;**
- **индикаторы уровня;**
- **индикаторы давления;**
- **предельные датчики верхнего и нижнего уровня;**
- **устройства для отбора проб.**

4.4.2.1.3.1. Термометр

Для стадий брожения и глубокого охлаждения необходимо особо точно соблюдать тем-

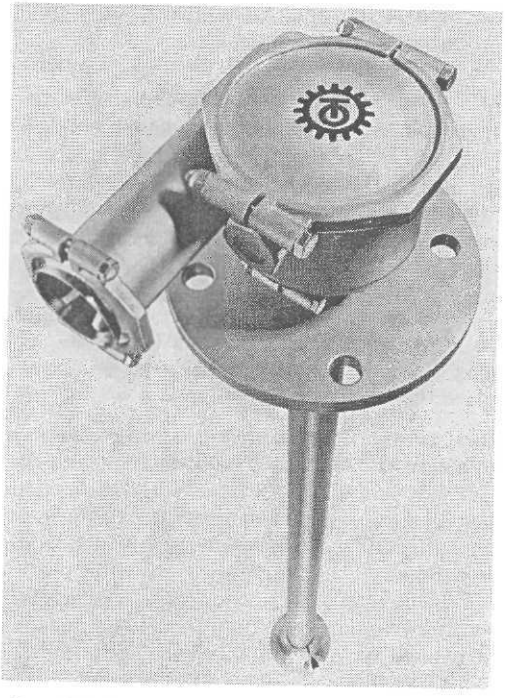


Рис. 4.38. Ротационная струйная моющая головка

пературный режим, и, как следствие, точное измерение температуры. Во время этих процессов в танке возникают значительные турбулентные потоки и связанные с ними температурные колебания, поэтому в нижней и верхней трети танка встраиваются термометры, которые регулярно передают свои показания.

4.4.2.1.3.2. Индикация уровня

Очень важен контроль за уровнем в танке, который осуществляется датчиками давления путем регистрации и передачи данных о давлении. В современных приборах одновременно с высотой уровня отображаются и данные о количестве жидкости.

Измерение уровня возможно:

- через измерение разности давлений (газовая фаза/давление на днище);
- с помощью ультразвуковых сенсоров (могут быть установлены снаружи);
- по принципу эхолота (для ЦКТ не принято);
- путем измерения пришедшего количества посредством индукционного расходомера (IDM);
- с помощью тензорезисторного датчика (у небольших цилиндроконических танков он расположен под опорой).

4.4.2.1.3.3. Индикация давления

Во время брожения под давлением и при дображивании необходимо отслеживать давление в танке, поскольку давление в танке либо не должно возрастать, либо оно должно возрастать постепенно. От превышения давления в этом случае защищает предохранительный клапан (см. выше) или предельный переключатель.

4.4.2.1.3.4. Датчики верхнего и нижнего уровня

Каждый ЦКТ снабжен датчиками верхнего и нижнего уровня, которые останавливают подачу жидкости при достижении максимально допустимого уровня наполнения (защита от переполнения) и срабатывают при опорожнении танка.

Здесь необходимо пояснить, насколько важны эти датчики. Если подача не прекратится при достижении максимально допустимого уровня, то в танке не останется свободного места для подъема завитков. В результате пена выйдет через арматуру купола и вертикальный трубопровод и загрязнит всю установку. Последствия могут быть очень неприятными.

С другой стороны, если танк будет полностью опорожнен, за пивом будет активно втягиваться воздух, который нанесет большой вред.

Датчик нижнего уровня важен для управления процессом мойки (CIP) прежде всего для обеспечения четкого разделения сред.

4.4.2.1.3.5. Отбор проб

В ЦКТ отбор проб происходит с помощью специального оборудования. Среда циркулирует с помощью небольшого стационарного насоса. Это делает возможным отбор дрожжей или молодого пива в любое время.

Существует три варианта отбора проб из циркуляционного трубопровода:

- *выборочные пробы*,
  которые делаются в любое время и отражают состояние продукта в момент отбора;
- *многократные пробы*,
  которые делаются с определенным интервалом времени и дают информацию об изменении состояния продукта за данный период;
- *репрезентативные усредненные пробы;*
  в этом случае в пробоотборной емкости предварительно создается давление, равное давлению в трубопроводе с продуктом и постоянно приспособливающееся к изменениям давления в трубопроводе. Отбор проб происходит пропорционально скорости потока, так что проба дает качественную и количественную репрезентативную информацию о продукте и его составе (рис. 4.39).

4.4.2.1.3.6. Люки для контрольных осмотров

Время от времени необходимо совершать осмотр ЦКТ, чтобы контролировать, например,

- не появилась ли коррозия или трещины;
- не было ли мертвых зон в стекающем потоке моющей жидкости, и не образовались ли невымытые островки.

Для таких осмотров каждый танк имеет верхний и нижний люки с диаметром около 50 см. Нижний люк представляет собой нижнюю часть конуса, отвинчиваемую и сдвигаемую в сторону. Для освидетельствования тан-

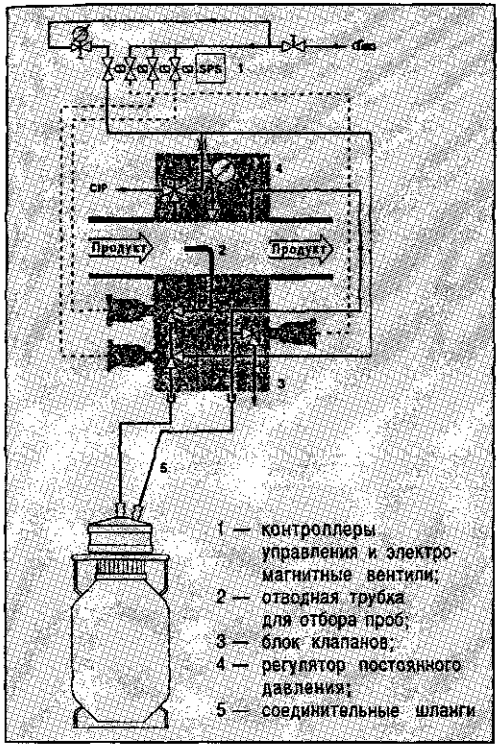


Рис. 4.39. Оборудование для отбора проб

ка необходимо соблюдать правила техники безопасности (см. раздел 4.9.2).

4.4.2.2. Охлаждение ЦКТ

Охлаждение танка необходимо для оптимального управления температурным режимом брожения. При этом для каждого вида танка необходимо обеспечить подходящий способ охлаждения. Способы и мощность системы охлаждения зависят от потребности в холоде.

4.4.2.2.1. Потребность в холоде

При брожении выделяется тепло, которое необходимо отводить. Кроме этого, для стадии холодной выдержки температура пива понижается до –1 или –2 °С. Количество тепла, которое должно быть отведено, складывается из:

- теплоты, возникающей при брожении (энтальпия);
- теплоты, которую необходимо отнять от пива при охлаждении до температуры холодной выдержки (теплота жидкости);
- теплопритоков со стороны окружающей среды, обуславливающих потери холода.

Теплота брожения

Количество тепла, возникающего при брожении, составляет 587 кДж = 140 ккал = = 0,16 кВт · ч на 1 кг экстракта.

При экстрактивности начального сусла от 11,5 до 12% и КСС от 75 до 85% количество сброженного экстракта составляет от 7,0 до 8,3 кг/гл. Тогда теплообразование составит (кДж/гл):

Экстрактивность сусла, %	75%	80%	85%
	Степень сбраживания		
12,0	4287	4573	4845
16,0	5700	6086	

В среднем можно считать, что при сбраживании пива со средней начальной экстрактивностью возникает 4300–4600 кДж теплоты/гл сусла.

Теплота жидкости

Для охлаждения пива с 9 °С до –1 °С (на 10 градусов) необходимо около 4200 кДж/гл. Это означает, что количество холода, необходимое для охлаждения пива, сравнимо с количеством холода, требуемым для отвода теплоты брожения.

Потери холода в окружающую среду

Из-за излучения и конвекции тепла от окружающей среды происходят потери холода. Эти потери можно минимизировать современными теплоизоляционными материалами, определением достаточных размеров изоляции самого танка и путем изоляции помещения.

Общая потребность в холоде составляет в среднем 8600–9000 кДж/гл.

Однако эта теплота возникает не равномерно и должна отводиться также нераномерно. Время и количество отводимой теплоты зависят:

- от способа брожения и созревания;
- от данной стадии охлаждения и скорости охлаждения.

Наибольшая потребность в холоде возникает при охлаждении пива после главного брожения в течение 24–48 ч.

4.4.2.2.2. Варианты охлаждения

Производство холода (= теплоты с низкой температурой) на пивоваренных предприятиях

происходит почти исключительно с помощью холодильно-компрессорных установок (см. раздел 10.3.2) и реже — с помощью абсорбционных установок (см. раздел 10.3.3). В процессе создания холода сжатый жидкий аммиак испаряется. Для испарения ему необходима тепловая энергия. Эту теплоту аммиак отнимает у окружающей среды, которая при этом охлаждается. Существуют два варианта охлаждения:

- аммиак испаряется непосредственно в холодильных трубках или рубашках (охлаждение при непосредственном испарении хладагента;
- аммиак испаряется в испарителе и охлаждает хладоноситель, обычно гликоль, который затем поступает в холодильные трубки или рубашки (косвенное охлаждение с испарением хладагента за пределами холодильных трубок или рубашек).

Охлаждение водой при температуре 0 °C (ледяная вода) невозможно, так как пиво в конце брожения должно быть охлаждено до температуры ниже 0 °C, а для теплообмена необходима разность, по меньшей мере, в 2–3 градуса.

Непосредственное охлаждение

Основное преимущество непосредственного охлаждения состоит в низких удельных затратах на электроэнергию, что экономит энергию. По сравнению с непрямым охлаждением гликолем непосредственное охлаждение имеет следующие *преимущества*:

- для охлаждения гликоля не требуется промежуточного оборудования;
- можно работать с более высокими температурами испарения (от –5 до –6 °C) вместо минус 10 °C;
- необходимы более насосы меньшей производительности, так как приходится перекачивать меньшее количество жидкости;
- диаметр трубопроводов систем охлаждения будет меньше, и, соответственно;
- существенно уменьшаются затраты на изоляцию и монтаж;
- температурный контроль точнее;
- система более гибкая.

Экономия энергии составляет 15–20%.

Недостатки:

- повышенное рабочее давление в холодильных рубашках, — и как следствие, связанные с этим инвестиционные и эксплуатационные затраты;
- температура испарения не постоянна;
- холодильная установка едва ли может эксплуатироваться в стационарном режиме;
- необходимо значительное количество хладагента, на который во многих странах надо получать специальное разрешение (в Германии объем аммиака в системе, равный или превышающий 3 т, требует получение специального разрешения);
- относительно большие затраты на арматуру для обеспечения безопасности;
- опасность утечки хладагента;
- почти нет возможности накопления холода.

Косвенное охлаждение

При косвенном охлаждении испаряющийся аммиак охлаждает хладоноситель на 3–4 градуса ниже требуемой температуры; хладоноситель собирается в накопителе, а по мере необходимости поступает в холодильные рубашки или трубки.

В качестве хладоносителя в настоящее время почти везде применяются растворы этиленгликоля или пропиленгликоля с температурой замерзания от –10 до –15 °C. Данный вариант тоже имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

- более низкое рабочее давление в рубашках,
- равномерная нагрузка на холодильную установку при использовании накопителя холода;
- возможна постоянная температура испарения, которая на 3–4 К ниже требуемой температуры;
- необходимо гораздо меньшее количество аммиака в системе.

Недостатки:

- более высокое потребление энергии;
- большие трубопроводы и насосы и другие факторы, относящиеся к преимуществам прямого охлаждения.

4.4.2.2.3. Теплопередача

Теплопередача происходит через:

- сегментные трубки;
- вертикальные профильные трубки;
- специальные конструкции поверхности теплообмена (Temp-plates, dimple jackers, Mueller Plates).

Теплообменные поверхности рассчитываются таким образом, чтобы на минимальной площади происходил максимальный теплообмен. Теплообменные поверхности для прямого испарения аммиака должны выдерживать стационарное давление испарившегося хладагента, а это составляет в случае аммиака 11,6 бар, и поэтому подлежат обязательной проверке.

Обычно применяются следующие формы охлаждающих рубашек.

Сегментные трубки с горизонтальным течением охлаждающей среды

При охлаждении гликолем (рис. 4.40) хладоноситель поступает снизу, а отводится сверху.

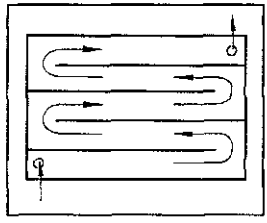


Рис. 4.40. Сегментные трубки с горизонтальным течением (охлаждение гликолем)

При прямом испарении (рис. 4.41) аммиак подается сверху. При этом вся холодильная зона распределяется на отдельные отрезки по 4–6 витков трубки. Это позволяет осуществлять равномерную теплопередачу.

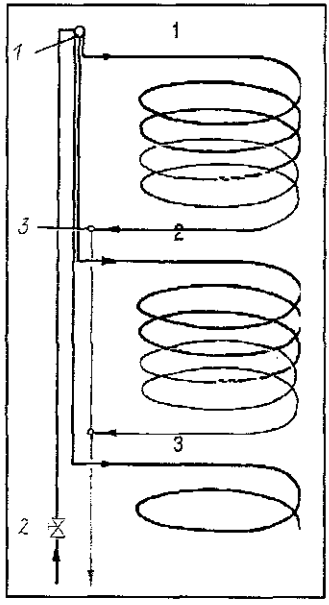


Рис. 4.41. Горизонтальные холодильные трубки при охлаждении аммиаком:

1 — распределитель хладагента на зоны; 2 — регулирующий клапан на входе; 3 — отвод испарившегося аммиака

Следует стремиться к тому, чтобы в охлаждающем сегментном трубопроводе находился минимальный объем NH_3, так как в этом случае

- можно обойтись меньшим количеством NH_3;
- сепаратор жидкого и газообразного аммиака может быть компактнее;
- снижается последующее испарение.

Если обычные сегментные трубы вмещают 12–15 л $NH_3/м^2$ (рис. 4.41а, *1*), то более новые — уже только 4,5 $л/м^2$ (*2*).

Новейшие горизонтальные испарители с плоским профилем обходятся даже 1,9 $л/м^2$.

В *вертикальных профильных испарительных рубашках* (рис. 4.42) аммиак испаряется, пока течет вниз.

Этот вариант распространен не так широко, так как в данном случае испарение нельзя так же хорошо регулировать, как при применении горизонтальных труб.

Под обозначениями «Temp-plates», «Mueller plates», «Dimple jackets» и т. п. изготавливаются теплопередающие поверхности, состоящие из металлических листов, приваренных друг к дру-

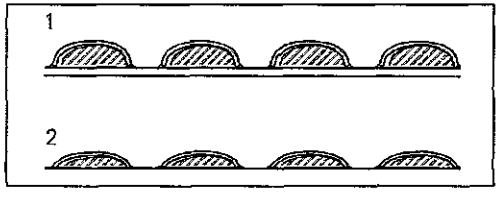


Рис. 4.41а. Сегментные трубки для испарения аммиака

1 — профиль старой конструкции; 2 — плоский профиль

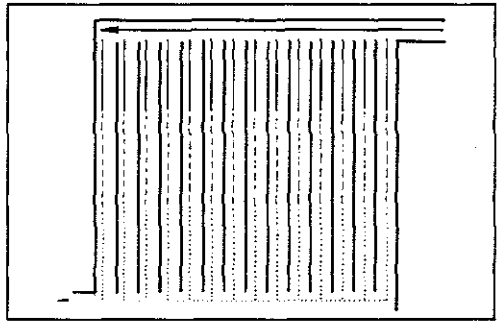


Рис. 4.42. Вертикальные сегментные трубки (охлаждение аммиаком)

гу в точках, расположенных на равномерном удалении друг от друга (рис. 4.43).

Под избыточным давлением более тонкий наружный лист приобретает между точками сварки изогнутую форму, которая обеспечивает турбулентное движение хладагента, а значит, и хорошую теплопередачу.

Наибольшая потребность в холоде возникает после брожения и созревания при быстром охлаждении пива до низких температур. В качестве ориентировочных значений можно привести следующие площади поверхностей теплообмена:

- ***для ЦКТБ***

  при непосредственном испарении хладагента:
  - 3,4 м²/100 гл при температуре испарения 1 °С;
  - 1,6 м²/100 гл при температуре испарения −4 °С;

  при косвенном охлаждении:
  - 3,8–4,4 м²/100 гл при температуре хладоносителя на входе в танк +1 °С;
  - 1,7–1,8 м²/100 гл при температуре хладоносителя на входе в танк −4 °С;
- **для лагерных ЦКТ (ЦКТЛ)**
  - 0,9 м²/100 гл при температуре испарения −4 °С.

(При широко распространенной входной температуре гликоля − 4 °С, температура испарения в компрессорной установке должна быть равна −10 °С. При температуре на входе +1 °С, что обычно практикуют при использовании ледяной воды в качестве хладоносителя, температура испарения в компрессорной установке будет равна −5 °С. — *Прим. ред.*)

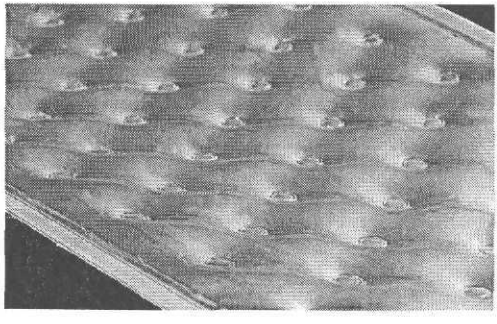


Рис. 4.43. «Temp-plates» или» Dimple Jackets» для прямого охлаждения NH_3

Можно проводить охлаждение пива и вне танка. Пиво откачивают из патрубков, *расположенных в конусе, охлаждают на пластинчатом* теплообменнике, и возвращают через вертикальную трубу, выпуск которой расположен на 1-2 м ниже уровня пива в танке. Вертикальная труба проходит внутри реактора, но может быть проложена и снаружи танка, под изоляцией (рис. 4.44).

Содержимое танка принудительно перемешивается, дрожжи поддерживаются во взвешенном состоянии, *брожение не замедляется.* Чтобы позднее не препятствовать оседанию дрожжей, в конце стадии брожения пиво откачивают из верхней части конуса (рис. 4.45). Этот способ охлаждения с успехом применяется с 1970 г.

Преимущества этого способа заключаются:

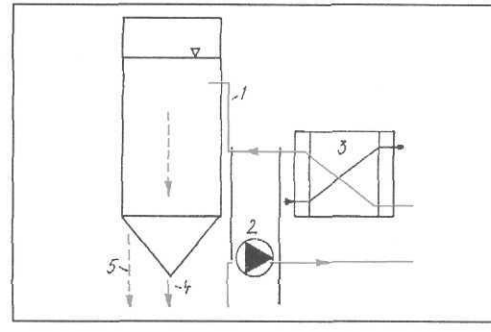


Рис. 4.44. ЦКТ (биореактор) с охлаждением на пластинчатом теплообменнике:

1 — вертикальная труба; 2 — насос; 3 — пластинчатый теплообменник; 4 — патрубок на выходе из конуса; 5 — патрубок в верхней части конуса

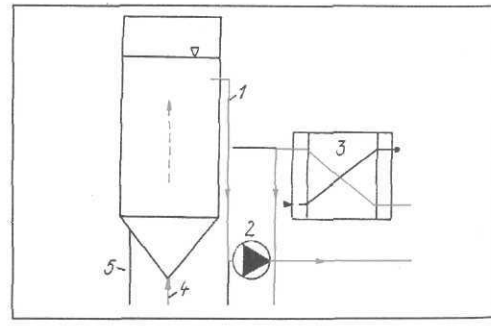


Рис. 4.45. Быстрое охлаждение ЦКТ:

1 — вертикальная труба; 2 — насос; 3 — пластинчатый теплообменник; 4 — патрубок на выходе из конуса; 5 — патрубок в верхней части конуса

- в значительно более низких затратах на оборудование, так как:
  - на охлаждающие рубашки приходится 25–30% стоимости ЦКТ;
  - охлаждение на пластинчатом теплообменнике обходится сравнительно дешевле.

На месте пластинчатого охладителя может стоять кожухотрубный испаритель; при непосредственном испарении NH_3 расходы на охлаждение еще более снижаются.

- В ускорении биохимических превращений из-за постоянного движения дрожжей; благодаря сокращению времени брожения и созревания возрастает оборачиваемость танков.

Недостатком данного способа является повышенный расход электроэнергии из-за работающего насоса Но этот расход меньше, чем в случае косвенного охлаждения через охлаждающие рубашки.

4.4.2.2.4. Температурное расслоение пива

Температура пива не одинакова по всему объему танка. В стадии интенсивного брожения происходит значительное перемешивание пива главным образом из-за подъема CO_2. Так как более теплое пиво поднимается наверх, то в этой стадии особенно хорошо достигается охлаждение через верхние зоны охлаждения танка. Таким образом, можно поддерживать внутри танка конвекционные потоки, когда холодное пиво опускается вниз, а теплое через центр устремляется наверх (рис. 4.46, *а*).

Независимо от температурного режима брожения и созревания температура пива снижается на стадии холодной выдержки до 0–2 °С. Пиво выдерживается при этой температуре по меньшей мере одну неделю с целью выделения частиц холодной мути перед фильтрованием и розливом. При этой температуре происходит совершенно особое температурное расслоение пива, которое можно пояснить на примере воды.

Вода при +4 °С имеет наибольшую плотность; такова температура у дна морей и океанов. Более теплая вода, как и холодный лед, поднимается наверх.

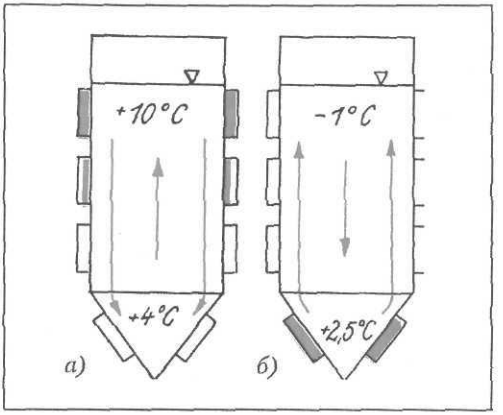


Рис. 4.46. а — конвекция внутри ЦКТ; б — холодная выдержка пива

Пиво со средней экстрактивностью начального сусла достигает наибольшей плотности при +2,5 °С; пиво с высоким содержанием экстракта, как, например, Бокбир (Bockbier) — при +1 °С; пиво с меньшим содержанием экстракта — при +3 °С. (Данные точки температур считаются критическими, так как в них происходит изменение направления конвекционных потоков в ЦКТ, в некоторых довольно редких случаях конвекция может вообще остановиться и в верхней части ЦКТ начинается образование льда. В таких случаях эффективным приемом может служить продувка CO_2 снизу. — *Прим. ред.*)

Если пиво со средней начальной экстрактивностью охлаждать до –1 °С, то в нижней части танка, в конусе, будет собираться пиво, имеющее максимальную плотность с температурой +2,5 °С; чем выше, тем пиво из-за работы рубашек охлаждения будет все холоднее, а в верхней части даже возможно образование льда.

В связи с этим необходимо помнить: пиво начинает вымерзать при температуре около –2 °С: сорта типа Пильзнер — около –2,2 °С, Бокбир — около –2,9 °С. Это указывает на нижнюю границу охлаждения: образование льда отрицательно влияет на качество пива и затрудняет теплообмен.

Пиво вымерзает медленно. Процесс начинается с образования льда около стенок, в то время как спирт с растворенными в нем экстрактивными веществами собирается в середине. О приготовлении «ледяного» пива типа Айсбир (Eisbier, Ice Beer) см. раздел 4.8.2.

Лагерные ЦКТ должны обязательно иметь рубашку на конусе для охлаждения нижней части танка и холодной выдержки пива при 0–2 °С. Без конусного охлаждения достижение столь низких температур в этой части танка невозможно (рис. 4.46, б).

Наличие охлаждения на конусе влияет и на состояние снимаемых дрожжей. Если конус не охлаждается, то более теплое пиво и дрожжи собираются внизу, и конусная часть становится отчетливо теплее, чем верхняя. В пиве больше нет питательных веществ для дрожжей — дрожжи должны сильно замедлить свой метаболизм. Но если температура высока, то обмен веществ у дрожжей протекает по-прежнему активно. Это приводит к тому, что дрожжи начинают потреблять резервные углеводы (гликоген, маннан), а затем и другие внутренние вещества. Происходит сбой метаболизма, дрожжевая клетка автолизируется. Клеточная стенка разрушается, и содержимое цитозоля (белки, ферменты, ненасыщенные жирные кислоты и т. д.) медленно растворяются в пиве: При этом:

- pH пива повышается;
- вкус пива ухудшается;
- вкусовая стойкость отчетливо снижается;
- биологическая стойкость падает.

В случае ЦКТ с внешним охлаждением пиво охлаждается до (–1)–(–2) °С и возвращается в танк снизу (рис. 4.45). Этим достигается равномерное охлаждение всего содержимого реактора и выделение частиц холодной мути.

Охлаждение ЦКТ происходит в нескольких зонах. Обычно на танке имеются три охлаждающие зоны на обечайке и конусное охлаждение в нижней части. Это дает возможность охлаждать танк в гибком режиме, соответственно складывающейся ситуации.

4.4.2.2.5. Теплоизоляция

Танки, установленные вне помещения, должны быть защищены от влияния тепла и холода. Но и танки, установленные внутри, нуждаются в отдельном охлаждении, чтобы можно было проводить брожение и созревание по индивидуальному режиму. Поэтому внешние танки изолируются от влияния окружающей среды всегда, а внутренние — чаще всего.

В качестве изоляционного материала лучше всего себя зарекомендовала пена из полиуретана (ПУ), которая наносится слоем толщиной в 100–150 мм. Снаружи изоляция облицовывается листами из хромоникелевой стали или алюминия. Слой изоляции, по возможности, наносится изготовителем перед транспортировкой танка на пивоваренное предприятие.

Если невозможно поставить танк целиком с изоляцией или существующую изоляцию требуется заменить, необходимо построить вокруг танка леса, установить облицовку с использованием дистанционных прокладок и слой за слоем заливать изоляционную массу.

Ни в коем случае нельзя допускать попадания воды в изоляцию. В дальнейшем воду удалить уже невозможно!

Перед напылением ПУ на танк должно быть нанесено защитное антикоррозионное грунтовое покрытие, не пропускающее хлориды.

ПУ обладает очень хорошими теплоизоляционными свойствами. Даже при очень большом размере ЦКТ и очень высоких или очень низких внешних температурах нет нужды беспокоиться об отклонении температуры внутри танка от заданной.

Необходимо помнить, что полиуретан горюч, но только при доступе кислорода. В замкнутой системе, когда пена находится под облицовкой, это невозможно. Полиуретан известен как замедлитель горения.

Если изоляция не герметична, то водяной пар диффундирует в слой полиуретана и снижает изолирующий эффект. Даже небольших точек разгерметизации, например, при применении винтовых соединений с помощью саморезов, некачественной состыковки листов облицовочного материала достаточно, чтобы водяной пар постоянно проникал во внутрь; даже деревянные дистанционные прокладки, используемые иногда для достижения одинаковой толщины слоя изоляционного материала, — это места попадания воды. Можно принять, что самое большее через 10 лет такая изоляция будет не в состоянии выполнять свою функцию.

Поэтому ПУ-пена должна быть защищена от диффузии водяных паров. Для этого нужна облицовка, не пропускающая водяного пара (алюминиевые листы, листы из нержавеющей стали, оцинкованная или покрытая защитным слоем листовая сталь). Нельзя «на глаз» установить, насколько ухудшились изоляционные свойства из-за диффузии водяного пара. По всем этим причинам изоляция должна изготавливаться только специализированными фирмами и с большой тщательностью, а производитель должен гарантировать качество работ (долговременная гарантия!).

4.4.2.3. Автоматизация и управление охлаждением

То, что происходит в бродильном чане, можно видеть и чувствовать по запаху, однако в случае ЦКТ такой возможности нет, и следует полагаться на контрольно-измерительные приборы, принимая при необходимости своевременные меры, чтобы не испортить огромное количество сусла и пива. Поэтому пивовары заинтересованы в том, чтобы правильно управлять, а по возможности и автоматизировать процессы брожения и созревания, однако здесь все зависит от финансовых возможностей предприятия.

4.4.2.3.1. Варианты управления процессом брожения

Существует несколько возможностей управлять процессом брожения:

- вручную (самый простой вариант);
- полуавтоматически (через предварительный выбор температурного режима);
- автоматически (в зависимости от температуры, времени и падения экстракта).

Для полностью автоматического управления брожением применяются несколько достаточно точных измерительных систем.

Измерение количества CO_2.

В этом варианте измеряется количество образовавшегося CO_2 и исходя из этого корректируется температура и время брожения.

Измерение разности давлений.

В этом случае исходят из того, что сусло тяжелее воды, так как содержит растворенный экстракт. Известно (см. раздел 3.5.1.1), что, например, сусло с экстактивностью 11,4% имеет плотность 1,04395, то есть 1 $см^3$ сусла весит 1,04395 г. Во время брожения большая часть экстракта превращается в летучий CO_2 и очень легкий спирт. При этом плотность снижается. Снижение плотности можно вычислять косвенным путем, по разности давлений (с помощью чувствительных датчиков давления), и пересчитывать в степень сбраживания.

Кроме этого, сегодня с успехом применяются и простые *системы управления по временному алгоритму* при условии, что следующие исходные параметры остаются неизменными:

- концентрация сусла;
- содержание кислорода в сусле;
- начальная температура сусла;
- количество вносимых дрожжей.

Эти варианты можно улучшить путем применения самообучающихся систем управления с элементами искусственного интеллекта, называемыми «fuzzy logic-control».

4.4.2.3.2. Отображение процесса

В настоящее время все в большей мере переходят к автоматизации процесса и контролю за ходом процесса через отображение происходящего на мониторе компьютера.

Основные моменты в управлении процессом:

- полностью автоматическое проведение брожения и дображивания;
- измерение содержания экстракта и степени сбраживания без использования встраиваемых непосредственно в танк элементов;
- постоянное отображение состояния всех ЦКТ на мониторе;
- возможность индивидуального изменения отдельных параметров или установочных значений через компьютер;
- сохранение всех данных и мгновенное отображение этих данных при соответствующем запросе;
- возможность распечатывать данные при подключении принтера.

На современных и больших предприятиях контроль за брожением и созреванием едва ли возможен без компьютера, так как только в этом случае гарантирован должный уровень проведения процесса при незначительной численности обслуживающего персонала (рис. 4.47 и 4.47а).

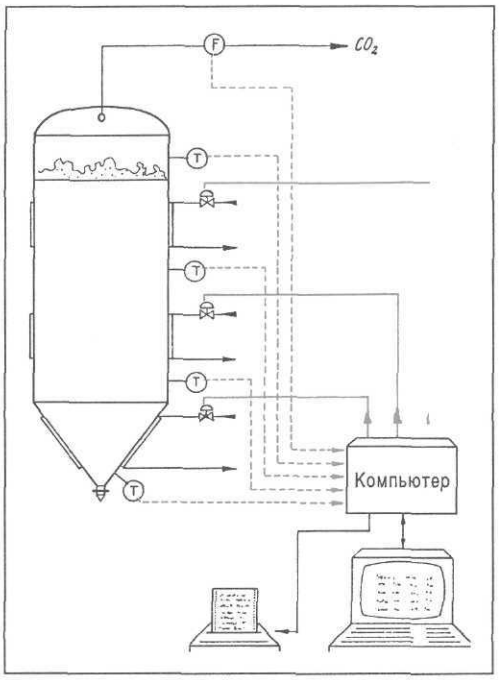


Рис. 4.47. Управление процессом и визуализация данных на мониторе. Постоянное отбражение температуры

Следить за всеми параметрами процесса постоянно невозможно, и поэтому, чтобы оператор мог своевременно среагировать соответственно ситуации, о возникающих ошибках (отклонениях, неисправностях) должен оповещать звуковой или зрительный сигнал.

4.4.3. Брожение и созревание в ЦКТ

Брожение и созревание в настоящее время проводят по возможности в ЦКТ, но очень разнообразное техническое оснащение пивоваренных предприятий и приверженность их традициям допускают комбинацию обычных бродильных и лагерных танков с ЦКТ.

В любом случае предпосылкой для быстрого забраживания является аэрация сусла. Известно, что кислород — это смертельный враг качества, и следует предпринять все возможное, чтобы не допустить его попадания в пиво. Но если требуется быстрое начало брожения, полное использование бродильной активности дрожжей, необходимо добавлять в сусло много кислорода. Этот кислород не вредит суслу. Дрожжи его быстро потребляют, а потом, как только кислород будет полностью использован, переключают метаболизм на брожение. Если не добавлять в сусло достаточно кислорода, брожение начинается медленно, что приводит к большой потере времени.

Как только брожение началось, попадание «смертельного врага», кислорода снова строго контролируется — до полного завершения процесса приготовления пива, до наполненной бутылки.

Старое пивоваренное правило гласит: «одна неделя брожения, и на каждый процент начальной экстрактивности сусла — одна неделя дображивания». Это правило уже давно не применяется, и даже половину только что упомянутого срока выдержки пива в лагерном отделении зачастую осуществить нереально.

Чтобы оборудование использовалось рентабельно, пиво должно сбраживаться и созревать в возможно более короткие сроки. Для брожения, созревания и дображивания в настоящее время отводится не более 17–20 дней, причем существует тенденция к дальнейшему сокращению сроков брожения и созревания, по меньшей мере, с сохранением достигнутого качества.

Сокращение сроков возможно и при использовании традиционных чанов, но брожение и созревание в ЦКТ дает, кроме этого, еще и хорошую возможность провести процесс с отличным результатом.

4.4.3.1. Некоторые аспекты брожения и созревания в ЦКТ

При проведении брожения и созревания в ЦКТ менее чем за три недели необходимо обращать особое внимание на некоторые технологические параметры, тем более, что визуально оценить как идет брожение невозможно.

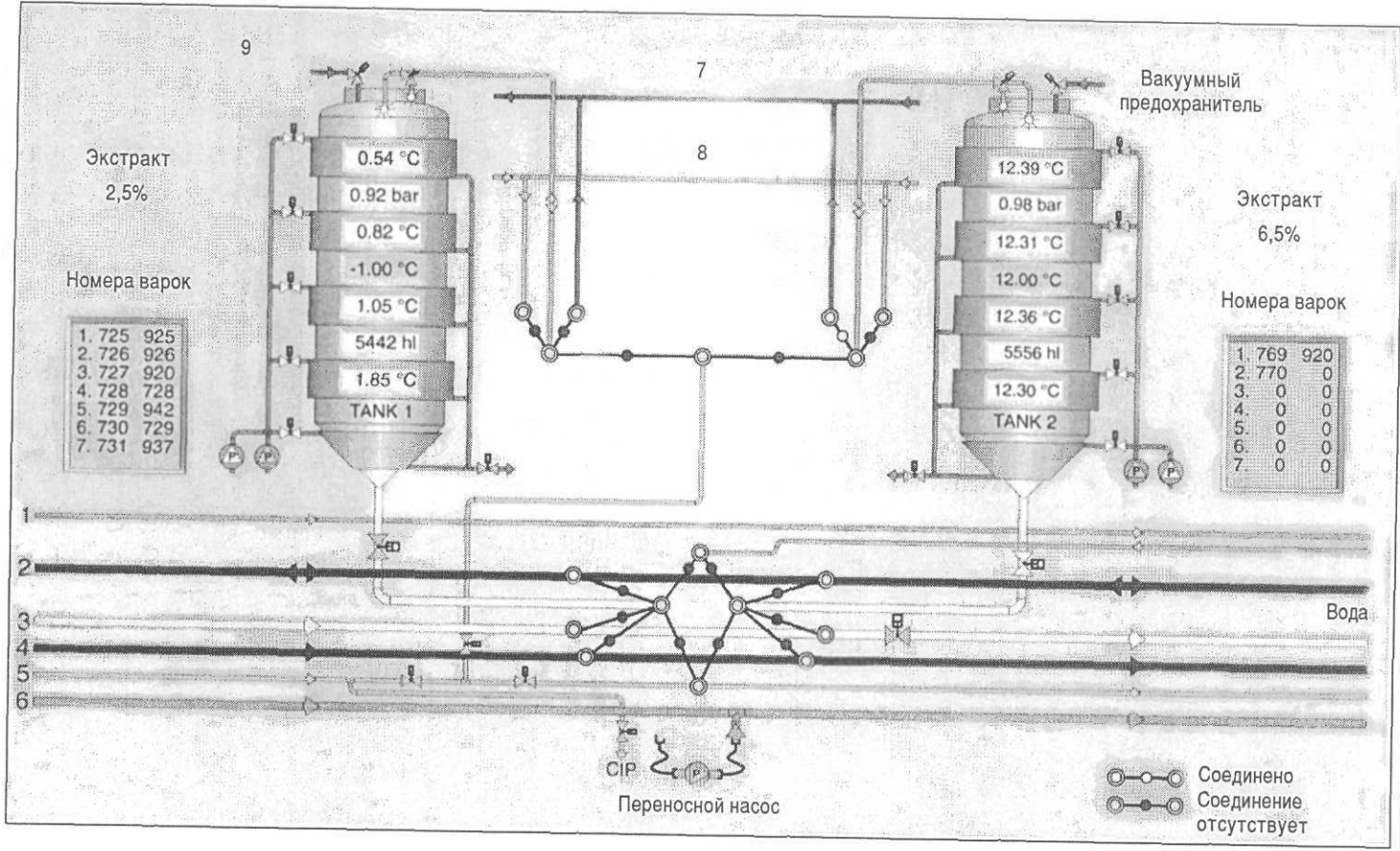


Рис. 4.47а. Танки брожения и созревания — трубопроводы обеспечения процесса

1 — сжатый воздух; 2 — линия перекачки пива из танка в танк; 3 — линия подачи сусла; 4 — пиво на фильтр; 5 — CIP; 6 — сбор дрожжей; 7 — подача и отвод CO_2; 8 — сжатый воздух; 9 — линия к предохранительно-вакуумным клапанам

Особое значение имеет азотистый состав сусла, который зависит от режима затирания. Главное: **сусло должно содержать по меньшей мере 23 мг свободного α-аминного азота/100 мл сусла**, необходимого для нормального питания дрожжей. Количество свободного α-аминного азота не должно быть ниже 20 мг/100 мл. При использовании несоложеного сырья **содержание свободного α-аминного азота** должно составлять минимум 15 мг/100 мл.

Аэрация сусла и норма внесения дрожжей – это решающие факторы для быстрого и интенсивного забраживания. Норма внесения дрожжей **в 30 млн. клеток**/мл соответствует добавлению 1 л густых дрожжей на 1 гл сусла.

Дрожжи **очень чувствительны к внезапному изменению температуры.** Резкое охлаждение приводит к тому, что отрицательно влияет на брожение и размножение дрожжей. При внесении дрожжей и в логарифмической фазе роста следует избегать сильного охлаждения. Доливаемое сусло должно иметь температуру, равную бродящему пиву.

Индикатор созревания пива – **расщепление диацетила.** *Можно исходить из того,* что одновременно со значительным расщеплением диацетила исчезают и другие букетообразователи молодого пива. Общее содержание диацетила в конце фазы созревания должно быть ниже 0,10 мг/л. Незначительное расщепление диацетила происходит и при дображивании. Пиво должно **иметь уровень диацетила ниже 0,10 мг/л.**

Осевшие дрожжи необходимо удалять из танка, как только это позволит их количество. Автолиз дрожжей ухудшает качество пива.

После созревания все пиво должно охлаждаться до температуры –1 – –2 °C и выдерживаться при этой температуре не менее 7 дней. Более короткие сроки и более высокие температуры в данной стадии требуют увеличения затрат для достижения коллоидной стойкости. Быстрое глубокое кратковременное охлаждение не приводит к нужному результату!

Брожение и созревание можно

- проводить в одном ЦКТ **(однотанковый способ)** или
- использовать ЦКТБ для брожения и ЦКТЛ для холодной выдержки **(двухтанковый способ)**.

Аналогично можно проводить брожение в ЦКТБ, а созревание и дображивание – в обычных лагерных танках.

При использовании двух цилиндроконических танков созревание (расщепление диацетила) следует проводить в ЦКТБ, чтобы получить однородное по качеству пиво. В лагерном ЦКТ следует проводить только выдержку при низких температурах (для достижения коллоидной стойкости, осветления и округления вкуса пива).

Использование одного танка дает серьезные преимущества, а именно:

- уменьшаются затраты на мойку, так как мойке подвергается только одна емкость;
- уменьшаются потери CO_2, так как пиво не перемещают в пустой танк;
- уменьшаются потери пива, так как нет потерь при перекачивании и потерь на смачивание;
- сокращается рабочее время, так как пиво не надо перекачивать в другой танк;
- экономится энергия, так как пиво не перекачивается;
- не возникает опасности попадания кислорода.

Недостатком является менее эффективное использование объема танка в стадии дображивания. По качеству пива заметного различия между двумя данными вариантами нет. Считается, что любой режим брожения можно проводить с применением как одного, так и двух ЦКТ.

Рекуперация CO_2 при брожении по экономическим и экологическим соображениям настоятельно рекомендуется. Карбонизация необходима только в случае теплого созревания и низкого избыточного давления. Охлаждение должно быть на каждом танке.

Режимы брожения и созревания, применяемые для пива низового брожения, можно разделить на три группы:

- ***холодное брожение – холодное созревание;***

холодное брожение — теплое созревание;
теплое брожение — холодное созревание.

На рисунках 4.48–4.53 по Миеданеру (Miedaner) обозначены:

- черной линией — изменение температуры;
- красной линия — концентрация диацетила;
- красной штриховой линией — экстрактивность;
- красной штрих-пунктирной линией — изменение давления;
- обозначение S в стрелке означает момент перекачки в лагерный танк;
- маленькая стрелка или буква H обозначает момент снятия дрожжей).

4.4.3.2. Холодное брожение — холодное созревание

Этот режим известен по традиционному брожению и созреванию. Дрожжи вносят в сусло с температурой 6–7 °С, а затем позволяют температуре подняться до 8–9 °С (рис. 4.48). На это уходит около двух дней. Данную температуру поддерживают два дня, а потом медленно охлаждают пиво до 3–4 °С, и с остатком сбраживаемого экстракта перекачивают в лагерные танки. Разность между имеющимся и конечным экстрактом должна составлять:

- 1,1–1,3% при открытом брожении;
- от 0,8 до 1,0% в случае ЦКТ.

Пиво так медленно охлаждают до температуры дображивания, чтобы дрожжи успевали расщепить еще имеющийся диацетил до значения, ниже порогового (0,1 мг/л). Затем пиво выдерживают, по меньшей мере, одну неделю при температуре –1 °С. Нельзя рекомендовать очень долгое (свыше пяти недель) дображивание. В каждом случае в лагерном отделении должен осуществляться постоянный контроль за пивом, так как существует опасность:

- появления в пиве дрожжевого привкуса;
- повышения pH из-за начинающегося автолиза дрожжей;
- ухудшения вкуса, пены и стойкости пива (по этой же причине).

Особый прием — перекачка в лагерный танк с добавлением завитков.

Под добавлением завитков понимают добавление молодого пива в стадии низких завитков, когда степень сбраживания составляет 25%. Иногда завитки добавляют, чтобы внести недостающие для дображивания экстрактивные вещества, но это крайний случай, который здесь не рассматривается. В данном случае имеется в виду преднамеренное добавление завитков с целью улучшения вкуса и пены, что практикуют некоторые предприятия. В этом случае при интенсивном главном брожении пиво сбраживается почти до конца и перекачивается в лагерный танк при 5 °С с добавлением 10–12% завитков. Дрожжи главного брожения практически полностью осаждаются перед перекачкой.

Добавление завитков обеспечивает получение лучшего по качеству пива, но дрожжи главного брожения должны быть полностью (насколько это возможно) удалены из пива, поскольку иначе они отрицательно повлияют на качество.

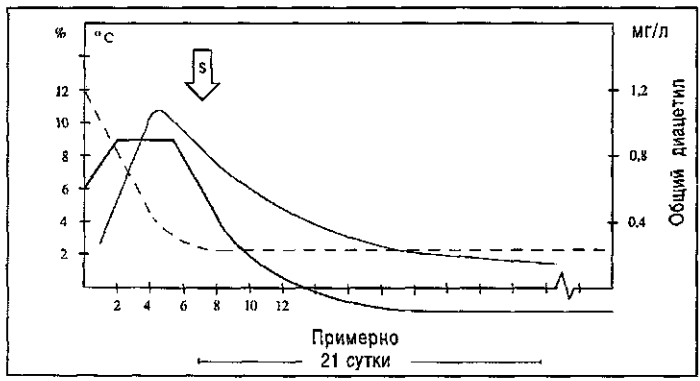


Рис. 4.48. Холодное брожение — холодное созревание

4.4.3.3. Холодное брожение с частичным созреванием в ЦКТ

Дрожжи вносят в сусло с температурой 6–7 °С и позволяют температуре вырасти до 8–9 °С, выдерживают паузу и перекачивают в ЦКТЛ при этой же температуре (рис. 4.49). При перекачке в пиво вносят около 10% завитков (молодое пиво в стадии низких завитков). Благодаря этому в пиво попадают активные, сильные дрожжи, которые до конца расщепляют имеющийся диацетил. После падения концентрации диацетила ниже порогового значения, пиво охлаждают до температуры холодной выдержки –1 °С и выдерживают при этой температуре одну неделю.

После достижения степени сбраживания готового пива, которая должна быть максимально близкой к конечной степени сбраживания, необходимо в течение 2–4 дней снять все дрожжи. Эту операцию перед фильтрованием следует повторить.

Общая продолжительность процесса составляет около 20 дней.

4.4.3.4. Теплое брожение без давления — холодное созревание

Все проходящие при брожении и созревании реакции протекают быстрее при повышенных температурах. Этим фактом пользуются для ускорения брожения и созревания пива.

Если дрожжи вносят при 8 °С и позволяют температуре вырасти со 12–14 °С (рис. 4.50), то образуется намного больше диацетила, чем обычно, но и расщепляется он быстрее и интенсивнее.

Только после восстановления диацетила пиво охлаждают до температуры холодной выдержки –1 °С и выдерживают в течение одной недели. Общая продолжительность процесса составляет 17–20 дней; данный метод

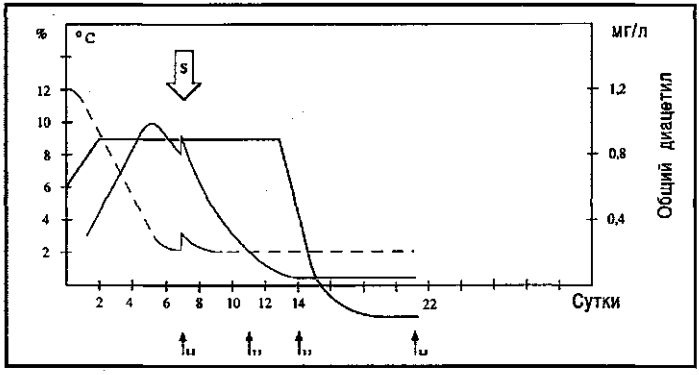


Рис. 4.49. Холодное брожение с частичным созреванием в ЦКТ

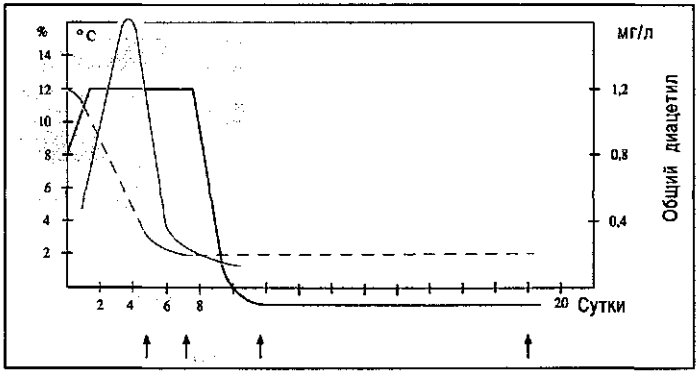


Рис. 4.50. Теплое брожение без давления — холодное созревание

может быть использован и в традиционном бродильно-лагерном отделении.

Преимущества данного режима:

- конечная степень сбраживания достигается очень быстро;
- диацетил расщепляется быстро и полно;
- пиво, изготовленное при таком температурном режиме, обладает хорошим качеством;
- режим оправдывает себя и в случае брожения под давлением.

4.4.3.5. Брожение под давлением

Если повысить температуру брожения еще сильнее — свыше 20 °С, то образуется еще больше побочных продуктов брожения. Процесс возникновения диацетила и других побочных продуктов протекает в этом случае совершенно неконтролируемо, если не сдерживать их образование давлением (рис. 4.51), но это предполагает использование танков, способных выдерживать необходимое давление.

При достижении степени сбраживания 50% давление в танке повышают до желаемой расчетной величины. Это давление поддерживают до конца фазы созревания, а затем сбрасывают до противодавления, соответствующего температуре дображивания. На девятый или десятый день пиво охлаждают и выдерживают в течение одной недели при температуре –1 °С.

Общее продолжительность процесса составляет 17–20 дней.

4.4.3.6. Холодное брожение — теплое созревание

Теплое брожение всегда приводит к возникновению большого количества побочных продуктов. Если брожение холодное, то образуется не так много побочных продуктов, которые, однако, могут хорошо расщепляться только при более теплом созревании (рис. 4.52).

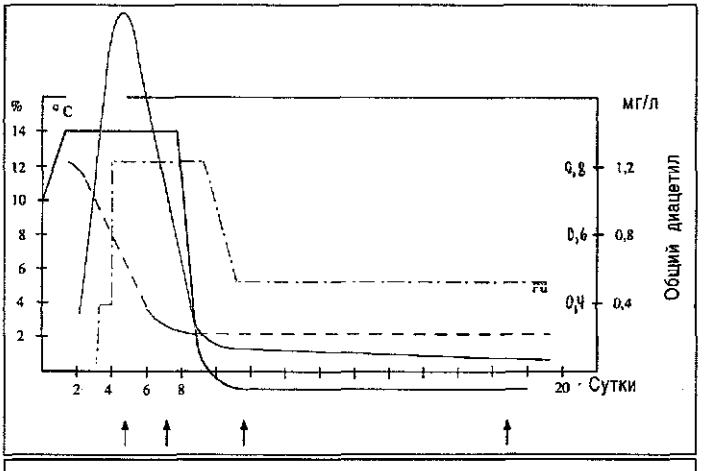


Рис. 4.51. Брожение под давлением

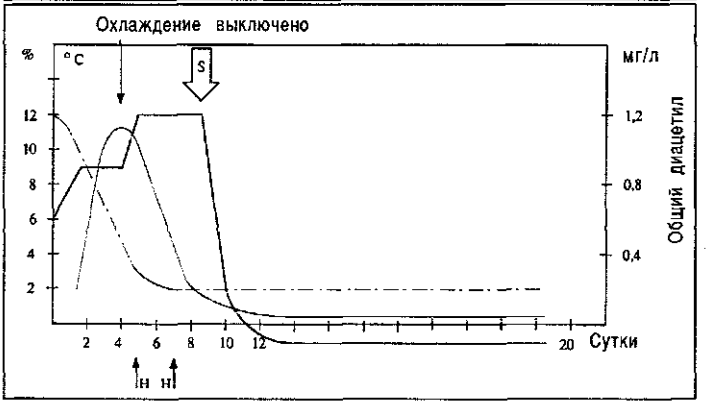


Рис. 4.52. Холодное брожение — теплое созревание

При холодном брожении, объединенным в одну стадию с последующим созреванием, главное брожение проводят при температуре 8–9 °С. При достижении степени сбраживания 50% охлаждение отключают и температура сама повышается до 12–13 °С. После созревания и контроля расщепления диацетила пиво либо перекачивают в лагерный танк и неделю выдерживают при низких температурах, либо прямо в танке охлаждают и выдерживают при –1 °С (вариант с использованием одного ЦКТ). При избыточном давлении 1 бар можно без карбонизации достичь концентрации CO_2 5,4–5,6 г/л. Такой метод брожения (продолжительность около 20 дней) можно реализовать и при традиционном оснащении бродильно-лагерного отделения.

4.4.3.7. Холодное главное брожение с запрограммированным созреванием

Так называемый «метод 9/20» требует значительных затрат: главное брожение также проводят при температуре 8–10 °С вплоть до достижения конечной степени сбраживания. Затем к молодому пиву добавляют 10% завитков, нагревают при помощи пластинчатого теплообменника до 20 °С и оставляют при этой температуре на 1,5–2 дня до полного расщепления диацетила. После этого пиво охлаждают до температуры –1 °С и выдерживают в течение одной недели.

Дрожжи главного брожения рекомендуется удалять после достижения конечной степени сбраживания, то есть перед добавлением завитков. Лучше всего для этого применять сепараторы, но тогда необходимо работать с CO_2, чтобы избежать попадания воздуха. Брожение длится около 20 дней и имеет следующие особенности:

- фаза созревания укорачивается до 2–3 дней;
- общее время созревания и холодной выдержки занимает 10–12 дней;
- очень важно полностью удалять дрожжи после созревания.

4.4.3.8. Теплое главное брожение с нормальным или форсированным созреванием

Как было показано выше, существует возможность существенно сократить время брожения, повысив температуру. Но при этом изменяется целый ряд факторов:

- количество побочных продуктов брожения увеличивается;
- с увеличением температуры брожения пиво приобретает цветочно-дрожжевые тона;
- пена и коллоидная стойкость пива, в общем, ухудшаются.

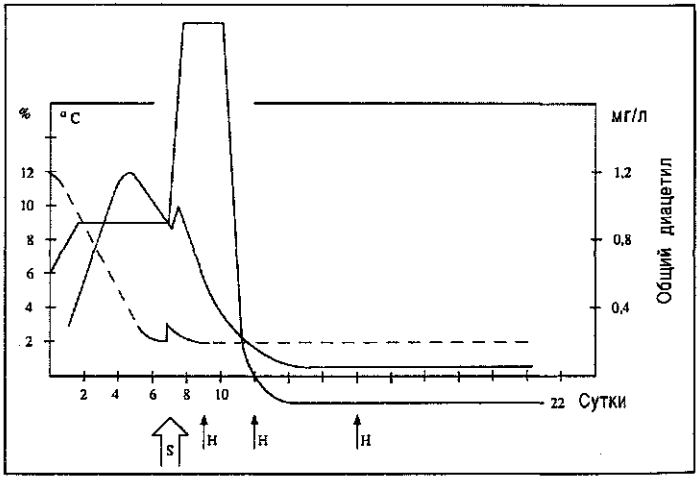


Рис. 4.53. Холодное брожение с запрограммированным созреванием

Преимущество данного способа заключаются в следующем:

- брожение можно сократить до 4 дней, что существенно увеличивает мощности завода.

Теплое брожение дает наилучшие результаты при добавке завитков и параметрах созревания, отличающихся от параметров брожения.

4.4.4. Сбор дрожжей из ЦКТ

Данный раздел для пивоваров чрезвычайно важнен, причем особого расмотрения требуют два вопроса:

- момент сбора дрожжей;
- методы сбора дрожжей.

4.4.4.1. Момент сбора дрожжей

Дрожжи следует снимать так часто и столько раз, сколько это возможно. Тому есть несколько причин.

- Дрожжи оседают не так, как хотелось бы. Из-за турбулентных потоков, возникающих в период главного брожения, на поверхности бродящего пива до конца фазы созревания наблюдается повышенная концентрация дрожжевых клеток, обусловленная подъемом активных дрожжей [178]. Даже во время холодной выдержки встречается явление *взмучивания* дрожжей из более теплого, чем остальное пиво, осадка в конусе. Несмотря на это, основная масса дрожжей осаждается и отделяется в конусе, при этом высота танка имеет значительное влияние на *время седиментации дрожжей*. Уже осевшие дрожжи должны быть по возможности быстрее отделены от пива.
- Дрожжи по ходу созревания выделяют в пиво *низкомолекулярные азотистые вещества*, которые не потребляются повторно и негативно влияют на стойкость пены.
- По ходу созревания и холодной выдержки дрожжи выделяют в пиво протеиназу А [179], которая расщепляет положительно влияющие на пену субстанции и приводит к ухудшению пеностойкости. Это характерно, прежде всего, для draft-пива (пива, полученного путем холодной стерилизации), которое не подвергается теплой обработке, препятствующей попаданию этого фермента в розлитое пиво. Рано собранные дрожжи обладают, по сравнению с поздно собранными, более слабой способностью выделять протеиназу, а у дрожжей, находящихся во взвешенном состоянии, эта способность еще более слабая, чем осевших дрожжей. Поэтому своевременное снятие дрожжей способствует улучшению качества пива.
- Плохое состояние дрожжей приводит к появлению продуктов автолиза, что является недостатком для дальнейшего хода брожения. Образующиеся комплексы из протеинов, гликогена и маннана растворяются в пиве, и, при превышении порогового значения, приводят к помутнению пива и ухудшению его фильтруемости.
- Дрожжи, лежащие в конусе, страдают от парциального давления CO_2, из-за которого клетка насыщается этим клеточным ядром (особенно это имеет место в случае высоких танков). Давление дрожжевые клетки переносят лучше, чем CO_2. Чем дольше дрожжи будут находиться в конусе, тем в большей степени они ослабнут, так как в толще слоя дрожжей нет достаточного количества питательных веществ. Старые дрожжи (с несколькими рубцами от почек) раньше всех расходуют свои резервные вещества, и в метаболизме переходят к потреблению своих составных частей. Это состояние дрожжей называется автолизом. Внутриклеточные ферменты растворяют мембраны внутри и вокруг клетки; аминокислоты, жирные кислоты и ферменты начинают выделяться наружу. Весь метаболизм выходит из-под контроля, клетка умирает. Выделившиеся вещества очень отрицательно влияют на качество, а именно:
  - из-за аминокислот и протеолитических ферментов ухудшается вкус и пеностойкость;
  - жирные кислоты, особенно ненасыщенные, отрицательно влияют на вкусовую стойкость пива;
  - выделившиеся вещества являются питанием для инфицирующей микрофлоры;
  - pH пива повышается; это неопровержимо свидетельствует о начале автолиза.

Количество мертвых клеток, которое можно легко определить методом окрашивания под микроскопом, должно быть максимально низким, составляя в среднем 3%. Если количество мертвых клеток увеличивается, то существуют опасность все более значительного накопления в пиве продуктов автолиза.

О каком количестве продуктов автолиза идет речь, показывает следующий пример: из танка на 1000 гл снимают 25 гл дрожжей (2,5 л густых дрожжей на 1 гл). Если 3% из них мертвые, это означает не менее 75 л мертвых дрожжевых клеток. Представьте, что эти 75 л отдают свое содержимое пиву. Какое же ухудшение качества пива может произойти!

Все вышеприведенные причины свидетельствуют о том, что дрожжи должны отделяться от пива так скоро, как только это возможно. Сбор дрожжей должен происходить в несколько приемов.

4.4.4.2. Методы сбора дрожжей

Дрожжи снимают из конуса до перекачки пива на дображивание.

Из конуса дрожжи можно:

- собирать благодаря давлению столба жидкости;
- дополнительно применять подходящий для этой цели насос, чтобы поддерживать скорость потока постоянной, для чего используются мембранные, коловратные или эксцентриковые винтовые насосы, которые на современных предприятиях соединяют с мутномером.

Важно, чтобы дрожжи медленно сползали из конуса и горизонтальная граница между дрожжами и пивом не нарушалась (рис. 4.53 а, б). Если стягивание дрожжей происходит слишком быстро или внутренний угол конуса чрезмерно плоский, то может образовываться воронка из-за слишком медленного опускания дрожжей около стенок (б). В эту воронку будет попадать пиво, которое можно вновь отделить от дрожжей только с большими потерями. Так как через обычные для ЦКТ 80 или 100 мм трубы невозможно медленно стягивать дрожжи, то имеет смысл подключать *переходной участок*, который будет играть роль дросселя и обеспечивать равномерное сползание дрожжей.

Съем дрожжей будет проходить лучше, если:

- внутренняя поверхность конуса обработана методом электрополировки;
- конус имеет острый угол (60–70°);
- насосы работают в пульсирующем режиме и передают свои колебания на дрожжи.

Находящиеся в танке дрожжи должны выравнивать давление, действующее на них при брожении и созревании, равным внутренним противодавлением. Например, в случае столба пива высотой 10 м в дрожжевой клетке поддерживается избыточное давление в 1 бар. Если дрожжи помещают в емкость, находящуюся под атмосферным давлением, то происходит резкий сброс давления CO_2 внутри клетки. Это для дрожжей является стрессовым фактором, и они должны снова выравнивать свое высокое внутреннее давление соответственно новым условиям: дрожжи и окружающее их пиво пенятся, образуется большое количество относительно стабильной пены (следует учитывать необходимое свободное пространство — около 50% от объема емкости). Это необходимо иметь в виду при сборе дрожжей, если их не перекачивают сразу в емкость с противодавлением, где дрожжи продувают стерильным воздухом с целью аэрации и удаления CO_2, пока давление в емкости не понизится. Удаление CO_2 и снабжение кислородом очень важны для жизненной активности дрожжей, особенно если они сразу же будут использоваться снова.

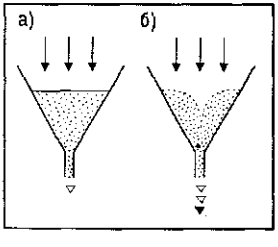


Рис. 4.53б. Сбор дрожжей:

а — дрожжи равномерно сползают вниз; б — образование воронки из-за слишком быстрого стягивания

4.4.4.3. Обработка и хранение семенных дрожжей

После съема дрожжи должны храниться и соответствующим образом обрабатываться.

К технологическим аспектам хранения и обработки дрожжей относится решение следующих вопросов:

- проведение аэрации семенных дрожжей или отсутствие аэрации;
- температура хранения;

- способ хранения;
- контроль за состоянием семенных дрожжей.

4.4.4.3.1. Аэрация семенных дрожжей

Семенные дрожжи необходимо как можно скорее использовать заново. Аэрация дрожжей, без сомнения, повышает их жизненную силу. Однако прежде чем растворенный кислород сможет проникнуть в клетку, должен быть удален внутриклеточный CO_2. Аэрация для удаления CO_2 и снабжения дрожжей кислородом длится от 2 до 3 часов [176]. После этого дрожжи готовы к внесению в сусло.

Благодаря аэрации энергетический метаболизм дрожжей переключается на дыхание, что приводит к получению большого количества энергии при незначительном расщеплении запасных углеводов. Если дрожжи не будут сразу же внесены в свежее сусло для нового брожения, рекомендуется не проводить аэрацию дрожжей, чтобы не стимулировать строительный и энергетический метаболизм. В противном случае благодаря кислороду начнется дыхание и обмен веществ [158], но так как не будет источника энергии (сусла), дрожжи станут активно расщеплять накопленные резервные вещества. Недостаток запасных углеводов в начале следующего брожения приведет к ухудшению состояния дрожжей, что будет выражаться в увеличении доли мертвых клеток в следующей генерации. Такого ослабления клеток необходимо избегать, поэтому аэрация должна происходить только перед внесением дрожжей в сусло.

4.4.4.3.2. Температура хранения дрожжей

Чем дольше дрожжи должны храниться, тем ниже должна быть температура хранения. Предпочтительно короткое и холодное хранение. Дрожжи сохраняют свои бродильные свойства даже при теплом брожении и созревании, если между двумя последовательными внесениями они хранились в холодных условиях [175].

Против низких температур хранения говорит только то, что при отрицательной разности температур дрожжи склонны к выделениям определенных веществ в результате шока. Они выделяют в сусло аминокислоты и нуклеотиды, из которых поглощают назад через несколько часов только аминокислоты.

При кратковременном хранении дрожжи необходимо охлаждать:

- до температуры начального сусла, но не выше 8 °С;
- до 3–5 °С в случае хранения в течение выходных дней.

При перерыве в варках дрожжи должны храниться при температуре 0 — +1 °С:

- под слоем не полностью сброженного пива;
- под слоем пива с добавкой сусла.

При очень долгой паузе необходимо отпрессовать дрожжи и хранить их при 0 — +1 °С.

4.4.4.3.3 Способы хранения дрожжей

По традиционной технологии снятые дрожжи промывали, очищали путем просеивания и хранили под слоем воды. Просеивание происходило при помощи вибрационного сита (см. рис. 4.54).

При просеивании отделяются частички взвесей и дрожжи хорошо перемешиваются. Однако опасность инфекции, связанная с промывкой и просеиванием, настолько велика, что в настоящее время принципиально не рекомендуется применять очистку дрожжей путем просеивания.

Это также относится и к хранению дрожжей под слоем воды, что прежде было обычной практикой и для чего применяли большие ванны. Дрожжи в воде выщелачиваются, под действием осмотического давления витамины, минеральные вещества и аминокислоты уходят из клетки, и дрожжи ослабевают. Поэтому в настоящее время дрожжи хранят под остатком сброженного пива. Если и хранят дрожжи под слоем воды, то в холоде и с добав-

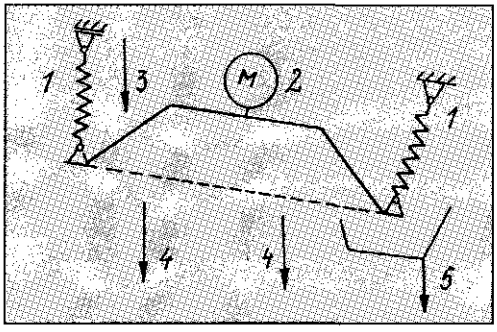


Рис. 4.54. Дрожжевое вибросито:

1 — подвеска; 2 — эксцентриковый привод; 3 — подача дрожжей; 4 — очищенные дрожжи; 5 — отходы

кой сусла, но без аэрации. Поскольку в дрожжах всегда присутствуют уксусно-кислые бактерии, то при таком хранении они размножаются, окисляя имеющийся спирт.

В некоторых странах дрожжи принято обрабатывать серной, фосфорной или лимонной кислотой с целью понижения pH до величины 2,0–2,5 (время воздействия кислот — до 12 ч). Низкие значения pH подавляют развитие вредной микрофлоры, в то время как дрожжи устойчивы к кислой среде. Однако все это ослабляет дрожжи, и в таких случаях лучше вырастить новую чистую культуру.

4.4.4.4. Контроль семенных дрожжей

Каждый пивовар заинтересован в том, чтобы поддержать качество дрожжей на должном уровне, поскольку из-за плохого состояния дрожжей возникают многие технологические и органолептические проблемы. К таким проблемам относятся:

- сернисто-дрожжевой вкус пива;
- недостаточная пеностойкость;
- широкая и остающаяся горечь;
- повышение pH пива на 0,1–0,2 единицы;
- замедление брожения;
- повышение концентрации и недостаточное расщепление диацетила;
- сильное увеличение присутствия инфицирующей микрофлоры;
- рост числа мертвых клеток;
- уменьшение флокуляционной способности дрожжей;
- рыхлый дрожжевой осадок;
- падение вкусовой стойкости из-за недостаточного содержания редуктонов;
- проблемы при фильтровании.

Состояние дрожжей контролируют после каждой варки, причем особому контролю подлежат следующие факторы:

- *присутствие посторонней микрофлоры*, которая может переходить из одной варки в следующую, все в большей степени ухудшая качество пива;
- *содержание мертвых дрожжевых клеток*, которая должна быть не выше 3% (в крайнем случае 5%); низкое содержание мертвых клеток свидетельствует о жизненной активности дрожжей.

Чтобы оценить жизненную силу дрожжей, необходимо регулярно проверять:

- скорость падения экстракта (ΔЭ в единицу времени);
- время созревания.

Низовые дрожжи вносят повторно не чаще 5–6 раз (иногда только 1–2 раза).

Дрожжи верхового брожения используют намного дольше, до 5–15 генераций. Существуют даже пивоваренные предприятия, где применяют свои верховые дрожжи в течение года и более, не выращивая чистую культуру. Конечно, в случае приготовления пшеничного пива в ЦКТ при повторном внесении дрожжей необходимо обращать внимание на некоторые особенности (см. раздел 7.3.1.2).

После сбраживания каждой варки дрожжи должны перепроверяться на присутствие бактерий. Если дрожжи инфицированы, инфекция переходит от одной варки к следующей. Против инфекции помогают только основанные на педантичной чистоте принципы работы.

Хорошие семенные дрожжи должны отвечать следующим требованиям:

- они не должны содержать микроорганизмов-вредителей пивоваренного производства;
- доля мертвых дрожжевых клеток не должна быть выше 3%;
- должны обеспечивать быстрое забраживание;
- максимально глубоко сбраживать пиво;
- сохранять полную активность в течение 8–10 генераций;
- иметь густую консистенцию;
- выглядеть чистыми и не содержать посторонних частиц;
- по вкусу и запаху соответствовать производимому сорту пива.

Контроль мертвых клеток осуществляется чаще всего окраской метиленовой синью: мертвые клетки окрашиваются, живые — нет.

4.4.5. Качество пива перед фильтрованием

После снятия дрожжей пиво из танка направляют на фильтрование. Это пиво должно быть коллоидно-стойким.

К пиву перед фильтрованием предъявляют следующие требования:

- *температура пива 0 — –1 °С (после недельной выдержки при –1 — –2 °С);*
- *содержание CO_2 без карбонизации — по меньшей мере 0,3%;*
- *pH от 4,2 до 4,4 (максимум 4,6);*
- *концентрация дрожжей — 2 млн клеток/мл (максимум 5 млн/мл);*
- *содержание диацетила — максимум 0,1 мг/л;*
- *содержание кислорода — 0 мг/л.*

4.4.6. Рекуперация пива из избыточных дрожжей (пиво из дрожжевого осадка)

Под лагерным осадком понимают остающиеся в лагерном танке дрожжи, которые содержат пиво. Приблизительно принимают, что на каждый гл пива приходится 3 л съемных дрожжей + лагерный осадок, или можно считать, что избыточный дрожжевой осадок составляет 1,5–2% от количества пива.

Около 1% товарного пива может быть получено (после соответствующей обработки дрожжей) в виде пива из дрожжевого осадка [54]. Существуют несколько способов рекуперации этого пива.

4.4.6.1. Прессование дрожжей

Дрожжи закачивают в камерный фильтр-пресс и отфильтровывают пиво сквозь полипропиленовые салфетки (рис. 4.54а). Благодаря прессованию под давлением в 4–6, а в конце цикла — в 15–18 бар, дрожжи по консистенции становятся похожи на пекарские, и в таком виде их можно удачно продать.

Из-за используемого в фильтре высокого давления недостатки этого способа делаются еще более заметными. Они заключаются в повышении значений pH и повышенном содержании в пиве белка и нуклеиновых соединений, если до прессования дрожжи хранились долго и в теплых условиях [55]. Поэтому дрожжи необходимо прессовать сразу же после их сбора. Можно направлять выделенное пиво на фильтр и после термической обработки добавлять его в начале брожения к суслу. В этом случае выделившиеся вещества будут потребляться и перерабатываться дрожжами при брожении. Таким образом можно избежать ухудшения качества пива (см. раздел 4.4.6.4).

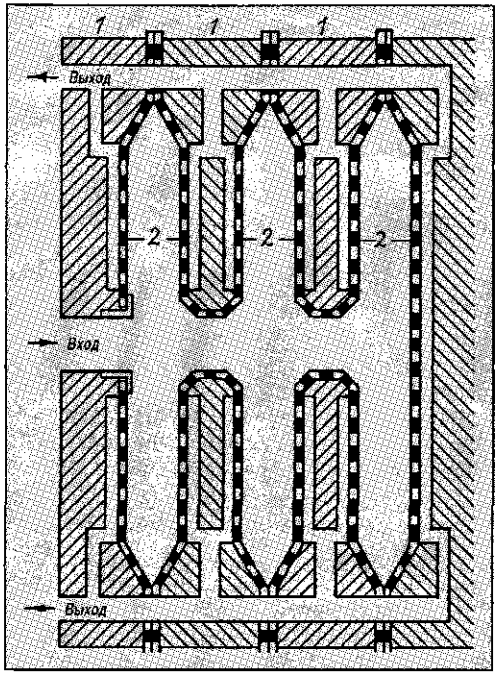


Рис. 4.54а. Камерный фильтр-пресс (принцип действия):

1 — камерные пластины с пазами для стока; 2 — фильтрующие салфетки

4.4.6.2. Сепарация дрожжей

Щадящий метод рекуперации пива из дрожжей — это их сепарация (рис. 4.55).

В рециркуляционный танк (*1*) набирается определенное количество деаэрированной воды, которая подается насосом (*6*) к сепаратору (*2*). По пути вода смешивается с дрожжами, дозируемыми насосом (*5*). В сепараторе предварительного осветления (*2*) большая часть дрожжей отделяется, а разбавленное водой отсепарированное пиво возвращается в рециркуляционный танк. Этот процесс повторяется при постоянном разбавлении пива водой и дальнейшем отделении дрожжей.

В заключение смесь воды и пива подается на сепаратор для полного осветления, где происходит полное удаление дрожжевых клеток из пива.

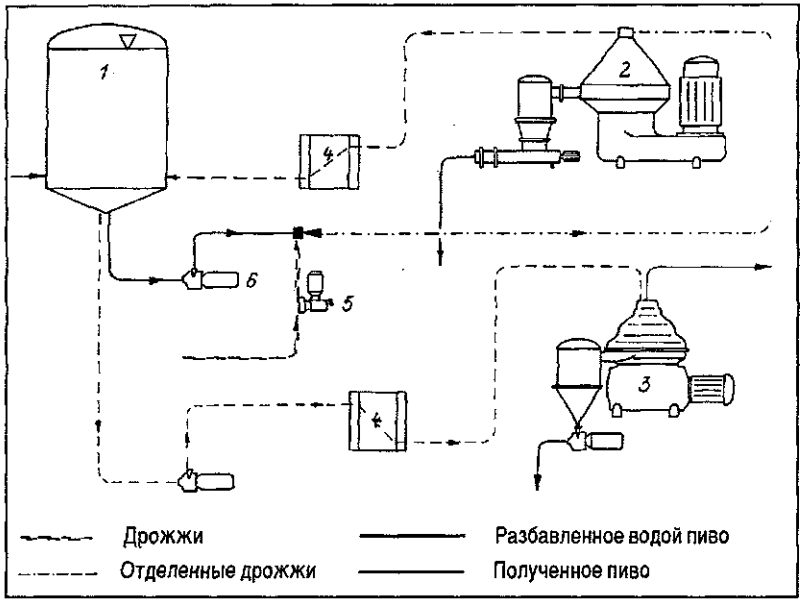


Рис. 4.55. Сепарация дрожжей:

1 — танк рециркуляции; 2 — сепаратор предварительного осветления; 3 — сепаратор полного осветления; 4 — пластинчатый теплообменник; 5 — насос для дозирования дрожжей; 6 — насос

4.4.6.3. Мембранное фильтрование дрожжей

Мембранный фильтр (см. разделы 4.5.1.2 и 4.5.2.6) представляет собой фильтр, в котором поток жидкости движется сквозь фильтрующий слой не под прямым углом, а параллельно высокопористой керамической мембране, так что пиво диффундирует сквозь нее, а дрожжи уносятся дальше (см. раздел 4.5.2.8).

Этот вид фильтрования называется **тангенциально-поточным фильтрованием (Cross-Flow-Filtration)**. Он не требует вспомогательных фильтрующих средств и во все большей степени применяется для рекуперации пива из избыточных дрожжей. При правильно подобранной производительности установки можно обеспечить приемлемые финансовые затраты при хорошем качестве пива [56, 57].

4.4.6.4. Обработка пива, рекуперированного из дрожжей

Рекуперированное пиво может создать биологические и вкусовые проблемы, если его не обрабатывать дополнительно. Значение pH такого пива зачастую выше 5,0, что ведет к выделению протеинов, горьких веществ и жирных кислот. Жирные кислоты со средней длиной цепи (продукты автолиза дрожжей) даже в незначительной концентрации отрицательно влияют на вкус и пену. При переработке лагерных осадков следует соблюдать большую осторожность, так как без точных исследований очень сложно оценить степень автолиза.

Как только значение pH превысило 4,5, бактериальные клетки Megasphaera (см. раздел 7.4.2) могут активно развиваться и привести к возникновению биологических проблем [158].

С увеличением количества мертвых дрожжевых клеток значительно возрастает вероятность забивания фильтра; при содержании 15–20% мертвых клеток, что часто бывает в пиве из отпрессованных дрожжей, фильтруемость пива значительно снижается.

Во избежание вкусовых отклонений на каждый гл рекуперированного пива добавляют: 50 г активированного угля и 50 г силикагеля.

После этого пиво фильтруют через диатомитовый фильтр, пастеризуют, и только после этого добавляют к молодому пиву в начале главного брожения в количестве до 5%. В этом случае дрожжи активно потребляют растворенные в дрожжевом пиве продукты автолиза и используют их для строительства клеточ-

ных веществ. Таким образом исключается негативное влияние рекуперированного из дрожжей пива на качество готового продукта.

4.4.7. Мойка ЦКТ

Мойка ЦКТ — очень важная задача. Так как пиво длительное время находится в танке, в нем может развиться вредная микрофлора. Существуют различные варианты обработки ЦКТ, которые рассмотрены в разделах 6.3 и 6.4.

4.4.8. Рекуперация CO_2

В разделе 4.3.1.2 было показано, что при главном брожении в открытом чане возникает около 4 кг CO_2, который должен быть удален, так как является дыхательным ядом. С другой стороны, пивоваренные предприятия вынуждены покупать CO_2 за большие деньги, поскольку он необходим для многих операций. Ниже приведено то количество CO_2, которое необходимо для осуществления тех или иных операций, но некоторые из них исключают друг друга.

	кг CO_2/гл
Создание противодавления и опорожнение лагерного танка	0,35–0,50
Создание противодавления и опорожнение фильтра камерного типа	0,40–0,50
Форфас	0,30–0,50
Создание противодавления при бутылочном розливе без предварительного вакуумирования	0,18–0,22
Создание противодавления при бутылочном розливе с вакуумированием	0,35–0,40
Создание противодавления при розливе в кеги	0,90–1,10
Розлив в банки	0,60–0,80
Частичная карбонизация	0,10–0,20
Полная карбонизация	0,50–0,70
Автоцистерна	0,30–0,50
Розлив пива в бары	0,20–0,50
Розлив лимонада в бутылки	0,60–0,70

Под карбонизацией (см. раздел 4.7) понимают добавление в пиво CO_2 для получения желаемой его концентрации в пиве.

В целом можно считать, что на 1 гл пива необходимо 1,8–2 кг CO_2.

При брожении и созревании в ЦКТ углекислый газ уходит из танка в концентрированном состоянии, его можно отводить и собирать. Конечно, нельзя обойтись без потерь, но **практически можно получить около 2 кг CO_2 на 1 гл пива**, что почти соответствует потребностям производства.

В связи с этим многие предприятия, оснащенные ЦКТ, перешли к рекуперации CO_2 на специальных установках (рис.4.56).

Установка для получения CO_2 (рис. 4.56) включает в себя пеноуловитель (*1*), в котором отделяется унесенная из танка пена, а газ собирается в газгольдере (*2*). В понедельник утром газгольдер полон, и в течение недели он отдает накопленный CO_2. Таким образом, газгольдер — буферный танк для сбора CO_2. В водяном скруббере (*3*) CO_2 освобождается от водорастворимых примесей. Компрессор (*4*) засасывает CO_2 и сжимает его в две ступени до давления конденсации 18–22 бар. Газ при этом сильно нагревается и должен охлаждаться в охладителе (*5*). Осушители (*6*) по очереди дублируют друг друга. В них от CO_2 отнимаются остатки влаги. Чаще всего для этого используют силикагели и оксид алюминия. Затем газ проходит через фильтры с активным углем, которые используются попеременно, и в которых адсорбируются нежелательные ароматические вещества. В конденсаторе (*8*) при низких температурах, для создания которых используется холодильная установка (*9*), газообразный CO_2 становится жидким. Жидкий углекислый газ хранится в танке (*10*), из которого забирается по мере необходимости.

4.4.9. Иммобилизованные дрожжи

Уже давно существует идея **сделать дрожжи неподвижными (иммобилизованными), закрепив их на каком-либо носителе.** Применение таких дрожжей представляло бы для пивовара огромный интерес: брожение в этом случае проходит в течение короткого времени, а дрожжи можно применять достаточно дол-

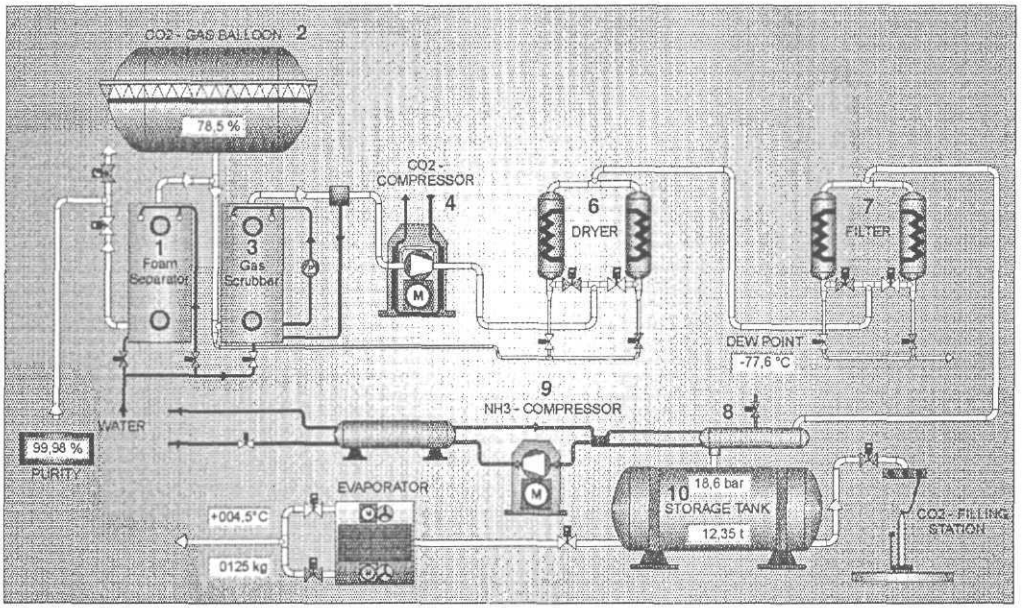


Рис. 4.56. Установка для рекуперации CO_2:

1 — пеноотделитель; 2 — газгольдер; 3 — водяной скруббер; 4 — компрессор с охлаждением; 6 — осушитель; 7 — фильтры с активным углем; 8 — конденсатор; 9 — компрессор NH_3; 10 — танк хранения CO_2

го. Благодаря малому размеру колонии дрожжей значительно сокращаются и затраты на оборудование.

Самым главным процессом является прежде всего иммобилизация дрожжей на крупнопористом носителе. Лучше всего зарекомендовало себя пористое спеченное стекло «Сиран» («Siran», фирма Schott Engineering, г. Майнц). Для его изготовления применяется стеклянный порошок, который смешивается с солью и спекается (подвергается обжигу). После этого растворимая соль вымывается, и возникают частицы, объем пор которых и распределение их по величине зависит от размера гранул и количества соли в смеси. На рис. 4.57 показано такое зерно с диаметром 1–2 мм и порами в 60–300 мкм.

При увеличении поры выглядят очень разветвленными; именно в эти поры и попадают дрожжи. Однако не каждый штамм способен выделять липкие вещества, чтобы надолго закрепиться на зерне. Но если только дрожжи закрепились (рис. 4.58), они могут очень долго работать без замены. **Всегда существует равновесие между дрожжевыми клетками, которые покинули носитель с протекающей жидкостью, и клетками, которые растут на носителе.**

При необходимости можно вымыть дрожжи из носителя различными химическими ре-

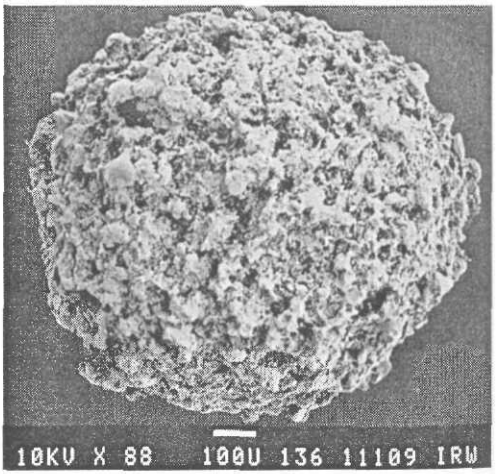


Рис. 4.57. Зерно «Сиран» («Siran»). (Фото: Исследовательский центр Jülich/Shott Engineering, г. Майнц)

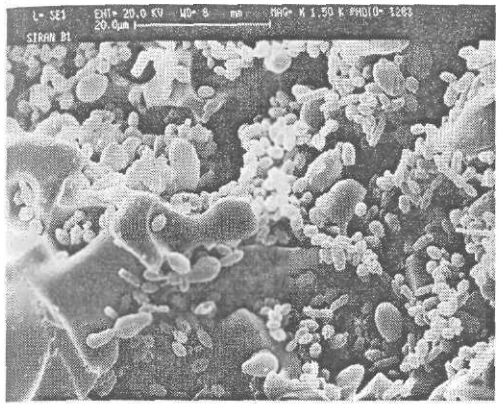


Рис. 4.58. Иммобилизованные дрожжевые клетки на зерне «Сиран». (Фото: Исследовательский центр Jülich/Shott Engineering, г. Майнц)

агентами, нейтрализовать носитель и снова нанести дрожжи.

В настоящее время иммобилизованные дрожжи применяют прежде всего для изготовления безалкогольного пива (см. раздел 4.9.3.3.1.3).

Для сбраживания сусла или расщепления диацетила используются отдельные реакторы. Зерна «Сиран» с иммобилизованными дрожжами уложены в реакторе толщиной в метр, и сусло или пиво медленно через них протекает.

Так, длительный при нормальном брожении и созревании процесс расщепления ацетогидроксикислот в диацетил (см. раздел 4.1.3.1) можно значительно сократить благодаря нагреванию. Дрожжи при этом не нужны. Расщепление диацетила в ацетоин и бутандиол, которые имеют очень высокие пороговые значения вкуса, может затем происходить очень быстро.

При таком способе (рис. 4.58а, Alpha-Laval/Schott Engineering) от сброженного обычным способом сусла на сепараторе (*1*) отделяются дрожжи. Пиво нагревается при помощи теплообменника (*2*) до 80 °С и выдерживается при этой температуре 10 мин (*3*). При этом происходит превращение ацетогидроксикислот в диацетил. Во второй секции теплообменника температура пива опять снижается до 15 °С (*4*), и пиво тут же подается в реактор (*5*). В реакторе пиво медленно протекает снизу вверх через слой «Сирана» высотой в один метр с иммобилизованными дрожжами; при этом диацетил расщепляется без остатка. Пиво собирается в буферном танке и проходит далее обычную обработку.

4.5. Фильтрование пива

Фильтрование — процесс разделения, при котором из пива удаляются еще оставшиеся дрожжевые клетки и другие взвешенные частицы мути. При фильтровании отделяются также вещества, которые могут выделиться в пиве в ближайшие недели или месяцы с появлением мутности.

Цель фильтрования — сделать пиво настолько стойким, чтобы в нем на протяжении длительного времени не возникло бы никаких видимых изменений и пиво сохраняло бы свой внешний вид.

4.5.1. Виды фильтрования

Фильтрование происходит следующим образом. Мутная жидкость (нефильтрат) благодаря фильтрующей перегородке разделяется на прозрачный фильтрат и фильтровальный остаток или фильтровальный слой. Движущей

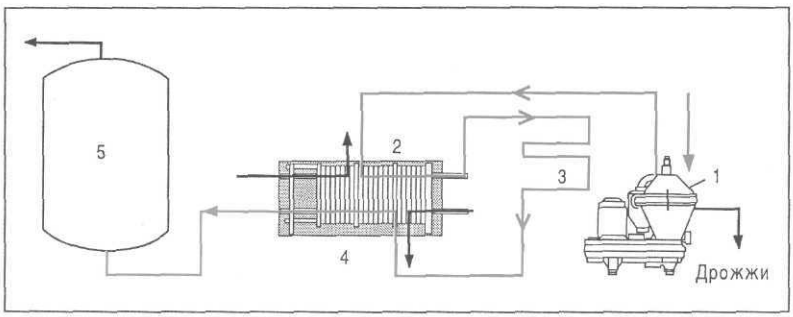


Рис. 4.58а. Сокращенный метод созревания с использованием иммобилизованных дрожжей:

1 — сепаратор; 2 — теплообменник; 3 — участок поддержания фиксированной температуры; 4 — охладитель; 5 — реактор

На рис. 4.61 показаны размер частиц и пор, с которыми мы имеем дело при фильтровании.

Следует обратить внимание, что каждое деление шкалы справа налево в 10 раз меньше предыдущего. Итак, мы имеем дело с мембранами, обладающими чрезвычайно мелкими порами.

Нельзя пустить пиво поперек тонкой мембраны, как при статическом фильтровании, иначе

- мембрана немедленно забьется;
- разница давлений разорвет тонкую мембрану.

Поэтому пиво подается вдоль мембраны и ее постоянно промывает, так что может образоваться только ограниченный слой осадка; микроорганизмы и загрязнения в виде:

- **нефильтрата или концентрата** (ратентата) остаются;
- **фильтрат или пермеат** проходит сквозь мембрану.

Этот способ фильтрования называется тангенциально-поточным фильтрованием или фильтрацией в поперечных потоках (Cross-Flow-Filtration).

Так как только часть жидкости проникает через поры, а большая часть протекает вдоль мембраны, необходима большая мембранная поверхность. Чтобы уменьшить габариты фильтра, мембраны зачастую сворачивают в рулон. Две мембраны, закрепленные на пористой подложке толщиной около 0,7 мм, заклеивают с трех сторон, накладывают сверху и снизу дистанционные прокладки (0,5 мм) и сворачивают в рулон. Такая комбинация из мембран, подложки и прокладок называется рулонным фильтрующим спиральным модулем (рис. 4.62).

Для повышения производительности установки параллельно включают несколько (иногда довольно много) таких фильтровальных модулей. Установка тангенциально-поточного фильтрования (рис. 4.63) всегда состоит из ряда таких модулей, делающих ее легко узнаваемой.

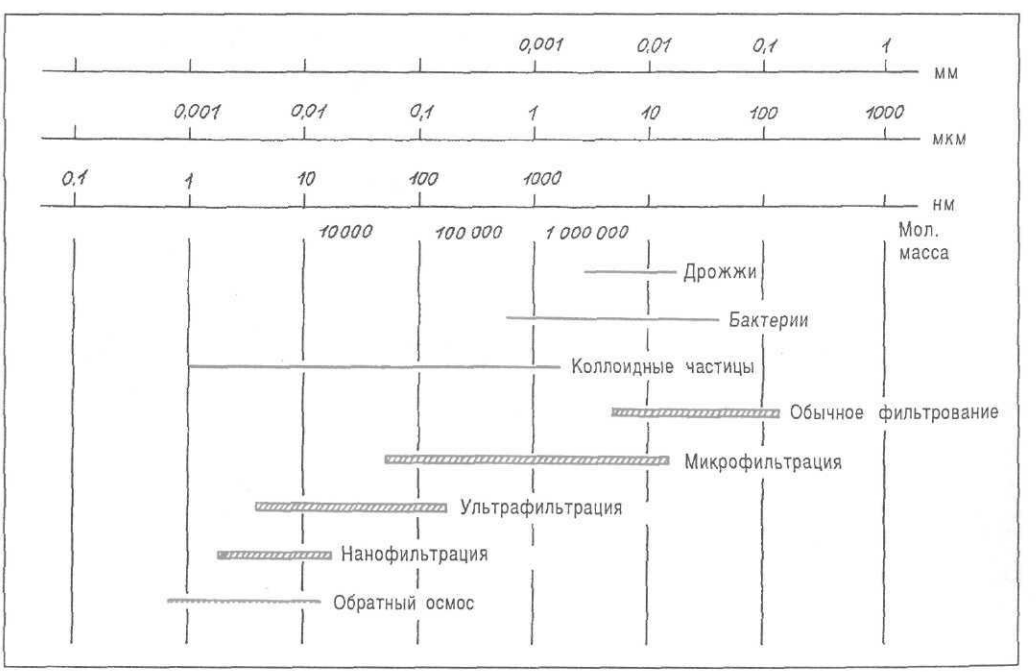


Рис. 4.61. Размер частиц и пор

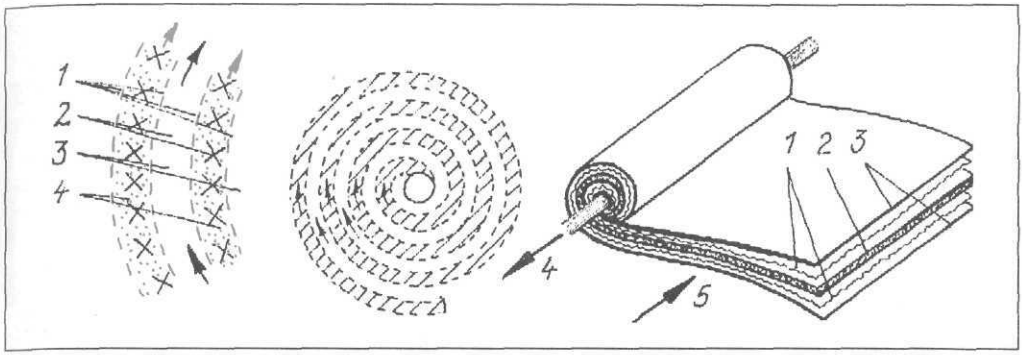


Рис. 4.62. Рулонный спиральный модуль (принцип действия):

1 — мембрана; 2 — пористая подложка; 3 — дистанционная прокладка со входом нефильтрата; 5 — выход фильтрата

Особый вид мембран — **полые волокна** с толщиной стенок 10–25 мкм, диаметром 50–200 мкм и длиной 2–3 м. Полые волокна могут применяться только для абсолютно прозрачных жидкостей, так как они легко забиваются. Мы встретимся с такими мембранами, когда будем рассматривать метод диализа при производстве безалкогольного пива. Модули из полых волокон, которые могут иметь U-образную форму или быть вытянутыми, позволяют разместить 20 000 м^2 мембранной поверхности в 1 м^3 помещения.

Вместо мембран для микрофильтрации сегодня все больше применяются **керамические материалы** с очень тонкими каналами. В мультиканальном элементе каждый канал окружен мелкопористым керамическим материалом, от структуры которого зависит тонкость фильтрации. Благодаря параллельному подключению многих элементов и модулей можно достичь большей производительности установки (см. раздел 4.5.2.8).

Следует четко представлять себе, что при тангенциально-поточном фильтровании через мембраны проходит лишь небольшая часть фильтрата. Чтобы просочилось достаточное количество фильтрата, нефильтрат, обогащающийся взвешенными частицами осадка, должен циркулировать многократно (см. раздел 4.5.2.6).

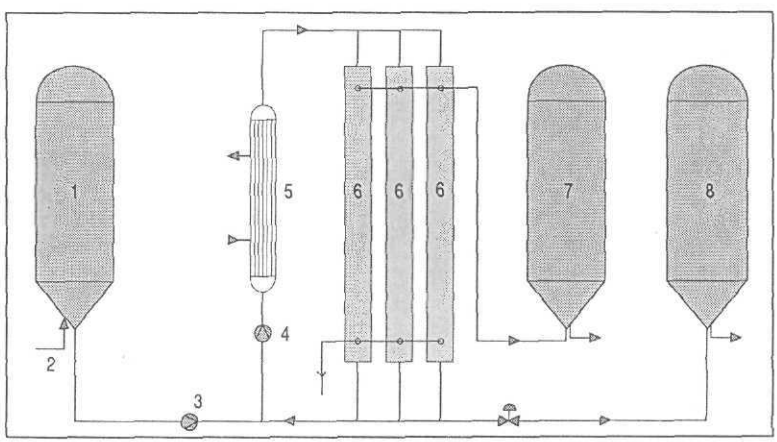


Рис. 4.63. Установка тангенциально-поточного фильтрования (принцип действия):

1 — буферный танк; 2 — подача пива; 3 — насос; 4 — циркуляционный, повышающий давление насос; 5 — охладитель; 7 — фильтровальные элементы; 8 — танк для сбора нефильтрата; 9 — танк для сбора фильтрата

4.5.1.3. Вспомогательные фильтрующие средства

Вспомогательные фильтрующие средства — это порошкообразные материалы (такие как кизельгур или перлит), которые намываются на фильтровальную перегородку (ткань или сито), форма и структура которой делают фильтрование возможным в принципе. Фильтрование вообще возможно только благодаря их форме и структуре, однако вспомогательные фильтрующие средства не применимы без фильтрующей перегородки.

В качестве вспомогательных фильтрующих средств в пивоварении используются:

- кизельгур для фильтрования пива;
- перлит для фильтрования сусла.

4.5.1.3.1. Кизельгур

Под кизельгуром понимают ископаемые одноклеточные инфузорные водоросли (диатомиты), состоящие из диоксида кремния (SiO_2). Таких водорослей насчитывается более 15 000 видов. Миллионы лет назад они покрывали дно морей и океанов в таком количестве, что с течением времени образовался их толстый слой.

В некоторых местах толщина слоя кизельгура достигает нескольких сотен метров (например, в Ломпоке (Lompoc), штат Калифорния, США), однако во многих месторождениях добыча невыгодна по экономическим причинам. Кизельгур добывают:

в уже названном Ломпоке, Калифорния;
в Халиско (Jalisko), Мексика;
в Мювате (Myvath), Исландия;
в Мюрате (Murat), Франция;
в Аликанте (Alicante), Испания;
в Арике (Arica), Чили;
в двух областях в Китае.

Разработка месторождения обычно происходит открытым способом. Кизельгур выкапывают мощными экскаваторами, сортируют по качеству и вывозят на гигантских грузовиках в хранилища под открытым небом. Обработка кизельгура возможна тремя способами [160].

Высушенный кизельгур

Материал размельчается и высушивается при 400 °C в роторных трубчатых печах. При такой обработке сохраняется естественная форма оболочки диатомитов и ее пористость, позволяющая изготовить кизельгур для самого тонкого фильтрования (рис. 4.65).

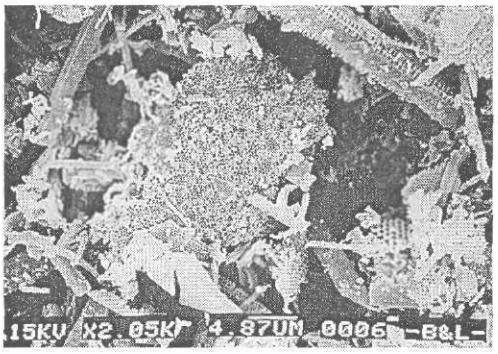


Рис. 4.65. Тонкий кизельгур (увеличение в 1000 раз)

Кальцинированный (прокаленный) кизельгур

Чтобы можно было изготовить более быстро фильтрующий кизельгур, высушенный материал нагревают до 800 °C. Внешние поверхности кизельгура спекаются, образуя крупные частицы. Внутренняя пористая структура и ее фильтрационная активность остается без изменений.

Кальцинированный под флюсом кизельгур

Для приготовления еще более быстро фильтрующего кизельгура к сырому диатомиту в печь добавляют в качестве флюса хлорид или карбонат натрия. Температура плавления диоксида кремния (из которого состоят диатомиты) увеличивается, и кизельгур накаляется до 800–900 °C. Из-за спекания возникают крупные конгломераты. Неорганические включения (например, оксиды железа или алюминия) переходят в трудно растворимую смесь силикатов и придают крупному, кальцинированному под флюсом кизельгуру почти безупречно белый цвет. Грубый кизельгур используется преимущественно для нанесения предварительного слоя.

Скорость фильтрования в основном зависит от крупности кизельгура.

Чем мельче кизельгур, тем прозрачнее фильтрат, но тем ниже скорость фильтрования. И наоборот, крупные кизельгуры фильтруют быстро, но не так хорошо.

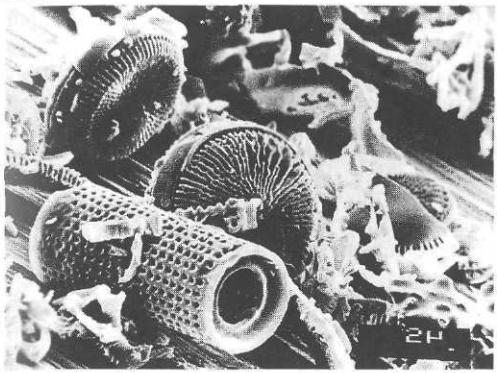


Рис. 4.66. Грубый кизельгур (увеличение примерно 1000x). (Фото: Schenk Filterbau GmbH, г. Вальдштеттен)

Следовательно, проницаемость и мутность на выходе находятся друг с другом в приблизительной зависимости, о чем свидетельствуют следующие данные:

Сорт кизельгура	Относительный расход	Относительная прозрачность	Для фильтрования пива
Filter-Cel	100	100	Тонкий кизельгур
Celite 577 и 505	115	98	
Standard Super-Cel	213	85	
Celite 512	326	76	Средний кизельгур
Hyflo Super-Cel	534	58	
Celite 503	910	42	
Celite 535	1269	35	
Celite 545	1830	32	
Celite 560	2670	29	Грубый кизельгур

Важнейшее качество кизельгура — высокая пористость. Вследствие пористости и особой структуры панциря, фильтрующие слои из кизельгура образуют очень мелкопористую систему, которая может задерживать частички мути размером от 0,1 мкм.

Площадь поверхности кизельгура может доходить до 20 м^2/г, но это значительно меньше поверхности (400–700 м^2/г) и, следовательно, адсорбционной способности силикагелей. Поэтому, по сравнению с ними, адсорбционная способность кизельгура также очень низка.

Важно то, что кизельгур не содержит никаких примесей. Кроме того, важнейшая характеристика кизельгура, влияющая на экономичность фильтрования, — плотность во влажном состоянии. Этот параметр обозначает объем, который кизельгур принимает под давлением. Плотность во влажном состоянии выражается в г/л; для фильтрования лучше всего подходят кизельгуры с плотностью ниже 300 г/л. При равном осветляющем эффекте и производительности, но при более высокой плотности кизельгура придется мириться с большим расходом его при фильтровании и с ускоренным ростом давления на фильтре.

Расход кизельгура может колебаться от 80 до 200 г/гл, составляя в среднем 150–180 г/гл. Кизельгур — не только очень дорогой вспомогательный материал; его утилизация после использования также требует определенных затрат.

4.5.1.3.2. Перлит

Перлит — материал вулканического происхождения, состоящий в основном из силиката алюминия. «Сырой» перлит нагревают до 800 °C; при этом содержащаяся в нем вода расширяется и приводит к вспучиванию и растрескиванию перлита. Так образуется стекловидная структура, которую затем измельчают (рис. 4.67).

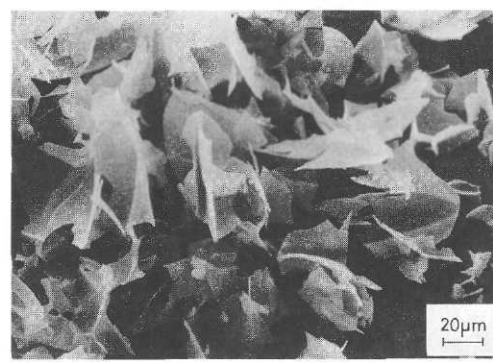


Рис. 4.67. Перлит (увеличение около 1000x). (Фото: Schenk Filterbau GmbH, г. Вальдштеттен)

Возникает легкий и рыхлый порошок, который весит на 20–40% меньше, чем кизельгур. При низких величинах pH перлит выделяет известь и железо, и поэтому его можно применять только для фильтрования сусла, у которого величина pH еще достаточно высокая – 5,4–5,5.

Скорость фильтрования у перлитов также зависит от сорта.

4.5.2. Виды фильтров

В пивоварении для фильтрования применяются следующие виды фильтров:

- намывные фильтры:
  - намывные рамные фильтр-прессы;
  - намывные свечные (патронные) фильтры;
  - намывные дисковые фильтры (фильтры с горизонтально расположенными фильтровальными элементами);
  - намывные листовые фильтры;
- пластинчатые фильтр-прессы;
- камерные фильтры (например, заторный фильтр-пресс);
- чашечные фильтры (например, масс-фильтр);
- мембранные фильтры.

Для фильтрования пива используются почти исключительно намывные, пластинчатые и мембранные фильтры; масс-фильтр, господствовавший в прежние десятилетия, в настоящее время практически не используется.

Такие виды фильтров, в которых фильтрование происходит поперек фильтровального материала, называют **статическими фильтрами** или **Dead-end-Filter.**

4.5.2.1. Масс-фильтр

Хотя масс-фильтр практически повсеместно вышел из употребления, о нем необходимо кратко рассказать, так как он десятилетиями применялся для фильтрования пива.

При фильтровании на таком фильтре пиво подается сквозь слои фильтрационной массы

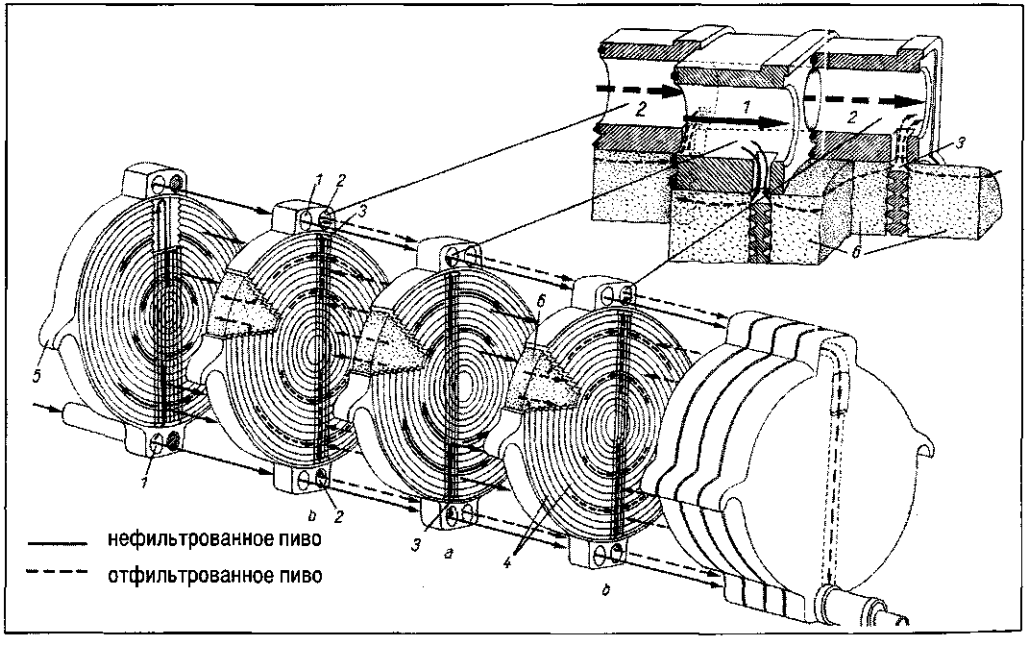


Рис. 4.68. Прохождение пива через масс-фильтр:

a — Фильтрующая чашка I; b — Фильтрующая чашка II

1 — канал нефильтрованного пива; 2 — канал фильтрованного пива; 3 — распределительное отверстие; 4 — распределительные канавки; 5 — подвес; 6 — фильтрмасса

(толщиной 6 см) и при этом отфильтровывается (рис. 4.68).

Фильтр-масса изготавливается из хлопкового пуха (линта), к которому добавляют 1% асбеста, чтобы достичь более тонкой фильтрации. Но еще до запрета на применение асбеста масс-фильтры практически исчезли с пивоваренных заводов, так как связанные с ними затраты труда и расходы довольно высоки:

- после каждого фильтрования фильтр необходимо разбирать;
- фильтровальные слои из фильтр-массы следует измельчать, промывать и стерилизовать;
- фильтр-массу нужно прессовать в фильтровальные слои;
- фильтр после этого следует снова собирать.

Кроме этого, необходим ряд других вспомогательных работ. Для выполнение всех операций на среднем предприятии необходимы соответствующие трудовые ресурсы.

Среди недостатков масс-фильтра необходимо упомянуть:

- высокие затраты ручного труда на регенерацию фильтра;
- значительные затраты энергии для промывки массы;
- повышенный расход воды для промывки массы;
- слишком малая поверхность фильтрования и, соответственно, низкая производительность фильтра.

Несмотря на это, масс-фильтр еще не «вымер» полностью. Например, пивоваренная компания Курс (Coors), на своем крупнейшем в мире пивоваренном заводе в Голдене (Golden), штат Колорадо (США) — все изготовленное пиво в объеме 23,2 млн гл (1995) и сегодня фильтрует исключительно на масс-фильтрах производства фирмы Enzinger и планирует использовать их в дальнейшем.

4.5.2.2. Намывные фильтры

Намывные фильтры — это фильтры, в которых фильтрование происходит через вспомогательное фильтрующее средство (чаще всего кизельгур или перлит), намываемое на фильтровальные перегородки.

Намывание слоя необходимо, так как частицы вспомогательного средства, применяемого для текущего дозирования, слишком малы, чтобы удерживаться на фильтрующей опоре (подложке). Поэтому мы должны различать два этапа процесса:

- нанесение фильтрующего слоя;
- фильтрование с текущим дозированием.

4.5.2.2.1. Намывка фильтрующих слоев

4.5.2.2.1.1. Основной принцип намывки фильтрующих слоев

Кизельгуровое фильтрование происходит через мелкоячеистую ткань с размером отверстий 70–100 мкм или через другую фильтрующую перегородку с мелкими отверстиями, размер которых больше мелкого диатомита (2–4 мкм). Если наносить только тонкий кизельгур, то он проникал бы сквозь подложку не

4.5.2.2.1.2. Нанесение предварительного слоя и текущее дозирование

Для достижения безупречного фильтрационного эффекта фильтрующий слой наносится в три приема:

- 1-й основной (первичный или предварительный) слой; деаэрированная вода или фильтруемое пиво циркулирует через фильтр вместе с концентрированной суспензией грубого кизельгура при избыточном давлении 2–3 бара. При этом образуется стабильный против изменения давления первичный слой, который должен препятствовать попаданию мелкого вспомогательного фильтрующего средства в фильтрат. Этот первичный слой является важнейшим элементом для дальнейшего нанесения кизельгура и фильтрования вообще. Частицы этого первичного слоя опираются друг на друга и взаимно препятствуют своему дальнейшему передвижению (рис. 4.69). Для первичного слоя расходуют 700–800 г/м^2 кизельгура, что составляет 70% от всего кизельгура, используемого для нанесения предварительных слоев.

- 2-ой основной или предохранительный слой; он предназначен для того, чтобы после предварительных слоев уже первый фильтрат был прозрачным. Этот слой вновь намывается с помощью деаэрированной воды или фильтруемого пива, но для него используют более мелкие фильтрационно-активные смеси кизельгуров. Они задерживают муть и снижают закупоривание фильтра. Большое значение имеет полностью равномерное нанесение предварительных слоев на всю фильтровальную поверхность. Утончения поверхности в середине или с краю приводят к неравномерности прохождения фильтрата и могут быть причиной повышенной мутности. Всего на основные слои с общей толщиной 1,5–3 мм расходуется около 1000 г/м^2 кизельгура. Процесс длится 10–15 минут.
- **Текущее дозирование** служит прежде всего для того, чтобы поддерживать проницаемость кизельгура, а значит и производительность фильтра после начала фильтрования на постоянном уровне. Постоянная производительность необходима, так как скачки давления или неравномерность стекания пива разрушают нанесенные на сита или свечи слои, и пиво идет с повышенной мутностью, чего не должно происходить ни при каких обстоятельствах. Постоянная производительность, однако, означает неизменное увеличение разности давлений на входе и выходе из фильтра. Необходимо приложить все усилия, чтобы повышение разности давлений происходило медленно и равномерно до достижения предельного избыточного давления:
  - для намывных рамных фильтров эта величина составляет 2–5 бар;
  - для намывных цилиндрических фильтров – 6–8 бар.

В среднем разность давлений должна возрастать на 0,2–0,3 бара в час (нормально фильтруемое пиво). Состав смеси кизельгуров подбирается на предприятии опытным путем. Обычно используемая для текущего дозирования смесь состоит:

- на 2/3 из среднего и
- на 1/3 из тонкого кизельгура.

Расход кизельгура для текущего дозирования составляет от 60 до 120 г/гл пива.

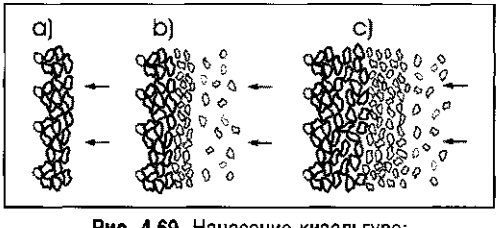


Рис. 4.69. Нанесение кизельгура:
а — 1-й основной слой; б — 2-ой основной слой; в — текущее дозирование

задерживаясь, и пиво становилось бы еще мутнее, чем было раньше.

4.5.2.2.1.3. Роль кислорода при фильтровании

Первая фаза фильтрования – нанесение 1-го и 2-го предварительных слоев и начало текущего дозирования – имеет особое значение в связи **с возможностью попадания кислорода и ухудшения качества пива.**

В конце брожения и созревания содержание O_2 в пиве снижается до 0,0–0,01 мг/л. Сохранить это значение на том же уровне довольно трудно, но возможно. В случае растворения нового кислорода в пиве возможности его удалить не существует.

Попадание кислорода происходит преимущественно:

- из-за образования воздушных подушек в случае неполного удаления воздуха из фильтра;
- из-за использования не полностью деаэрированной воды;
- из-за применения смешанного с воздухом CO_2;
- через сам кизельгур;
- через неплотности в фильтре.

Так как мы должны бороться с каждой сотой долей мг O_2/л пива, то даже очень небольшое количество воздуха играет важную роль.

К чему может привести даже незначительное попадание воздуха становится ясным из следующего примера.

Воздух содержит 23,01% масс. кислорода = 20,93%.

1 м^3 воздуха весит 1,29 кг.

23,01% от этого количества = 0,297 кг
≙ 300 г

При давлении 1 бар 1 м^3 воздуха содержит 300 г O_2

1 л воздуха содержит 300 мг O_2.

При избыточном давлении 0,5 бар = = 1,5 бар 1 л воздуха содержит

300 · 1,5 = 450 мг O_2

Если 1 л воздуха смешивается с пивом, то в пиве будет содержаться

в 450 л = 4,5 гл = 1 мг O_2 / л,

или

в 4500 л = 45 гл = 0,1 мг O_2 / л,

или

в 45000 л = 450 гл = 0,01 мг O_2 / л.

Этот пример показывает, что для того чтобы в таком большом количестве пива ощутимо изменилась концентрация кислорода, достаточно маленького пузырька воздуха объемом в 1 л.

Поэтому для нанесения слоев применяют деаэрированную, биологически чистую воду и CO_2 с целью создания противодавления. Ниже будет показано, что разделение воды и пива без потерь — отнюдь не простая задача.

Выдавливаемые при завершении фильтрования фильрационные остатки нуждаются в бережном обращении. Это относится к обработке как первого, так и последнего фильтрационного остатка; смешанное с водой пиво зачастую обогащено кислородом и обладает нестабильной коллоидной структурой. Несомненный интерес для пивоваров представляет фильтрование без образования первого и последнего фильтрационных остатков, то есть вообще без разбавленных остатков.

Каждое попадание кислорода в пиво при фильтровании оказывает еще более вредное действие, чем попадание его в пиво до фильтрования. Снизить попадание кислорода в пиво при фильтровании до уровня менее 0,01 мг/л позволяют следующие приемы:

- следует избегать затягивания воздуха при опорожнении танка;
- рекомендуется для создания противодавления использовать только CO_2;
- применять полное вытеснение воздуха деаэрированной водой из всех трубопроводов и емкостей перед началом процесса; осуществлять постоянный контроль за деаэрационной арматурой при фильтровании;
- устранение в трубопроводах «воздушных подушек»;
- правильный монтаж трубопроводов с деаэрационной арматурой;
- необходимо избегать сужений поперечного сечения трубопроводов;
- создавать достаточно высокое избыточное давление жидкости перед фильтрационным насосом, чтобы не произошло высвобождения CO_2 и втягивания воздуха;
- применять инертный газ (CO_2, N_2) для создания противодавления и опорожнения трубопроводов и емкостей;
- деаэрировать кизельгуровую суспензию в дозаторе путем барботирования CO_2;
- нельзя подмешивать к пиву обогащенные кислородом фильтрационные остатки;
- рекомендуется применять специальные шайбы и рассекатели потока на выходе в форфасах во избежание фонтанирования и образования водоворотов при спуске жидкости;
- следует создавать противодавление в форфасах при помощи чистого CO_2.

4.5.2.2.1.4. Дозаторы

Смешивание кизельгура с деаэрированной водой (для нанесения предварительных слоев) или с пивом (для текущего дозирования) происходит в дозаторе (рис.4.70).

Использование пива предполагает его смешивание с кизельгуром в емкости под давлением: пиво должно подаваться к дозирующему насосу под избыточным давлением, чтобы не произошло высвобождения CO_2.

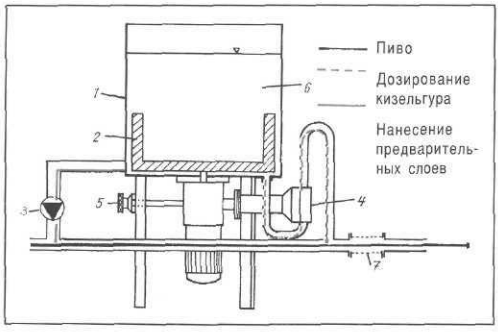


Рис. 4.70. Дозатор (принцип действия):

1 — бак; 2 — мешалка с приводом; 3 — высокоскоростной насос для нанесения предварительных слоев; 4 — дозирующий насос; 5 — регулировка дозирования; 6 — дозируемая смесь; 7 — смотровое стекло с датчиком объемного расхода

Дозатор состоит из бака (*1*) с мешалкой (*2*) для гомогенного перемешивания суспензии. Так как для нанесения предварительных слоев необходим высокий объемный расход жидкости, то для этого предусмотрен отдельный центробежный насос (*3*). Текущее дозирование осуществляется мембранным насосом (*4*). Дозирующий бачок должен быть снабжен штангой для подачи CO_2 с целью дегазации суспензии. Содержимое бака должно находиться под небольшим избыточным давлением CO_2 (несколько мм водяного столба).

Мембранный насос позволяет очень точно регулировать подачу смеси во время текущего дозирования. Точная регулировка необходима, чтобы проводить фильтрацию с возможно более низким расходом кизельгура. Главный элемент **мембранно-поршневого насоса** (рис. 4.71) — **резиновая мембрана** (*1*), которая движется благодаря поршню (*2*).

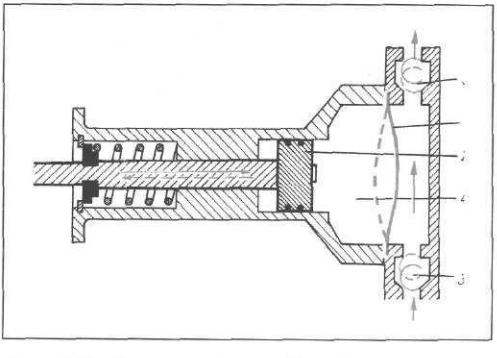


Рис. 4.71. Дозирующий насос (мембранно-поршневой насос):

1 — мембрана; 2 — поршень; 3 — шарики клапана (чаще всего используют двойной шаровой клапан); 4 — силиконовое масло

Промежуточное пространство заполнено несжимаемым силиконовым маслом (*4*). Каждое движение поршня оказывает воздействие на резиновую мембрану. Когда поршень идет направо, то и резиновая мембрана вдавливается вправо. Возникшее давление прижимает **нижний шарик** к входному отверстию, которое тем самым закрывается, в то время как **верхний шарик** приподнимается и открывает путь для выхода порции жидкости. При движении поршня и мембраны налево верхний шарик закрывает проход, в то время как нижний приподнимается и впускает новую порцию жидкости. В зависимости от длины хода поршня изменяется амплитуда колебаний резиновой мембраны и расход суспензии пиво-кизельгур. Длина хода поршня устанавливается посредством регулировочного винта (рис. 4.72).

Регулировочный винт при вращении сдвигается по валу вперед и назад, поэтому в точке

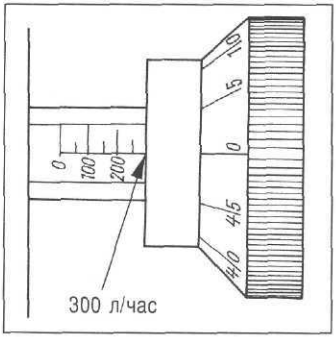


Рис. 4.72. Регулировка дозирования посредством изменения длины хода поршня

касания винта и вала можно непосредственно считывать объемный расход при текущем дозировании.

Дозатор (рис. 4.73) является неотъемлемой составной частью каждого намывного фильтра независимо от того, идет ли речь о рамном фильтр-прессе, свечном или дисковом фильтре.

4.5.2.2.2 Намывной рамный фильтр-пресс

Намывной рамный фильтр-пресс состоит из станины, на которой поочередно подвешены

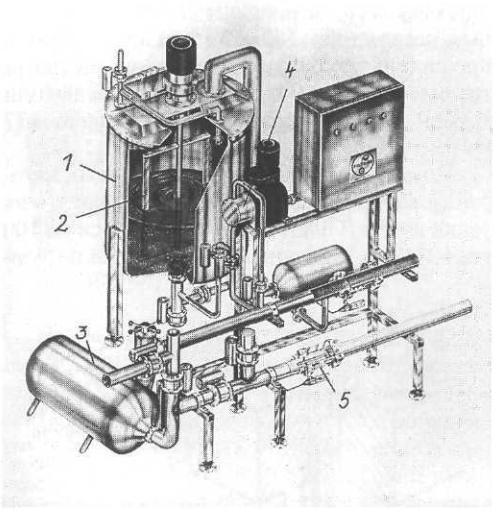


Рис. 4.73. Дозатор кизельгура (разрез):

1 — бак дозатора; 2 — мешалка с электродвигателем; 3 — насос нанесения предварительных слоев; 4 — дозирующий насос; 5 — смотровое стекло с измерителем объемного расхода

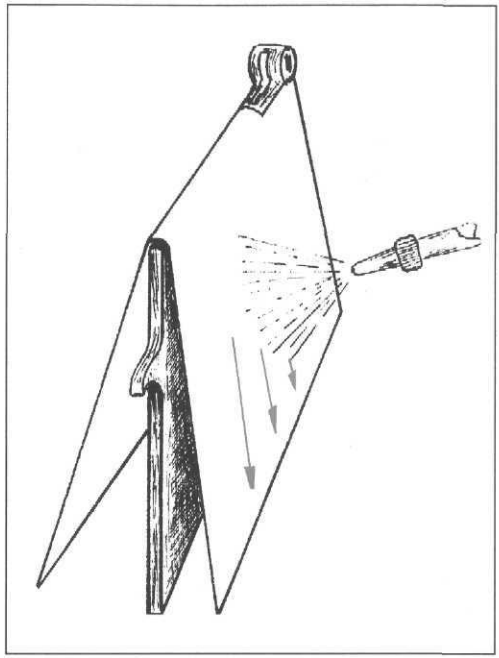


Рис. 4.74. Смывание кизельгура с опорного картона струями воды

рамы и плиты, чаще всего квадратной формы. На пластины навешивается с двух сторон опорный картон, после чего рамы и плиты прижимаются друг к другу. Опорный картон изготавливается из целлюлозы и конденсированных смол. Прочность достигается добавкой специальных отвердителей, благодаря чему картон можно промывать и использовать длительное время. По завершении фильтрования кизельгур смывается или сдувается воздухом под давлением, после чего его можно заново наносить на опорный картон (рис. 4.74).

Принцип работы намывного рамного фильтр-пресса (рис. 4.75)

Намывной рамный фильтр-пресс состоит из чередующихся рам (*2*) и плит (*1*). На плиты (*1*) с двух сторон навешивается опорный картон, и после сжатия фильтра в рамах образуется полое пространство для намывания кизельгура (*5*). Кизельгур для нанесения предварительных слоев, а затем и кизельгур, дозируемый в ходе фильтрования, подается в рамы сверху и снизу, образуя все более толстый «пирог».

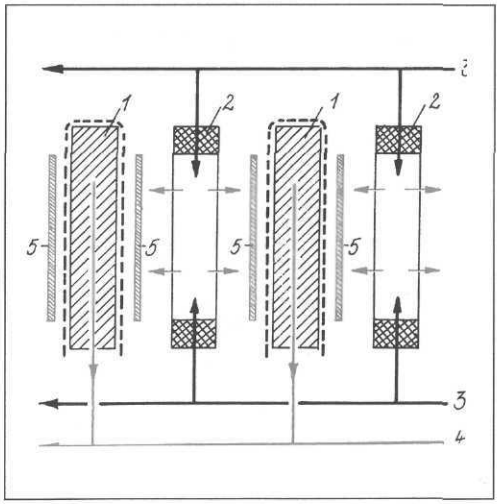


Рис. 4.75. Фильтрование в намывном рамном фильтр-прессе (принцип действия); схематичное изображение:

1 — плиты с опорным картоном; 2 — рамы; 3 — подача нефильтрата; 4 — выход фильтрата; 5 — слой кизельгура

4.5.2.2.3. Намывной свечной (патронный) фильтр

Намывной свечной (патронный) фильтр (рис. 4.76) представляет собой цилиндрическую вертикальную емкость (*1*) с коническим днищем, способную выдерживать избыточное давление. Под крышкой фильтра находится **перфорированная пластина** (*3*), к которой подвешены **фильтрующие свечи** (*2*).

Фильтрующие свечи — это фильтрующие перегородки, на которые намывается вспомогательное фильтрующее средство (кизельгур).

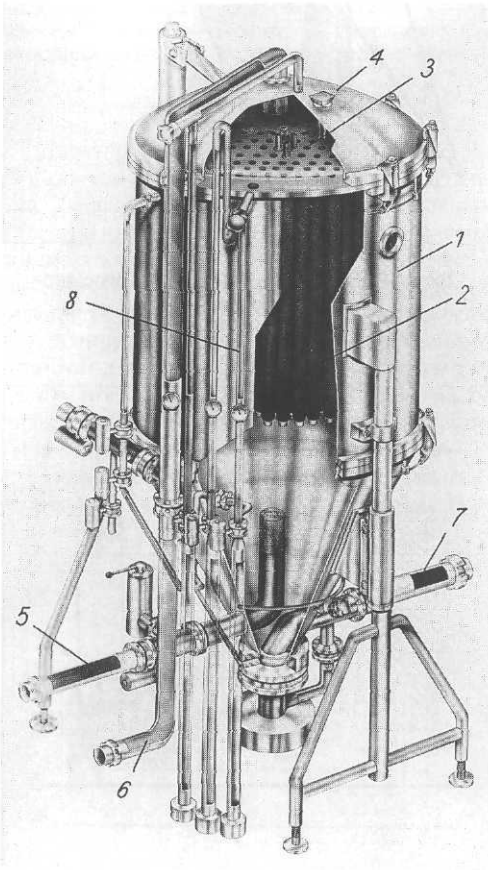


Рис. 4.76. Свечной фильтр (разрез):

1 — корпус фильтра; 2 — подвешенные фильтрующие свечи; 3 — перфорированная плита для закрепления свечей; 4 — крышка фильтра; 5 — подача нефильтрата; 6 — выход фильтрата; 7 — выброс кизельгура; 8 — деаэрационная линия

Устройство свечи: вокруг каркаса с определенным расстоянием (50–80 мкм) наматывается профильная проволока. Каркас свечи изготавливается в виде профильных стержней или трубки из перфорированной жести (рис. 4.77 и 4.78).

По всей длине фильтрующей свечи, которая может быть свыше 2 м, возникают очень узкие щели. В фильтре может иметься до 700 свечей. Это дает очень большую фильтрую-

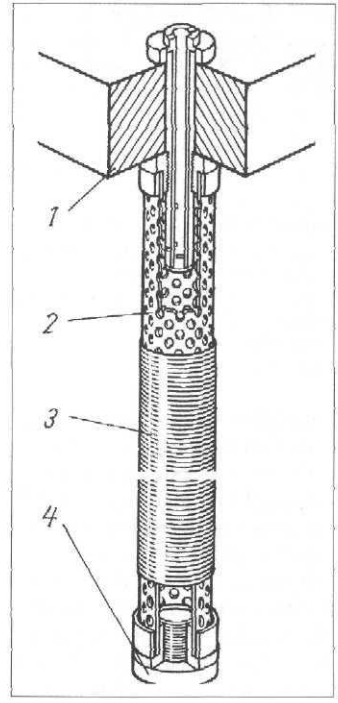
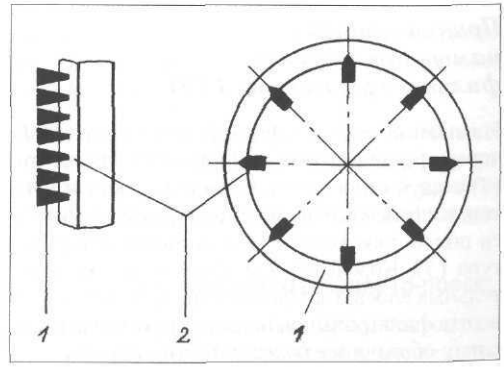


Рис. 4.77. Фильтровальная свеча:

1 — торцевая плита; 2 — перфорированная трубка; 3 — спираль из профильной проволоки; 4 — фиксирующий болт

Рис. 4.78. Фильтровальная свеча (разрез):

1 — спираль из профильной проволоки; 2 — каркас свечи в виде профильных стержней



щую поверхность, гарантирующую высокую производительность фильтра, в котором к тому же нет движущихся частей.

Фильтрующая поверхность одной фильтрующей свечи составляет:

при диаметре 25 мм и длине 1,5 м — 0,118 м²;

при диаметре 30 мм и длине 1,5 м — 0,141 м²;

при диаметре 35 мм и длине 12 м — 0,220 м².

На свечном фильтре устанавливается еще целый ряд трубопроводов, соединений и контрольных приборов. Все дополнительные элементы фильтра расположены таким образом, чтобы ни при каких обстоятельствах не допустить попадания в пиво кислорода (ни в начале, ни в ходе, ни в конце фильтрования). Подобная компоновка требует значительных затрат.

Проведение процесса фильтрования и мойки фильтра показано на рис. 4.79 (а–и).

- Фильтр наполняется водой и переключается на циркуляцию. Поскольку вода будет контактировать с пивом, необходимо использовать только деаэрированную воду (а).
- К воде добавляется кизельгур для нанесения первого слоя и в течение 10 мин намывается на свечи; до тех пор, пока на свечах не образовался опорный слой из кизельгура, вода возвращается мутной. После первого слоя аналогичным образом наносится и второй слой (б).
- Фильтр находится в режиме рециркуляции (в).
- Затем начинается фильтрование. Нефильтрованное пиво медленно, снизу вверх, вытесняет воду из фильтра. Пиво, проникая через свечи, фильтруется. В пиво дозируется предварительно приготовленная в дозаторе смесь кизельгуров. Следует заметить, что граница между водой и пивом не абсолютная, и поэтому возникает смесь воды и пива — головной фильтрационный остаток (г).
- Фильтрование протекает тем же самым путем. Дозируемый кизельгур образует все более толстый слой вокруг свеч, позволяющий фильтровать все глубже и глубже,

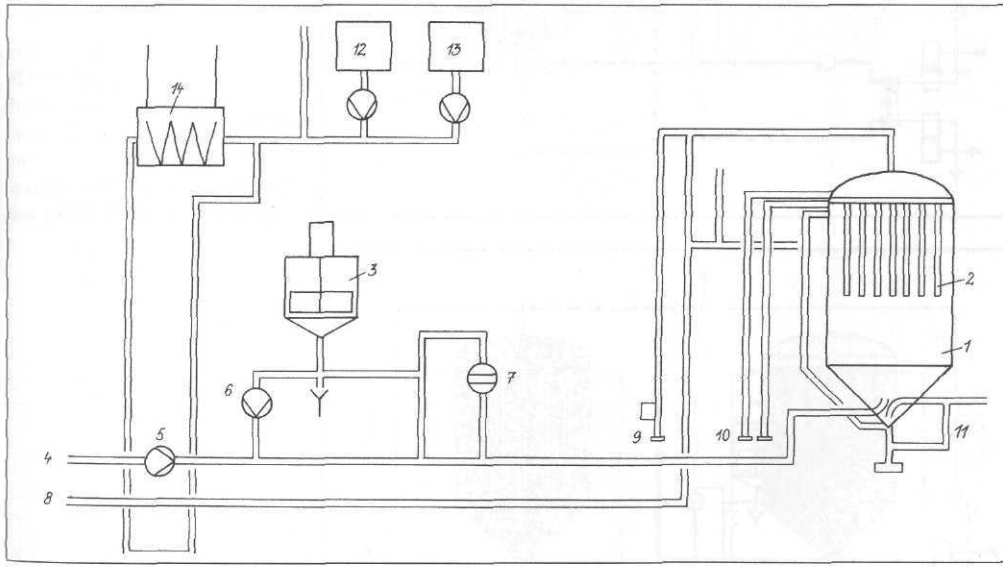
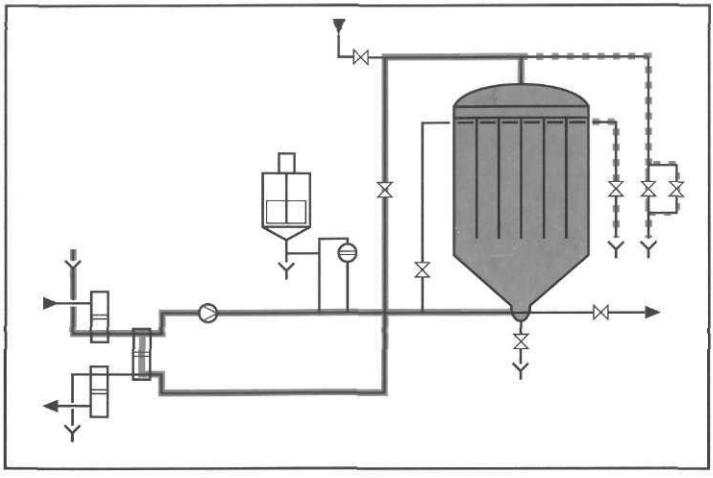
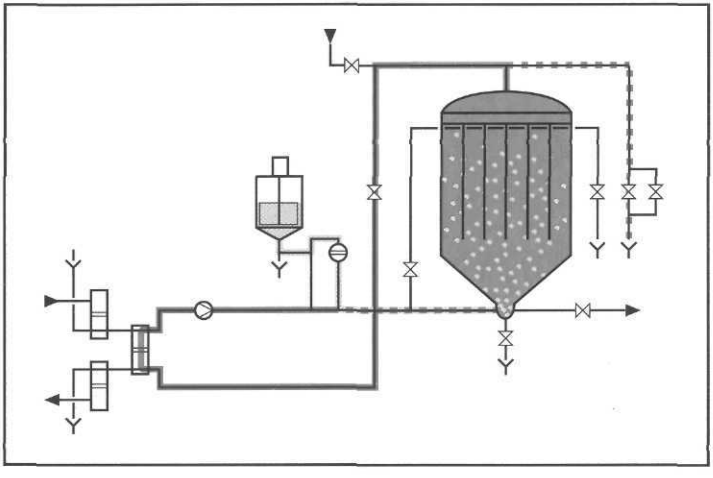


Рис. 4.79. Процесс фильтрования на свечном фильтре:

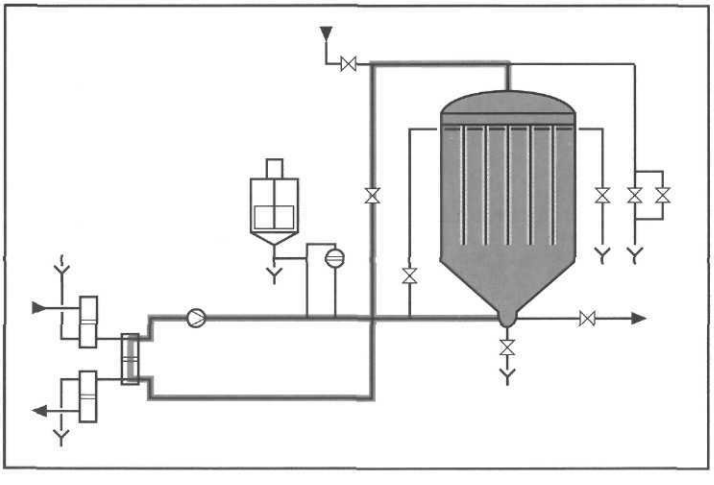
1 — фильтр; 2 — фильтровальные свечи; 3 — дозатор; 4 — подача нефильтрованного пива; 5 — фильтрационный насос; 6 — насос нанесения предварительных слоев; 7 — насос для текущего дозирования; 8 — выход отфильтрованного пива; 9 — удаление воздуха из крышки фильтра; 10 — удаление воздуха из корпуса фильтра; 11 — сброс кизельгура; 12 — щелочь; 13 — кислота; 14 — теплообменник



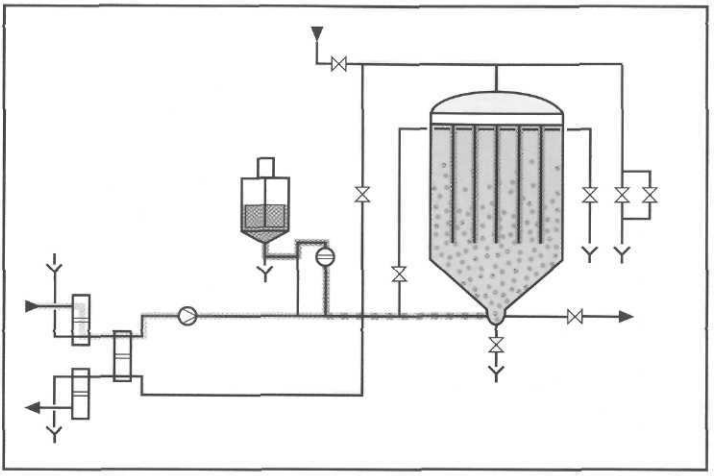
а) Начало
Фильтр наполняется деаэрированной водой или фильтруемым пивом, воздух вытесняется; жидкость циркулирует



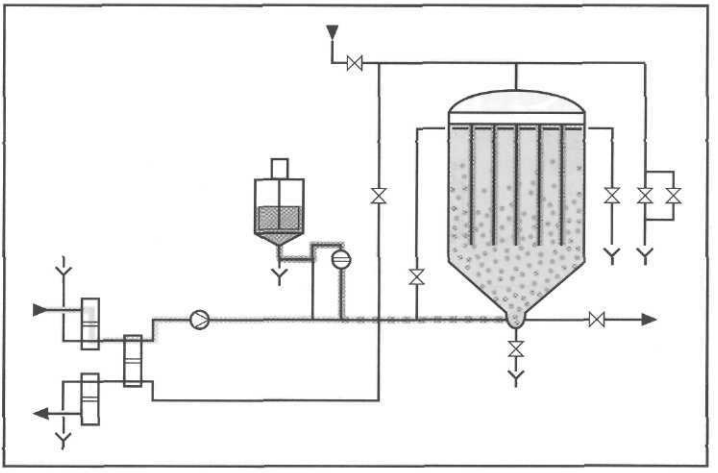
б) Нанесение предварительных слоев
Намываются 1-й и 2-й предварительные слои



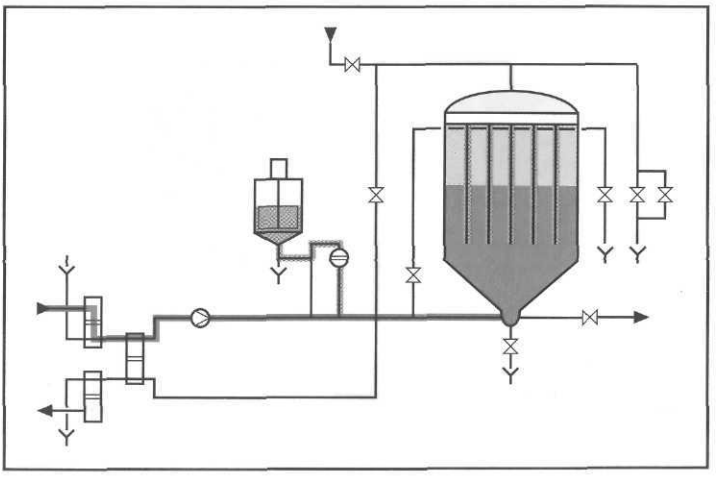
в) Циркуляция
По завершении намывания слоев жидкость циркулирует 10–15 мин



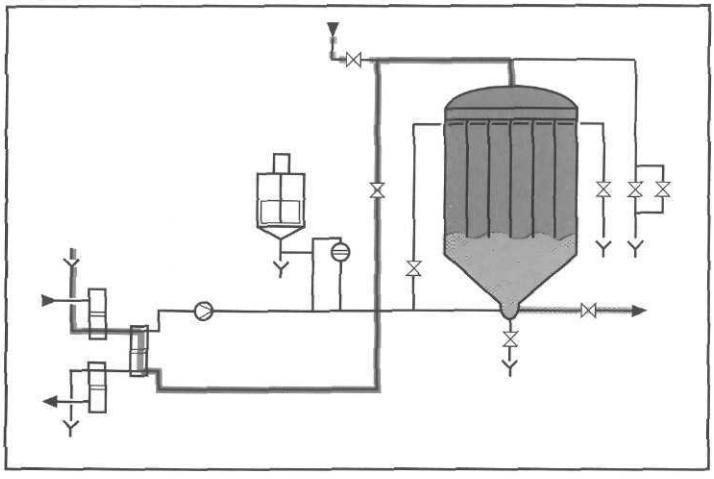
г) Начало фильтрования
Фильтрование начинается с вытеснения воды пивом (если до этого слои наносились не пивом)



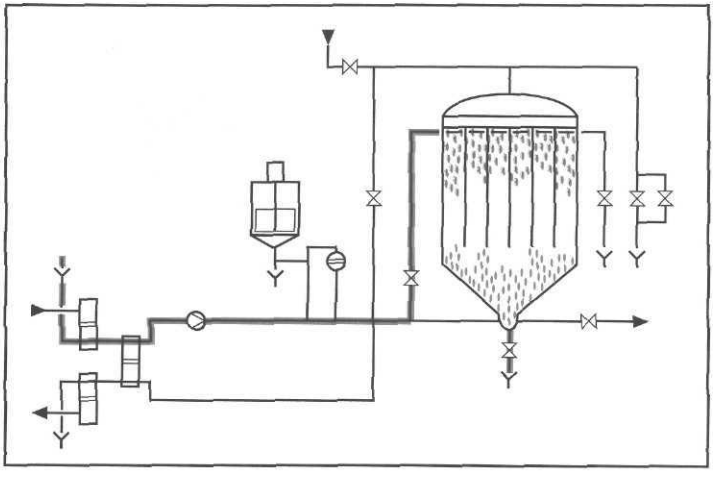
д) Фильтрование
Фильтрование пива происходит при постоянном дозировании нового кизельгура; разность давлений в фильтре медленно растет



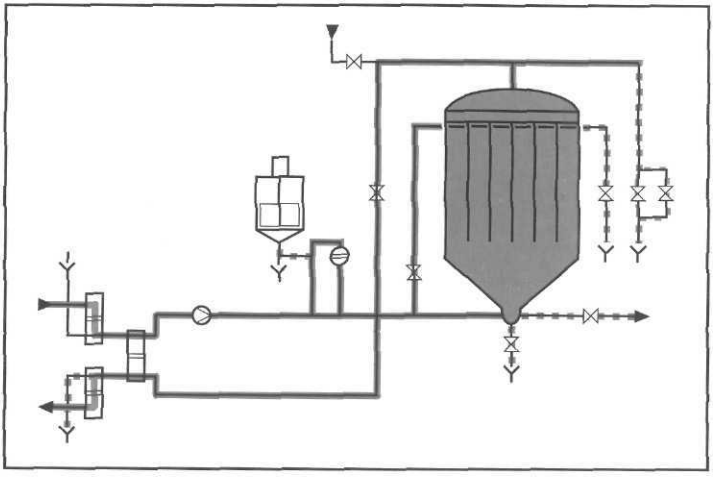
е) Завершение фильтрования
Пиво вытесняется деаэрированной водой



ж) Удаление кизельгура
Сброс кизельгура со свеч путем подачи сжатого воздуха от центра свечи к периферии. Удаление кизельгура в пастообразном виде



з) Мойка
Мойка осуществляется в противотоке и поддерживается толчками воздуха



и) Стерилизация
Вся установка стерилизуется горячей водой

однако входное давление из-за растущего слоя увеличивается. Фильтрование должно заканчиваться, когда максимально допустимое давление достигнет 6–8 бар (избыточных) (д).

- Фильтрование завершается тем, что пиво снизу вытесняется из фильтра деаэрированной водой. На этом этапе также образуется небольшое количество смеси пива с водой — хвостового фильтрационного остатка, которое должно отделяться от основной массы пива (е).
- Кизельгур удаляется в пастообразном или жидком виде. Предварительно он сбрасывается со свеч толчками сжатого воздуха или смесью воды со сжатым воздухом (ж).
- Мойка фильтра осуществляется в противотоке. Поток воды чередуется с подачей сжатого воздуха, что приводит к возникновению вихрей и воздушным толчкам, благодаря чему свечи очень хорошо промываются изнутри (з).
- На последнем этапе фильтр, все трубопроводы и соединения стерилизуются подкисленной горячей водой, после чего фильтр готов к новому фильтрованию (и).

4.5.2.2.4. Намывной дисковый фильтр (фильтр с горизонтальными ситами)

Намывной фильтр с ситами представляет собой вертикальный цилиндр. На полом валу расположено множество круглых фильтровальных элементов, через которые и происходит фильтрование (рис. 4.80).

Фильтровальные элементы обтянуты сверху тканью из хромоникелевой стали с шириной ячейками 50–80 мкм. Очень большое значение имеет конструкция этих элементов, от которой зависит нанесение слоя кизельгура и истечение пива.

Процесс фильтрования на дисковом фильтре проводится в принципе так же, как и на свечном. Как и на последнем, нанесение равномерного слоя кизельгура на все фильтровальные элементы — задача непростая. Невыполнение этого требования может привести к определенным проблемам (см. следующий раздел).

У некоторых фильтров для того чтобы обеспечить лучшее распределение кизельгура и тем самым равномерное нанесение фильтрующе-

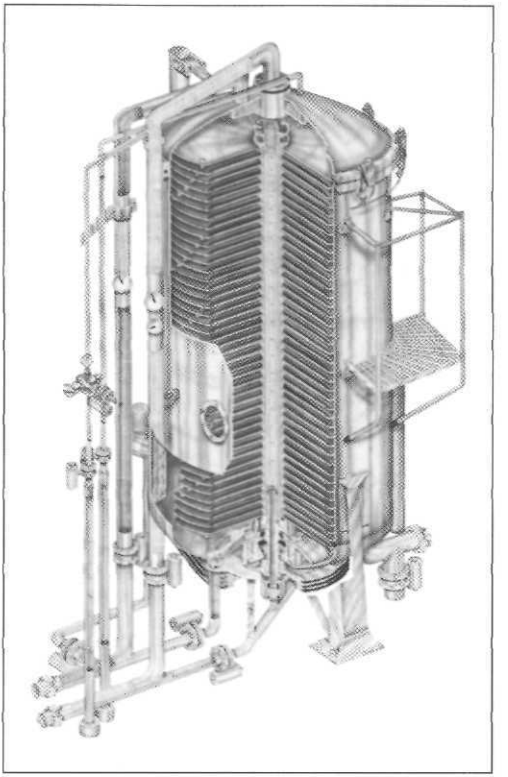


Рис. 4.80. Намывной дисковый фильтр «Фильтромат» («Filteromat»). (Фирма Filtrox, г. Сант-Галлен)

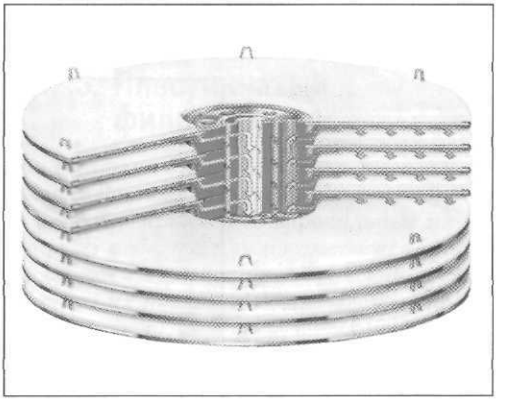


Рис. 4.81. Фильтровальный элемент типа «Примус» («Primus») с двумя каналами в полом валу (фирма Schenk Filterbau, г. Вальдштеттен)

го слоя в полом валу имеется по два канала (рис. 4.81).

Под нижними фильтровальными элементами остается небольшое количество пива, которое не может быть отфильтровано и обрабатывается отдельно от основной массы пива.

Сброс кизельгура происходит при вращении фильтрпакета. Фильтрующий слой под действием центробежных сил отбрасывается на стенки фильтра и сползает вниз. При последующей мойке фильтрпакет медленно вращается и интенсивно ополаскивается водой.

В общем, всегда следует следить за тем, чтобы удаляемый из фильтра кизельгур имел пастообразную форму, облегчающую его дальнейшую утилизацию.

4.5.2.2.5. Технические проблемы при фильтровании

При фильтровании зачастую возникают те или иные проблемы, и небольшая ошибка может иметь крупные последствия. Основными источниками проблем при фильтровании могут быть (184):

- высвобождение газа; это означает появление воздушных подушек в фильтре или фонарях;
- слишком низкая или слишком высокая скорость потока;
- неравномерное нанесение предварительных слоев;
- дефекты в уплотнении вала, или неплотно установленные свечи;
- применение неподходящих вспомогательных фильтрующих средств;
- микробиологические причины;
- трудно фильтруемое пиво;
- ошибки в проведении процесса (например, попадание O_2).

Проблемы при нанесении предварительных слоев

Задача нанесения предварительных слоев состоит в формировании устойчивого к изменению давления первичного слоя, что возможно при правильно подобранном соотношении грубого и тонкого кизельгура. На первый слой необходимо потратить около 70% общего количества грубого кизельгура. Второй слой наносится в виде тонкого кизельгура — приблизительно такого же, через который в дальнейшем будет происходить фильтрование.

В ряде случаев, однако, отказываются — и это нельзя назвать нарушением — от двух отдельных предварительных слоев, и наносят слой, состоящий из смеси из грубого и тонкого кизельгура, в один прием. Расход кизельгура в этом случае составляет 800–1200 г/м² (= толщина слоя 1,5–3 мм).

Объемный расход жидкости при нанесении слоев должен быть при давлении 2 бара в 1,5–2 раза выше объемного расхода жидкости при фильтровании.

Нанесение предварительных слоев длится около 10 мин. При слишком быстром наполнении и опорожнении возникают трещины и завихрения, которые сносят слой в сторону, и, тем самым, ухудшают работу фильтра (рис. 4.82a).

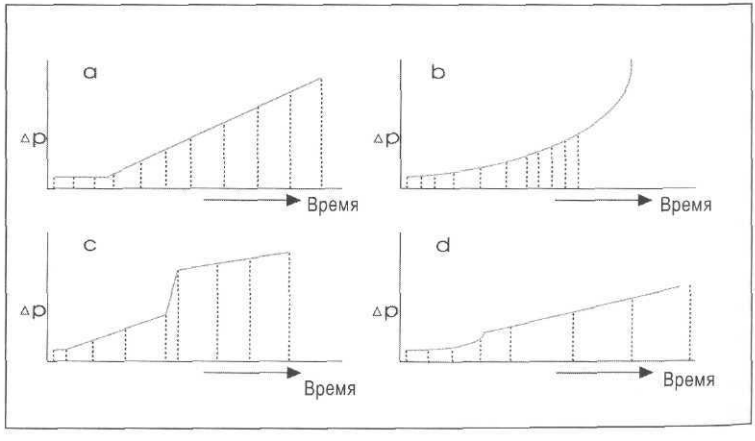


Рис 4.82. Проблемы при текущем дозировании:

a — нормальное повышение давления; b — слишком низкое текущее дозирование; c — дрожжевой удар — фильтрующий слой забился; d — слишком высокое текущее дозирование

Проблемы при текущем дозировании

При фильтрования разность давлений между входом и выходом из фильтра постоянно увеличивается, так как фильтрующий слой становится все толще и создает все большее сопротивление.

При текущем дозировании необходимо поддерживать рост разности давлений на постоянном уровне 0,1–0,2 бар/ч (у цилиндрических фильтров – до 0,5 бар/ч). Если работают со смесью кизельгуров, можно изменить соотношение кизельгуров в смеси. Если же используют один сорт кизельгура, то нужного роста давления можно добиться только путем изменения скорости дозирования.

Нормальный расход кизельгура составляет в течение всего фильтрования от 80 до 120 г/гл.

При правильном дозировании разность давлений повышается линейно со скоростью 0,2 бар/ч (рис. 4.82). При слишком низком дозировании линейного повышения давления не происходит (b), и дрожжи постепенно закупоривают слой кизельгура. Это приводит к необратимой потере пористости фильтрующего слоя и, в конце концов, к стремительному росту давления (блокированию). Прорыв дрожжей, то есть так называемый «дрожжевой удар», также имеет следствием более или менее сильное блокирование, как и недостаточное по времени текущее дозирование (c). Слишком высокое дозирование имеет следствием медленное повышение разности давлений и преждевременное заполнение рабочего объема фильтра кизельгуром (d).

Проблемы при стерилизации фильтра

Слишком короткое время стерилизации приводит к появлению биологических проблем. Для стерилизации требуется по меньшей мере 30 мин после достижения на выходе из фильтра требуемой температуры (85 °C, лучше 90–95 °C). Измерение температуры приобретает в связи с этим особое значение, и температурные датчики необходимо регулярно поверять.

При охлаждении необходимо поддерживать давление внутри фильтра. Из-за возникающего при охлаждении вакуума в фильтр, а затем и в пиво может попасть окружающий воздух, а с ним и инфекция.

4.5.2.2.6. Переработка разбавленных фильтрационных остатков

Фильтрационные остатки содержат воду, пиво и кислород. Они представляют собой некондиционное (смарочное) пиво, которое доступно инфекции (во многом из-за высокого pH), и поэтому его необходимо как можно скорее перерабатывать. Для этого с самого начала варится пиво с начальной экстрактивностью на 0,2–0,3% выше обычной с тем, чтобы достичь предусмотренной экстрактивности после добавления некондиционного пива.

Головные и хвостовые фильтрационные остатки можно перерабатывать раздельно. Как минимум, фильтрационные остатки должны подвергаться пастеризации в потоке (необходимый уровень составляет 28–30 ЕП (единиц пастеризации). Лучше всего такое некондиционное пиво смешивать с пивом, находящимся на стадии высоких завитков, и сбраживать его в отдельном танке.

4.5.2.2.7. Кизельгуровая фильтрационная установка

Кизельгуровая фильтрационная установка предполагает полное отсутствие гидравлических ударов при фильтровании. Гидравлический удар приводит к тому, что частицы кизельгура проскакивают сквозь фильтрующую перегородку, и пиво течет мутным. Поэтому концепция кизельгурового фильтрования предусматривает наличие буферного танка до и после фильтра, благодаря чему предотвращаются гидравлические удары (рис. 4.82a, 2 и 5).

Буферные танки наполнены не полностью, а частично и имеют газовую подушку из CO_2. Если мутность пива увеличивается, то мутномер (*8*) дает сигнал.

Установка должна самостоятельно переключаться на циркуляцию, пока мутность опять не достигнет нормальной величины.

4.5.2.3. Пластинчатый фильтр-пресс

Под пластинчатым фильтр-прессом (в старых фильтрах вместо фильтркартона использовались фильтровальные пластины из асбеста или из смеси асбеста с целлюлозой и кизельгуром. Отсюда и происходит их название **– прим. ред.)** ***понимают фильтр, который, в отличие от намывного фильтр-пресса, не имеет рам и в противоположность ему состоит только из пластин. Между этими пластинами укладываются фильтрующие слои (фильткартон), через которые происходит фильтрация. Пиво подводится сверху и снизу к***

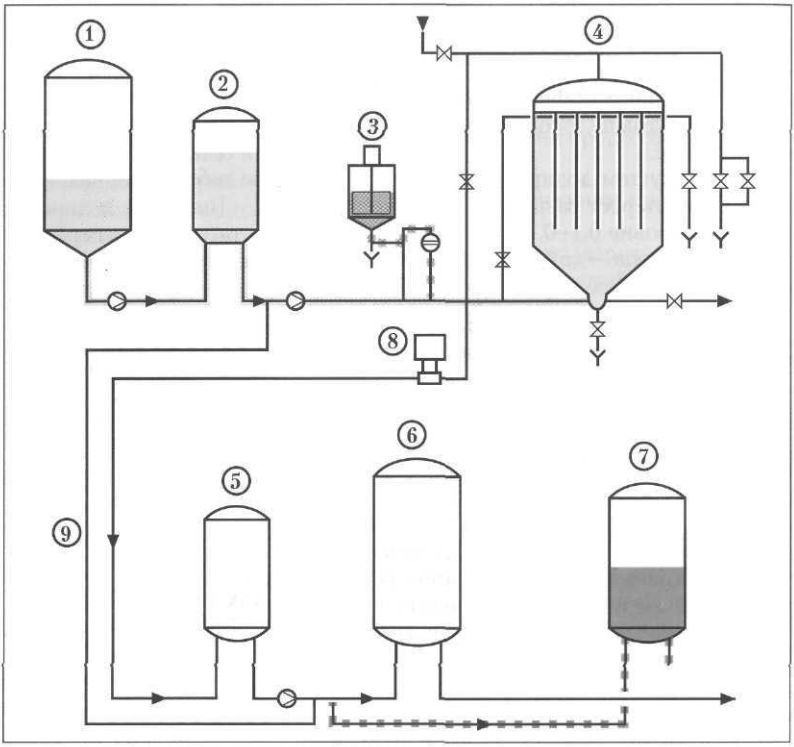


Рис. 4.82а. Кизельгуровая фильтрационная установка:

1 — лагерный танк; 2 — буферный танк; 3 — дозатор; 4 — кизельгуровый фильтр; 5 — буферный танк; 6 — форфас; 7 — танк для сбора смарочного пива; 8 — мутномер; 9 — циркуляционный трубопровод

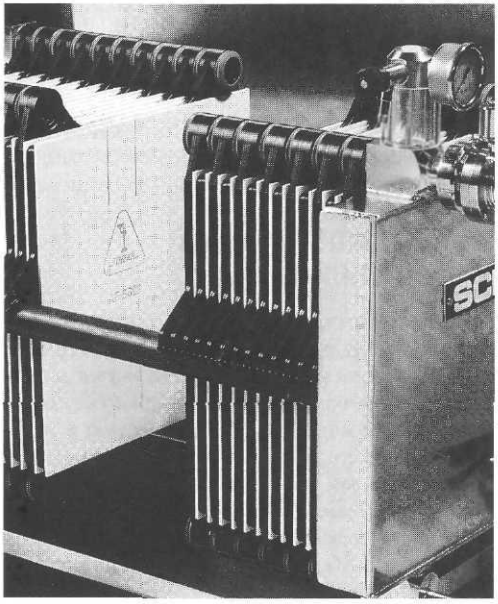


Рис. 4.82б. Пластинчатый фильтр-пресс

каждой второй пластине, проникает сквозь фильткартон, и отводится из соседней пластины. Таким образом, между каждой плитой расположен фильтрующий слой (рис. 4.82б).

Особое значение в таких фильтрах имеет фильткартон. Он состоит *из целлюлозы и кизельгура.* При этом решающую роль играет не только соотношение между этими веществами в смеси, но и структура волокон дерева, из которого была получена целлюлоза.

Необходимо различать такие понятия, как тонкость фильтрования и удельную производительность.

С увеличением тонкости фильтрования удельная производительность слоя уменьшается.

В соответствии с назначением, фильткартон подразделяется на следующие типы:

- для грубого фильтрования;
- для осветляющего фильтрования;
- для тонкого фильтрования;
- для стерилизующего (обеспложивающего) фильтрования.

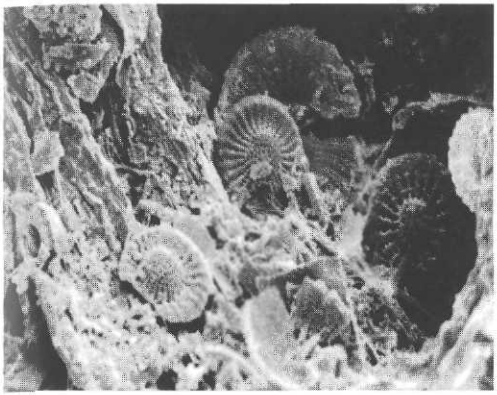


Рис. 4.83. Поверхность фильтрующего слоя. (Фото: Seitz-Filter-Werke, г. Бад Крейцнах)

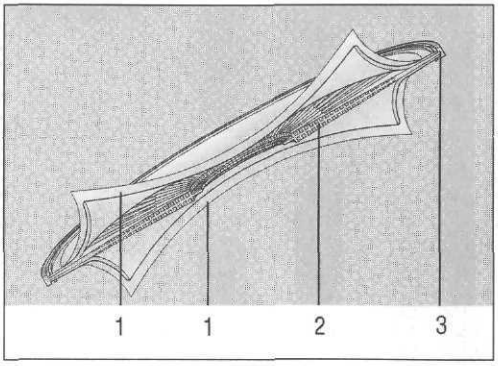


Рис. 4.84. Строение фильтрующего модуля

1 — специальный фильтрующий слой; 2 — дренажная система; 3 — окантовка модуля

На пивоваренных предприятиях чаще всего применяют фильтркартон для тонкого фильтрования (после кизельгурового фильтра). На небольших предприятиях используют зачастую оба фильтра (намывной рамный фильтр-пресс и пластинчатый фильтр-пресс), соединенные в один агрегат и разделенные перегородкой посередине. На рис. 4.83 показано, как последние дрожжевые клетки задерживаются в сложной структуре такого высокоэффективного слоя, гарантирующего полное удаление из пива дрожжей.

Недостатки пластинчатого фильтр-пресса:

- фильтркартон можно промывать только противотоком;
- фильтр занимает много места и трудоемок в обслуживании;
- производственные расходы относительно высоки (фильтркартон, потребление воды);
- собранный фильтрпакет должен стерилизоваться горячей водой и снова промываться холодной;
- воздух должен вытесняться;
- работу фильтра нельзя автоматизировать и его необходимо мыть вручную;
- фильтр очень восприимчив к высокой бактериальной обсемененности и концентрации твердых веществ в фильтруемом пиве.

4.5.2.4. Мембранные фильтры

Для фильтрования с целью уменьшения содержания микроорганизмов в пиве и для обеспложивающего фильтрования в настоящее время все в большей степени используются мембранные фильтры. Под мембранным фильтром понимают фильтр, в котором пиво проходит сквозь мелкопористые мембраны и в значительной степени освобождается от микроорганизмов и образующих муть веществ. Мембраны предлагаются в форме:

- фильтрующих модулей ;
- мембранных свечей, а также в других вариантах.

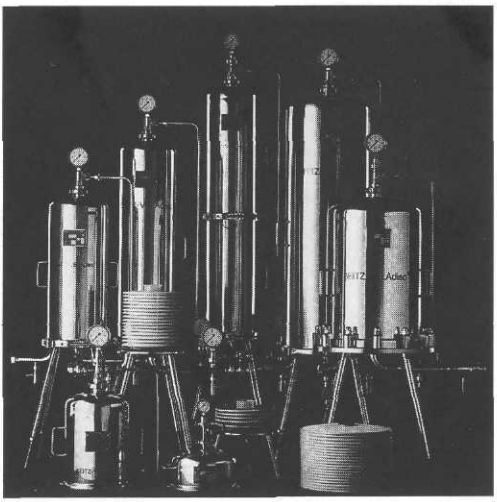


Рис. 4.85. Фильтры с пакетом фильтрующих модулей. (Фото: Seitz-Filter-Werke, г. Бад Крейцнах)

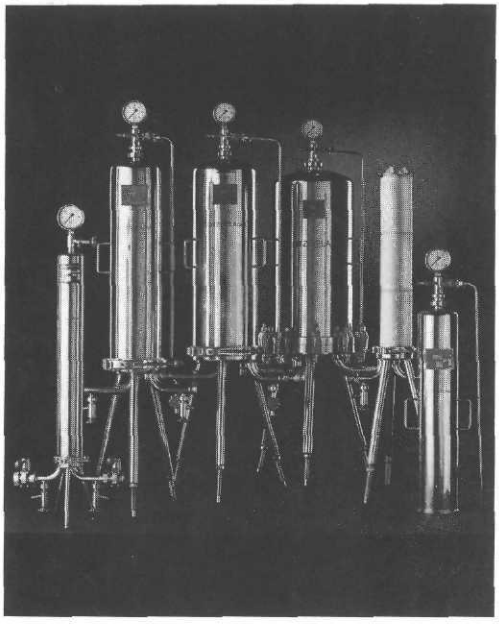


Рис. 4.86. Мембранные свечные фильтры. (Фото: Seitz-Filter-Werke, г. Бад Крейцнах)

Предпосылкой для успешной мембранной, тонкой или сверхтонкой фильтрации всегда является хорошее предварительное и основное осветление пива.

4.5.2.4.1. Фильтр с модульными элементами

Под фильтрующим модулем (рис. 4.84) понимают круглые, отпрессованные фильтрующие элементы диаметром до 40 см.

Дистанционная распорка делает возможным выход пива в центральную колонку. Фильтрация происходит из наружной к внутренней части. Фильтрующий слой модуля состоит из целлюлозы с добавкой кизельгура. Существуют фильтрующие слои с различной тонкостью фильтрования; здесь также увеличение тонкости фильтрования обусловливает уменьшение удельной производительности.

Фильтр состоит из большого пакета параллельно соединенных модульных элементов, которые расположены в корпусе (рис. 4.85).

Существуют фильтрующие модули, которые для одновременного удаления полифенолов содержат ПВПП.

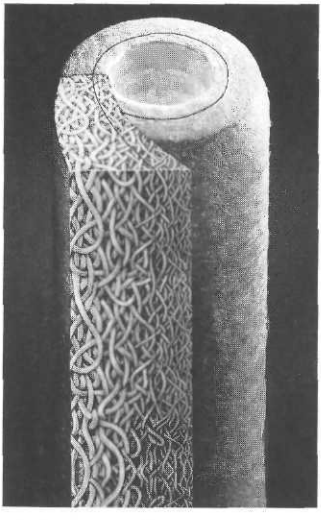


Рис. 4.87. Свеча для тонкого фильтрования с увеличивающейся плотностью пор в направлении центра (Pall Filtrationstechnik, г. Драйэйх)

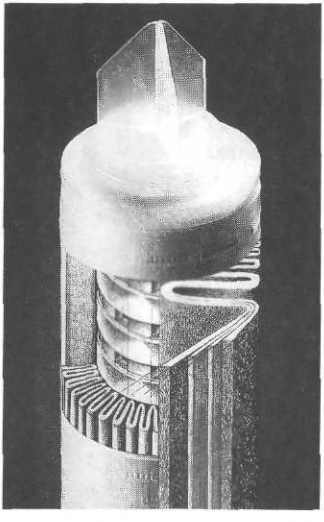


Рис. 4.87а. Свеча с плиссированной мембраной для увеличения фильтрующей поверхности (Pall Filtrationstechnik, г. Драйэйх)

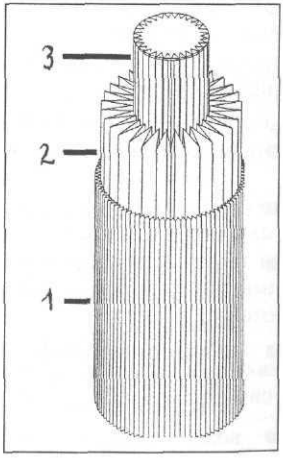


Рис. 4.88. Свеча с большой поверхностью фильтрования:

1 — верхний плиссированный слой; усиленный стеклянными волокнами; 2 — комбинация глубинного и мембранного фильтра; 3 — внутренний плиссированный мембранный фильтр 0,65 мкм

4.5.2.4.2. Мембранный свечной фильтр

В мембранном свечном фильтре фильтрация происходит сквозь фильтрующие свечи, из которых, как правило, несколько свечей параллельно соединены и расположены чаще всего в одном и том же корпусе (рис. 4. 86).

В фильтрующих свечах (рис. 4.87 и 4.87а) имеется несколько фильтрующих слоев (чаще всего из полипропилена).

Структура этих слоев становится все плотнее по направлению от периферии к центру. Таким образом, слои наряду с большой поверхностью фильтрования обладают способностью избирательно задерживать частицы — сначала крупные, а потом мелкие. Поэтому такие свечи называют также свечами глубинного фильтрования. Их применяют вместо фильтр-прессов (на малых и средних пивоваренных предприятиях) для окончательного фильтрования пива.

В конструкции некоторых свечей вместо наслоения используют складывание (или плиссирование) главных фильтрующих слоев, благодаря чему существенно увеличивается фильтрующая поверхность. Существует даже возможность расположить несколько плиссированных слоев друг за другом, как на изображенной на рис. 4.88 свече, диаметр которой составляет 26,5 см.

4.5.2.5. Фильтрационная система Мульти–Микро (Multi-Micro-System-Filter)

Совершенно другим путем пошла фирма Handtmann/Biberach, предложив систему «Мульти–Микро». В этом фильтре определенное количество фильтрующих модулей (соответственно производительности установки) закладывается в вертикально расположенный фильтр (рис. 4.89). Фильтрующие модули имеют слегка коническую форму.

Фильтрующие модули (рис. 4.89а, 5) состоят из целлюлозы и кизельгура, которые спрессованы в слоистую массу толщиной около 5 см. Слоистая масса состоит из:

- грубого фильтрующего слоя на входе;
- уплотняющихся по мере приближения к выходу фильтрующих слоев;
- грубого опорного слоя на выходе для обеспечения возможности промывки противотоком.

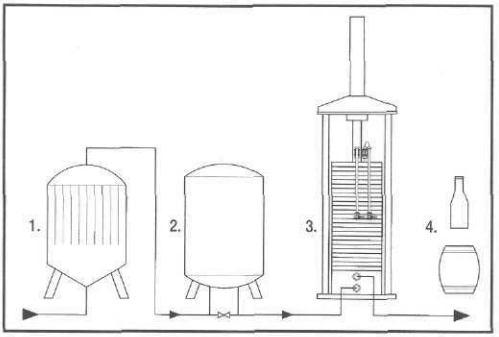


Рис. 4.89. Фильтрационная система Мульти–Микро (Фирма A. Handtmann г. Биберах):

1 — кизельгуровый фильтр; 2 — буферный танк; 3 — фильтр Мульти Микро; 4 — розлив

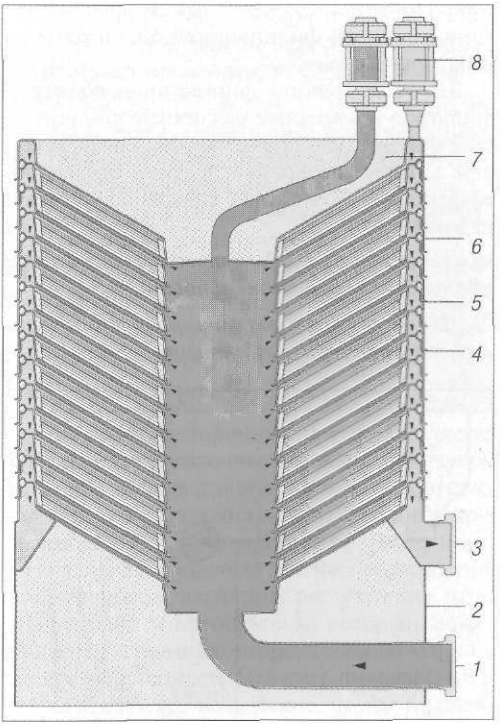


Рис. 4.89а. Процесс фильтрования в фильтре Мульти-Микро

1 — подача пива; 2 — опорная пластина; 3 — выход фильтрованного пива; 4 — сход пива из фильтрующего элемента; 5 — фильтрующий модуль; 6 — фильтрующий элемент из нержавеющей стали; 7 — верхняя пластина; 8 — деаэрация

Отфильтрованное через кизельгур пиво поступает снизу в центр фильтра (*1*, красный цвет), подводится к каждому фильтрующему модулю, фильтруется сквозь них и выходит из фильтра (*3*, желтый цвет).

В зависимости от области применения предлагаются фильтрующие модули с различной тонкостью фильтрования, вплоть до обеспложивающей фильтрации.

4.5.2.6. Тонкость фильтрования

К отфильтрованному пиву предъявляются различные требования относительно тонкости фильтрования. В то время как одни пивоваренные предприятия обходятся малой тонкостью фильтрования и добиваются биологической стойкости путем термической обработки, другие добиваются биологической стойкости благодаря обеспложивающему фильтрованию. Понятно, что невозможно предложить единообразной фильтрационной системы на все случаи жизни.

По этой причине фирмы-производители фильтров предлагают различные фильтрующие материалы в форме картона, свеч и модулей, которые позволяют достичь требуемого эффекта в любом случае. При этом существует закономерность:

чем выше тонкость фильтрования, тем ниже удельная производительность.

Фильтрующие материалы можно разделить по тонкости фильтрования на указанные ниже группы; при этом фирмы, изготавливающие фильтры, обозначают эти материалы своей фирменной комбинацией букв/цифр:

- грубое фильтрование;
- осветляющее фильтрование;
- тонкое фильтрование;
- фильтрование с понижением содержания числа микроорганизмов;
- обеспложивающее фильтрование.

Каждое фильтрующее средство можно расположить в той или иной вышеуказанной группе.

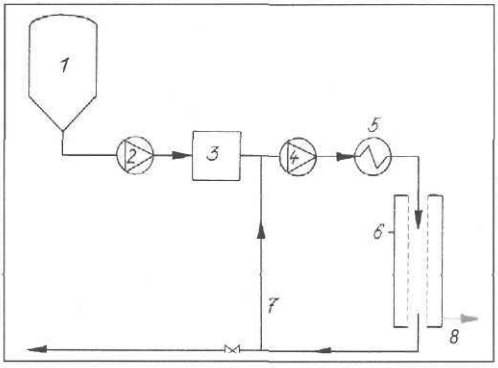


Рис. 4.90. Установка для фильтрования в тангенциальных потоках (принцип работы)

1 — промежуточная емкость; 2 — подающий насос; 3 — фильтр предварительного осветления; 4 — циркуляционный насос; 5 — теплообменник; 6 — мембранный фильтр; 7 — циркуляционный трубопровод; 8 — выход фильтрата

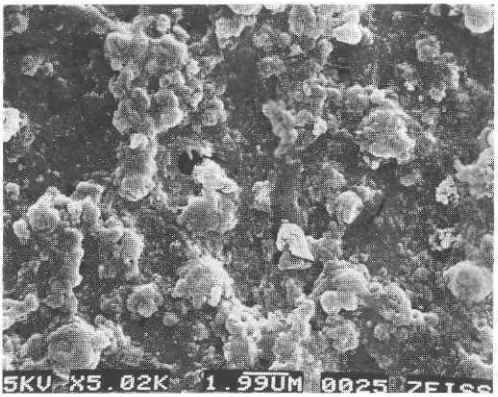


Рис. 4. 90а. Отложения веществ на поверхности мембраны (фото: Schenk Filterbau GmbH, г. Вальдштеттен)

4.5.2.7. Тангенциально-поточное (Cross-flow) фильтрование

В разделе 4.5.1.2 было показано, что существует возможность фильтровать жидкость через очень мелкопористый материал. При этом фильтруемая жидкость циркулирует под избыточным давлением вдоль мелкопористой мембраны (рис. 4.90).

Часть жидкости (фильтрат или пермеат) просачивается сквозь мембрану и при этом фильтруется. Другая часть жидкости, обогащенная веществами мути (нефильтрат или концентрат), — остается. В ходе фильтрования концентрат все больше обогащается веществами мути и отводится.

Чтобы осуществить циркуляцию, необходимы:

- циркуляционный насос для поддержания циркуляции;

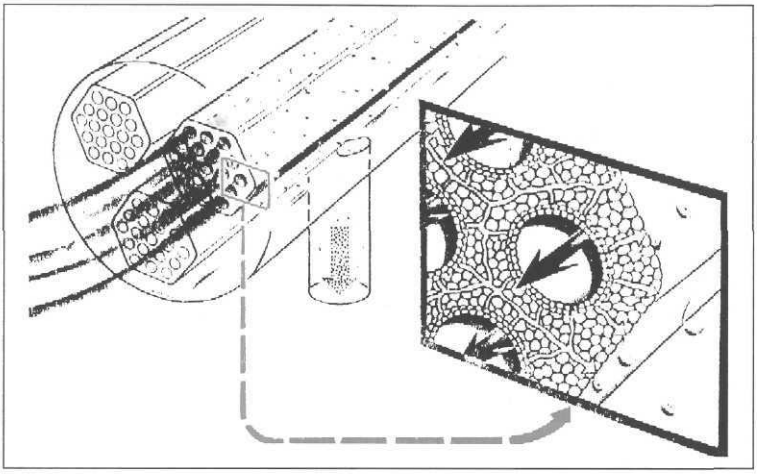


Рис. 4.90б. Тангенциально-поточное фильтрование через керамические многоканальные элементы (фирма Schenk Filterbau GmbH, г. Вальдштеттен)

- теплообменник для отвода возникающего тепла.

В ходе фильтрования поверхность мембраны медленно забивается (рис. 4.90а).

В случае закупоривания мембран необходимо остановить фильтрование и обработать мембраны сначала водой, а затем теплой кислотой или щелочью. Однако удаление отложений связано с определенными трудностями, которые невозможно устранить только при помощи химикатов. Это ограничивает применение тангенциально-поточного фильтрования всего лишь несколькими вариантами с небольшой производительностью.

Вместо мембран из синтетических материалов для технологических целей все больше используются более прочные керамические элементы. Установки тангенеициально-поточного фильтрования применяются в настоящее время в основном в форме керамических мембранных модулей для получения пива из остаточных дрожжей (рис. 4.90б).

4.6. Стабилизация пива

Владелец минипивзавода при ресторане может подавать свое пиво на стол клиенту нефильтрованным и свежим. Он не должен заботится о сохранности пива, а это большое преимущество! Но если продавать пиво вдали от производителя, то стойкость пива в течение минимального срока годности играет решающую роль, так как:

За короткий срок пиво может испортиться и стать непригодным для употребления. Это может произойти по следующим причинам:

- присутствующие в пиве микроорганизмы могут размножаться, из-за выделяемых продуктов метаболизма вызывать помутнение пива и делать его непригодным для употребления;
- содержащиеся в пиве коллоиды под влиянием различным факторов со временем увеличиваются в размере и вызывают помутнение пива;
- со временем пиво теряет вкус.

Главным фактором оценки пива является кристальная прозрачность (наряду со вкусом и пеной). Каждый покупатель может в течение всего срока годности легко проверить прозрачность без применения каких-либо инструментов. Потребитель считает видимое невооруженным взглядом помутнение пива значительным недостатком, который может привести к падению имиджа данной марки и потере покупателей. Поэтому пивовары должны сделать все возможное, чтобы гарантировать стойкость пива в течение всего срока годности. Для этого необходимо провести стабилизацию пива:

- **биологическую**;
- **коллоидную.**

Кроме того, пивовар должен прилагать все

усилия для сохранения **вкусовой стабильности** пива в течение длительного времени.

4.6.1. Биологическая стабилизация пива

После кипячения сусло стерильно. Вредные для пива микроорганизмы могут попадать в пиво только при несоблюдении санитарных условий на производстве, после чего они размножаются в пиве, образуя помутнение, и выделяют продукты метаболизма, которые могут сделать пиво совершенно непригодным для потребления. Если на предприятии не поддерживают педантичной чистоты, то помутнение и изменение вкуса может произойти уже очень скоро, через несколько дней после розлива, а в особых случаях — уже и в лагерном танке. Поэтому на пивоваренном предприятии всегда и везде необходимо соблюдать главное правило пивоварения, а именно:

Главное правило пивоварения — педантичная чистота на всех участках пивзавода!

Биологическая стойкость пива уменьшается:

при несоблюдении санитарных условий на производстве;
при перегрузке фильтрационной установки;
при высокой разнице между конечной степенью сбраживания и степенью сбраживания готового пива (слишком короткое дображивание или слишком ранняя передача на дображивание);
при попадании в пиво кислорода;
прежде всего при розливе;
при теплом хранении;
из-за взбалтывания, происходящего во время длительной транспортировки.

Из всех этих факторов лучше всего пивовар может влиять на санитарные условия. Поддержание чистоты на производстве должно быть постоянным принципом работы. Микроорганизмы могут попадать в пиво с рук, с одежды или из загрязнений, не удаленных из-за небрежной работы персонала. Под соблюдением чистоты на производстве с точки зрения недопущения возникновения биологического помутнения понимается прежде всего выполнение следующих правил:

- каждому работнику необходимо соблюдать личную чистоту и опрятность, гигиену всего тела, носить только чистую одежду;
- резиновые сапоги или другую рабочую обувь надевать только для мойки танков и чанов, после чего чистить саму обувь, инструменты для мойки, швабры и щетки, хранить инструменты чистыми в дезинфицирующем растворе, после использования чистить их; не применять изношенные щетки, все загрязнения и наросты на стенах емкостей удалять механически, пока они не станут незаметными; обращать внимание на мелкие щели и пазы;
- пробковые, пробоотборные краны необходимо снимать, чистить, дезинфицировать и смазывать силиконовой смазкой;
- все указатели уровня и шланги чистить щеткой и дезинфицировать;
- точно соблюдать предусмотренный на производстве график санитарных работ;
- все чистящие и дезинфицирующие растворы постоянно проверять на их эффективность, удалять все возможные источники инфекции.

Если все работники пивзавода выполняют эти требования, то главный шаг для улучшения биологической стойкости пива можно считать сделанным.

Особенно часто проявляют себя следующие вредные для пива микроорганизмы:

- дикие дрожжи, такие как Saccharomyces diastaticus или Saccharomyces pastorianus;
- бактерии, такие как Pectinatus Megasphaera, Lactobacillus brevis, Lactobacillus frigidus, Pediococcus damnosus и другие (см. раздел 7.42), приводящие к помутнению пива и способные своими продуктами метаболизма сделать его совершенно непригодным для употребления.

Поэтому необходимо всегда искать, в каком месте эти организмы попадают в пиво, исследовать источник заражения и принимать соответствующие меры. В подобном дифференцированном контроле за процессом приготовления и стойкостью пива как раз и состоит главная задача микробиологического контроля на производстве (см. раздел 7.3).

Так как пиво должно оставаться безупречным по крайней мере в течение его срока годности, все попавшие в пиво микроорганизмы должны быть удалены или уничтожены.

Для этого в распоряжении пивовара имеется несколько возможностей:

- пастеризация розлитого пива;
- пастеризация в потоке;
- горячий розлив пива;
- холодно-стерильное фильтрование и розлив.

4.6.1.1. Пастеризация

Под пастеризацией понимают уничтожение микроорганизмов в водных растворах путем нагрева. Название процесса происходит от фамилии Луи Пастера (Louis Pasteur), открывшего, что благодаря сильному нагреву жидкость можно сделать биологически стойкой, причем кислые жидкости становятся стерильными при более низкой температуре, чем нейтральные или щелочные (пиво — 10–20 минут при 60–62 °С).

При дальнейших исследованиях было установлено, что необходимое для уничтожения микроорганизмов время экспоненциально сокращается с повышением температуры. Таким образом, если пиво подвергают воздействию более высоких температур, то микроорганизмы погибают быстрее.

4.6.1.2. Пастеризация в потоке

В этом случае пиво нагревается в пластинчатом теплообменнике до 68–72 °С. Эта температура выдерживается около 50 с, затем пиво снова охлаждается.

4.6.1.2.1. Пластинчатый пастеризатор

Нагрев и охлаждение пива происходит, как правило, в пластинчатом теплообменнике, обеспечивающем интенсивный теплообмен.

В пастеризаторе (рис. 4.92) холодное пиво нагревается в первой секции (*2*) горячим пивом. Во второй секции (*3*) пиво нагревается горячей водой с точно регулируемыми температурой и расходом до температуры пастеризации и выдерживается при этой температуре заданное время в следующей секции (*4*). Секция выдержки пива может быть частью пластинчатого теплообменника, но в настоящее время чаще всего она представляет собой трубчатый участок. После него пиво снова охлаждается до температуры розлива (2+5); на современных установках охлаждение всегда происходит с помощью поступающего в пастеризатор холодного пива. Благодаря большой поверхности теплообмена пластин первой секции (*2*) входящее пиво с температурой 0 °С может охлаждать выходящее пиво до 3–4 °С, что позволяет без проблем подводить его на розлив.

Весь процесс длится около двух минут и не оказывает на качество пива заметного негативного влияния. Благодаря перекрещиванию потоков пива можно возвращать до 96% затрачиваемой энергии. Именно эти преимущества данного способа способствуют его успешному распространению.

Для пастеризатора необходимы насосы, создающие давление до 12 бар, поскольку ни в одной точке пастеризатора давление не должно

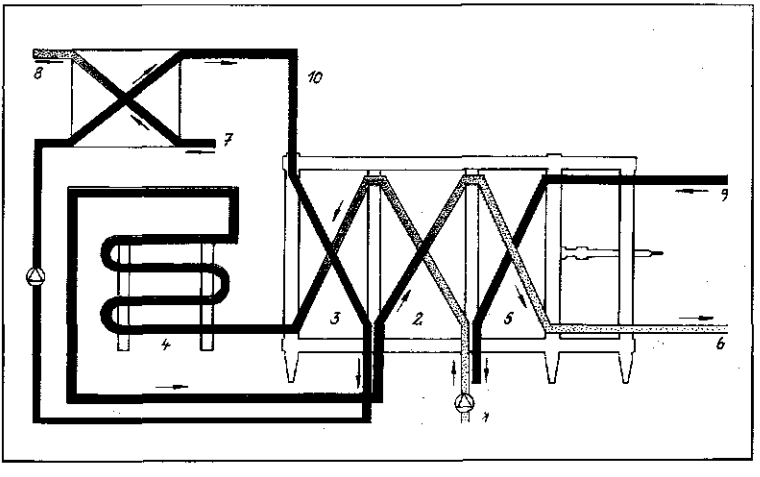


Рис. 4.92. Пластинчатый пастеризатор:

1 — вход холодного пива; 2 — нагревание поступающего пива/охлаждение выходящего пива; 3 — секция нагрева до температуры пастеризации; 4 — секция выдержки пива; 5 — секция охлаждения до температуры розлива; 6 — выход пастеризованного пива; 7 — подача пара; 8 — выход конденсата; 9 — подача солевого раствора; 10 — циркуляция горячей воды

понижаться ниже давления насыщения CO_2, и, кроме того, давление на нагретой стороне выше, чем на входе в пастеризатор.

4.6.1.2.2. Температура и длительность термической обработки

Чем выше температура, тем меньше времени требуется для уничтожения микроорганизмов.

На этой основе была условно принята величина, выражающая интенсивность тепловой обработки пива (пастеризации) в **пастеризационных единицах (ПЕ).**

Под пастеризационной единицей понимают биологический эффект от тепловой обработки пива при 60 °С в течении 1 мин. Рассчитывается она по формуле:

$$ПЕ = время \cdot 1{,}393^{(Температура\ пастеризации\ -\ 60\ °C)}$$

Величину, приведенную в скобках, необходимо рассматривать как показатель степени (степень).

Если температура в пастеризаторе составляет 60 °С, то показатель степени равен (60–60) = 0, что дает в результате 1.

Если температуру в пастеризаторе увеличивают до 61 °С, то получают следующий результат:

$$ПЕ = время \cdot 1{,}393^{(61-60\ °C)} = время \cdot 1{,}393^{1} = время \cdot 1{,}393.$$

Если же температуру в пастеризаторе увеличивают до 62 °С, то получают результат:

$$ПЕ = время \cdot 1{,}393^{(62-60\ °C)} = время \cdot 1{,}393^{2} = время \cdot 1{,}940$$

и так далее:

для 64 °С: время · $1{,}393^4$ = время · 3,76;
для 66 °С: время · $1{,}393^6$ = время · 7,30;
для 68 °С: время · $1{,}393^8$ = время · 14,18;
для 70 °С: время · $1{,}393^{10}$ = время · 27,51;
для 72 °С: время · $1{,}393^{12}$ = время · 53,4.

Для пастеризации пива необходимо 14–15 ПЕ. Чем меньше ПЕ применяют, тем лучше качественные свойства пива, но тем ближе подходят к границе, ниже которой еще могут выживать микроорганизмы.

Необходимая величина ПЕ зависит, в первую очередь, от степени инфицирования пива. Чем больше микроорганизмов содержит пиво, тем выше становятся необходимые ПЕ (зачастую 22–27 ПЕ).

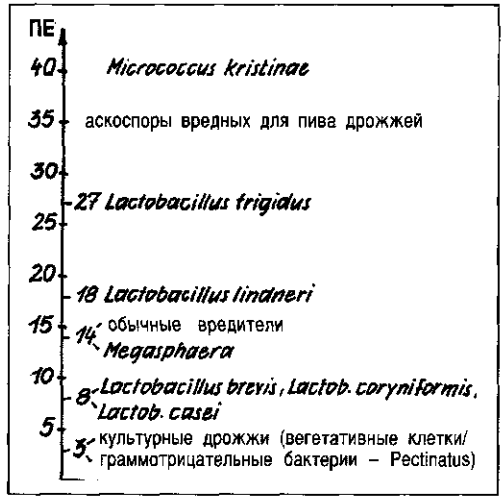


Рис. 4.93. Уровень пастеризационных единиц, требуемых для уничтожения различных микроорганизмов

На рис. 4.93 приведены необходимые уровни ПЕ для уничтожения различных видов микроорганизмов.

Если нам необходимо 15 ПЕ, то время пастеризации (время выдержки) должно составлять:

64 °С = 15 ПЕ: 3,76 = 3,98 мин
66 °С = 15 ПЕ: 7,30 = 2,06 мин
68 °С = 15 ПЕ: 14,20 = 1,07 мин = 64 с
70 °С = 15 ПЕ: 27,50 = 0,545 мин = 33 с
72 °С = 15 ПЕ: 53,40 = 0,28 мин = 17 с

Экспоненциальный эффект отчетливо проявляется с повышением температуры.

Еще более высокие температуры позволяют пастеризовать пиво за еще более короткие сроки, однако это требует точной регулировки температуры.

Чтобы избежать ухудшения качества пива, температурный режим пастеризации должен тщательно контролироваться и регулироваться.

Пастеризация в потоке гарантирует, однако, биологическую чистоту только пива. По современным данным, 50% чужеродных микроорганизмов попадают в пиво в качестве вторичной инфекции, то есть «на пути к бутылке», так что поточная пастеризация не дает гарантии, что пиво будет иметь неограниченную биологическую стойкость (см. раздел 5.2.2.5).

Таким образом, пастеризация в потоке предъявляет серьезные требования к чистоте

бутылок и машин линии розлива. Несмотря на это, в настоящее время пастеризация в потоке — самая распространенная форма биологической стабилизации пива, разливаемого как в бутылки, так и в кеги.

4.6.1.2.3. Влияние пастеризации в потоке на качество пива

Существует распространенное мнение, что повышение температуры пастеризации равнозначно ухудшению вкуса пива. Это неверно, так как многочисленные исследования показали [187], что время пастеризации играет в этом вопросе несравнимо большую роль, чем температура.

Нельзя строить предположения об изменении качества пива при термической нагрузке, опираясь только на один параметр, например, ПЕ. Необходимо обращать внимание на множество факторов, к важнейшим из которых, наряду с составом пива, относятся:

- время пастеризации;
- температура пастеризации;
- прежде всего, содержание кислорода в пиве.

Пастеризационная единица является мерой биологического эффекта пастеризации в потоке, а не мерой возможного ухудшения качества пива.

4.6.1.3. Горячий розлив пива

Одна из возможностей избежать повторного инфицирования пива — это розлив пива в горячем состоянии, но при этом, чтобы не произошло выделения CO_2, необходимо работать при очень высоком избыточном давлении, порядка 8–10 бар. Преимущество и в том, что нет необходимости охлаждать бутылки после мойки, однако недостатки этого способа очень велики, а именно:

- пиво теряет в качестве из-за длительного воздействия тепла;
- из-за высокого давления очень высок бой бутылок и износ разливочной машины;
- способ требует больших затрат энергии.

В связи с этим для розлива пива этот метод больше не применяется.

4.6.1.4. Пастеризация в туннельном пастеризаторе

В целях обеспечения полной гарантии биологической стойкости пива заполненные пивом бутылки и банки пастеризуют в туннельном пастеризаторе. Туннельный пастеризатор занимает в цехе розлива очень много места, так как чтобы пройти весь путь, бутылкам и банкам требуется около часа. Кроме того, вся установка требует повышенных инвестиционных расходов и потребляет большое количество энергии — 14–24 МДж/гл, или 70–120 МДж/1000 бутылок.

Равномерно нагреть пиво в бутылке совсем не так просто, как может показаться на первый взгляд. Об этом знает каждый, кто хоть раз пробовал быстро нагреть бутылку пива: теплообмен происходит через стекло, плохо проводящее тепло, так что сначала нагреваются внешние слои жидкости, в то время как середина еще остается холодной. Требуемый нагрев всей бутылки не будет достигнут, пока температура не поднимется и в наиболее долго прогревающейся **сердцевине бутылки.**

Холодная сердцевина находится на расстоянии около 1,5 см от середины дна бутылки. Проверка температуры пастеризации должна происходить именно в этой точке (см. рис 5.55).

В ходе пастеризации в бутылке возникает довольно высокое давление. Это происходит оттого, что пиво при нагреве расширяется. Оно поднимается в горлышко бутылки, заполненное CO_2, и давит на него. Газовая подушка в горлышке сжимается, а давление в бутылке от этого возрастает. Важно отметить, что жидкости не сжимаемы, сжиматься могут только газы. Таким образом, газовая подушка выполняет важную защитную функцию.

Пустое пространство в бутылке при пастеризации не должно занимать менее 4% от объема бутылки — в противном случае избыточное давление может разорвать бутылку.

При повышении температуры повышается также и давление насыщения CO_2. Углекислый газ из пива восстанавливает равновесие в горлышке бутылки.

В туннельном пастеризаторе бутылки или банки вместе с пивом нагреваются до температуры пастеризации, а затем снова охлаждаются. Устройство и принцип работы туннельного пастеризатора описаны в разделе 5.2.6. Он применяется еще и сегодня, но в основном только для пастеризации пива в банках, пива сорта Мальцбир (Malzbier), солодовых напитков и безалкогольного пива.

4.6.1.5. Холодно-стерильный розлив пива

Туннельная пастеризация и пастеризация в потоке являются надежными способами биологической стабилизации пива. Однако даже щадящая термическая обработка пива — пастеризация в потоке — несет в себе опасность изменения компонентного состава пива.

Поэтому сегодня все в большей мере используют «холодные» способы удаления микроорганизмов из пива — с помощью обеспложивающего картона, мембранных и модульных фильтров. Выше уже говорилось, что очень тонкого фильтрования можно добиться, выбрав подходящие мембраны, но так как пропускная способность мембран мала, то чтобы достичь удовлетворительной производительности, необходимо устанавливать много модулей. Это удорожает способ, поэтому все силы направляют на то, чтобы работать как можно экономичнее.

На обеспечение действительно асептического холодного фильтрования должен быть настроен весь производственный процесс [109]. Это означает:

- хорошую фильтруемость пива;
- постоянный контроль за всеми возможными путями попадания инфицирующей микрофлоры, особенно за водой, воздухом, CO_2 и т. д.;
- соответствие разливочного и укупорочного автоматов последнему слову техники с точки зрения мойки CIP; рекомендуется стерилизация кегов паром перед розливом; около 50% установленных случаев инфицирования пива были вызваны попаданием микроорганизмов уже после фильтрования [108] (см. раздел 5.2.2.5).

Биологическая стойкость пива без термической обработки возможна, если:

- хорошо отлажена работа фильтров;
- достигается хорошее микробиологическое состояние как зоны фильтрата, так и зоны нефильтрата;
- пиво обладает высокой внутренней стабильностью;
- существует эффективный микробиологический контроль.

Существуют несколько вариантов холодно-стерильного фильтрования. Чаще всего после кизельгурового фильтра включают три или четыре мембранных фильтра со все возрастающей тонкостью фильтрования и уменьшающейся удельной производительностью. Для достижения требуемой мощности необходимо подключать соответствующее количество параллельно подключенных фильтров.

После кизельгурового фильтра, как правило, придерживаются следующей последовательности фильтров:

- фильтр тонкого фильтрования с размером пор около 5 мкм;
- фильтр полирующего фильтрования с размером пор около 1 мкм;
- стерилизующий (обеспложивающий) фильтр с величиной пор около 0,45 мкм.

На рис. 4.94а и 4.94б приведены варианты схем холодно-стерильного фильтрования, которые применяются на пивзаводах.

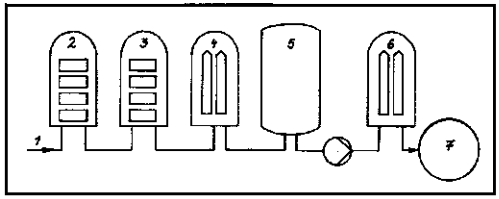


Рис. 4.94а. Холодно-стерильное фильтрование (вариант 1):

1 — пиво после кизельгурового фильтра; 2 — модульный фильтр для тонкого фильтрования I (размер пор 10 мкм); 3 — модульный фильтр для тонкого фильтрования II (размер пор 5 мкм); 4 — свечной фильтр для полирующего фильтрования (размер пор 1 мкм); 5 — буферный танк; 6 — свечной фильтр для обеспложивающего фильтрования (размер пор 0,45 мкм); 7 — разливочный автомат

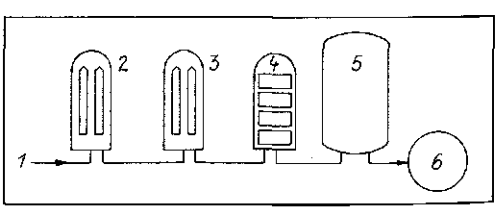


Рис. 4.94б. Холодно-стерильное фильтрование (вариант 2):

1 — пиво после кизельгурового фильтра; 2 — свечной фильтр для тонкого фильтрования (размер пор 5 мкм); 3 — свечной фильтр для полирующего фильтрования (размер пор 1 мкм); 4 — модульный фильтр для обеспложивающего фильтрования (размер пор 0;5 мкм) 5 — буферный танк; 6 — разливочный автомат

При «холодном» розливе достигают почти такого же эффекта, как и при пастеризации в потоке. Однако важно, чтобы машины розлива удовлетворяли всем требованиям холодной асептической фильтрации.

Холодно-стерильный розлив исключает негативные вкусовые изменения, связанные с тепловой обработкой, поэтому в настоящее время существует устойчивая тенденция ко все более широкому применению холодного фильтрования (см. раздел 5.2.2.5).

Недостатком является довольно часто наблюдаемое ухудшение стабильности пены в связи с неблагоприятными факторами физиологии дрожжей при низкой температуре (см. раздел 4.4.4.1).

4.6.2. Коллоидная стабилизация пива

Даже пастеризованное пиво со временем мутнеет. Это помутнение возникает в основном из-за коллоидно-растворенных веществ. Чтобы предотвратить их возникновение, следует сначала рассмотреть механизм образования этих веществ, а затем уже сделать вывод о способах борьбы с ними.

4.6.2.1. Характер коллоидного помутнения

Опыт: Бутылка пива ставится в ледяную воду. Через некоторое время можно наблюдать легкое помутнение пива. Бутылка нагревается до 60 °С; при этом можно видеть, что помутнение исчезает. Этот опыт повторяют несколько раз и, наконец, видно, что помутнение уже не исчезает при нагреве, а остается.

Эта «проба на прочность», которой в нормальных условиях пиво не подвергается, служит для определения двух видов коллоидного помутнения – холодного (обратимого) и необратимого (постоянного).

Под холодным помутнением понимают коллоидное помутнение, которое возникает при охлаждении пива и снова исчезает при нагреве пива до 20 °С. Со временем холодное помутнение переходит в необратимое помутнение, которое больше не исчезает.

Холодное помутнение

Холодное помутнение является предшественником необратимого помутнения и поэтому представляет для пивовара наибольший интерес и значение. Холодное помутнение состоит из растворимых соединений, возникающих при реакции между продуктами распада высокомолекулярных белков (см. раздел 1.1.3.2.3) и высокополимеризованными полифенолами (прежде всего антоцианогенами). К возникшей структуре присоединяется небольшое количество углеводов и минеральных веществ, главным образом солей тяжелых металлов. Эти растворимые соединения при нагревании снова распадаются [59].

Образование помутнения нужно представлять следующим образом: присутствующие в пиве **коллоидно-растворенные** частицы из-за броуновского движения сталкиваются друг с другом, и между ними возникают водородные мостики. Со временем крупные молекулы все более сцепляются друг с другом, так что в результате возникает видимое невооруженным глазом помутнение.

Здесь напрашивается сравнение с бытовой пылью, которая благодаря возвратно-поступательному движению воздуха постепенно накапливается и становится видимой на предметах.

Образованию помутнения способствуют следующие факторы:

- ***повышенная температура;***
- ***окисление пива;***
- ***ионы тяжелых металлов;***
- ***перемешивание пива;***
- ***свет.***

Без сомнения, ***температура хранения*** пива имеет огромное влияние на возникновение помутнения, так как с ее повышением возрастает скорость протекания химических реакции. Отсюда ясно, что пастеризация ускоряет возникновение коллоидного помутнения.

Окисление также имеет очень сильное влияние на образование помутнения в пиве. Сильное окисление может в пять раз повысить скорость появления помутнения.

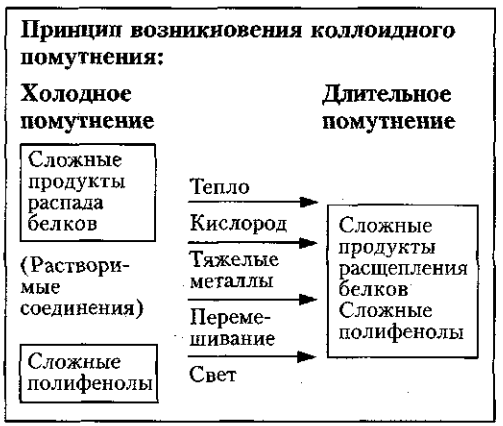
Ионы тяжелых металлов очень сильно способствуют образованию коллоидного помутнения. Взбалтывание пива ускоряет возникновение помутнения вследствие многократного столкновения коллоидов, а свет влияет на окисление и тем самым на помутнение.

Из всех этих факторов наиболее негативное влияние на коллоидную стойкость пива оказывает кислород, и поэтому пивовары заботятся о том, чтобы не допустить его попадания в пиво.

Необратимое помутнение

Холодное помутнение под влиянием вышеуказанных факторов со временем переходит в необратимое помутнение. Оба вида помутнения имеют почти одинаковый состав. Время возникновения необратимого помутнения может очень сильно колебаться; в среднем до его появления проходит несколько недель после розлива — необратимое помутнение характерно для пива с длительным сроком годности. Очень важно знать меры, которые можно предпринять, чтобы предотвратить или задержать возникновение коллоидного помутнения.

4.6.2.2. Улучшение коллоидной стойкости пива



Данная схема позволяет сделать вывод, что коллоидного помутнения пива вообще не произойдет или оно возникнет спустя длительный срок, если частично или полностью удалить один из компонентов помутнения или значительно ограничить факторы, ускоряющие его возникновение.

Для этого существуют следующие варианты:

1. Предотвращение в процессе приготовления пива возникновения большого количества сложных продуктов распада белков.
2. Удаление части сложных продуктов распада белков.
3. Ферментативное расщепление сложных продуктов распада белков.
4. Частичное удаление полифенолов в процессе производства.
5. Удаление из готового пива полифенолов.
6. Ферментативное расщепление полифенолов.
7. Выдержка пива в лагерном отделении при низких температурах.
8. Недопущение попадания кислорода и его удаление.
9. Исключение попадания в пиво тяжелых металлов и их солей.
10. Исключение, по мере возможности, взбалтывания розлитого пива.
11. Хранение пива в условиях, защищающих его от попадания солнечного света.

4.6.2.3. Технологические пути улучшения коллоидной стойкости пива

Некоторые из приведенных вариантов можно с успехом осуществить, применяя специальные технологические приемы, однако кроме них для достижения хорошей стойкости пива следует использовать стабилизирующие средства.

К технологическим приемам относятся:

- переработка ячменей с тонкими оболочками, с содержанием белка менее 11%;
- переработка ячменей с низким содержанием антоцианогенов и оксалата;
- длительное и холодное солодоращение, хорошее растворение зерна;
- интенсивная отсушка солода;
- использование воды для производства пива с остаточной щелочностью ниже 5 d;
- сохранение целостности оболочек в процессе дробления и раздельное затирание оболочек — способ Кубессы (Kubessa);
- отсутствие длительной белковой паузы;
- высокая конечная степень сбраживания;
- полное осахаривание и нормальная реакция с йодом;
- недопущение слишком сильного выщелачивания дробины (полифенолы);

- длительное и интенсивное кипячение сусла для достижения хорошего выделения белка (не более 2 мг коагулируемого азота на 100 мл сусла);
- контроль за образованием взвесей горячего сусла;
- подкисление готового горячего сусла (pH 5,1–5,2);
- не слишком ранняя задача хмеля — полифенолы солода должны сначала прореагировать с белками;
- исключение возможности попадания кислорода;
- полное удаление горячего белкового отстоя и оптимальное отделение холодных взвесей;
- интенсивная аэрация сусла для скорейшего начала брожения;
- холодное и активное брожение;
- стадия стабилизации пива перед фильтрованием для выделения частиц холодной мути — минимум в течение 7 дней при температуре от –2 до 0 °C;
- предотвращение соприкосновения пива с незащищенными металлическими поверхностями (кроме нержавеющей стали);
- исключение контакта пива с воздухом, для чего необходимо:
  - избегать втягивания воздуха;
  - не допускать образования завихрений при перекачке путем уменьшения скорости вращения лопастей насоса;
  - применять деаэрированную воду для заполнения фильтра и вытеснения из него пива в конце процесса фильтрования;
  - использовать CO_2 для выдавливания воздуха из фильтров, дозаторов и создания противодавления;
  - избегать попадания воздуха при розливе, обращать внимание даже на самые малые его количества;
  - употреблять только чистый CO_2, следя при этом за внесением воздуха!

4.6.2.4. Использование стабилизирующих средств

При соблюдении приведенных требований можно существенно замедлить возникновение коллоидного помутнения, но отнюдь не предотвратить его. Поэтому пиво с длительным сроком годности всегда дополнительно стабилизируется.

В качестве стабилизирующих средств в настоящее время широко применяются:

силикагели и/или поливинилполипирролидон (ПВПП).

Оба средства могут использоваться комбинированно.

Кроме того, если пивоваренное предприятие не связано обязательством выполнять Закон о чистоте пивоварения, то можно добавлять еще и антиоксиданты.

4.6.2.4.1. Силикагели

Силикагели — это стабилизирующие средства, которые связывают образующие помутнение белки, но почти не затрагивают положительно влияющие на пену фракции. Они добавляются в количестве 50–150 г/гл при перекачке в лагерный танк или прямо при фильтровании.

Различают:

- **гидрогели** с влажностью свыше 50%;
- **ксерогели** (сухие силикагели) с влажностью 5%.

Силикагели изготавливаются из серной кислоты и натриевого жидкого стекла. При реакции этих веществ возникают продукты с крупно- и мелкопористой структурой. Поверхность мелкопористых силикагелей не может быть использована полностью, а крупнопористые силикагели имеют слишком низкую адсорбционную активность. Предпочтительнее всего силикагели с размером пор 3–3,5 мкм, обладающие оптимальной способностью адсорбировать образующие помутнение белки.

Другой важнейший критерий выбора силикагелей — распределение зерен по величине. Чем меньше размер зерен, тем быстрее закупорится фильтр, однако крупные частицы (свыше 40 мкм) гораздо менее эффективны. Лучшими адсорбционными свойствами обладают частицы размером от 8 до 20 мкм.

4.6.2.4.2. Поливинилполипирролидон (ПВПП)

ПВПП — органическое соединение (рис. 4.95), которое «сшито» в трех плоскостях и дополнительно укреплено молекулярными цепочками.

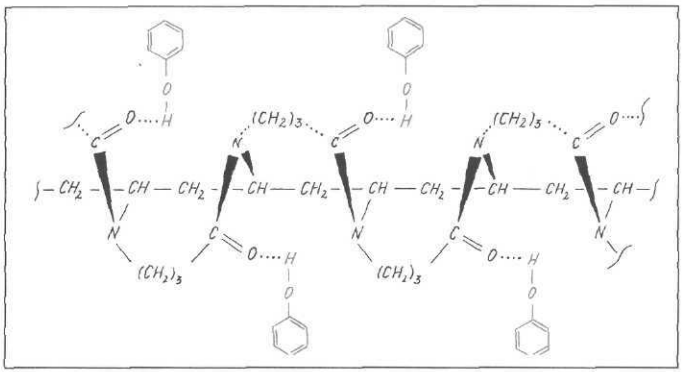


Рис. 4.95. Структура ПВПП. Красным цветом выделены адсорбированные фенольные вещества

ПВПП является порошком, нерастворимым ни в одном из известных растворителей, но слегка набухающим в воде.

ПВПП известен тем, что он адсорбирует дубильные (фенольные) соединения путем образования водородных связей с ними. Водородная связь зависит от pH — в щелочных растворах адсорбированные фенольные соединения снова десорбируются. Благодаря этому ПВПП можно регенерировать и многократно использовать. В Германии разрешено применять не более 50 г ПВПП/гл пива.

Обычно ПВПП применяют в комбинации с силикагелями, иногда — без них. Можно:

- добавлять ПВПП в дозатор кизельгурового фильтра— в этом случае он будет невозвратным;
- использовать содержащие ПВПП фильтрующие пластины;
- проводить стабилизацию с регенерацией ПВПП.

Последний вариант нуждается в более детальном рассмотрении, поскольку в настоящее время он находит все большее применение.

Стабилизация пива с регенерацией ПВПП

Установка состоит из намывного фильтра с горизонтально расположенными фильтрующими элементами с центробежной разгрузкой, а также дозатора и насоса (рис. 4.96).

Перед началом стабилизации из фильтра в направлении сверху вниз при помощи углекислого газа вытесняется вода, оставшаяся после стерилизации (*1*). Лежащий на ситах регенерируемый ПВПП сбрасывается при вращении фильтр-пакета и возвращается в дозатор (*2*). Фильтр ополаскивается водой при вращении фильтрующих элементов. Остатки ПВПП откачиваются в дозатор (*3*). Фильтр остается под избыточным давлением CO_2.

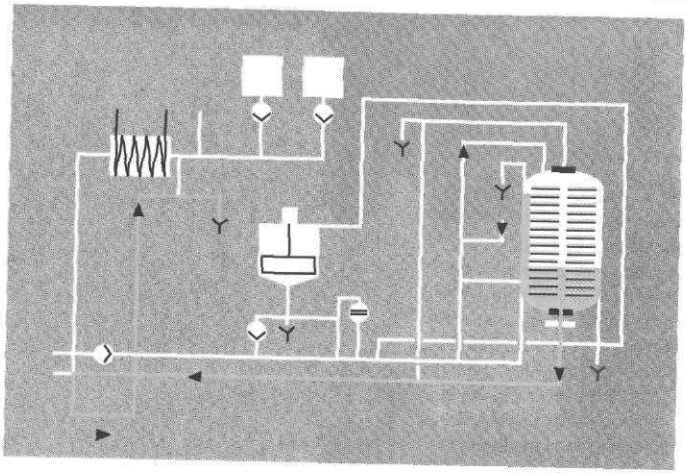
После этого фильтр наполняется отфильтрованным пивом и одновременно из дозатора поступает некоторое количество ПВПП (*4*), который осаждается на ситах. В потоке при текущем дозировании происходит стабилизация пива (*5*). Унесенные с пивом мелкие частицы ПВПП отделяются в установленном на выходе небольшом улавливающем фильтре.

В конце стабилизации оставшееся пиво вытесняется деаэрированной водой (*6*). В начале регенерации слой ПВПП промывается теплой водой (*7*). После этого при температуре 85 °C фильтр заполняется циркулирующим 1%-ным раствором каустика (*8*). Затем щелочь вытесняется горячей водой, через фильтр прокачивается кислота, и в заключение вся установка стерилизуется путем циркуляции горячей воды (*9*).

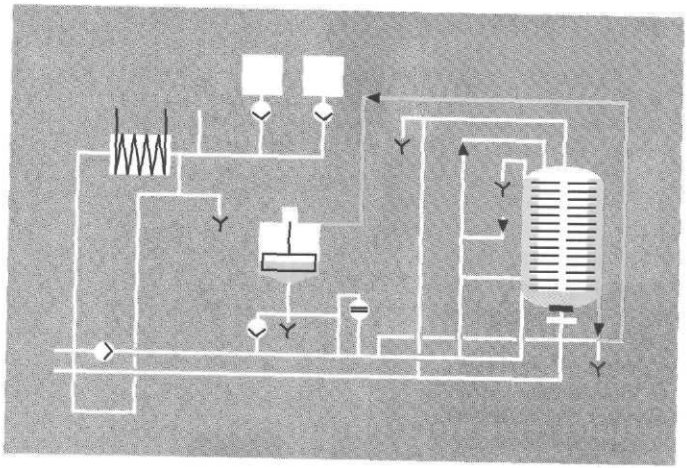
Циркуляция горячего каустика является эффективным способом регенерации ПВПП. Большая часть полифенолов вымывается уже с первой порцией щелочи, которая из-за дубильных веществ приобретает интенсивный черный цвет и уже больше не используется для восстановления ПВПП. Из-за высокой концентрации, температуры и цвета данную порцию нельзя сливать прямо в канализацию; она должна поступать в выравнивающий резервуар и разбавляться там другими сточными водами.

Вторая порция щелочи загрязняется не так сильно и используется при следующей регенерации вместо первой порции. В настоящее вре-

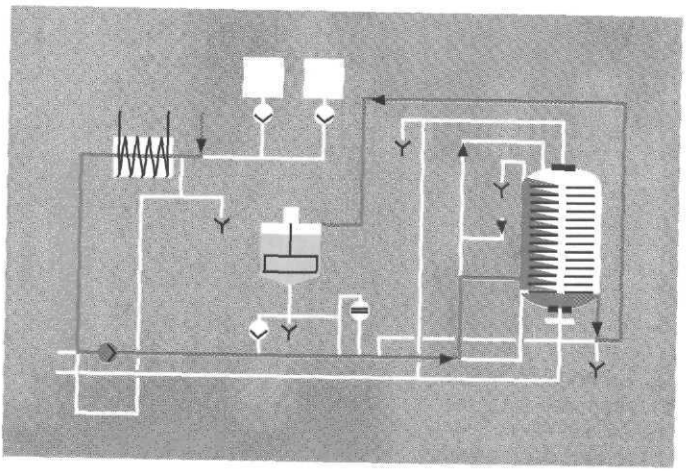
Рис. 4.96. Стабилизация пива с регенерацией ПВПП



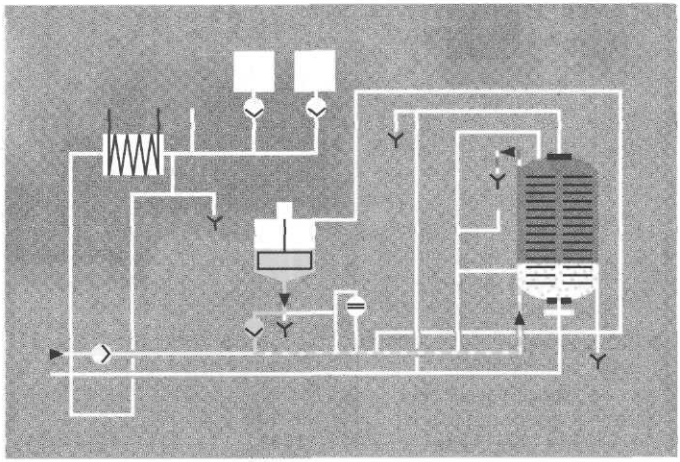
(1) Перед началом стабилизации фильтр наполнен деаэрированной водой; вода сверху вытесняется CO_2 и тем самым исключается попадание кислорода



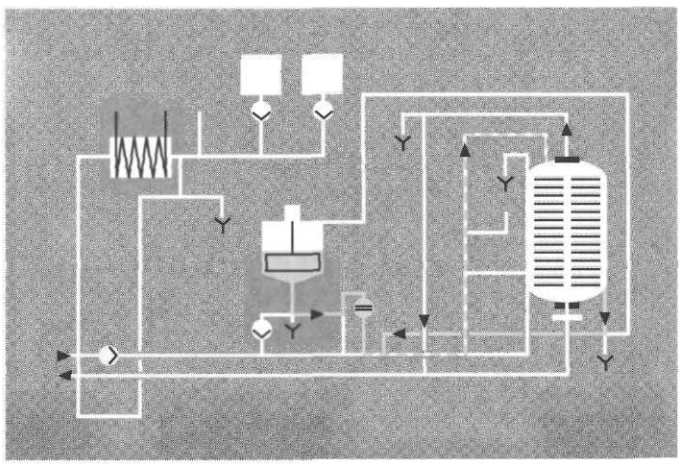
(2) Лежащий на ситах регенерируемый ПВПП *сбрасывается при вращении* фильтр-пакета. К нему добавляется вода и он возвращается дозатор



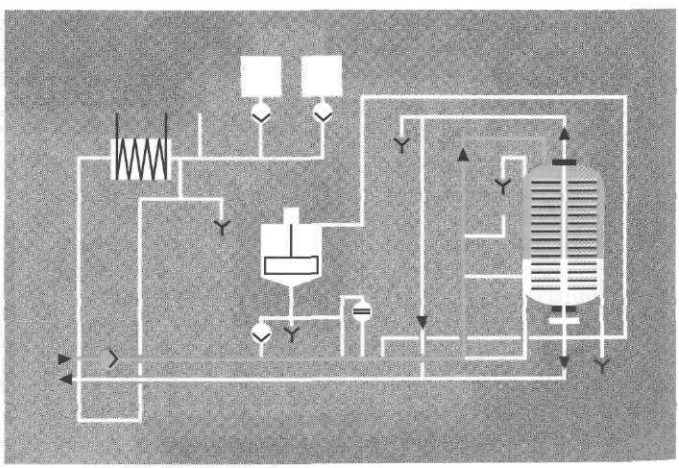
(3) При вращении фильтрующих элементов фильтр ополаскивается водой. Остатки ПВПП откачиваются в дозатор. Фильтр остается под избыточным давлением CO_2



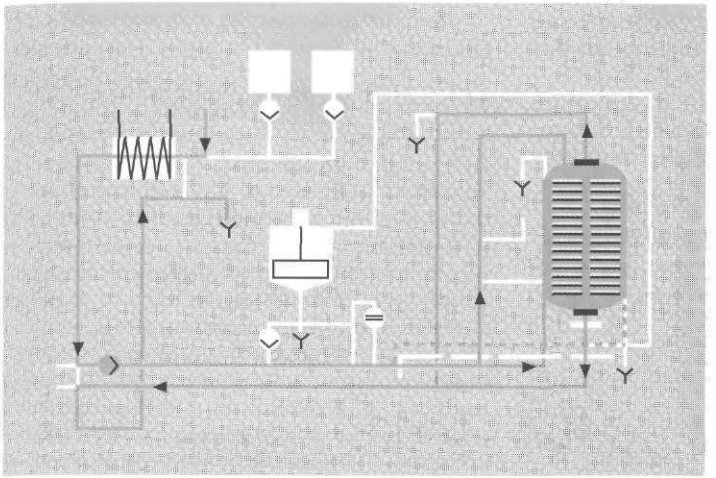
(4) В этой стадии фильтр наполняется отфильтрованным пивом и одновременно из дозатора на фильтрующие элементы намывается ПВПП, который равномерно распределяется и осаждается по всей поверхности сит. После заполнения пивом фильтр переключают на режим циркуляции (= *нанесение* предварительных слоев)



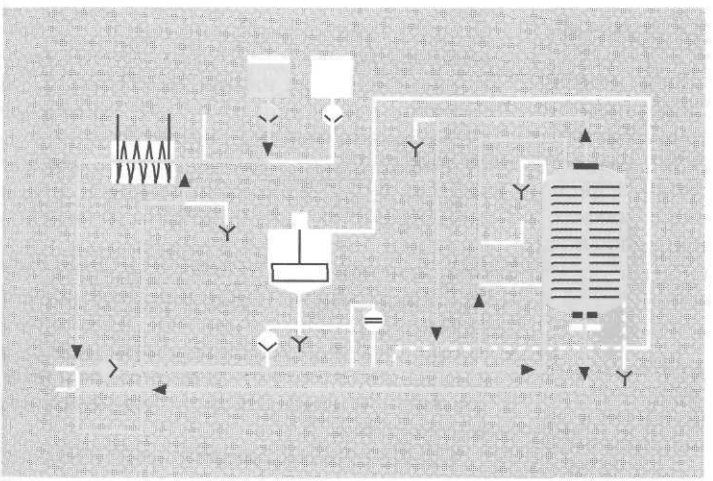
(5) Пиво стабилизируется ПВПП, однако никакой фильтрации при этом не происходит. Унесенные с пивом мелкие частички ПВПП отделяются в установленном на выходе небольшом улавливающем фильтре



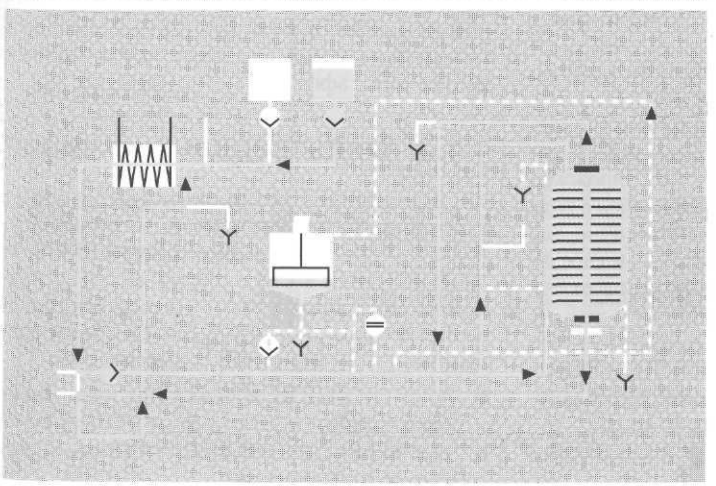
(6) Когда процесс завершен, оставшееся пиво вытесняется деаэрированной водой и фильтрование заканчивается



(7) Регенерация начинается с промывания слоя ПВПП теплой водой при температуре 45 °C



(8) Регенерация ПВПП происходит с помощью горячего или теплого 1%-ного раствора гидроксида натрия, циркулирующего через фильтр. Щелочь приобретает черный цвет из-за реакции с десорбированными полифенолами



(9) Для нейтрализации щелочи через фильтр прокачивается подкисленная вода (0,1–0,2% HNO_3). После этого фильтр стерилизуется в режиме циркуляции

мя методом тонкой фильтрации пытаются очищать щелочь от всех примесей и вновь использовать ее для восстановления ПВПП.

Перед использованием ПВПП 1 кг его суспендируют в 9 л воды. На каждый м^2 фильтрующей поверхности необходимо около 200 г ПВПП. При каждом цикле теряется от 0,5 до 1% ПВПП.

Вместо добавления ПВПП в фильтр на небольших пивоваренных предприятиях могут применяться и ПВПП-содержащие фильтрующие модули. При прохождении пива через содержащие ПВПП фильтрующие слои из целлюлозы ПВПП адсорбирует полифенолы из пива, и они выделяются на фильтрующей поверхности. Такой фильтр можно ополаскивать, регенерировать и стерилизовать до 30 раз. Номинальная пропускная способность за один цикл фильтрования составляет в среднем 20 гл пива/м^2 поверхности.

При таком фильтровании однако удаление полифенолов по мере прохождения пива происходит неравномерно, так как адсорбционная способность модуля постепенно падает. В этом случае все пиво с одного цикла фильтрования необходимо смешивать в форфасе и тем самым выравнивать концентрацию полифенолов.

4.6.2.4.3. Антиоксиданты

Как будет рассмотрено в следующих разделах, после розлива вкус пива изменяется из-за старения карбонилов, которое ускоряется в процессе их окисления. Добавляя соединения, которые противодействуют окислению (антиоксиданты), этот процесс можно в существенной мере замедлить.

Довольно сильно препятствует окислению карбонилов и тем самым замедляет старение вкуса обработка пива двуокисью серы. SO_2 образуется дрожжами во время брожения; интенсивность ее синтеза зависит от расы дрожжей [144]. Этого количества образовавшейся в ходе брожения SO_2 хотя и явно недостаточно для длительной стабилизации вкуса, но оно все же обеспечивает определенную защиту пива от старения вкуса.

Для обеспечения гарантированной вкусовой стойкости пива добавляют SO_2 в форме **сульфитов** и тем самым добиваются сильного замедления старения вкуса.

Равным образом действует и **L-аскорбиновая кислота**.

По немецкому Закону о чистоте пивоварения применение антиоксидантов запрещено.

4.6.2.4.4. Добавление силикагелей

Золи кремневой кислоты (силикагели) являются коллоидными растворами кремневой кислоты (SiO_2) в воде. Стабильные силикагели содержат несвязанные круглые частички размером от 5 до 150 нм из высокоочищенной аморфной кремневой кислоты. Эти частички не имеют внутренних пор и несут отрицательный электрический заряд.

Препараты на основе силикагелей применяются в пивоварении для улучшения осветления и фильтруемости пива, и в меньшей степени для повышения коллоидной стойкости пива. Силикагели добавляют (в количестве около 50 мл золя/гл пива — 30–60 мл золя/гл) чаще всего после окончания сбраживания экстракта, перед началом стадии выдерживания пива при низких температурах, но возможно их внесение и в готовое охмеленное сусло, и в пиво перед фильтром.

Благодаря связыванию частичек кремневой кислоты с белковыми соединениями в пиве образуется гидрогель, частицы которого вызывают помутнение, флокулируют и, наконец, седиментируют со скоростью опускания 5–7 м/день. Таким образом, применение силикагелей улучшает осветление и фильтруемость пива. Гидрогель полностью удаляется из пива, так что его использование не противоречит немецкому Закону о чистоте пивоварения.

Для нахождения оптимальной дозировки необходимо провести предварительные эксперименты. При этом следует стремиться к достижению оптимального соотношения цены и полученного эффекта.

4.6.3. Фильтрационная линия

Фильтрационная линия охватывает все оборудование от лагерного танка до линии розлива. Высокие требования, которые сегодня предъявляются к стабильному качеству розлитого пива, делают необходимым многоступенчатую обработку продукта. При этом требуется:

- сохранить все имеющиеся признаки качества;
- исключить вероятность снижения качества в дальнейшем.

К *фильтрационной линии относятся*:

- буферные танки;
- последовательно включенные в линию фильтры с увеличивающейся тонкостью фильтрования;
- установка для получения деаэрированной воды;
- *танк для сбора фильтрационных остатков*;
- склад для хранения вспомогательных фильтрующих средств/оборудование для приготовления суспензий вспомогательных фильтрующих средств (отделение подготовки кизельгура);
- измерительные приборы для контроля мутности, содержания O_2, CO_2, давления, датчики уровня и т. п.;
- система управления фильтрованием;
- форфасное отделение.

Решение о том, какие виды фильтров и в какой последовательности будут установлены, зависит от принятой на фирме технической философии.

При расчетах фильтрационной линии используют следующие данные удельной производительности для различных видов фильтров, гл/(м^2 фильтрующей поверхности · ч):

Намывной свечной фильтр	4–6;
Намывной рамный фильтр-пресс	3–4;
Пластинчатый фильтр-пресс	1–1,5;
Стерильный фильтр	0,8–1,0;
ПВПП-фильтр	8–12;

Некоторое представление о существующих *способах фильтрования пива* дает рис. 4.97. В этой схеме не указаны методы, применяемые для фильтрования небольших объемов пива, например, тангенциально-поточное фильтрование, используемое для получения пива из избыточных дрожжей (см. раздел 4.4.6.3).

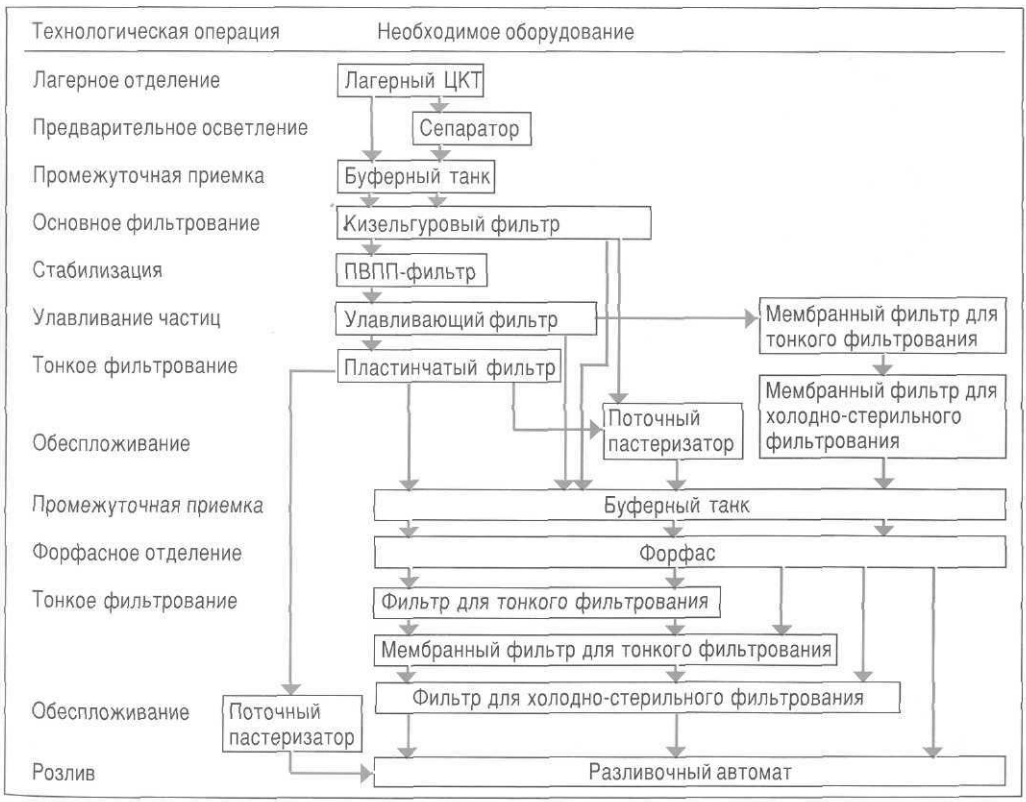


Рис. 4.97. Процессы и аппараты участка фильтрования пива

Буферные танки

Чтобы избежать гидравлических ударов и добиться равномерного потока жидкости, в начале и в конце фильтрационной линии устанавливают буферные танки. Чаще всего используют наилучшим образом приспособленные для мойки вертикальные буферные танки, обязательно снабженные моющими головками.

Использование сепаратора для предварительного осветления

Высокая стоимость кизельгура (от 900 до 1000 DM за тонну) и его утилизации заставляют предприятия все в большей степени экономить кизельгур. Одна из таких возможностей, все чаще применяемая на пивоваренных предприятиях, в особенности на крупных, состоит в использовании сепаратора (рис. 4.97а).

Сепаратор удаляет большую часть дрожжевых клеток и поддерживает на постоянном уровне дрожжевую нагрузку на фильтр. Благодаря этому можно исключить «дрожжевые удары», которые возникают в начале поступления пива из танка на фильтр и в момент полного опорожнения танка.

При включении сепаратора в фильтрационную линию расход кизельгура снижается на 20–50%, а длительность цикла работы фильтра удваивается.

Несмотря на высокие расходы, связанные с приобретением и эксплуатацией сепаратора, инвестиционные расходы на многих предприятиях окупаются в короткий срок. Сепара-

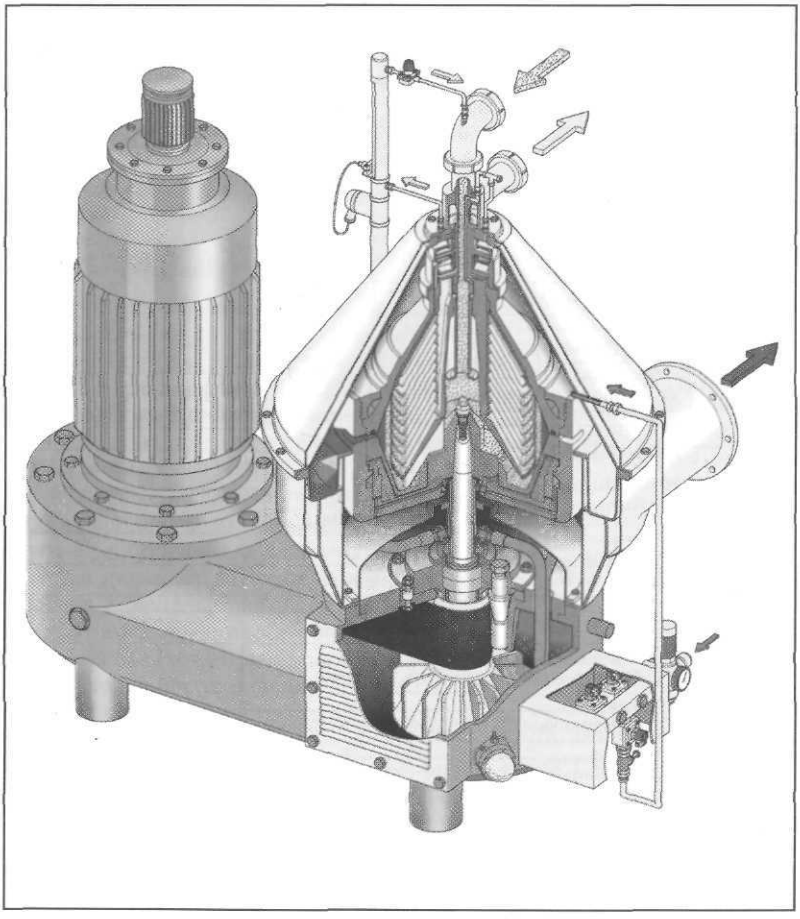


Рис. 4.97а. Сепаратор для предварительного осветления пива (Фирма Westfalia Separator AG, г. Оэлде (Oelde)

DÖHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

ция не имеет никакого отрицательного влияния на качество пива, если не допускать потерь CO_2 и попадания O_2.

Варианты фильтрования и стабилизации пива

Существует множество различных вариантов фильтрования, биологической и коллоидной стабилизации пива.

Главное правило: фильтры всегда устанавливаются по принципу «от грубого фильтрования к тонкому». Но с увеличением глубины фильтрования происходит уменьшение удельной производительности фильтра, и фильтрующая поверхность должна все более и более возрастать.

На участке основного фильтрования пива безраздельно господствует кизельгуровый фильтр, но для дальнейшего осветления пива до требуемой степени существует множество различных вариантов.

Наряду с «обыкновенным», пастеризованным пивом, в ряде стран все большее распространение получает также и не прошедшее термическую обработку пиво, так называемое «живое пиво» (draft-пиво,), для фильтрования и холодной стерилизации которого предусмотрены описанные выше типы фильтров, в том числе мембранные и обеспложивающие фильтры.

Форфасное отделение (отделение сборников фильтрованного пива)

Фильтрованное пиво хранится в форфасах. Форфас — это своего рода буферный танк розлива. Современные форфасы представляют из себя танки из хромоникелевой стали без встраиваемых элементов. Форфасное отделение рассчитывается на хранение одно–трехдневного запаса пива. В помещении поддерживается температура от 0 до 1 °С. Кроме этого, в настоящее время форфасы часто имеют еще и изоляцию.

Мойка форфасов производится с помощью станции CIP. В отношении степени микрошероховатости поверхности максимально жесткие требования предъявляются к стенкам танка и к поверхностям, расположенным в зоне выхода из танка (электрополировка поверхности).

Следует по возможности избегать любого попадания кислорода в пиво (наполнять танк деаэрированной водой, вытеснять воду и создавать противодавление чистым CO_2, заполнять танк снизу).

4.6.4. Вкусовая стойкость пива

Даже если сделать пиво биологически и коллоидно стойким, вкус со временем ухудшается: пиво стареет в органолептическом плане. Изменение вкуса может сделаться заметным либо уже спустя короткий срок, либо лишь через несколько месяцев.

4.6.4.1. Карбонилы, вызывающие старение вкуса (карбонилы старения)

Среди возможных реакций, которые могут привести к появлению веществ, придающих пиву старый вкус, наибольшее значение имеют окислительные процессы. В зависимости от момента и количества попавшего кислорода происходят различные виды изменений вкуса пива. Большинство образующихся при старении пива веществ (из которых все, как правило, имеют очень низкие пороговые значения вкуса) — карбонилы (карбонилы старения). Карбонилы (альдегиды) являются продуктами окисления спиртов и характеризуются наличием –CHO группы. К играющим важную роль карбонилам старения относят:

- 2-метилпропаналь;
- 2-метилбутаналь;
- 3-метилбутаналь;
- фенилацетальдегид.

Они

- возникают, прежде всего, при окислении высших спиртов;
- приобретают в состарившемся пиве решающее значение благодаря аддитивному усиливающему эффекту действия;
- имеют сладко-солодовый вкус («вкус хлеба»).

Существует некоторое количество таких карбонилов, которые, в сочетании друг с другом, образуют различные вкусовые оттенки. Эти вызываемые различными веществами оттенки могут исчезать или накладываться на другие; по вкусу они характеризуются следующим образом:

Оттенок вкуса	Причина	Ощущается при концентрации
Смородиновый	Попадание кислорода	5 нг/л
«Картонный»	Распад жиров	0,1–0,3мкг/л
Хлебный	Меланоидинообразование*	
Сладко-солодовый	Расщепление** и окисление высших спиртов	
Вишневый	Меланоидинообразование	

* Реакция Майяра (Maillard).
** Реакция Штрекера (Strecker).

BÖHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Например, смородиновый запах, который при попадании больших количеств кислорода появляется уже через несколько дней, вызывается соединением 3-меркапто-3-метилбутилформиат, механизм образования которого еще до сих пор не выяснен.

Образование карбонилов старения и их предшественников начинается, однако, не после розлива, а уже на стадии приготовления солода и пива. Большая часть карбонилов старения возникает, в первую очередь,

- при самоокислении ненасыщенных жирных кислот;
- при ферментативном расщеплении ненасыщенных жирных кислот;
- при окислении высших спиртов;
- при меланоидинообразовании;
- при окислительном расщеплении изогумулонов

и при других превращениях.

Из веществ, которые являются основой для возникновения карбонилов старения, особого внимания заслуживают:

- **ненасыщенные жирные кислоты;**
- **меланоидины.**

Жирные кислоты попадают в пиво из ячменя, в котором они этерифицируются с глицеролом в жиры (липиды) (см. раздел 1.1.4.3). Частично жирные кислоты расщепляются липазами при солодоращении и затирании. При низких температурах и высоких значениях pH жирные кислоты расщепляются липоксигеназами (см. раздел 3.2.1.6).

При окислении жирных кислот возникают предшественники карбонилов старения. При этом ненасыщенные жирные кислоты реагируют особенно активно и быстро, с образованием пероксирадикалов, что вызывает *радикально-цепную реакцию.*

Нельзя не упомянуть, что жирные кислоты, особенно ненасыщенные, являются основными составными частями клеточных мембран, и, таким образом, оказывают большое влияние на накопление клеточной биомассы при брожении (см. раздел 1.4.1).

Такое же значительное влияние на возникновение старого вкуса имеют и ***меланоидины***, которые в большом количестве возникают при сушке солода и кипячении сусла. Существенную роль в процессе возникновения меланоидинов играют образование их предшественников (аминокислот), а также термическая нагрузка на солод при сушке (см. раздел 2.5.1.3), на сусло при кипячении и после кипячения.

Большая часть меланоидинов образуется также при солодоращении — в дальнейшем количество меланоидинов не уменьшается. Таким образом, важнейшая составляющая качества пива закладывается еще до начала затирания, и на нее необходимо обращать особое внимание.

Карбонилы старения не только обладают низким пороговым значением вкуса; их количество в разлитом пиве увеличивается. Приведенные ниже данные показывают, в какой мере возрастает содержание этих веществ со временем [106] (все величины приведены в мкг/л):

Компонент	Свежее пиво	Состарившееся пиво
2-метилбутаналь	60	180
3-метилбутаналь	20	110
3-метилбутан-2-он	16	110
фенилацетальдегид	45	250
бензальдегид	4	259
2-фурфураль	40	3000
γ-ноналактон	60	150

Между розливом пива и его потреблением проходят недели и даже месяцы. Пивовары заинтересованы в том, чтобы еще для свежего пива получить информацию о его вероятной стойкости и принять соответствующие технологические меры.

При современных методах исследований [154] можно быстро «состарить» пиво и в течение коротких сроков получить сведения о реакциях радикалов.

Кислород всегда способствует образованию карбонилов старения.

По этой причине главный враг пива — кислород.

Кислород является инициатором возникновения карбонилов старения или их предшественников. Доступ кислорода должен быть последовательно исключен на всех этапах от начала приготовления пива до его розлива. Однако нельзя не упомянуть о том, что ряд превращений протекает и без участия кислорода.

4.6.4.2. Факторы, улучшающие вкусовую стойкость

С самого начала необходимо в максимальной мере исключить те факторы, которые снижают вкусовую стойкость пива, и принять меры для ее улучшения.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Для достижения хорошей вкусовой стойкости пива необходимо выполнение следующих задач [151, 183]:

При солодоращении:

- использование сортов ячменя с тенденцией к пониженной степени растворения белка;
- более низкая степень замачивания;
- сокращение доступа кислорода, начиная с третьего дня ращения;
- степень растворения белка ниже 41%;
- более низкие температуры (30–40 °С) и большая продолжительность процесса при подвяливание солода;
- низкая термическая нагрузка на солод при сушке (5 часов при 84 °С или 3 часа при 90 °С);
- показатель тиобарбитуровой кислоты в солоде <14.

При затирании:

- дробление с кондиционированием при повышенной температуре;
- на участке предзатирания необходимо избегать попадания кислорода и добиваться гомогенного смешивания;
- минимальное поглощение кислорода при затирании, затирание при высоких температурах (60–62 °С);
- контроль за температурой затирания — добавление горячей воды к затору (кроме того, достигается экономия пара);
- желаемая величина pH затора ниже 5,4; добавление биологической молочной кислоты уже на стадии предзатирания (до pH 5,2);
- перекачивание затора в щадящем режиме, при низких касательных нагрузках (силах сдвига);
- плавное регулирование числа оборотов мешалки, применение заторных насосов с регулируемой частотой вращения;
- избегание попадания кислорода при затирании, в случае необходимости деаэрация затора азотом;
- откачивание затора снизу таким образом, чтобы свести к минимуму поглощение кислорода;
- отсутствие резких изгибов в трубопроводах, исключение попадания кислорода;
- подача затора в фильтрчан снизу.

При фильтровании и кипячении сусла:

- короткое время контакта между суслом и дробиной, между водой и дробиной;
- подача затора снизу, отсутствие окислительных процессов;
- сведение к минимуму термической нагрузки на сусло до и после кипячения;
- испарение диметилсульфида и других летучих веществ благодаря применению двойного зонтика;
- пауза в вирпуле перед началом охлаждения сусла должна составлять менее 30 минут.

При брожении и созревании:

- оптимальная аэрация дрожжей и сусла;
- оптимальная технология обработки собранных дрожжей и выращивания чистой культуры;
- отимальное ведение дрожжевого хозяйства;
- быстрое и как можно более полное стягивание осевших дрожжей из ЦКТ;
- низкие температуры в лагерном отделении и не слишком длительное время нахождения пива в лагерном танке;
- исключение любого попадания кислорода в пиво на участке от фильтра и до розлива;
- желаемая величина общего O_2 в бутылке/банке <0,15 мг/л.

О технологических приемах для достижения этих факторов уже было сказано выше в соответствующих разделах.

Для предотвращения дальнейшего окисления после розлива в пиво добавляют (в тех странах, где не действует немецкий Закон о чистоте пивоварения) аскорбиновую кислоту или другие восстанавливающие средства (Е 102). Добавление этих редуктонов, однако, вызывает усиленное образование карбонилов. Это означает, что добавка аскорбиновой кислоты не может неограниченно повысить сохранность пива. (При окислении аскорбиновой кислоты образуется дегидроаскорбиновая кислота, содержащая две дополнительные карбонильные группы =C=O. Считается, что соотношение аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот в пиве не должно быть выше 1:1. — *Прим. ред.*)

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

4.6.4.3. Приемы, позволяющие исключить попадание кислорода на пути от лагерного танка до розлива

Перед знакомством с приемами, позволяющими исключить попадание кислорода в пиво на пути от лагерного танка до розлива, необходимо сделать несколько предварительных замечаний:

- на выходе из лагерного танка пиво имеет концентрацию O_2 от 0,00 до 0,01 мг/л;
- попадание кислорода на всем пути пива до входа в разливочный автомат, должно составлять максимум 0,01–0,02 мг/л.

К возможным источникам попадания кислорода в пиво на пути от лагерного танка до розлива относятся:

- противодавление, создаваемое при выдавливании пива из лагерного танка;
- суспензия вспомогательного фильтрующего средства и фильтрационная установка;
- смарочное пиво, образующееся при фильтровании;
- карбонизация пива;
- противодавление, создаваемое при наполнении и опорожнении форфасов;
- сальниковые уплотнения насосов;
- трубопроводы, шланги и арматура;
- насосы, пластинчатые теплообменники и поточные пастеризаторы;
- все негерметичные места (там, где подтекает пиво, возможна диффузия кислорода).

Приемы, используемые для удаления кислорода из емкостей и трубопроводов

Меры, необходимые для недопущения или уменьшения попадания кислорода, уже обсуждались в соответствующих разделах. Отдельно следует сказать о необходимых мерах при создании противодавления в пустых емкостях и трубопроводах.

Обычно емкость предварительно наполняется водой. Вода сверху вниз вытесняется CO_2. В недеаэрированной воде содержится относительно высокое количество растворенного кислорода, который частично растворяется в CO_2, и таким образом повышает концентрацию кислорода в танке. Поэтому воду, выдавливаемую из емкости посредством CO_2, необходимо предварительно деаэрировать (см. раздел 1.3.5.5) с помощью:

- стриппинговой деаэрации (промывание CO_2);
- термической деаэрации;
- мембран в виде полых волокон;
- вакуумной деаэрации;
- каталитического снижения концентрации кислорода путем обработки водородом.

Конечно, деаэрация стоит денег — даже в том случае, если воду используют повторно. Кроме того, деаэрированная вода должна храниться в атмосфере CO_2.

Удаление кислорода из трубопроводов, арматуры, изгибов, перекидных калачей и т. п. доставляет много трудностей. В определенных местах могут возникать пузыри воздуха, обусловливающие внесение в пиво кислорода. Типичный пример — калачи, которые всегда присоединяются вместе с содержащимся в них воздухом. Удаление воздуха в данном случае возможно при наличии деаэрационного клапана.

Еще больше хлопот доставляют трубопроводы, которые многократно изгибаются в вертикальной плоскости или имеют длинные горизонтальные участки. Вытеснение воздуха благодаря высокой скорости жидкости хотя и возможно, но несет с собой повышенный расход воды — даже при применении деаэрированной воды.

Существует возможность вымывать воздух из трубопроводов и емкостей посредством CO_2. При этом кислород благодаря большому отличию его парциального давления от парциального давления CO_2 вытесняется относительно быстро, а в трубопроводах затем можно снова создать избыточное давление CO_2. Этот вариант дешевле, чем применение деаэрированной воды.

Чистота CO_2 имеет большое значение. Концентрация CO_2 порядка 99,97% об. в настоящее время считается уже недостаточной, так как обусловливает слишком высокое внесение кислорода [153]. Чтобы исключить попадание кислорода, необходима чистота 99,998% об.

4.6.4.4. Приемы, позволяющие исключить отрицательное изменение вкуса после розлива

После розлива пиво довольно часто подвергается неблагоприятным воздействиям, ухудша-

ДЕЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

ющим вкусовую стойкость. Пивовар зачастую может только косвенно влиять на эти негативные факторы, выражающиеся в следующем:

- высокая температура при хранении пива в магазинах ухудшает со временем вкусовой профиль пива;
- точно так же действует длительное взбалтывание;
- воздействие света приводит к появлению очень неприятного ***«засвеченного» привкуса.*** «Засвеченный» привкус возникает следующим образом: под воздействием солнечного света от боковой цепи изо-α-кислоты хмеля, с участием других продуктов, отщепляется обладающий неприятным запахом меркаптан. (Меркаптаны — это тиоспирты, то есть спирты, у которых –OH группа заменена на –SH группу, что обусловливает очень неприятный запах, который чувствуется уже при незначительных концентрациях меркаптанов.)

Расщепление боковой цепи происходит от воздействия света длиной волны 350–500 нм. Поэтому пиво, как правило, разливают в темные (коричневые) бутылки, цвет которых существенно (но не полностью) защищает от протекания этой реакции (см. рис. 5.1). Зеленые бутылки недостаточно хорошо предохраняют пиво от возникновения «засвеченного» привкуса; если все же пиво из рекламных соображений разливается в зеленые или другого цвета бутылки, оно должно быть защищено от света подходящей упаковкой.

Солнечный и дневной свет ухудшают качество пива сильнее, чем искусственный. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы при транспортировке и продаже в дневное время суток пиво не подвергалось бы воздействию прямого солнечного света. Однако и искусственный свет, действующий в течение длительного времени, со временем также ухудшает вкус пива.

В настоящее время существуют пивоваренные предприятия, которые из рекламных соображений разливают пиво в бутылки из бесцветного стекла. Если только с самого начала не планируют ухудшение качества, то для изготовления этого пива

- вообще не применяют или используют очень малые дозы хмеля;
- охмеляют пиво тетрагидро-изо-экстрактом (см. раздел 1.2.7.2.6).

Вкусовая стойкость пива является важнейшим фактором для сохранения существующих и привлечения новых потребителей продукции данного пивоваренного предприятия. По этой причине необходимо обязать всех сотрудников всемерно стремиться к обеспечению вкусовой стойкости пива.

Важно также, чтобы топ-менеджеры предприятия постоянно проверяли, каково же качество их пива в торговой сети, после того как оно уже успело побывать на многих складах. **Покупатель всегда прав, и он должен снова и снова приобретать и пить именно наше пиво.** По тому качеству, которое пиво имеет в магазине, он составляет свое мнение о пиве, и в соответствии с этим мнением он покупает или не покупает данное пиво в дальнейшем — мнение производителя его совершенно не интересует!

Свежее пиво всегда самое вкусное!

Обязательная во многих странах дата минимального срока годности на этикетке вообще ничего не говорит о качестве пива, тем более что вследствие стабилизации пиво практически неограниченное время сохраняет прозрачность. Намного важнее как для пивзавода, так и для потребителя дата розлива. Только дата розлива гарантирует свежесть и приятный вкус пива. Потребителю должна быть объяснена связь между датой розлива и вкусом пива, если он этого не знает.

Вкусовая стойкость пива является важнейшим фактором для сохранения существующих и привлечения новых потребителей. Поэтому необходимо строго следить за недопущением попадания кислорода в пиво на всем пути от затирания до розлива и обращать внимание на все другие факторы, улучшающие вкусовую стойкость пива. Также очень важно, чтобы сотрудники отдела логистики (сбыта, транспортного отдела) знали факторы, которые приводят к ухудшению вкуса пива.

Очень важно, чтобы мы сами регистрировали, как быстро ухудшается вкус у нашего пива. Если мы будем дегустировать всегда только свежее пиво, мы никогда этого не узнаем. Наш покупатель пьет пиво, которое уже побывало «и здесь, и там» (и это еще осторожно сказано!). Не имеет смысла хвалить свое

ДИЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

свежее пиво, если покупатель вынужден пить только старое и таким образом придерживается совершенно другого мнения (о дегустации пива см. раздел 7.4.1).

4.7. Карбонизация пива

Обычно пиво сохраняет углекислоту до самого розлива в бутылки, однако если пиво потеряло углекислый газ из-за низкого избыточного давления или повышенной температуры, может возникнуть необходимость восполнить в пиве перед розливом содержание CO_2.

Потерянный CO_2 можно заменить. Этот процесс называется «карбонизацией», и для его осуществления поток пива направляют через карбонизатор.

На многих пивоваренных предприятиях концентрацию CO_2 в пиве устанавливают на уровне, требуемом для розлива в кеги и банки, а бутылочное пиво карбонизируют дополнительно. Для приготовления пива с различным насыщением CO_2 альтернативой может быть различное давление шунтования.

В карбонизаторе (рис. 4.98 и 4.98а) CO_2 впрыскивается в поток пива.

Для растворения в пиве CO_2 служит участок карбонизации, который чаще всего имеет вид длинной изогнутой трубы. В общем, все сказанное об аэрации сусла относится и к карбонизации, а именно:

- CO_2 должен быть хорошо диспергирован в пиве, а затем должен иметь возможность раствориться;
- растворение диоксида углерода в пиве первоначально нестойко; связывание CO_2 возникает только спустя какое-то время.

По мере наполнения форфаса постоянно повышается статическое давление, и поэтому карбонизатор снабжают *клапаном постоянного давления*.

Необходимо обращать внимание на степень чистоты CO_2. Внесенный на данном этапе кислород приведет к сильному ухудшению качества пива.

Поскольку карбонизатор включают в линию после фильтра, санитарное состояние карбонизатора необходимо поддерживать на должном уровне. С этой точки зрения большую роль играет способ распыления CO_2 в пиве: устройство для распыления CO_2 должно легко мыться. Керамические свечи и аналогичные устройства, которые невозможно сохранять в гигиенически безупречном состоянии, не должны применяться ни в коем случае. В противном случае можно променять длительную стойкость пива на его лучшее насыщение.

В связи с этим пивовары всегда заинтересованы в том, чтобы по возможности обойтись без карбонизации.

4.8. Особые способы приготовления пива

Есть несколько способов, с помощью которых пытаются добиться тех или иных результатов. К ним относятся, в частности:

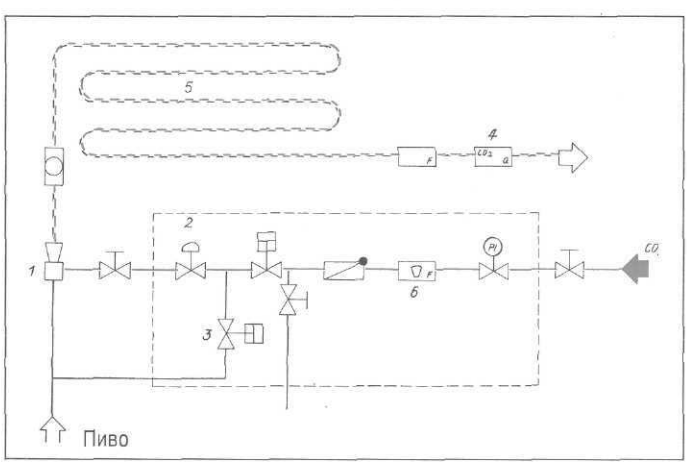


Рис. 4.98. Карбонизатор:

1 — сопло Вентури; 2 — регулировочный клапан для CO_2; 3 — клапан CIP; 4 — датчик CO_2; 5 — участок растворения (статический миксер); 6 — расходомер CO_2

DOHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

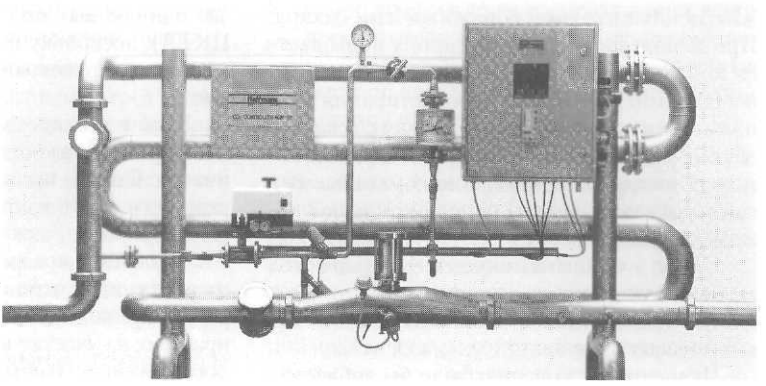


Рис. 4.98а. Карбонизатор (фото: Haffmans GmbH, г. Венло, Нидерланды)

- высокоплотное пивоварение (High gravity brewing);
- вымораживание воды из пива (ледяное пиво);
- понижение содержания спирта в пиве.

4.8.1. Высокоплотное пивоварение

Можно сварить плотное сусло с более высокой экстрактивностью, чем приготавливаемое пиво, и разбавить его водой до желаемой массовой доли сухих веществ до или после брожения. Такой способ называется высокоплотным пивоварением.

Целью введения этого способа на производстве может быть увеличение мощности варочного цеха. Однако главное преимущество, достигаемое при этом, состоит в том, что добавляемая позднее холодная вода не нагревается и не кипятится. Это дает существенные экономические выгоды.

Пример

Варочный цех передает в бродильное отделение 300 гл 11%-ного сусла. В сусловарочном котле находится примерно 3300 кг (300 × × 11) экстракта. Если будут варить и перекачивать сусло с экстрактивностью 15%, то для 3300 кг экстракта потребуется только 220 гл (3300:15) сусла; в нашем случае это дает экономию в 80 гл (26,7%), которые не нужно нагревать, кипятить и охлаждать.

Столь большая экономия энергии свидетельствует о том, что даже при незначительном повышении экстрактивности готового сусла — до 13 или 14% — можно добиться заметного экономического эффекта.

Повышение экстрактивности готового сусла предполагает, конечно, соответствующее повышение экстрактивности первого сусла, которое, как правило, на 4–6% выше экстрактивности готового сусла, поскольку для вышелачивания дробины необходимо подавать промывную воду.

В нашем случае необходимо поддерживать концентрацию первого сусла на уровне 19–20%. Для этого затирают по упрощенному правилу расчета:

100 кг засыпи + 3 гл воды =
= 20%-ное первое сусло.

Как правило, в полностью солодовых заторах никаких проблем не возникает. Несоложеное зерно предварительно обрабатывают и разваривают в отварочных котлах. Однако если заменители солода используются в большом количестве, то при клейстеризации несоложеного зерна могут возникать проблемы. В первую очередь, это относится к сильно разбухающему рису. Если рис слишком сильно нагревают, а к началу клейстеризации не успевают добавить часть солодового затора для разжижения густого рисового клейстера, может случиться, что рисовый затор пригорит или мешалка вообще остановится, так как вязкость затора будет чрезмерной. В таких случаях нужно всегда очень осторожно подходить к вопросу о путях повышения экстрактивности первого сусла.

В некоторых странах содержание экстрактивных веществ повышают просто путем добавки твердого сахара, сахарного сиропа или крахмального сиропа. Сахарный сироп содер-

DÖHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

жит исключительно сбраживаемые сахара. При использовании этого сиропа повышается конечная степень сбраживания пива, что необходимо учесть в режиме затирания (например, применив метод затирания со скачкообразным нагреванием отварок). В случае крахмального сиропа содержание сбраживаемых сахаров указывается в сопроводительных документах.

Сироп добавляется в сусловарочный котел за 10 минут до конца кипения сусла, так как для этого продукта не требуется никаких биохимических изменений.

Лучше всего, конечно, было бы добавлять в сусло солодовый экстракт. Его приготавливают путем сгущения сусла под вакуумом и поставляют в виде густой массы. Он имеет такой же состав, как и обычное сусло, и не вносит каких-либо заметных изменений в его состав (см. раздел 3.36). Однако применение солодового экстракта экономически обосновано только в том случае, если его цена достаточно низка для того, чтобы могла образоваться прибыль от экономии энергии.

Высокоплотное сусло легче фильтровать на заторных фильтр-прессах нового поколения, чем в фильтрчане. Высокая экстрактивность первого сусла и большой объем дробины являются ограничивающими факторами даже для современных фильтрчанов.

Важно, что остается больше времени для выщелачивания дробины. Это позволяет поддерживать на низком уровне экстрактивность последних промывных вод. Повторное использование последней промывной воды нежелательно по соображениям потерь качества и времени.

В случае высокоплотного сусла седиментация взвесей в вирпуле может происходить хуже, чем обычно. Это объясняется высокой вязкостью сусла, большим количеством взвесей, и, возможно, большим количеством хмелевой дробины. Однако в большинстве случаев процесс протекает так же, как и в нормальном сусле.

Холодную воду добавляют перед брожением, после главного брожения, или уже после фильтрования. Если воду добавляют перед брожением, то процесс протекает без отклонений и не возникает никаких трудностей.

При добавлении воды после главного брожения возникает преимущество полного использование объема лагерных танков (в случае одинаковых по общему объему ЦКТБ и ЦКТЛ), поскольку нет необходимости оставлять пустое пространство для подъема завитков.

Чтобы полностью сохранить качество пива при добавлении воды, перед фильтрованием или после него требуется большая осторожность. Этот вопрос ниже будет рассмотрен подробнее.

Добавляемая перед брожением вода должна поступать с температурой, равной температуре сусла; добавление осуществляется, как правило, на участке после пластинчатого теплообменника. Чтобы добиться равномерного смешивания, добавление воды должно происходить в течение всего времени перекачки сусла. Невозможно получить однородную смесь просто путем простого добавления предусмотренного количества воды в уже наполненный танк.

Вода должна иметь пониженную жесткость и быть абсолютно безупречной с микробиологической точки зрения. Ее не нужно деаэрировать, поскольку дрожжи спустя короткое время поглотят имеющийся кислород. В дальнейшем процесс проводится стандартным образом.

Можно (как часто и делается) сбраживать высокоплотное сусло, и только после этого разбавлять молодое пиво водой. Это, правда, не приносит значительной экономии энергии, поскольку при брожении все равно приходиться отводить тепло, но позволяет экономить объем танков, а значит и денежные средства.

При сбраживании высокоплотного сусла брожение длится несколько дольше. Образуется больше побочных продуктов — прежде всего эфиров и высших спиртов. Высокое содержание эфиров остается ощутимым и в разбавленном пиве, если не удается ускорить брожение и улучшить размножение дрожжей. Для этого применяются следующие технологические приемы:

- повышенную норму внесения дрожжей,
- лучшее снабжение дрожжей кислородом; рекомендуемая норма: 1 мг O_2 на каждый процент содержания экстрактивных веществ;
- интенсивную аэрацию сусла с помощью статических смесителей или других приспособлений для аэрации;
- стягивание осевших взвесей холодного сусла и вдувание воздуха для подъема осевших

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

дрожжей из нижней части танка через несколько часов после заполнения танка;

- сбор дрожжей сразу после того, как только это становиться возможным. Перед новым введением необходимо провести аэрацию дрожжей. Целесообразно своевременно заботиться о выращивании свежей чистой культуры. Кроме этого, рекомендуется использовать такие дрожжи, которые образуют меньше побочных продуктов брожения, или применять соли, стимулирующие жизнедеятельность дрожжей.

Как правило, с увеличением температуры брожения и экстрактивности сусла образуется больше побочных продуктов брожения.

Верхним пределом считается экстрактивность 14,5–15%; выше этих значений наличие побочных продуктов в готовом пиве становиться заметным.

Добавление воды после брожения производят, как правило, на участке по пути от ЦКТ до фильтра или после фильтра (рис. 4.99).

Это самая сложная часть всего процесса, поскольку вода должна соответствовать жестким требованиям, а именно:

- соответствовать по химическому составу (pH, содержание солей) пиву;
- иметь температуру –1 °C;
- быть обеспложенной на стерилизующем фильтре;
- полностью дегазованной (вакуум, промывка CO_2);
- карбонизированной до уровня содержания CO_2 в пиве;

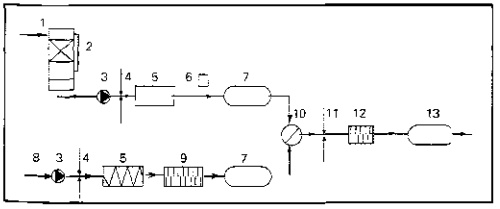


Рис. 4.99. Достижение желаемой экстрактивности путем добавления воды:

1 — вода; используемая для приготовления пива; 2 — вакуумный фильтр; 3 — насос; 4 — добавление CO_2; 5 — пластинчатый теплообменник; 6 — датчик измерения содержания кислорода; 7 — буферный танк; 8 — пиво из форфаса; 9 — свечной фильтр; 10 — точка смешивания; 11 — датчик измерения CO_2 и экстрактивности сусла; 12 — фильтр для улавливания частиц; 13 — буферный танк

- точно дозироваться на протяжении всего времени прохождения пива; одновременно необходимо добавлять фильтрационные остатки; последующая корректировка становится уже невозможной.

Процесс дозирования воды требует наличия сложных контрольно-измерительных приборов. Необходимые для этого финансовые затраты окупаются только крупными пивоваренными предприятиями.

Вкус пива, изготовленного по технологии высокоплотного пивоварения, после разбавления практически не отличается от вкуса обычного пива, если только экстрактивность начального сусла не превышала 14,5–15%.

Можно сказать, что у разбавленного пива «страдает» пена, и тем больше, чем сильнее было разбавление. Корректировка хмелевой горечи, как было показано выше, осуществляется путем добавления изомеризованного хмелевого экстракта или эссенции хмелевых ароматических веществ. Согласно немецкому Положению о чистоте пивоварения такие добавки не разрешены.

4.8.2. Изготовление ледяного пива (Eisbier)

Как известно, вода замерзает при 0 °C, а пиво — при более низкой температуре. Температура замерзания пива зависит от содержания экстракта и спирта:

экстрактивность начального сусла 11,5%
содержание спирта 4,6%об.
температура замерзания –2,3 °C

экстрактивность начального сусла 15,5%
содержание спирта 6,0%об.
температура замерзания –2,9 °C

Пиво замерзает не гомогенно, то есть не все его составные части замерзают одновременно — сначала начинает вымерзать вода. Когда температура падает ниже 0 °C, на самых холодных поверхностях вода выделяется в виде льда. Вместе с водой в лед выделяются некоторые нерастворимые при низких температурах вещества — полифенолы и белки, а спирт обогащается другими экстрактивными веществами.

Раньше пивовары производили пиво сорта Айсбок (Eisbock) следующим образом: бочонок (лучше — металлический) пива сорта

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Бокбир (Bockbier) опускали в ванну с охлажденным солевым раствором или в холодную зимнюю ночь выставляли бочонок во двор. На внутренних стенках образовывался толстый слой льда, в то время как в центре бочонка пиво становилось хотя и мутным, но все более крепким. Поскольку вода, превращаясь в лед, расширяется, затычки у бочек легко вылетали из-за повышения давления. Успех всего предприятия мог сойти на нет, если внутрь бочки попадал охлаждающий рассол. Неконтролируемо высокое содержание спирта и приятный мягкий вкус делали это пиво «опасным» напитком.

Для промышленного производства ледяного пива такой «порционный» метод, конечно, не подходит. Сразу же необходимо заметить, что прежде всего нельзя допускать осаждения образующегося льда в каком-то одном месте. В противном случае он будет все в большей мере препятствовать процессу производства.

По этой причине стремятся к образованию крупных кристаллов льда путем поддержания пива при охлаждении в постоянном движении. В этом случае в пиве образуются сначала мелкие кристаллы. При правильном движении и создании условий для наращивания кристаллов происходит слияние мелких кристаллов с более крупными; при этом кристаллы постепенно увеличиваются в размерах. Крупные кристаллы можно отделить путем фильтрования или осаждения в гидроциклоне.

Получающееся таким образом пиво всегда имеет большее содержание спирта, чем исходное. На завершающей стадии процесса в пиве устанавливают желаемую концентрацию спирта путем добавления воды, насыщенной CO_2. Содержание спирта у товарного ледяного пива обычно несколько выше, чем у исходного пива, но всегда соответствует величине, указанной производителем.

Благодаря частичному удалению полифенолов и белков, ледяное пиво приобретает мягкий и округленный вкус. Пена и стойкость у ледяного пива, как правило, лучше, чем у исходного.

Название «ледяное» относится только к способу изготовления, но никак не к температуре употребления!

На рис. 4.100 показана установка для производства ледяного пива (Labatt/Niro).

Полностью сброженное пиво охлаждается на охладителе дрожжи удаляются на центрифуге. Затем пиво охлаждается на другом охладителе и прокачивается через три теплообменника, в которых температура пива снижается до –4 °С. При этом образуются мелкие кристаллы льда. Далее пиво механически приводится в движение в сепараторе для отделения льда. При этом мелкие кристаллы наслаиваются на более крупные, присутствующие в установке, и возникают кристаллы такого размера, которые уже можно отфильтровать. Определенное процентное содержание таких крупных кристаллов всегда поддерживается в установке. Лед отделяют путем фильтрования или в гидроциклоне. Пиво с повышенным содержанием спирта перекачивается в танк для хра-

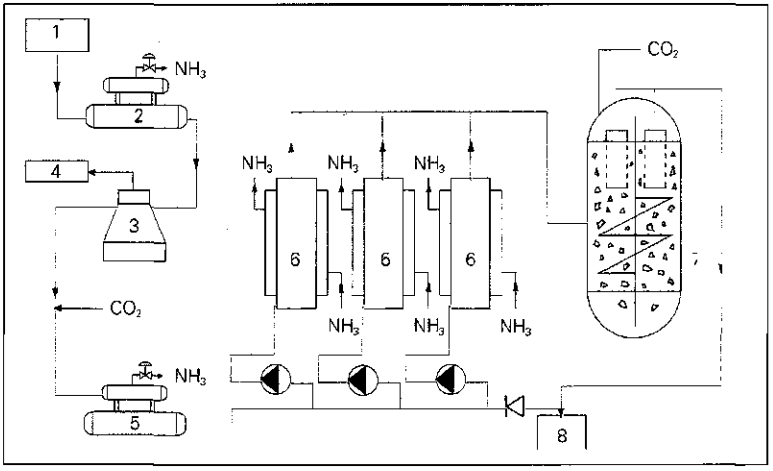


Рис. 4.100. Приготовление ледяного пива (Фирма Labatt/Niro):

1 — пиво после брожения/созревания; 2 — охладитель пива; 3 — центрифуга; 4 — дрожжи; 5 — охладитель пива; 6 — установка глубокого охлаждения пива; 7 — сепаратор для отделения льда; 8 — на розлив

GÖHLER ДИЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

нения, из которого оно затем поступает на разбавление карбонизированной водой до нужного содержания спирта.

Главное преимущество данного способа состоит в заметном улучшении качества пива. Высокую концентрацию спирта можно получить и путем высокоплотного пивоварения. Технические затраты на производство ледяного пива окупаются только в том случае, если удается поддерживать высокую цену на продукт.

4.8.3. Методы удаления спирта из пива

Для частичного или полного удаления спирта из пива существует несколько побуждающих причин:

- все шире пропагандируется здоровый образ жизни без употребления алкоголя;
- потребителями такого пива смогут стать и водители, которым не придется бояться негативных последствий;
- религиозные причины, накладывающие запрет на потребление алкоголя.

Спирт можно удалять полностью, или частично; в различных странах по этому поводу существуют разные законы.

Удаление спирта из пива возможно различными путями. Широко известные способы можно разделить на три группы:

- мембранные методы;
- термические методы;
- прерывание брожения или недопущение образования спирта при брожении.

На производстве применяются все три группы методов, которые имеют свои преимущества и недостатки.

4.8.3.1. Мембранные методы

В мембранных методах разделения пиво прокачивается через очень тонкую мембрану из хлопковой целлюлозы или ацетилцеллюлозы и при этом удаляется спирт. В различных мембранных методах используются различные физические эффекты.

4.8.3.1.1. Обратный осмос

Обратный осмос — это осмос наоборот. Объяснить суть осмоса можно с помощью следующего примера: разделим сосуд на две половинки стенкой. В нижней части оставим отверстие, которое закроем мембраной. Эта мембрана имеет настолько мелкие поры, что может пропускать только чистую воду. Такие мелкопористые мембраны, которые пропускают только молекулы определенного размера, называются полупроницаемыми.

Наполним сосуд до половины водой. Высота воды по обе стороны мембраны будет одинакова (рис. 4.101).

Теперь добавим в левую часть сосуда соль и размешаем ее. Молекулы соли стремятся раствориться в как можно большем количестве воды. Так как молекулы соли слишком велики, чтобы проникнуть сквозь мембрану, то чистая вода будет втягиваться через мембрану на их сторону так долго, пока концентрация растворенного вещества не выровняется по обе стороны мембраны. Гидростатическое давление более высокого столба жидкости, наступающее в состоянии равновесия, называется осмотическим давлением (то есть давлением равновесия). Осмотическое давление — это давление, необходимое для поддержания равновесия между молекулами воды, которые проникают сквозь полупроницаемую мембрану в солевой раствор, и молекулами воды, которые покидают солевой раствор из-за избыточного гидростатического давления.

Осмос – это известное физическое явление. Все процессы в живой природе, в том числе и в дрожжевых клетках, регулируются осмотически.

Теперь приложим давление к левой стороне нашего сосуда, и будем передавливать чистую воду сквозь мембрану на правую сторону, против осмотического давления (c). Этот процесс называется осмосом наоборот или обратным осмосом.

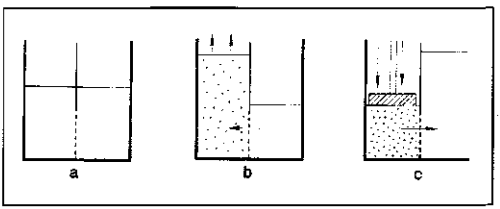


Рис. 4.101. Осмос/обратный осмос:
a — равновесие, b — осмос, c — обратный осмос

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Принцип понижения концентрации спирта с помощью обратного осмоса

При удалении спирта с помощью обратного осмоса пиво (рис. 4.102; *1*) порциями или непрерывно прокачивается сквозь разделительный модуль.

Вода и спирт проходят сквозь мембрану, против естественного осмотического давления (*2*). Напротив, все крупные молекулы — молекулы вкусовых и ароматических веществ — остаются в пиве. Поскольку вода непрерывно уходит, *необходимо постоянно добавлять* новую воду (*3*), которая должна быть обессоленной и деаэрированной. Благодаря добавлению воды содержание спирта неизменно уменьшается. Поскольку создание избыточного давления посредством насоса приводит к увеличению температуры жидкости, установка должна иметь охлаждение, чтобы температура пива не превысила 15 °С.

В этом способе мембрана расположена тангенциально к направлению потока. Мембранная поверхность постоянно промывается благодаря возникающим касательным усилиям. Такое фильтрование называется **тангенциально-поточным фильтрованием (Cross-Flow-Filtration).**

Ушедшая сквозь мембрану водно-спиртовая смесь называется пермеатом (*5*). Концентрация спирта в ней достигает 1,5–1,8%. Низкое содержание спирта *не оправдывает его концентрирование*, поэтому пермеат применяют, например, для выщелачивания пивной дробины.

Установка обратного осмоса

Установка обратного осмоса (рис. 4.103) состоит из напорного танка (*1*), в котором хранится подлежащее обработке пиво.

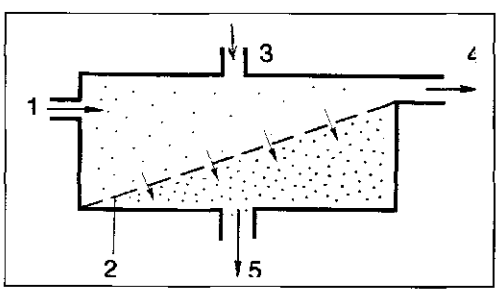


Рис. 4.102. Принцип обратного осмоса:

1 — подача нефильтрата; 2 — мембрана; 3 — подача воды; 4 — безалкогольное пиво; 5 — разбавленный спиртовый раствор

С помощью насоса (*2*) давление увеличивают до 40 бар, а с помощью циркуляционного насоса (*3*) добиваются высокой скорости омывания, что препятствует забиванию мембран. Клапан (*7*) гарантирует постоянное давление.

Модули (*4*) — это наиболее крупногабаритная, самая важная и вместе с тем наиболее дорогостоящая часть установки. Чаще всего мембраны изготавливаются из ацетилцеллюлозы. Удельная производительность мембран достигает *50–80 л на м² в час*, и соответственно этому мембранная поверхность должна быть достаточно большой, что, к сожалению, заметно отражается на увеличении стоимости установки. Агрегат из 18 разделительных модулей может производить безалкогольного пива около 25 гл в час.

Масса, потерянная с водно-спиртовым раствором (пермеат), заменяется на специально подготовленную воду (*5*), так как иначе в пиве повысилось бы содержание экстрактивных веществ. Циркуляция продолжается до тех пор, пока не будет достигнута желаемая степень снижения содержания спирта.

Специальная подготовка воды включает в себя ее обессоливание и полную деаэрацию на дополнительной установке. Деаэрация необходима, чтобы не привнести в пиво столь нежелательный кислород. В качестве рабочего газа для заполнения и опорожнения танка хранения обессоленной и деаэрированной водой должен применяться только диоксид углерода, так как иначе кислород будет диффундировать в воду, а с ней и в пиво.

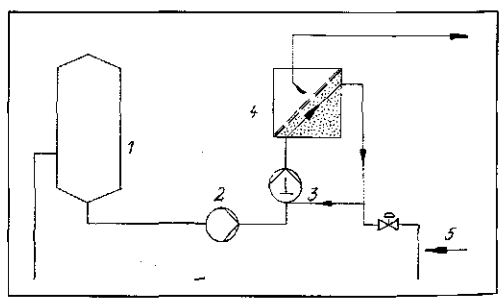


Рис. 4.103. Установка обратного осмоса (периодического действия):

1 — танк для исходного пива; 2 — насос высокого давления; 3 — циркуляционный насос; 4 — фильтрующие модули; 5 — добавление специально подготовленной воды; 6 — пермеат; 7 — клапан постоянного давления

KOHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Важнейшей операцией для нормального функционирования модуля является чистка мембран. Для сохранения заданной производительности с поверхности мембран должны быть удалены все отложения. Способ мойки и моющие средства зависят от типа мембран. Неправильная обработка приводит к изменению размера пор и тем самым к разрушению дорогостоящих мембран.

Проведение процесса обратного осмоса [37]

Пиво прокачивается через систему модулей, которые, как правило, объединены в группы по шесть единиц. На выходе пиво, содержание спирта в котором несколько повысилось, проходит через редуцирующий клапан и возвращается в исходный танк. Редуцирующий клапан понижает давление с 40 бар до исходного. Вода на этой стадии еще не добавляется.

В процессе удаления спирта различают три стадии:

- стадия концентрирования;
- стадия диафильтрации;
- стадия восполнения.

Стадия концентрирования

При прохождении пива через модули образуется около 2,2 л пермеата на гл пива. При этом содержание спирта и экстрактивных веществ возрастает (рис. 4.104).

При содержании в определенной концентрации некоторые экстрактивные вещества пива, прежде всего β–глюканы, уменьшают проницаемость мембран, что ограничивает производительность установки на стадии концентрирования пива.

Стадия диафильтрации

На данной стадии в концентрированное пиво взамен ушедшего пермеата добавляется полностью обессоленная вода до тех пор, пока не будет достигнуто желаемое содержание спирта.

Стадия восполнения

Концентрированное пиво разбавляется водой до первоначального объема; при этом содержание спирта падает ниже 0,5%. Одновременно пиво насыщают CO_2, поскольку из-за обратного осмоса и добавления воды в пиве почти не остается диоксида углерода.

4.8.3.1.2. Диализ

При диализе используются мембраны в виде полых волокон с очень малой толщиной стенок. Полые волокна имеют диаметр, равный долям миллиметра (50–200 мкм), и обладают микропорами. В одном модуле расположено много тысяч таких связанных друг с другом в пучок и уплотненных с двух сторон тончайших мембран. Пиво равномерно продавливается сквозь них, в то время как диализат (или вода) обтекает полые волокна в обратном направлении. Через микропоры мембран происходит массообменн (толщина стенок от 10 до 25 мкм).

Принцип диализа

При диализе все растворенные вещества, находящиеся по обе стороны мембраны, пытаются достигнуть равновесного состояния по отношению друг к другу. Это означает, что спирт из пива будет переходить в диализат до тех пор, пока с обеих сторон не будет достигнута одинаковая концентрация спирта [133]. Если этанол из диализата удаляют, спирт будет диффундировать с одной стороны мембраны на другую до бесконечности, пытаясь восстановить равновесие. При проведении процесса в противотоке (рис. 4.105) спирт исчезает из пива очень быстро.

Рассмотрим рисунок 4.105. Обрабатываемое пиво течет справа налево. В этой точке в диализате содержится мало спирта, поэтому спирт перемещается сквозь мембрану из пива в диализат, чтобы выровнять концентрацию. Чем дальше пиво течет «налево», тем меньше в нем остается спирта, поскольку движущийся навстречу диализат содержит еще меньше спирта — при входе «слева» его в нем вообще нет. К концу пути почти все молекулы спирта из пива перейдут в диализат, который в противотоке омывает мембрану.

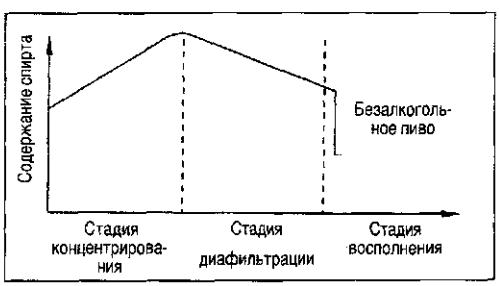


Рис. 4.104. Стадии удаления спирта в методе обратного осмоса

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

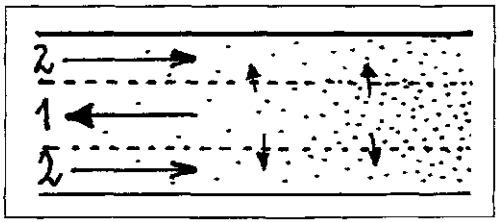


Рис. 4.105. Принцип диализа:

1 — направление потока обрабатываемого пива в полом волокне; 2 — направление потока диализата на внешней стороне

Теперь пиво почти не содержит спирта, который перешел в диализат и из которого этанол должен удаляться для дальнейшего использования. Спирт выделяется из диализата путем непрерывной дистилляции под вакуумом (вакуумная дистилляция = низкие температуры дистилляции).

По сравнению с обратным осмосом данный способ требует значительно больших затрат, однако пиво подвергается более щадящей обработке, поскольку удаление спирта происходит при низкой температуре. При диализе пиво нагревается всего лишь с 1 до 6 °С. Пиво подается в систему под низким избыточным давлением — около 0,5 бар, которого, однако, достаточно, чтобы произошел массообмен.

Проведение диализа

«Сердцем» установки для проведения диализа (рис 4.106) являются **мембранные модули** (*1, 2*).

Мембранные модули чаще всего представляют из себя **модули в виде полых волокон**, сквозь микропористые мембраны которых в противотоке происходит массообмен (диффузия). Пиво после выхода из модуля охлаждается на пластинчатом теплообменнике (*6*) до 1 °С и возвращается в напорный танк.

Диализат освобождается от спирта на ректификационной колонне (*3*), и через теплообменник (*5*) с помощью насоса (*4*) вновь поступает в модуль.

Высказывание о том, что сквозь мембраны диффундирует только спирт, конечно, очень условно. В действительности пиво теряет при диализе большое количество легколетучих побочных продуктов брожения и CO_2. Это связано с тем, что при обработке диализата отгоняется спирт, а с ним и значительная часть других летучих веществ, в особенности эфиров и высших спиртов. Эти вещества перемещаются при диализе из пива в диализат и навсегда теряются из пива. Снижение содержания некоторых эфиров может достигать 65%. С другой стороны, конечно, и из диализата вещества могут переноситься в пиво; это относится, например, к солям воды, которые при ректификации концентрируются в диализате и при диализе обогащают собой пиво (натрий, кальций, нитраты).

Все это свидетельствует о том, какое большое значение имеет непрерывное регулирование состава диализата и как сложно протекают процессы обмена. И во всех других способах удаления спирта никогда не происходит исчезновение одного лишь этанола, поскольку другие летучие вещества могут вести себя подобно спирту. Несмотря на это, диализ остается сегодня наиболее распространенным способом снижения содержания спирта.

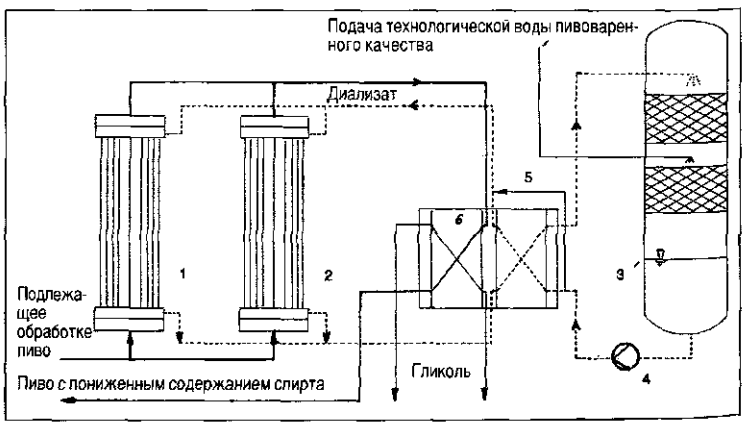


Рис. 4.106. Проведение диализа:

1, 2 — мембранные модули для диализа; 3 — ректификационная колонна; 4 — насос; 5 — регулирование температуры; 6 — пластинчатый теплообменник

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

4.8.3.2. Термические способы удаления спирта/ дистилляция

При использовании термических способов спирт удаляется из пива при нагреве. При давлении 1 бар вода имеет температуру кипения 100 °С, а спирт — 78,3 °С. Конечно, испарение воды медленно начинается не при 100 °С, а уже при более низких температурах, но и спирт начинает испаряться при температурах ниже 78,3 °С, поэтому таким способом можно осуществить разделение воды и этанола.

Однако испарение при атмосферном давлении приводит к ухудшению вкуса пива, поскольку в данном случае температуры все же велики.

Известно, что температура испарения (= температура кипения) зависит от давления: если мы понижаем давление, спирт может испаряться при значительно более низких температурах. Поэтому все термические способы удаления спирта осуществляются в щадящем режиме, под вакуумом, в разряженном пространстве при абсолютном давлении от 0,04 до 0,2 бар, благодаря чему достигаются температуры испарения между 30 °С и 55 °С. Снижение качества пива из-за влияния температур при этом зависит:

- от температуры испарения;
- от времени воздействия повышенных температур на пиво.

Во всех методах термического удаления спирта используются *вакуумно-перегонные аппараты* с различными конструктивными особенностями теплопередачи. Для вакуумной перегонки используются:

- выпарные аппараты с *нисходящим потоком* жидкости (рис. 4.107);
- многоступенчатые перегонные колонны (рис. 4.108);
- трехступенчатые пластинчатые испарители (рис. 4.109);
- центробежные испарители (рис. 4.110).

Выпарной аппарат с нисходящим потоком жидкости (рис. 4.107)

Выпарной аппарат с нисходящим потоком жидкости состоит из колонны (*1*), высотой 4–5м, с расположенными в ней теплообменными трубами (*2*), в которых пиво благодаря вакууму нагревается не выше 45 °С. По пути вниз спирт испаряется из пива, отделяется в сепараторе (*3*), а затем конденсируется в кон-

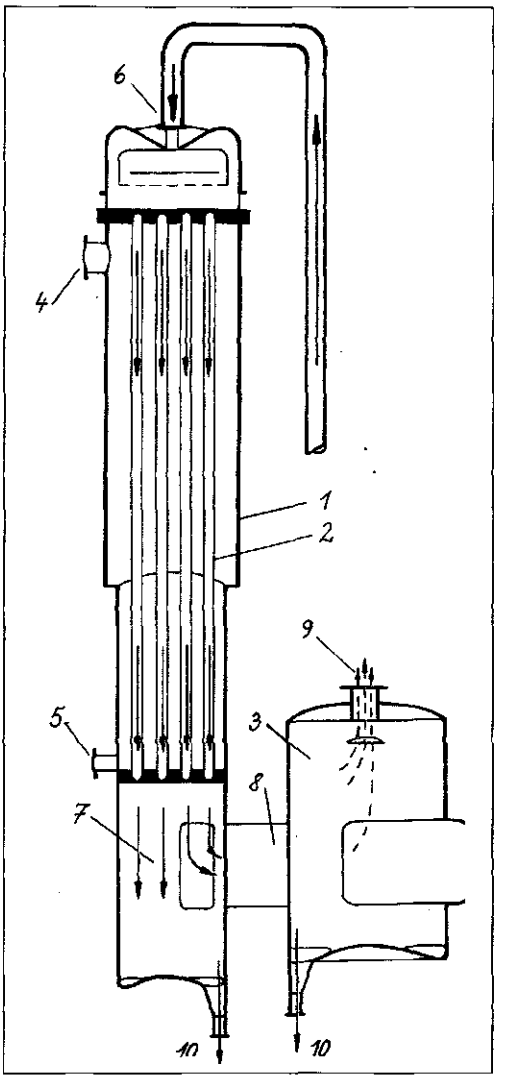


Рис. 4. 107. Выпарной аппарат с нисходящим потоком жидкости:

1 — испарительная колонна; 2 — обогревающие трубки; 3 — сепаратор; 4 — подача пара; 5 — выход конденсата; 6 — подача пива; 7 — конденсация частично деалкоголизированного пива; 8 — соединительная труба; 9 — отвод спиртосодержащих паров; 10 — выход безалкогольного пива

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

денсаторе. Частично деалкоголизированное пиво снова подвергается щадящей термической нагрузке во втором выпарном аппарате, где концентрация этанола падает до 0,03%об.

Вакуумная перегонная установка (рис. 4.108)

В этой установке подлежащее деалкоголизации пиво нагревается в пластинчатом теплообменнике до 45 °С и направляется в эпюрационную колонну (*3*), при входе в которую давление пива падает. При этом из пива испаряются легколетучие ароматические компоненты, которые позднее вновь добавляются к пиву в рекомбинационной емкости (*5*). В вакуумной спиртовой колонне (*4*) при 40 °С пиво освобождается от спирта, который осаждается в оросительном конденсаторе (*6*). Безалкогольное пиво охлаждается сначала до 4–5 °С (*2*), а затем до 0–1 °С, и поступает в рекомбинационную емкость (*5*), где вновь смешивается с легколетучими ароматическими веществами.

Трехступенчатая вакуум-выпарная установка

В такой установке (рис 4.109) пиво нагревается и подвергается выпариванию в три стадии.

Преимущества такого способа заключаются в следующем:

- разность температур очень незначительна;
- пластинчатые испарители обладают очень высокими коэффициентами теплопередачи;
- время контакта с поверхностью теплообмена минимально.

Конструкция и принцип действия

Трехступенчатая установка состоит из трех пластинчатых испарителей с нисходящим потоком жидкости (*2, 5, 6*).

В пластинчатом теплообменнике (*1*) подлежащее обработке пиво нагревается уходящим деалкоголизированным пивом и горячей водой до 30 °С. Нагретое пиво осторожно подогревается в первом испарителе (*2*); выделившиеся спиртовые пары собираются в ресивере (*3*), осаждаются охлажденным конденсатом (–1°С) в оросительном конденсаторе (*4*) и отводятся.

Во втором испарителе (*5*) пиво с еще достаточно высоким содержанием спирта нагревается до температуры максимум 38–40 °С. Возникающие спиртовые пары поступают в третий испаритель (*6*) и там конденсируются. Испаряющиеся при этом спирты используются для нагревания пива в первом испарителе (*2*).

Безалкогольное пиво второй ступени до конца деалкоголизируется (0,3–0,4% спирта) в третьем испарителе и отводится после двухступенчатого охлаждения (*1*).

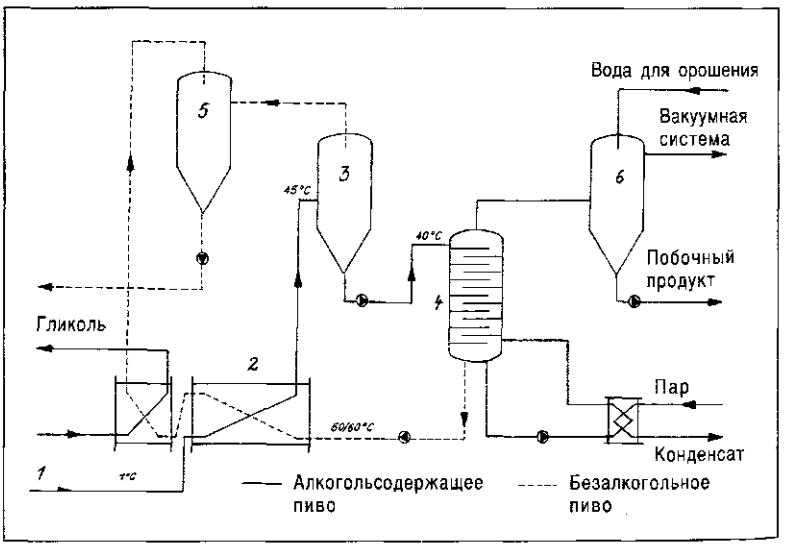


Рис. 4.108. Вакуумная перегонная установка:

1 — подача пива; 2 — пластинчатый теплообменник; 3 — эпюрационная колонна для отгонки легких ароматических соединений; 4 — вакуумная спиртовая колонна; 5 — рекомбинационная емкость; 6 — оросительный конденсатор

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

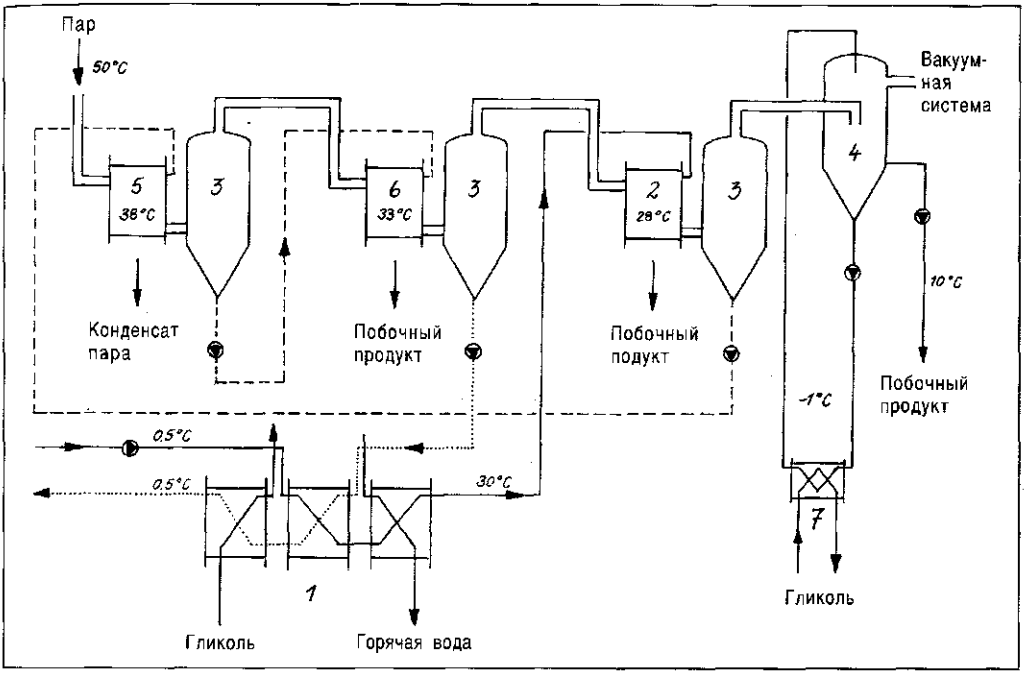


Рис. 4.109. Трехступенчатая вакуум-выпарная установка:

1 — теплообменник; 2 — 1-я выпарная ступень; 3 — ресивер; 4 — оросительный конденсатор; 5 — 2-я выпарная ступень; 6 — 3-я выпарная ступень; 7 — пластинчатый охладитель

Производительность таких широко применяемых установок может достигать до 200 гл/час.

Высокопроизводительный центробежный испаритель

Следующая интересная возможность удаления спирта из пива состоит в том, чтобы пропускать пиво через центробежный испаритель, внутренние поверхности тарелок которого нагреваются [42, 43].

Под влиянием центробежных сил пиво тонким слоем протекает между тарелками центробежного сепаратора, и нагревается насыщенным паром, который подается в двойную стенку центробежного испарителя (рис. 4.110). Спирт испаряется и улетучивается, в то время как частично деалкоголизированное пиво выдавливается наружу и отводится через разделительную шайбу.

В данной системе также работают под вакуумом при температуре 30–34 °C, чтобы оказывать на продукт как можно более щадящее воздействие. Весь процесс занимает менее 10 с, но должен быть повторен несколько раз, так как мгновенное снижение содержания спирта до уровня ниже 0,5% связано с определенными техническими проблемами.

Вкусовые изменения в пиве после обработки мембранными или вакуумно-дистилляционными методами

Безалкогольное пиво не такое вкусное, как исходное. Тому есть несколько причин, а именно:

- спирт играет роль в образовании вкуса;
- при удалении спирта исчезает не только этанол, но и многие другие летучие ароматические вещества, в особенности —
  - высшие спирты и
  - эфиры, некоторые из которых теряются на 80%.

Чтобы достичь определенного выравнивания вкуса, содержание спирта снижают до 0,3% об., а потом поднимают до разрешенных

ДИЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел. (095) 9167411

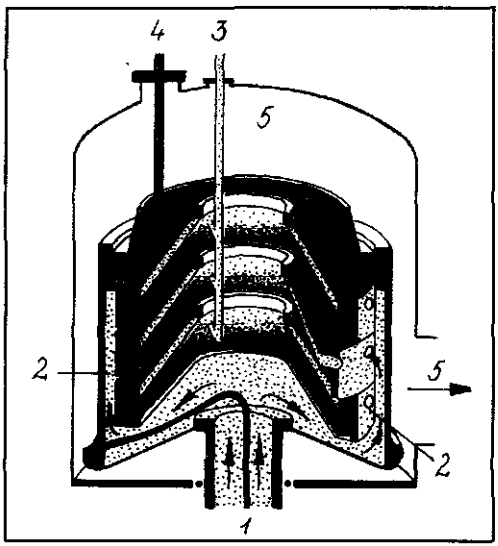


Рис. 4. 110. Центробежный испаритель (способ Centri-Therm); фирма Alfa Laval):

1 — подача пара и отвод конденсата; 2 — подвод пара к нагреваемым тарелкам; 3 — подача подлежащего деалкоголизации пива; 4 — выход частично деалкоголизированного пива; 5 — удаление спиртосодержащих паров

0,5% об. путем добавки пива на стадии завитков, молодого пива или готового к розливу пива. Таким образом, ароматические вещества вновь попадают в пиво и отчасти выравнивают вкус. То, что это не всегда удается, показывает вкусовое сравнение различных марок безалкогольного пива.

Снижение содержания спирта ниже требуемого уровня и смешивание в дальнейшем такого пива с завитками, молодым или готовым к разливу пивом до требуемой концентрации спирта оправдывает себя и при изготовлении сортов пива с пониженным содержанием алкоголя (Lightbier, Diatbier).

При этом в случае смешивания

- с отфильтрованным пивом частично восполняется содержание ароматических веществ, а
- при смешивании с завитками пиво приобретает более «живые», отчасти цветочно-дрожжевые оригинальные оттенки.

4.8.8.3. Подавление образования спирта

Другая возможность приготовления безалкогольного пива состоит в том, чтобы не проводить спиртового брожения вообще или прерывать его тогда, когда концентрация спирта еще низка.

Проблема в том, что вкус сусла не изменяется в сторону вкуса пива. Возникает смесь сусла и пива со сладковато-бумажным привкусом.

Чтобы с самого начала не допустить или снизить вероятность возникновения такого привкуса, необходимо обращать внимание на следующие моменты [112]:

- начальная экстрактивность сусла должна быть 7–8%;
- засыпь на 8–15% должна состоять из светлого карамельного солода (см. раздел 2.9.10);
- кипячение сусла должно быть достаточно долгим, чтобы из него успели испариться характерные для сусла ароматические вещества; особое внимание необходимо обращать на летучие **карбонильные соединения (альдегиды), которые являются носителями суслового вкуса;**
- должен быть правильно выбран штамм дрожжей по критерию образования побочных продуктов;
- важен момент, в который будет происходить разбавление сусла после завершения процесса кипячения;
- очень большую роль играет величина pH такого пива; при степени сбраживания 10% pH пива будет порядка 5,0 или чуть ниже, что способствует проявлению суслового вкуса.

К способам, основанным на прерывании брожения, относятся:

- сбраживание специальными дрожжами;
- метод контакта дрожжей с суслом при низких температурах;
- прерывание брожения при концентрации спирта ниже 0,5%;
- применение иммобилизированных дрожжей.

Сбраживание сусла специальными дрожжами

Самая простая возможность состоит в том, чтобы использовать для брожения не обыч-

DÜHLER ДЮЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

ные дрожжи, а штамм ***Saccharomycodes ludwigii***, который может сбраживать фруктозу и глюкозу, но не в состоянии расщеплять и потреблять мальтозу. Концентрация спирта не возрастает выше 0,5% об. Такое пиво содержит много сахаров и имеет сладкий вкус.

Метод контакта дрожжей с суслом при низких температурах [53]

В данном методе сусло при температуре –2°С тщательно перемешивается с пивными дрожжами. В таких условиях дрожжи практически не образуют спирт, но протекающие в них жизненные процессы приводят к появлению пивного аромата и исчезновению вкуса сусла. К таким процессам относятся поглощение определенных органических кислот, адсорбция ароматических веществ хмеля и образование различных эфиров. Важно, что при этом уменьшается количество **карбонильных соединений** (носителей вкуса сусла).

Пиво, изготовленное таким методом, обладает лучшими аналитическими и органолептическими показателями.

Прерывание брожения при концентрации спирта 0,5% об.

Такое пиво зачастую варится с начальной экстрактивностью 9–11% при пониженной норме внесения хмеля и сбраживается до содержания спирта 0,5% об. (видимая степень сбраживания около 10%). Общую низкую степень сбраживания можно достигнуть путем применения:

- метода затирания со скачкообразным нагреванием затора;
- добавлением к затору пивной дробины в качестве вкусового компонента [72].

В последнем случае 15%-ный затор (100 кг солода на 4 гл воды) затирается в течение 60 или 80 мин при 40 °С. Затем он перекачивается к кипевшей в течение 30 минут отварке из дробины (100 кг дробины + 2 гл последней промывной воды), так что температура всего затора повышается до 72 °С (КСС 60%). После 30 или 45 минут осахаривания затор нагревается до 76 °С и перекачивается на фильтрование.

Брожение проводится при температуре ниже 8 °С до содержания спирта менее 0,5% об. и прерывается путем:

- отделения дрожжей центрифугированием;
- фильтрованием;
- пастеризацией в потоке.

После этого пиво в течение еще не менее 10 дней созревает при 0 — +1 °С во избежание появления неприятного сернистого привкуса, а затем фильтруется, карбонизируется, стабилизируется и стерилизуется.

Сбраживание сусла иммобилизированными дрожжами

Под иммобилизацией дрожжей понимают закрепление дрожжей на каком-либо носителе (см. раздел 4.4.9). Закрепление дрожжей на подходящем носителе дает возможность контролируемо использовать ферментативный потенциал дрожжей — особенно в экспоненциальной и стационарной фазе брожения. Тем самым можно регулировать образование и расщепление побочных продуктов брожения.

Прежде всего дрожжи закрепляются на носителе, однако для этого пригоден не каждый штамм дрожжей. Очень важно выбрать подходящий штамм, создающий, в том числе, и «достойный» вкус. Но как только дрожжи поселись на носителе, они могут жить там достаточно долго. Взамен вымываемых клеток вырастают новые.

На баварском пивзаводе Lieshout/NL этим способом ежегодно изготавливается 800 000 гл безалкогольного пива [45]. Сусло при температуре 1°С медленно (время прохождения может меняться от 5 до 20 часов) просачивается сквозь гранулированную массу, на которой живут дрожжи. Благодаря низкой температуре и регулируемой скорости прохождения сусла можно точно контролировать и управлять образованием спирта.

Процесс регулируется таким образом, что хотя образование спирта и подавляется, но побочные продукты брожения, а вместе с ними и образующие вкус компоненты все же образуются. По данным этого предприятия, биореактор без проблем может работать больше месяца; избыточной биомассы не возникает. Другими преимуществами этого способа является:

- лучшее использование сырья;
- небольшие потери;
- отсутствие причинения вреда окружающей среде;
- очень короткая начальная стадия процесса.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

В настоящее время проводятся работы по совершенствованию этого способа, особенно в отношении дальнейшего улучшения аромата.

Работа с иммобилизированными дрожжами дает возможность точно управлять процессами брожения и созревания пива. Тем самым появляется хорошая база для перевода процесса приготовления безалкогольного пива на непрерывную основу.

4.9. Техника безопасности в отделениях брожения, дображивания и фильтрования

4.9.1. Несчастные случаи из-за углекислоты брожения

Без сомнения, наиболее опасным производственным фактором в бродильно-лагерном отделении является возникающий при брожении CO_2. Мы уже видели (см раздел 4.3.1.2), какое огромное количество CO_2 возникает при брожении. Для пивовара, который в случае наличия в бродильном отделении открытых чанов постоянно контактирует с CO_2, очень важно знать свойства и характер воздействия CO_2.

CO_2 не обладает вкусом или запахом; он в 1,5 раза тяжелее воздуха и поэтому скапливается в нижней части чанов и помещений. При постоянном движении воздуха скапливания CO_2 не происходит, но наблюдается повышение его концентрации в воздухе. Из-за содержащегося в воздухе CO_2 снижается необходимая для нормального дыхания концентрация кислорода. Повышение концентрации CO_2 приводит к нарушению дыхания. При содержании CO_2 в воздухе менее 1%об. не установлено негативного воздействия на физическое состояние человека в течение длительного времени. Поэтому по нормам ФРГ

- макаксимальная концентрация на рабочем месте должна составлять не более 0,5% об. CO_2;
- уровень кратковременного воздействия, то есть уровень, который может быть достигнут максимум 3 раза за смену в течение 60 минут, но не должен быть превышен, – 1.0 % об. CO_2.

При более высоких концентрациях:

- при 1–2% об. и физической нагрузке возникают изменения в составе крови;
- при превышении 2% об. ухудшается дыхание, нарушается мозговое кровообращение, появляются круги и пятна перед глазами;
- при еще более высокой концентрации CO_2 повышается частота пульса, возникает головная боль, чувство головокружения, шум в ушах и тому подобное; при концентрации 8–10% человек теряет сознание, а затем наступает смертельный исход.

История пивоварения знает много таких несчастных случаев из-за воздействия CO_2 со смертельным исходом. Причина была почти всегда одна и та же – переоценка собственных сил. Как правило, все происходило примерно так: «Иди спокойно пообедай, я только закончу еще один танк или чан». Возникающая усталость и странная слабость относились к последствиям весело проведенных выходных. Человек продолжал работу, пока слабость не подгибала колени, а чрезмерная концентрация CO_2 у днища не приводила к потере сознания и летальный исход.

Вернувшийся с обеда коллега в большинстве случаев мог только констатировать летальный исход.

Но и те, кого удавалось спасти, всю жизнь ощущали последствия пережитого. Поэтому необходимо полностью соблюдать данные ниже указания по удалению CO_2 перед спуском в танк.

Удаление CO_2 перед проведением работ в танках

В случае цилиндроконических танков проблема удаления CO_2 решена, поскольку мы и без того заинтересованы в том, чтобы улавливать углекислоту брожения и после прохождения

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

через установку рекуперации вновь использовать ее для нужд производства.

При открытых чанах CO_2 перетекает в цех и должен отводиться из самой нижней части помещения. При этом по понедельникам, перед началом работы, необходимо обращать внимание на возможное значительное скапливание CO_2 за выходные. На больших предприятиях естественное удаление CO_2 должно поддерживаться мощными вентиляторами.

Для работы внутри бродильных чанов и лагерных танков существуют определенные правила. Эти правила очень важны, поскольку из-за невозможности хорошей вентиляции чанов или танков нужно считаться с сильным накоплением CO_2 в этих емкостях. Поэтому:

- операции по удалению CO_2 перед спуском в емкость (путем отсасывания CO_2 или разбрызгивания воды) следует проводить до тех пор, пока концентрация CO_2 не снизится до 0,5% об., или, при кратковременном контакте, до 1,0% об.;
- должены иметься инструкции по охране труда, в которых должны быть указаны все подлежащие исполнению меры безопасности;
- спускающийся в чан работник должен быть проинструктирован о возникающей опасности; инструктаж необходимо проводить непосредственно перед началом работ, а также на регулярной основе;
- наверху должен постоянно присутствовать человек, поддерживая контакт с работающим в емкости;
- ответственный за технику безопасности обязан регулярно проверять соблюдение утвержденных правил.

Обязательное проведение измерений CO_2

В Германии существует закон, по которому все открытые чаны и лагерные танки должны проверяться контрольно-измерительными приборами, поскольку «поступление опасных веществ в воздух рабочей зоны не может быть исключено полностью».

Раньше наличие CO_2 проверяли горящей свечой, которую опускали в чан. Если свеча гасла, значит в емкости скопился CO_2. Однако свеча гаснет только при концентрации CO_2 8–10%, то есть в зоне высокой опасности, так что данный способ непригоден для измерения.

В настоящее время находят применение индикаторы наличия газа, которые измеряют CO_2 либо в контрольных пробах, либо (лучше всего) непрерывно.

4.9.2. Техника безопасности при работе с ЦКТ

(в соответствии с немецким законодательством. — *Прим. ред.*)

Контрольные люки

Для возможности безопасного освидетельствования каждый ЦКТ должен быть снабжен верхним и нижним люком, диаметр отверстий которых должен составлять не менее 450 мм. Нижний люк, который представляет собой сегмент верхушки конуса, должен быть смонтирован таким образом, чтобы данная часть конуса не падала вниз, когда все болты уже откручены.

Верхний люк расположен в верхушечной плите. При проведении осмотра сверху — что особенно важно при контроле стенок — спускающийся человек страхуется с помощью пояса и троса; применение веревочных или приставных лестниц строго запрещено. Для осмотра существуют:

- индивидуальные приспособления для спуска в шахты;
- оборудование для осмотра танков, позволяющее проводить работы на стенах.

В каждом случае перед спуском необходимо проводить полную вентиляцию танка.

Предохранительные приспособления против превышения установленного давления

Превышение давления в ЦКТ может случиться в любой момент. Избыточное давление может возникнуть уже по той простой причине, что танк по недосмотру переполнили. Этому должен помешать датчик верхнего уровня, который при достижении предельного уровня выключит насос и тем самым предотвратит переполнение танка. Однако при наполнении танка с противодавлением или при выдавливании содержимого танка нельзя исключить возможности превышения давления.

Для безопасной эксплуатации каждый танк оборудован пружинным или рычажным

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

предохранительным клапаном (см. раздел 4.4.2.1.2.1).

Предохранительные приспособления против вакуума

Необходимость наличия и принципы работы вакуумных клапанов рассматривались в разделе 4.4.2.1.2.2.

Мойка и обогрев предохранительной арматуры на ЦКТ

Из-за залипания или замерзания, особенно в случае наружного расположения танка, работа предохранительной арматуры может быть нарушена. В связи с этим необходимо:

- интегрировать предохранительную арматуру в систему CIP;
- при необходимости — обогревать верхушечную арматуру.

Обслуживание верхушечной плиты ЦКТ

Безопасный доступ к оборудованию на верхушечной плите должен быть возможен в любой момент. Для этого на всех ЦКТ, независимо от того, снаружи или внутри помещения находится танк, должна быть оборудована площадка для обслуживания, расположенная в одной плоскости с верхушечной плитой.

4.9.3. Техника безопасности при работе с кизельгуром

(в соответствии с немецким законодательством. — *Прим. ред.*)

Фильтрование невозможно представить себе без кизельгура, но при работе с этим веществом возникает силикатная пыль, которая опасна для здоровья.

Силикатная пыль попадает в организм при вдыхании. Большую часть пыли человек затем выдыхает, но какое-то количество наиболее мелкой пыли оседает на поверхности легких. Находящиеся там защитные клетки (макрофаги) способны поглощать чужеродные тела и обезвреживать их.

Но поглотив пыль, эти клетки погибают, что в результате приводит к возникновению язв и повреждению верхних дыхательных путей и легких. Как следствие, возникает силикоз или силикозо-туберкулез легких.

По этой причине в ФРГ действуют строгие предписания по работе с кварцем и кварцсодержащей пылью, к которым относится и кизельгур.

В качестве защитных мер против распространения кизельгуровой пыли предлагаются:

- аспирация воздуха, отводимого от оборудования, и фильтрование пыли (фильтры тонкой очистки из бумаги или других мембранных материалов);
- отсасывание воздуха вблизи дозаторов посредством водоструйного насоса;
- опустошение мешков с помощью специальной машины, препятствующей образованию пыли;
- использование индивидуальных защитных масок (фильтрующее приспособление с фильтром для тонких частиц);
- доставка кизельгура на предприятие в специальных автоцистернах спецтранспортом для перевозки сыпучих продуктов и хранение кизельгура в силосах.

Персонал, подвергающийся воздействию силикатной пыли, должен регулярно проходить обследование у врача-специалиста.

4.9.4. Общие указания по технике безопасности

Техника безопасности является общим делом всех работников пивоваренного предприятия. Соблюдение предписаний по технической безопасности должно быть само самим разумеющимся правилом для всех сотрудников.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

5. Розлив пива

Пиво разливают:

- преимущественно *в бутылки;*
- частично *в банки;*
- оставшуюся часть — в *кеги, специальные бочонки* и другие виды стекло- и банкотары небольшой емкости.

Для выполнения розлива, начиная с момента подачи пива и до отправки потребителю, необходимо наличие *системы упаковки и транспортировки.*

5.1. Розлив в бутылки многоразового использования

Большая часть пива разливается в стеклянные бутылки многоразового использования, меньшая — в одноразовые стеклянные бутылки. Все больший интерес в сфере розлива пива приобретают также пластиковые ПЭТ- или ПЭН-бутылки, или сделанные из другого материала.

5.1.1. Стеклянные бутылки многоразового использования

5.1.1.1. Преимущества и недостатки бутылок многоразового использования

Стекло является во многих отношениях идеальным упаковочным материалом для напитков. Оно

- нейтрально для вкуса;
- газонепроницаемо;
- термостойко;
- не деформируется.

Однако стекло

- довольно тяжелое (вместе с ящиками стеклотара весит столько же, сколько ее содержимое);
- материал бьющийся, что создает проблемы для потребителя или персонала;
- создает проблемы с удалением боя стекла.

5.1.1.2. Изготовление стеклянных бутылок

Стекло производится на стеклозаводах в среднем из 72% кварцевого песка (SiO_2), 13% Na_2O, 10% CaO, 2% MgO, 1,5% Al_2O_3 и красящих примесей в виде окислов металлов (Fe_2O_3, Cr_2O_3).

Бутылки выдавливаются из раскаленных заготовок в мощных установках. Придание бутылке внешнего вида, включая форму горлышка, равномерное формирование внутренней части, включая равномерную толщину стенок, выполняется автоматически и проверяется после медленного остывания бутылки.

5.1.1.3. Формы бутылок

Как можно легко убедиться, форм бутылок существует огромное количество. В Германии, как и в других европейских странах, уже в течение десятилетий применяются полулитровые евробутылки. Сначала цилиндрическая часть тела бутылки выполнялась равномерно цилиндрической (евроформа 1); при этом недостатком было то, что возникали царапины и другие повреждения этикеток, которые терлись непосредственно одна о другую. Во избежание этого на верхней и нижней границах цилиндрической части были сделаны небольшие утолщения, так называемые **кольца трения** (евроформа 2). Благодаря этому были устранены повреждения этикеток.

Начиная с 1990 г. в Германии все в большей мере применяется 0,5 л — бутылка типа NRW (от немецкого Nord Rhein–Westfalie, земля Северный Рейн–Вестфалия, где эта

бутылка была впервые применена) с заданной массой в 380 ± 20 г и двумя кольцами трения.

5.1.1.4. Цвет бутылки

Под воздействием света с длиной световой волны от 350 до 500 нм вкус пива портится, так как вследствие отщепления боковой цепи изо-α-кислоты хмеля расщепляются меркаптановые соединения, придающие пиву неприятный «засвеченный» привкус. Этот привкус возникает тем сильнее, чем интенсивней и длительнее оказывается воздействие света с такой длиной волны.

Лучше всего (но все же не абсолютно) от света защищают коричневые бутылки (рис. 5.1). Если по рекламно-техническим соображениям используется зеленая или бесцветная бутылка, становится необходимой защита от света, которая должна осуществляться вплоть до потребления продукта. «Засвеченный» привкус может возникнуть на удивление быстро, ощутимо снижая качество (см. раздел 4.6.4.4).

В настоящее время модно применение бутылок синего цвета, однако этот цвет не улучшает светозащиты.

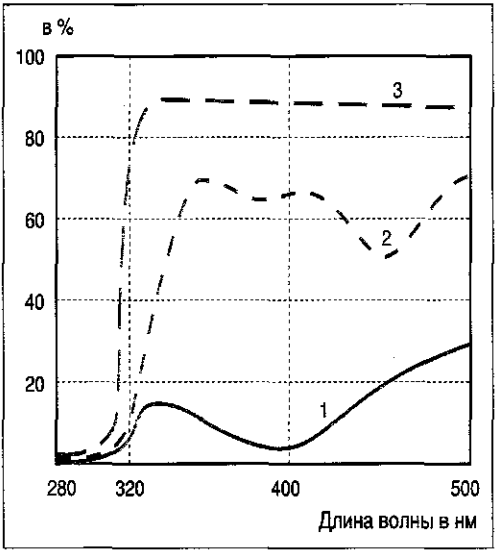


Рис. 5.1. Проникаемость лучей света с различной длиной волн в зависимости от цвета стекла:

1 — коричневое стекло; 2 — зеленое стекло; 3 — бесцветное стекло

5.1.1.5. Обработка поверхности бутылки

Стеклянная бутылка — в том виде, как она выходит из стеклодувочной машины — по шероховатости поверхности, предопределяющей степень износа и боя, еще «не доросла» до удовлетворения требований современных высоких скоростей розлива. Бутылка приобретает гладкую поверхность только после комбинированной горячей и холодной обработки, проводимой на стекольном заводе.

В ходе ***горячей обработки*** при температуре около 600 °C имеющиеся на поверхности стекла микротрещины заполняются оксидами металлов (SnO, TiO), чем укрепляется поверхность стекла и образуется защита от трещин, которые могут возникнуть в ходе последующего производственного процесса [185], а прочность бутылки повышается. Благодаря ***холодной обработке*** при температуре около 100 °C и при помощи водных дисперсий на базе полиэтилена поверхность стекла становится гладкой и скользкой, что необходимо для достижения бесперебойности процесса розлива.

5.1.1.6. Износ (скаффинг)

После 5–7 оборотов тары вследствие воздействия моющего раствора щелочи и высоких температур защитный слой, полученный в результате холодной обработки в большей или меньшей мере смывается. Это ведет к тому, что уменьшается прочность бутылки, достигнутая в результате горячей обработки, так как стекло разъедается горячим щелочным раствором *(химический износ)*. Таким образом, поверхность бутылки остается беззащитной перед изнашивающими воздействиями и становится все более исцарапанной.

Царапины становятся особенно заметными в тех местах, где бутылки сталкиваются, то есть на кольцах трения. Поэтому кольца трения все больше превращаются в своего рода «кольца царапин». Такое состояние называют *механическим износом*.

Основными причинами износа являются столкновения бутылок и трение их одна о другую на транспортерах в пределах пивоваренного предприятия. Особо критическими зонами являются:

- места накопления бутылок и участки подачи и разгрузки;

ЭТИКЕТКИ ОТ Полиграфоформления

- поворотные и выдавливающие участки транспортеров;
- сектор подачи бутылок в бутылкомоечную машину.

Подробнее об этом см. в разделе 5.7.1.

5.1.1.7. Дополнительная защитная обработка бутылок

Бутылки на пути между мойкой и разливочным автоматом или после их наполнения можно подвергнуть дополнительной защитной обработке. При этом могут быть использованы два различных способа:

- при помощи нанесения тонкой восковой пленки;
- при помощи нанесения тонкой полиэтиленовой пленки.

В первом случае речь идет только о «косметическом» способе; во втором случае перед этикетированием благодаря контактному нанесению (с помощью губки) на бутылку наносится новое полиэтиленовое покрытие, которое делает невидимыми царапины, восстанавливает прочность стенок бутылки по отношению к износу и улучшает ее скользящую способность.

При этом способе осуществляется контактное нанесение покрытия. Тем самым исключается попадание средства обработки внутрь бутылки, а также на ее горлышко.

5.1.1.8. Бутылки многоразового использования из легкого стекла, покрытые полимерным материалом

В последнее время стали применяться (в основном для розлива минеральной воды) бутылки из легкого стекла с полимерным покрытием. Преимущество их в том, что практически исключается механический износ, и бутылка если и выходит из строя, то не разбивается, так как полимерное покрытие ее укрепляет.

В последнее время также появилась новая технология, позволяющая изготавливать стеклотару с двухслойными стенками: даже если снаружи стенка будет повреждена, внутри она останется целой.

5.1.1.9. Последовательность технологических операций при использовании стеклянных бутылок многоразового использования

При подготовке и обработке бутылок перед розливом необходим целый ряд технологических этапов:

- контроль поступающих бутылок многоразового использования;
- мойка бутылок;
- инспектирование бутылок на предмет чистоты и наличия дефектов;
- наполнение и укупоривание бутылок;
- контроль полных бутылок;
- проведение их через туннельный пастеризатор (при необходимости);
- этикетирование и оформление бутылок.

Технологический процесс обеспечивается множеством транспортных устройств для бутылок, ящиков и поддонов.

5.1.2. Мойка бутылок многоразового использования

Перед наполнением все бутылки многоразового использования должны быть вымыты.

Целью мойки является подача бутылок:

- чистых;
- свободных от микроорганизмов;
- свободных от остатков прежнего содержимого.

Поскольку бутылки иногда поступают от потребителей со значительными загрязнениями, то мойка бутылок многоразового использования — довольно дорогостоящее мероприятие, а *бутылкомоечная машина* — наиболее крупный агрегат линии розлива.

Прежде чем бутылки пойдут в бутылкомоечную машину, из их общего количества должны быть отсортированы бутылки:

- несоответствующей высоты, формы и цвета;
- с дефектным горлышком;
- с неоткупоренной пробкой или неоткрученным колпачком (см. также раздел 5.7.3.3.).

ЭТИКЕТКИ ОТ Haute couture

5.1.2.1. Факторы, влияющие на чистоту бутылок

Для достижения эффективной мойки бутылок используются сочетания нескольких факторов воздействия [165].

Воздействие моющими средствами

Важнейшим средством мойки является, без сомнения, вода, без которой вымыть бутылку невозможно. Эффективность мойки одной водой низка, поэтому ее повышают путем добавки моющих средств (как правило, едкого натра).

Моющие средства являются щелочными и они обладают бактерицидным действием, особенно при высоких температурах, а также грязерастворяющим и грязеудаляющим действием, что способствует удалению загрязнений.

В целях повышения эффективности мойки и снижения нежелательного пенообразования к щелочному раствору примешиваются также и добавки. Кроме того, бутылки должны приобрести слегка блестящий вид.

Воздействие высоких температур при мойке

Высокие температуры действуют на растворение грязи ускоряюще. При мойке стеклянных бутылок многоразового пользования ***для достижения хорошего моющего эффекта применяют температуры от 80 до 85 °С***.

Однако попадать в область таких температур бутылки должны не сразу, так как при этом может возникнуть высокое напряжение стекла и бутылки могут растрескаться. Следует избегать скачков температуры свыше 30° при нагреве и свыше 20 °С — при охлаждении. При низкой температуре окружающей среды (при образовании льда) особое внимание следует уделять постепенности повышения и снижения температур. Замерзшие бутылки перед подачей их в бутылкомоечную машину должны оттаять.

Время воздействия

Чем дольше действует горячая моющая жидкость, тем выше эффективность мойки. Продолжительность погружения в щелочной раствор (каустик) в среднем составляет 6–7 мин, а в случае необходимости ее можно значительно увеличить. Это время определяется при проектировании машины и затем может изменяться лишь в небольших пределах.

Механическое воздействие путем шприцевания

Растворение загрязнений требует существенных затрат времени на их растворение и отмочку. Это также касается удаления этикеток, клея и фольги (при ее наличии), для чего бутылкомоечные машины оснащаются достаточно вместительными ваннами для отмочки.

Когда большая часть загрязнений растворилась, процесс мойки подкрепляется механическим воздействием струи воды при шприцевании. Большое значение придается шприцеванию при мойке внутренней части бутылки.

5.1.2.2. Бутылкомоечные машины

В бутылкомоечных машинах для достижения полного эффекта мойки осуществляются следующие технологические стадии:

- полное опорожнение бутылок (удаление остатков);
- отмочка;
- щелочная ванна;
- щелочное шприцевание;
- промежуточное шприцевание;
- шприцевание горячей водой;
- шприцевание холодной водой;
- шприцевание свежей водой.

5.1.2.2.1. Конструкции бутылкомоечных машин

Для выполнения этих технологических стадий имеется несколько возможностей. В основном применяются два различных типа бутылкомоечных машин:

- ***односторонние;***
- ***двухсторонние.***

В соответствии с производительностью всей линии розлива проектируются бутылкомоечные машины производительностью от 10 000 до 150 000 бутылок в час.

Односторонние бутылкомоечные машины

У обычных для Германии односторонних машин ввод бутылок в машину и их вывод находятся с одной стороны. Такая машина (рис. 5.2) работает по следующему принципу.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Полиграфоформления

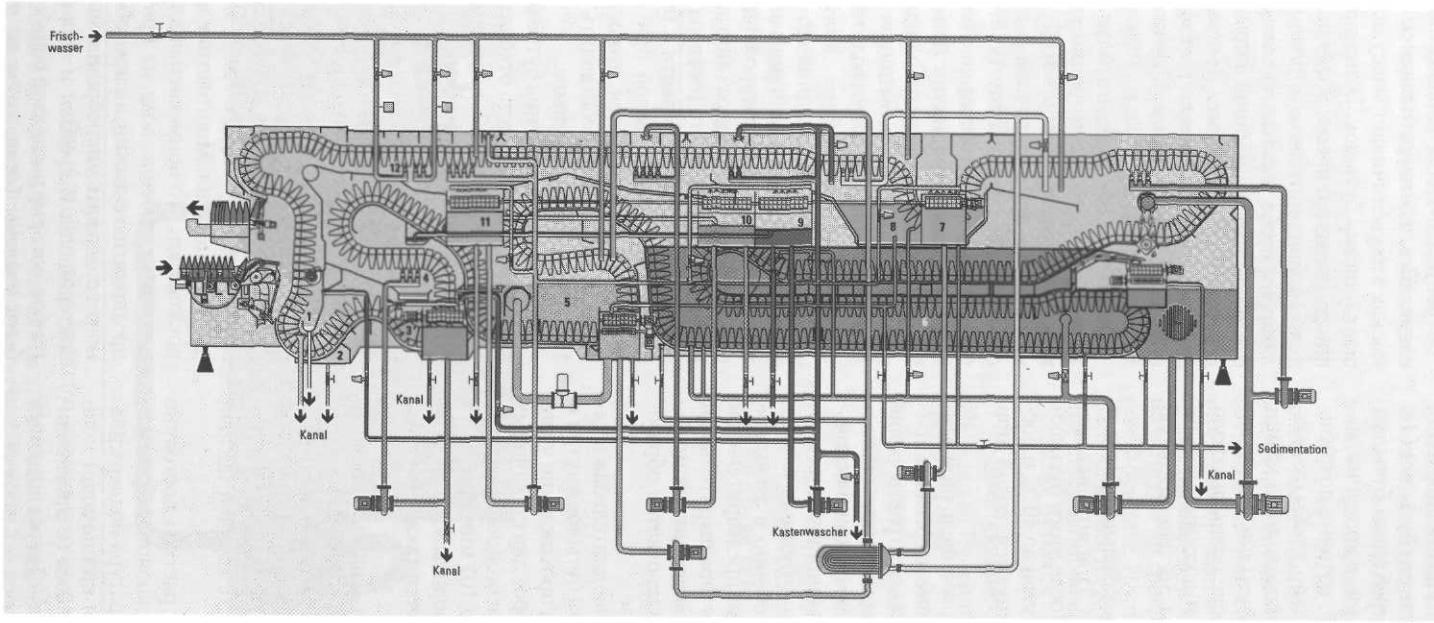


Рис. 5.2. Конструкция и принцип действия односторонней бутылкомоечной машины (тип Lavatec Kes, фирма «Кронес», г. Нойтраублинг)

(Для наглядности на рисунке насосы и трубопроводы, работающие внутри машины, вынесены наружу):

1 — окончательное опорожнение с отдельным отводом; 2 — первая отмочка; 3 — вторая отмочка при температуре воды примерно 40 °С; 4 — первое шприцевание водой при температуре 40–50 °С; 5 — предварительная щелочная ванна с температурой примерно 60 °С; 6 — основная щелочная ванна с температурой 80 °С; 7 — последний щелочной раствор; 8 — последняя щелочная погружная ванна (с температурой 60 °С); 9 — первое шприцевание горячей водой; 40–45 °С, 10 — второе шприцевание теплой водой, 25–30 °С; 11 — шприцевание холодной водой, 15–20 °С; 12 — шприцевание свежей водой 10–12 °С;

Frischwasser — свежая вода; Kanal — сброс в канализацию; Kastenwascher — мойка ящиков; Sedimentation — седиментация

После входа в машину сначала проходит удаление остатков содержимого бутылки (*1*). Поскольку бывшие в употреблении бутылки зачастую содержат остатки прокисших напитков или тех жидкостей, которые потребитель в них хранил, желательно, чтобы окончательное опорожнение происходило до мойки внутренней поверхности бутылки. Вытекающие остатки напитков несут очень высокую биологическую нагрузку и должны быть по возможности направлены на специальную анаэробную обработку.

Затем бутылки последовательно проходят две погружных ванны (*2* + *3*), в которых загрязнения растворяются. После этого бутылки нагреваются снаружи и внутри до 40 °С и после перевертывания шприцуются водой при температуре от 40 до 50 °С.

В следующей затем первой щелочной ванне (*5*) происходит дальнейшее нагревание примерно до 60 °С и продолжается растворение частичек грязи. Для предварительного ополаскивания применяется исключительно использованная вода от горячего шприцевания промытых бутылок. Вода в погружных ваннах все больше остывает (особенно в холодное время года). Поэтому, кроме предварительной отмочки, проводят также предварительный нагрев бутылок и благодаря постепенному повышению температуры исключается образование напряжений в стекле.

Затем происходит самая длительная и самая интенсивная обработка бутылок внутри и снаружи при многорядном прохождении через щелочную ванну (*6*) , которое для стеклянных бутылок многоразового использования происходит в течение 6–8 (до 10) мин при 80 °С. За это время должна раствориться любая форма загрязнений. Это касается также этикеток и этикеточного клея.

Если бутылкомоечная машина оснащена более чем двумя щелочными ваннами, то второй раствор щелочи зачастую имеет более низкую температуру (65–70 °С), а также более низкую концентрацию (0,6 до 0,8% NaOH), так как определенная часть горячей щелочи постоянно выносится.

Поскольку щелочной раствор постоянно охлаждается вновь поступающими бутылками, его постоянная температура поддерживается путем перекачивания при помощи мощного циркуляционного насоса (с производительностью от 100 до 150 м^3/с) через поточный нагреватель.

Требуется, чтобы этикетки полностью отклеивались, но не распадались на волокна, так как это увеличивает массу шлама и ухудшает очистку бутылок. Этикетки при помощи соответствующего устройства (см. раздел «Удаление этикеток и стеклобоя») отделяются и особо обрабатываются. Но все же в отстойном отсеке машины образуется шлам, который следует удалять (см. раздел «Обработка щелочного моющего раствора»), так как он все больше снижает эффективность щелочного раствора.

Наполненные щелочным раствором бутылки переворачивают, шприцуют и смывают еще оставшиеся этикетки. Пустые бутылки идут дальше, а щелочной раствор стекает обратно в щелочную ванну. Во второй щелочной ванне (*7, 8*) бутылки еще раз обмывают снаружи, а затем шприцуют при температуре 50–55 °С, тем самым слегка их охлаждая. Стекающая жидкость и избыточная теплота щелочного шприцевания отводятся в первую щелочную ванну (*5*).

На следующих станциях (*9, 10* и *11*) бутылки подвергаются шприцеванию водой с понижающейся температурой (сначала внутри и снаружи, затем еще раз внутри) для удаления остатков щелочного раствора и щелочных добавок с тем, чтобы перейти к постепенному охлаждению свежей водой при температуре от 10 до 12 °С. Считается, что остаток капель в бутылках может составлять не больше 1 мл/бут. или даже меньше.

Во время прохождения бутылок израсходованная моющая жидкость отводится обратно в ванну отмочки (рис. 5.2а), препятствуя тем самым изменению концентрации и потерям моющего средства. Можно исходить из того, что после такой длительной и горячей обработки в щелочной ванне никакие микроорганизмы не выживут. Однако выходящие на стороне разгрузки бутылки могут рассматриваться как свободные от микроорганизмов лишь в том случае, если исключена возможность их попадания внутрь бутылки с водой, используемой для шприцевания. Многолетние исследования показывают, что применяемая для шприцевания вода, особенно вода из принадлежащих предприятию скважин, а также оборотная вода может содержать микроорганизмы, причем как бактерии, так и дрожжи и споры плесневых грибов, которые после этой обработки не могут быть удалены (если затем не производится

ЭТИКЕТКИ ЛТ Полиграфоформления

туннельная пастеризация). Это может привести к появлению в розлитом напитке биологических проблем.

Особенно опасны в этом отношении ванны и трубопроводы в секторе шприцевания горячей водой, так как температуры от 30 до 50 °C создают для микроорганизмов оптимальные условия роста, и поэтому ванны и трубопроводы необходимо регулярно мыть. Это относится в первую очередь к участкам около шприцов и над шприцами, особенно благоприятных при указанных температурах для образования очагов микробиологического загрязнения.

Если на этой стадии микроорганизмы попадают в бутылку (происходит загрязнение), то последующее шприцевание свежей водой уже не сможет полностью их удалить. Зачастую в установке имеются также пористые отложения накипи, которые служат очагами микробиологического загрязнения.

Особое значение придается биологически безукоризненной чистоте воды, применяемой для шприцевания (горячей и холодной), в связи с чем для подстраховки в последнюю шприцевальную воду часто добавляют допустимые количества двуокиси хлора (ClO_2).

Всю верхнюю, всегда находящуюся во влажных теплых условиях, камеру бутылкомоечной машины также можно рассматривать как участок для возможного размножения микроорганизмов.

Остающаяся в бутылке вода стекает за полминуты до содержания 0,5 мл в пол-литровой бутылке. Но этого времени обычно нет в распоряжении из-за необходимости обеспечения высокой производительности установок.

Затем бутылки направляются к инспекционной машине.

Односторонние бутылкомоечные машины обычны для Германии. Они имеют следующие преимущества:

- хорошее использование помещения при небольшой занимаемой площади и высоте машины;
- экономичный принцип действия, особенно для небольших линий розлива;
- невысокая цена.

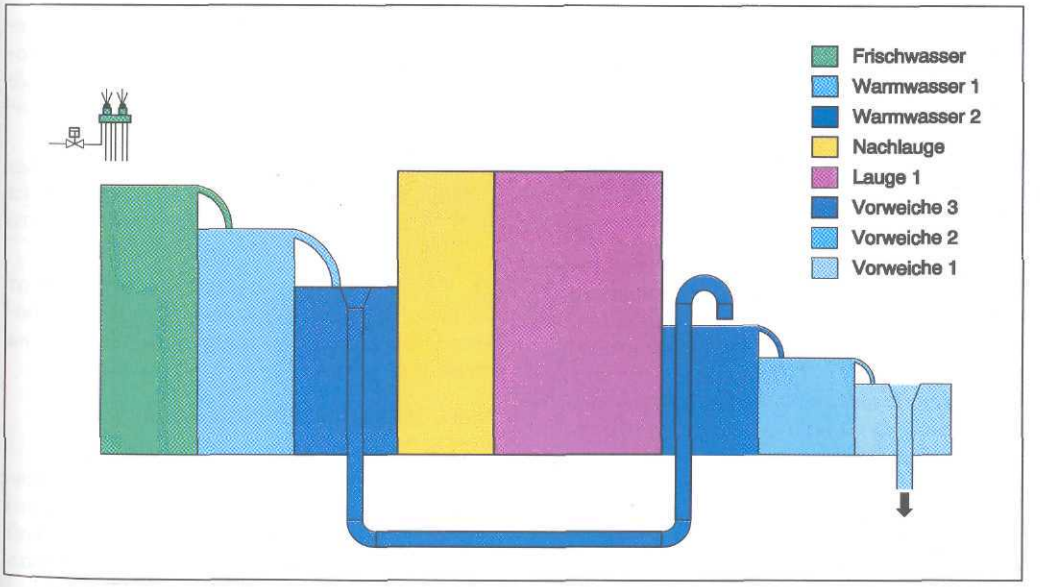


Рис. 5.2а. Путь воды через бутылкомоечную машину:

Frischwasser — свежая вода; Warmwasser 1 — горячая вода 1; Warmwasser 2 — горячая вода 2; Nachlauge — последний щелочной раствор; Lauge 1 — щелочь 1; Vorweiche 3 — отмочка 3; Vorweiche 2 — отмочка 2; Vorweiche 1 — отмочка 1

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

Недостатком этих машин считается следующее:

- грязные бутылки поступают пространственно близко к выходящим уже чистым бутылкам, и поэтому необходимо принять меры, чтобы избежать появления биологических проблем.

Двухсторонние бутылкомоечные машины

Другой тип конструкции представляют собой двухсторонние бутылкомоечные машины, у которых ввод и вывод бутылок расположены на противоположных сторонах. В большинстве случаев в них производится такая же интенсивная обработка бутылок при помощи больших щелочных ванн с вертикально расположенными погружными петлями (рис. 5.3). Машины могут иметь до 6 щелочных погружений; время погружения — 6–8 мин. В случае необходимости оно может быть увеличено до 25 мин.

После входа бутылок в машину они движутся вверх и освобождаются от остатков содержимого (*1*). Это очень важно, так как бывшие в употреблении бутылки могут содержать:

- испортившиеся остатки напитков, иногда в большом количестве;
- остатки других жидкостей, для хранения которых использовалась бутылка; добавление этих веществ к воде для отмочки означает ненужное ее загрязнение.

Сильно загрязненные сточные воды должны направляться непосредственно в установку для обработки сточных вод.

У изображенной на рисунке двухсторонней машины сначала происходит предварительное шприцевание (*3*) горячей водой, а затем в погружной щелочной ванне — первая отмочка и дальнейший нагрев бутылок до 50–60 °С.

В следующих двух (*5* и *6*) или трех щелочных ваннах бутылки основательно отмачивают при различных температурах, а затем шприцуют. Длительная и интенсивная обработка щелочным раствором гарантирует основательную мойку, эффективность которой дополнительно усиливается вследствие того, что щелочь находится в постоянном движении и удаляются этикетки.

В первой щелочной ванне (*5*) температура составляет 80–85 °С.

Во второй щелочной ванне (*6*) температура иногда поддерживается пониже — около 65–70 °С.

Вынужденная с точки зрения конструкции большая высота этих двусторонних машин требует в конце машины поворотных петель, которые сначала используются для погружения в ванну горячей воды (*10*) с тем, чтобы в следующих зонах шприцевания (11) водой с понижающейся температурой и в последней зоне шприцевания свежей водой надежнее удалить остатки щелочи и других добавок и постепенно охладить бутылки.

Вывод бутылок из машины происходит пространственно отдельно от ввода их в машину и может быть дополнительно отделен от «грязной» части перегородкой. Это может быть особенно актуальным в тропических условиях. Тем не менее такое преимущество потребует дополнительной рабочей силы на чистой стороне, и в современных машинах необходимости в этом нет. В настоящее время оператор необходим только на стороне ввода загрязненных бутылок в машину.

Перемещение кассет с бутылками в вертикальной петле у двусторонних машин происходит не строго вертикально, а слегка наклонно по двум соображениям:

- находящаяся в горизонтальном положении бутылка не наполнится до конца моющим раствором; образуются воздушные подушки, которые затруднят процесс мойки;
- находящаяся в горизонтальном положении бутылка полностью не опорожнится и вследствие этого унесет с собой много моющего щелочного раствора.

У всех двусторонних машин свободная от бутылок цепь на возвратном пути всегда проходит в нижней части машины обратно на сторону загрузки.

Двусторонние машины плоской конструкции

Для уменьшения очень большой высоты обычной двусторонней машины, то есть для того чтобы сделать ее конструкцию более плоской существует возможность частично изменить расположение вертикальных «петель».

Основная конструкция и принципы действия такой двусторонней машины соответствуют описанной выше машине: путем соот-

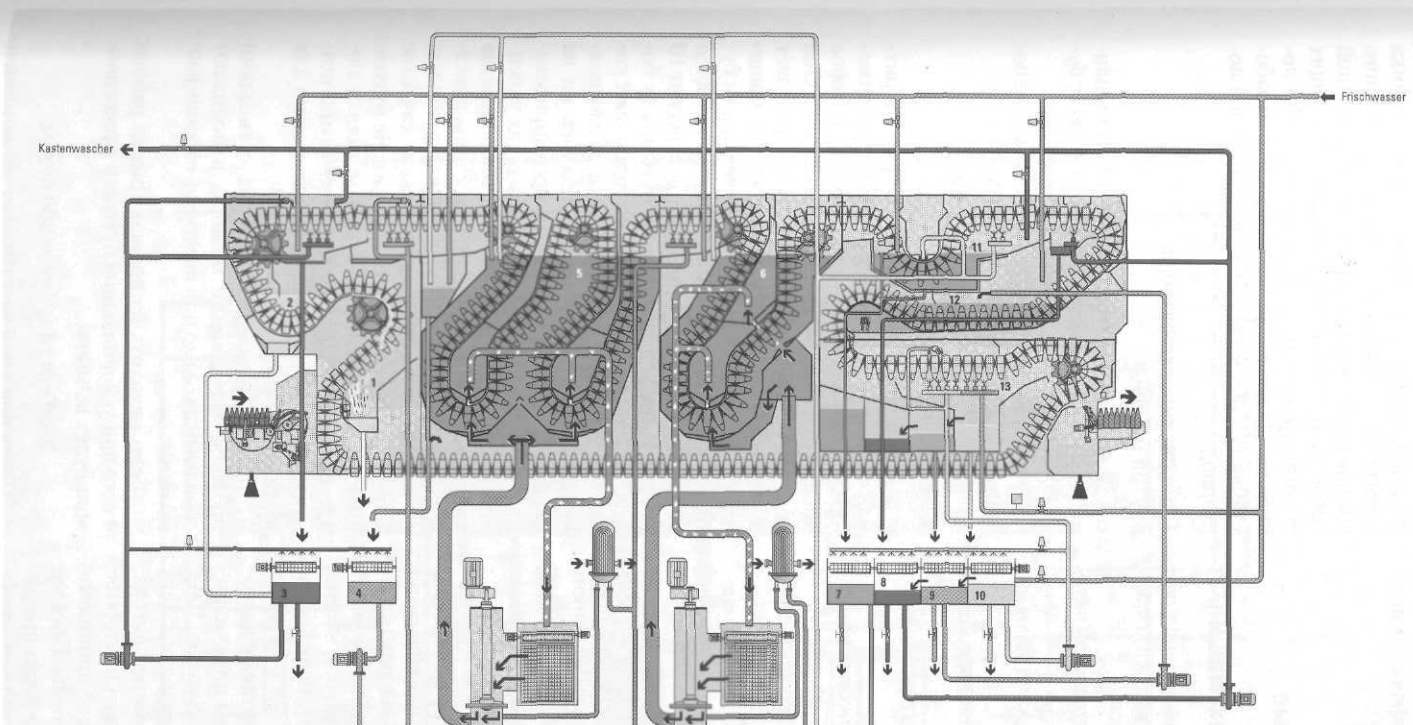


Рис. 5.3. Конструкция и принцип действия двухсторонней бутылкомоечной машины, высокая конструкция с вертикальными петлями (тип «Lavatec KD-1», фирма Кронес, г. Нойтраублинг):

1 — опорожнение бутылок; 2 — первое предварительное шприцевание; 3 — второе предварительное шприцевание; 4 — щелочная ванна 1; 5 — щелочная ванна 2; 6 — щелочная ванна 3; 7 — шприцевание горячей водой 1; 8 —подача горячей воды к погружной ванне с горячей водой 2; 9 — шприцевание холодной водой; 10 — погружная ванна 2 с горячей водой; 11 — шприцевание свежей водой

Kastenwascher — мойка ящиков

ветствующего расположения петель в щелочной ванне достигается тот же эффект мойки бутылок (рис. 5.4).

5.1.2.2.2. Основные конструкционные элементы бутылкомоечных машин

Все бутылкомоечные машины имеют ряд общих основных элементов, которые будут рассмотрены ниже. К ним относятся:

- *системы распределения и рекуперации теплоты;*
- *устройства для транспортировки бутылок внутри машины;*
- *устройства для загрузки бутылок в машину и выгрузки из нее;*
- *устройства для шприцевания бутылок;*
- *привод машины;*
- *устройства для удаления этикеток и стеклобоя;*
- *вытяжка испарений и газообразного водорода;*
- *устройства для дезинфекции головной части машины;*
- *система управления.*

Особого внимания заслуживает *моющий раствор щелочи;* его концентрация в машине постоянно должна удерживаться на заданном уровне.

Система распределения и рекуперации теплоты

Благодаря обширной системе трубопроводов и емкостей стоки воды после шприцевания собираются и перекачиваются насосами обратно. Часть отработавших стоков используется для подогрева ванн для отмочки, в которых грязные бутылки отмокают, прежде чем идти на щелочную обработку.

Содержимое щелочных ванн также постоянно циркулирует под действием циркуляционных насосов с объемом подачи в 100–150 м^3/час и удерживается в пределах заданной температуры с помощью терморегулятора. Но зачастую может потребоваться повторное использование стоков воды после шприцевания, так как эти стоки не загрязнены. Если же имеет место постоянный нагрев через предыдущую щелочную ванну, то эту теплоту также нужно отбирать. Это осуществляется тем, что посредством пластинчатого теплообменника избыточная телота из сектора щелочного шприцевания переносится к первой щелочной погружной ванне. Поскольку на последующих стадиях происходит шприцевание водой с понижающейся температурой, то здесь отработанная щелочь может быть использована повторно.

Транспортировка бутылок внутри машины

Бутылки транспортируются через всю машину рядами *в носителях, то есть в гнездах бутылочных кассет* с помощью конвейера.

Это движение бутылконосителей от одного шприца к другому может быть либо

- ритмично-прерывистым, либо
- непрерывным.

В обоих случаях речь идет о времени ритма работы такта, то есть времени передвижения от одной станции до другой, за которое происходит вход и выход одной кассеты. Оно обычно составляет 3–4 секунды и определяет производительность бутылкомоечной машины. В зависимости от производительности бутылкомоечная машина может иметь от 200 до 600 кассет с количеством бутылок в ряду от 16 (у очень малых машин) до 40 бутылок (у более крупных). Эти кассеты представляют собой прочную стальную конструкцию и выполнены так, чтобы они не прогибались ни на входе, ни на выходе, ни в секторе шприцевания или удаления этикеток. В кассетах укреплены гнезда для бутылок, изготовленные из пластмассы или в исполнении сталь/пластмасса (рис. 5.5), в которых транспортируются бутылки. Выбор пластмассы в качестве материала обусловлен тем, что иначе бутылки будут тереться о жесткий металл и повреждаться. Кроме того, бутылки в этих гнездах самоцентрируются, что очень важно для шприцевания.

Бутылки рядами в кассетах с гнездами проходят все станции машины и покидают свои гнезда только при выходе на стороне разгрузки.

Если исходить из времени ритма работы 4 с, то при условии одной бутылки в ряду должно будет вымыто

3600 с/ч : 4 с/бут. = 900 бут./ч.

Тогда при производительности, например,

ЭТИКЕТКИ ЛТ (812) 303-96-94 Полиграфоформления

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-96-04 Haute couture

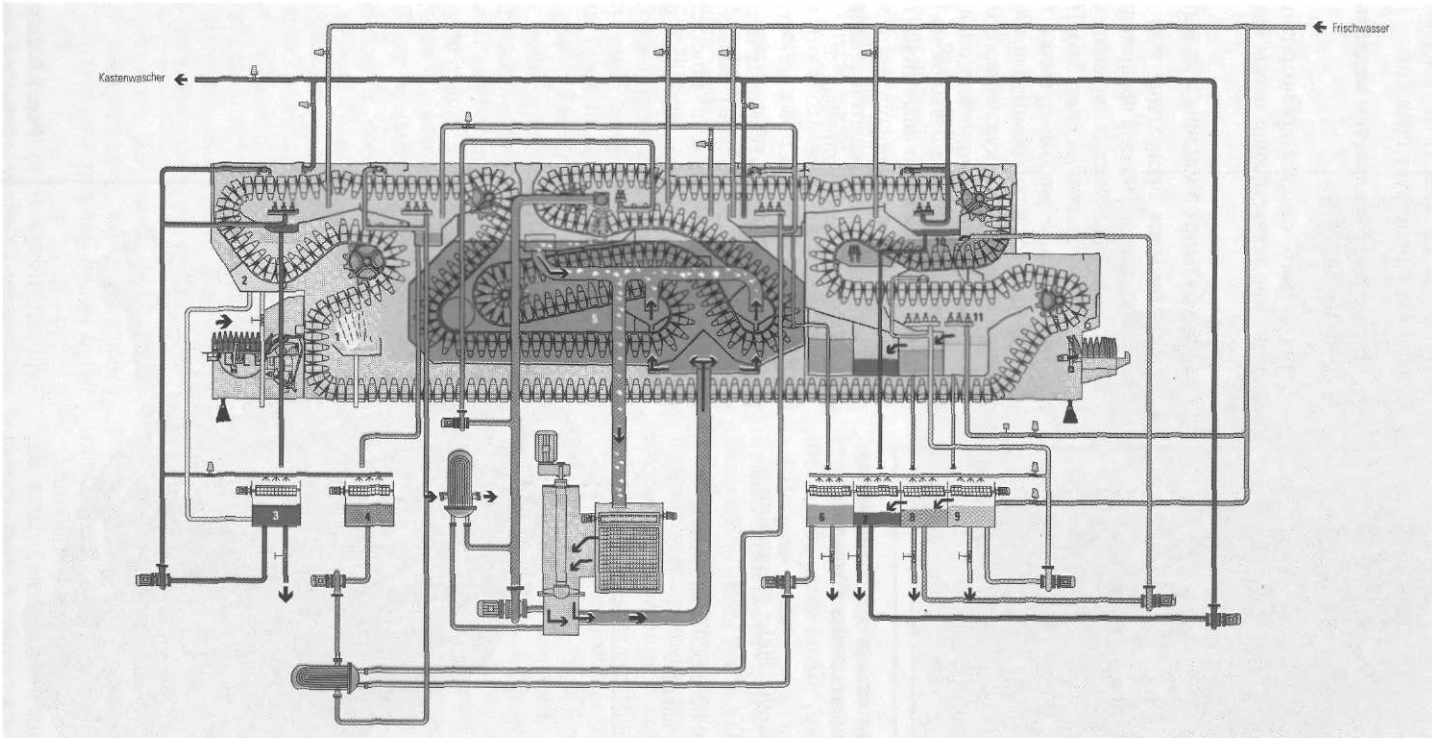


Рис. 5.4. Конструкция и принцип действия двусторонней бутылкомоечной машины, плоская конструкция (тип «Lavatec KD», фирма Krones, г. Нойтраублинг):

1 — опорожнение; 2 — замачивание; 3 — первичное шприцевание; 4 — регенерация тепла (рекуперация); 5 — главная щелочная ванна; 6 — шприцевание отработавшим щелоком; 7 — шприцевание горячей водой 1; 8 — шприцевание горячей водой к погружной ванне горячей воды 2; 9 — шприцевание холодной водой; 10 — погружная ванна горячей воды 2; 11 — шприцевание свежей водой

Kastenwascher — мойка ящиков

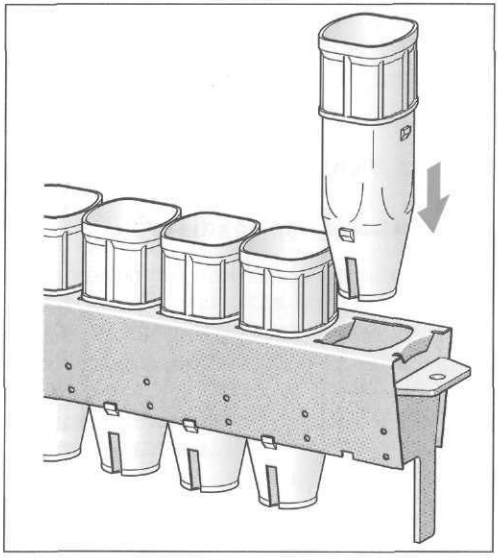


Рис. 5.5. Бутылочная кассета со вставляемыми пластмассовыми гнездами для бутылок

30 000 бут./ч = 30 000 : 900 = понадобится минимум 33 кассеты

50 000 бут./ч = 50 000 : 900 = минимум 55 кассет.

Время ритма зависит от типоразмера бутылки. Здесь действует правило:

чем больше бутылка, тем медленнее ритм работы машины.

Кроме того, следует принимать в расчет повышенное захватывание массы щелочного раствора.

Загрузка бутылок в машину и их выгрузка

Загрузка бутылок происходит при помощи комбинированной системы вращающихся кулачков, осуществляющих вращательные и колебательные движения (рис. 5.6). При этом сгруппированные рядами бутылки бережно опрокидываются и при помощи вращающегося механизма загрузки кулачкового типа вводятся в находящиеся в горизонтальном положении носители. Вывод бутылок из машины после мойки происходит аналогично при медленном вращении механизма выгрузки (рис. 5.7), свободно опускающего и ставящего бутылки на отводящий конвейер.

Шприцевание бутылок

После мойки в отмочных ваннах бутылки во всех машинах проходят зоны шприцевания, в которых шприцеванием с понижающейся температурой основательно моется внутрен-

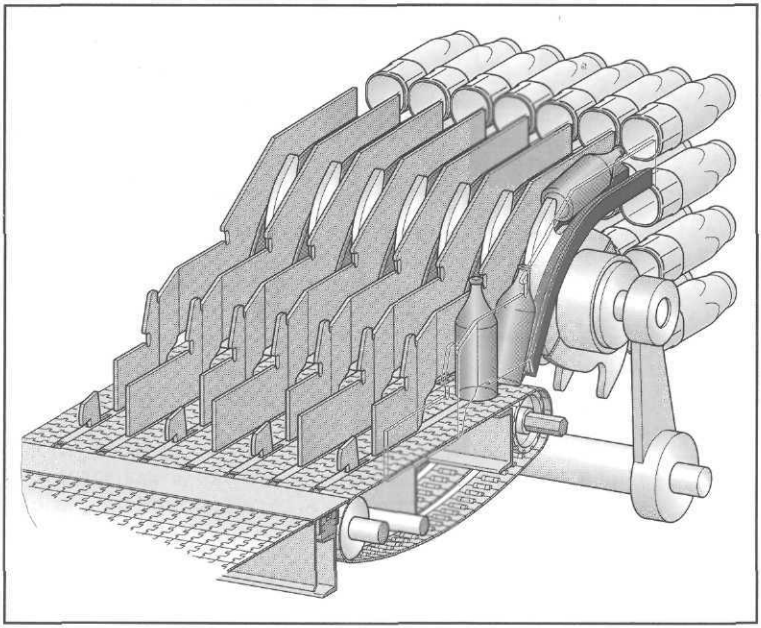


Рис. 5.6. Загрузка бутылок в машину

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

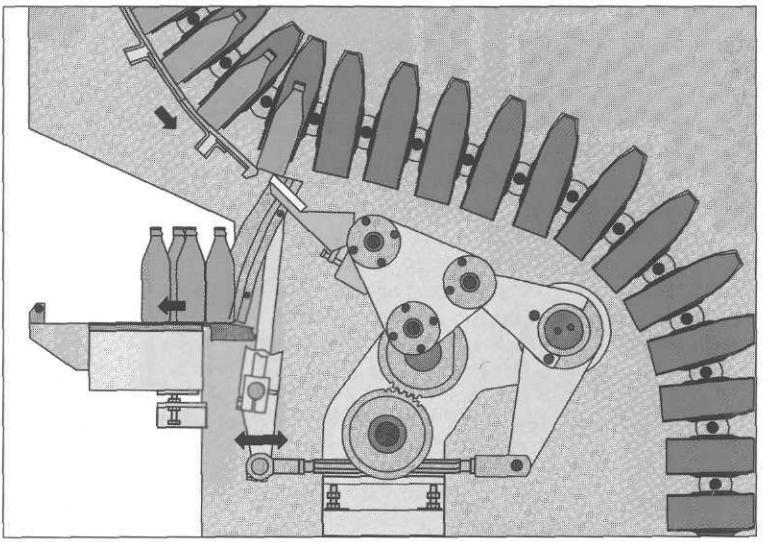


Рис. 5.7. Выгрузка бутылок из машины

няя часть бутылки для удаления остатков щелочи и других веществ. Для этого, однако, необходимо, чтобы охвачены были как боковые стенки бутылки, так и донышко с его особенно трудноотмываемым ободком, что достигается путем впрыска очень сильной струи.

К шприцеванию предъявляется ряд условий и требований:

- **горлышко бутылки имеет небольшой внутренний диаметр (у большинства типов бутылок он составляет всего примерно 16 мм);**
- **если требуется добиться надежной внутренней мойки, то на различные части дна бутылки следует направлять сильную струю, для чего должно быть точно согласовано движение бутылки с работой головки шприца;**
- **объем струи, поступающей в бутылку, должен быть таким, чтобы при впрыске большего объема жидкости бутылка «не захлебывалась» бы в области горлышка, в противном случае вытекающая вода будет препятствовать струе впрыска и мойка не сможет быть достаточно эффективной.**

Осуществляется шприцевание таким образом, что вращающийся вал с насадками движется синхронно с каждым рядом бутылок (рис. 5.8).

Вал с насадками имеет отверстия для пропуска струи и, следуя точно за медленным движением бутылки, направляет струю на стенки и дно бутылки в различных направлениях и под различными углами (рис. 5.9).

Насадки размещены на вращающемся валу с радиальным смещением в 90° без осевого смещения. При вращении вала в одном направлении струя действует в постоянно меняющемся направлении, промывая всю бутылку и не допуская прилипания остатков этикеток. Давление впрыска составляет примерно $p_{изб} = 2{,}0 - 2{,}5$ бар, диаметр отверстий при непрерывном шприцевании — от 2,0 до 4,0 мм. Этот диаметр не должен изменяться, так как от него зависит моющий эффект впрыскиваемой струи. При этом она должна быть направлена так, чтобы вода из бутылки все же могла вытекать; в противном случае внутри бутылки возникнет бурление и эффект мойки ухудшится. Поэтому работают преимущественно с периодическим шприцеванием, давая возможность воде вытечь.

При высоких температурах в бутылкомоечной машине начинается декарбонизация воды, которая, если этому не воспрепятствовать, в конце концов приводит к закупориванию форсунок. Поэтому в моющий щелочной раствор добавляют средство, предотвращающее образование камня, которое должно защитить от отложений камня насадки, бутылки, а также все элементы машины.

Чтобы избежать перенесения контаминантов, в воду для холодного шприцевания добавляется обычно допустимое количество дву-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

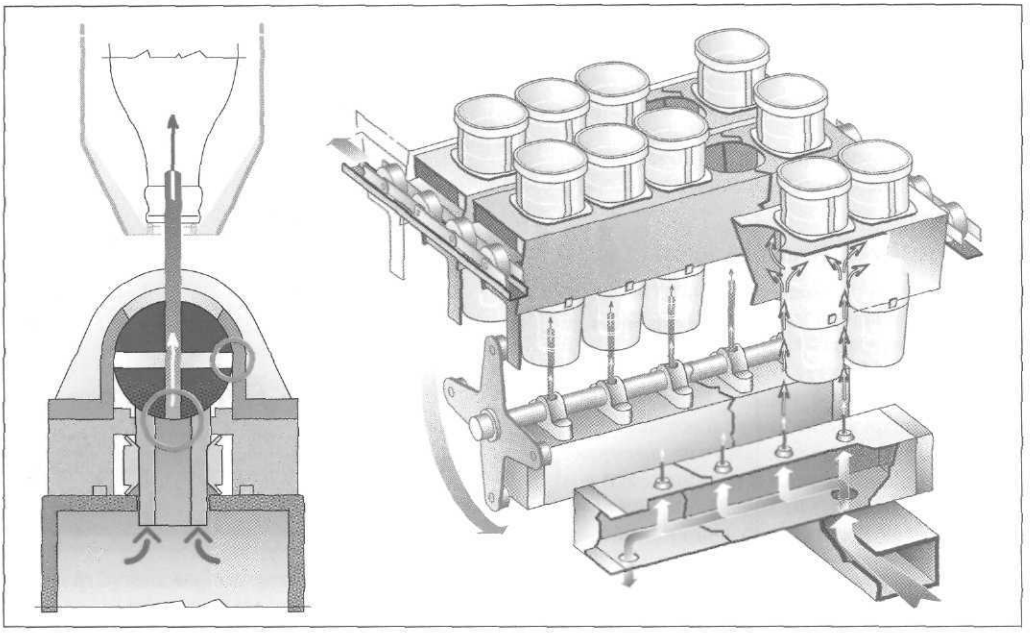


Рис. 5.8. Шприцевание бутылок (Система KHS, г. Дортмунд)

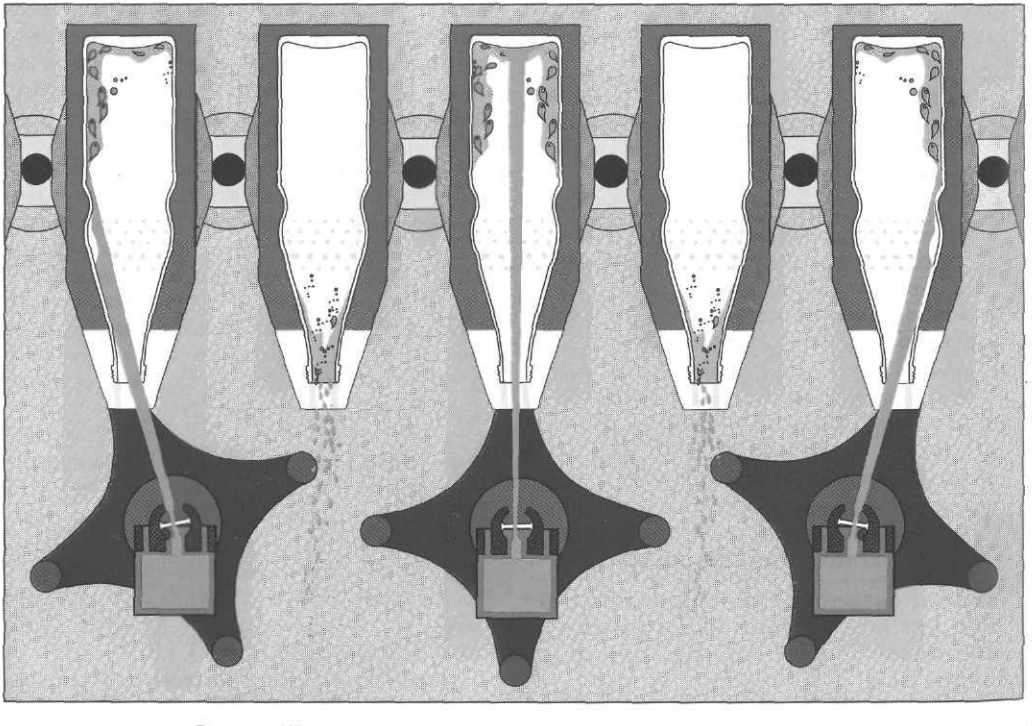


Рис. 5.9. Шприцевание с помощью вращающегося вала с насадками

ЭТИКЕТКИ ЛТ (812) 303-96-94 Полиграфоформления

окиси хлора (< 0,4 мг ClO_2/л). Установка хлорования должна быть размещена за пределами машины.

Привод машины

Кассета с бутылками непрерывно медленно движется через машину при помощи трехфазного тормозного электродвигателя с электронным частотным регулированием или механическим регулирующим редуктором. Станции приводов работают синхронно посредством валов с кривошипом и червячных редукторов.

В крупных машинах привод станций осуществляется отдельным редуктором, который синхронизируется центральным частотным преобразователем *(о преобразователях частоты VLT для всех элементов линии розлива см. прил. 1 на правах рекламы, с. 870)*. Приводные станции располагаются в самых верхних точках, ибо там действует сила тяжести цепей. Если бы тяжелые кассеты с бутылками приводились в движение только с одной стороны, то они очень быстро перекосились бы. Во избежание этого противоположно расположенные звездочки соединены между собой износоустойчивыми пустотелыми валами, которые приводятся в действие централизованно (рис. 5.10). При этом моющий щелочной раствор благодаря дренажным камерам на станциях привода защищен от попадания смазки подшипников, а подшипники — от попадания щелочи. Кассеты соединены с обеих сторон со звеньями цепи.

Этикетоотборники

В горячей щелочной ванне отклеиваются все этикетки и фольга. Отклеивание должно происходить целиком, этикетки не

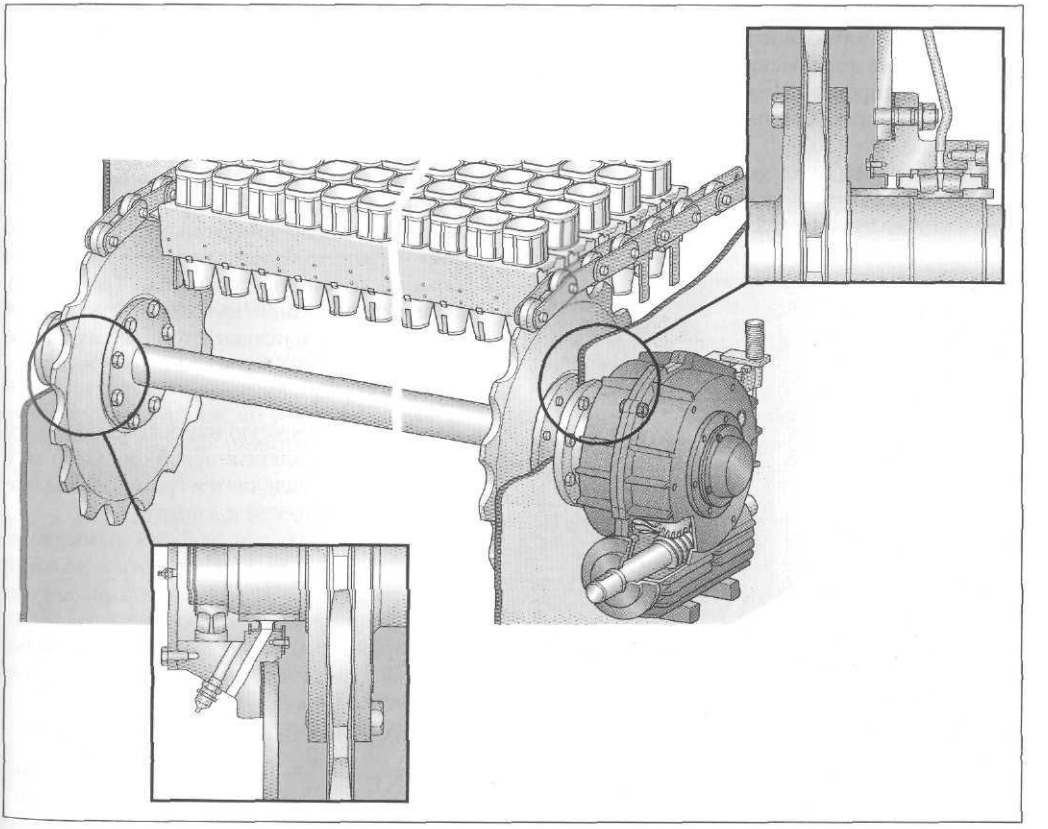


Рис. 5.10. Звездочки с приводными станциями

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

должны распадаться на волокна. Однако чем дольше остаются этикетки в горячей щелочной ванне, тем больше возрастает опасность их расслоения на волокна и распада (превращения в пульпу). Поэтому необходимо как можно быстрее удалить этикетки.

Главное условие для этого — обеспечение хорошей циркуляции щелочи под воздействием насоса соответствующей мощности. За счет этой циркуляции подхватываются отклеившиеся этикетки и отделяются при помощи съемного сита (рис. 5.11). В крупных бутылкомоечных машинах зачастую применяют полимерные ленточные фильтры или сетки из нержавеющей стали (рис. 5.12), позволяющие удалять этикетки непрерывно.

В двухсторонних машинах в этикетоотборниках применяют лопастные насосы с большой производительностью (до 3000 м^3/час). Удаленные этикетки содержат еще очень много щелочи, которую можно повторно использовать. Кроме того, мокрые этикетки не так легко утилизировать. Поэтому мокрые этикетки отпрессовывают дополнительно в этикеточном прессе, который размещается под этикетоотборником.

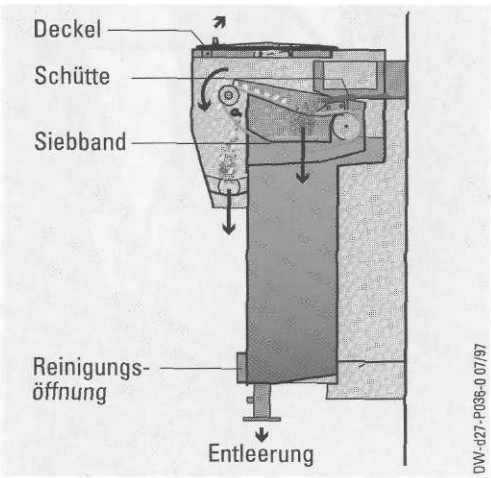


Рис. 5.11. Удаление этикеток с помощью ситчатой ленты

Deckel — крышка; Schütte — лоток; Sieband — ситчатая лента; Reinigungsöffnung — отверстие для очистки; Entleerung — опорожнение

В прессе при помощи гидравлического цилиндра с силой давления 12 бар из этикеток удаляется примерно 80% жидкости; при этом объем их массы уменьшается на 50–75% (рис. 5.13). Отжатые этикетки, поступая в слегка расширяющуюся коническую трубу, дополнительно подсыхают, а затем сбрасываются в предназначенный для них контейнер. Утилизация остатков этикеток может быть связана с определенными проблемами.

Удаление стеклобоя

Всегда существует возможность, что отдельные бутылки до или во время обработки разобьются, и осколки будут скапливаются в нижней части машины. Поскольку осколки стекла имеют очень высокую твердость и при застревании могут повредить машину, некоторые бутылкомоечные машины оснащаются устройством, в котором бутылки проводятся над относительно крупноячеистой решеткой, через которую стеклобой проваливается и затем выгружается отдельно от других отходов цеха.

Вытяжка испарений

В головной части машины происходит охлаждение. При переходе температуры ниже точки росы пары в машине оседают и в виде капель или конденсата могут попасть в вымытые бутылки, неся с собой контаминанты. Эту угрозу можно устранить путем устройства вытяжки испарений на стороне разгрузки (рис. 5.14). Проблему конденсации на холодных поверхностях можно нейтрализовать путем обогрева поверхностей машины в критических точках.

Отвод водорода

Если в бутылкомоечную машину загружается много бутылок с алюминиевой фольгой, то в процессе мойки выделяется гремучий газ, который может привести к взрыву.

Алюминий обладает амфотерными свойствами, то есть он может вступать в реакции и как металл, и как неметалл, и в щелочном растворе начинается образование алюмината натрия, при котором высвобождается водород. При соединении с кислородом воздуха может образоваться гремучий газ

$$2Al + 6NaOH + 6H_2O \Rightarrow 2Na_3[Al(OH)_6] + 3H_2.$$

Чтобы защитить машину от взрывоопасного образования гремучего газа, образующийся водород нужно откачать и выпустить нару-

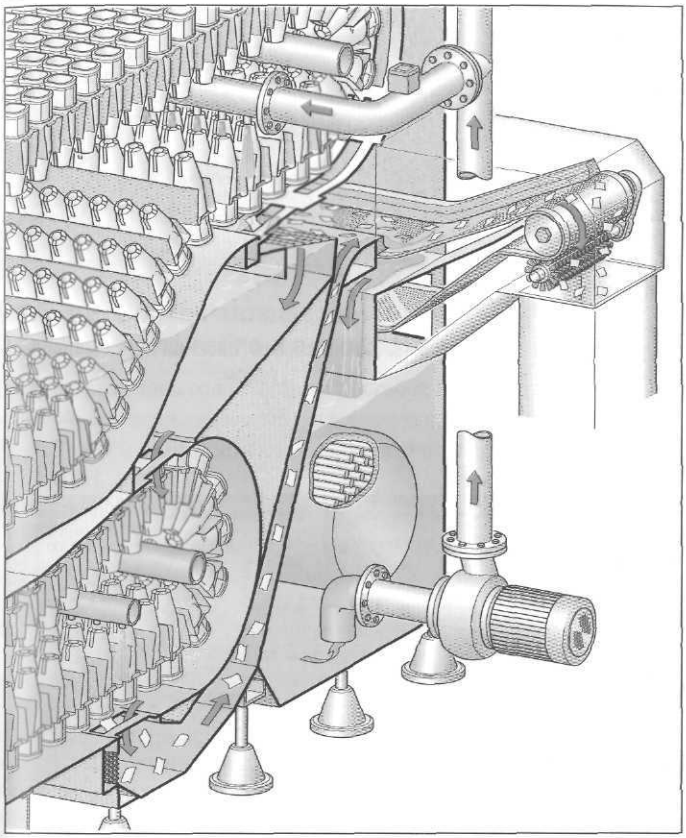


Рис. 5.12. Отбор этикеток с помощью ситчатой ленты при целенаправленном циркуляционном потоке

жу с помощью вытяжных вентиляторов (рис. 5.15).

Во многих странах уже отказались от применения алюминиевой фольги, поэтому эта опасность устранена, но в общем случае следует учитывать информацию о применяющейся в стране фольге.

Дезинфекция головной части машины

Имеется также возможность оснастить бутылкомоечную машину устройством для мойки и дезинфекции всей проблематичной головной части машины, обеспечив тем самым эффективную дезинфекцию даже самых труднодоступных участков (рис. 5.16). Дезинфек-

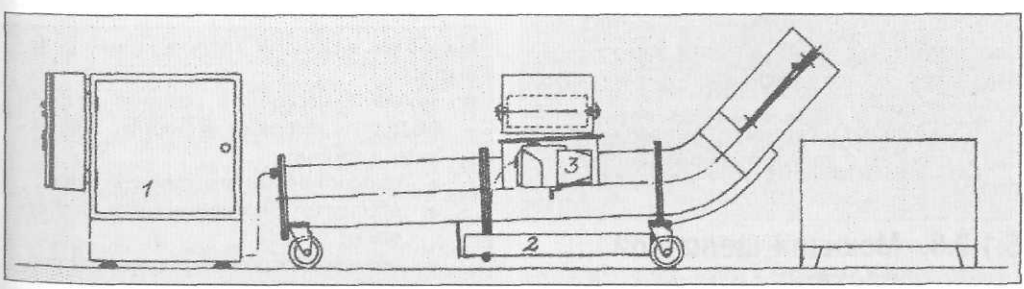


Рис. 5.13. Пресс для старых этикеток:

1 — коммутационный шкаф; 2 — приемная ванна; 3 — пресс

ЭТИКЕТКИ ОТ
Haute couture

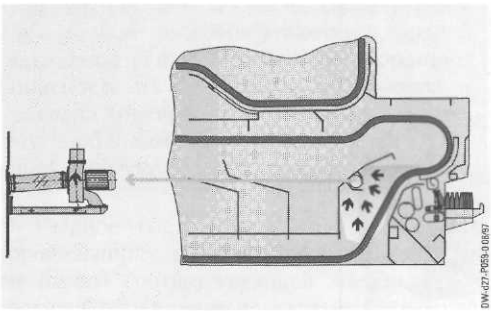


Рис. 5.14. Вытяжка испарений на стороне выгрузки бутылок из машины

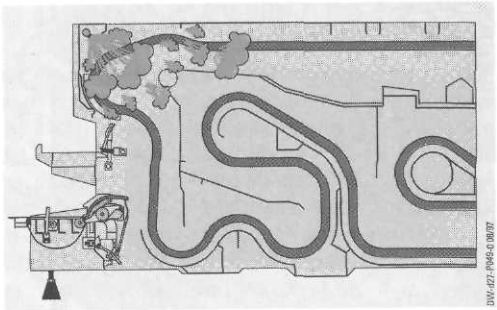


Рис. 5.16. Дезинфекция головной части машины паром

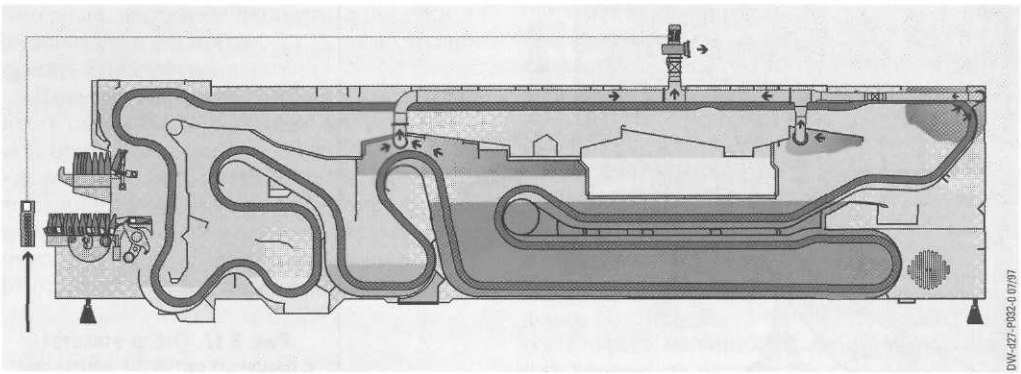


Рис. 5.15. Вытяжка водорода для предотвращения образования гремучего газа

Erkennung von Aluminiumfolie an den Flaschen — опознавание на бутылках наличия алюминиевой фольги

цию головной части машины можно осуществлять холодным способом или паром.

Система управления

Как и другим оборудованием, бутылкомоечной машиной в настоящее время управляют при помощи свободно программируемой системы управления, которая показывает на дисплее текущее состояние машины, характерные параметры, а также распознает и локализует возникающие сбои.

По желанию в систему управления могут быть встроены и другие информационные системы.

5.1.2.3. Моющий щелочной раствор

К моющему щелочному раствору предъявляются особые требования:

- он должен как можно дольше сохранять свою концентрацию;
- должен быть соответствующим образом подготовлен.

5.1.2.3.1. Требования к моющему щелочному раствору

Наиболее важными требованиями являются:

- **моющий щелочной раствор должен обладать высоким моющим эффектом, а именно:**
  - **способностью растворять грязь;**
  - **обладать бактерицидным действием;**
  - **обладать хорошей связующей способностью;**
  - **обладать способностью быстрого проникновения в бумагу этикеток;**

ЭТИКЕТКИ ЛТ (812) 303-06-04 Полиграфоформления

- **он не должен быть ядовитым и не должен загрязнять воду токсичными веществами;**
- **он не должен образовывать отложения камня;**
- **он не должен пениться;**
- **он должен хорошо дозироваться;**
- **по возможности быть относительно дешевым.**

5.1.2.3.2. Состав моющего щелочного раствора

В качестве моющего щелочного раствора применяют

1,5–2,0%-ный раствор едкого натра, NaOH

с добавками **(аддитивами)**.

Следует учитывать то, что на 1 часть аддитивов полагается 3–5 частей NaOH.

Под воздействием содержащегося в воздухе углекислого газа все большая часть NaOH превращается в Na_2CO_3 и $NaHCO_3$, которые обладают значительно меньшей моющей способностью. Поэтому чтобы сохранять эффективность щелочи, необходимо постоянно проверять содержание NaOH и Na_2CO_3. Аддитивы зачастую поставляются на рынок как комбинированные концентраты, которые добавляются в щелочной раствор с концентрацией в пределах от 0,3 до 0,5%. Добавка аддитивов осуществляется автоматическим дозатором пропорционально дозировке NaOH в строго определенной пропорции, которая регулируется коэффициентом электрической проводимости. Дозатор располагается вблизи бутылкомоечной машины, обычно в соседнем помещении. Во избежание нанесения вреда окружающей среде в случае протечки емкости с щелочью или аддитивами, эти емкости следует устанавливать в защитных поддонах или на устойчивых к щелочи полах, огражденных без возможности стока.

Если приходится работать с алюминиевой фольгой, то щелочность раствора должна быть увеличена, иначе будет выделяться и оседать алюминат. В этом случае приходится считаться с тем, что алюминат связывает трехкратное количество щелочи (содержание 0,7% алюмината повышает необходимую концентрацию щелочи на 2,1%). Концентрация при этом становится достаточно высокой, чтобы за время использования весь алюминий разложился.

Если щелочь применяется на второй стадии щелочной обработки, то ее концентрация должна быть уже ниже (0,5–0,8% NaOH), и аддитивы в нее уже не добавляются, поскольку они вносятся в щелочную ванну благодаря постоянному текущему выносу.

Аддитивы содержат или отдельно от них непосредственно в щелочной раствор добавляют следующие присадки:

Антивспениватели:

средства, предотвращающие нежелательное вспенивание щелочного раствора. Вспенивание вызывается, в первую очередь, растворимым этикеточным клеем. Антивспениватели зачастую добавляют отдельно, а не в составе аддитивов.

В качестве антивспенивателей довольно часто добавляют ***ПВА.*** ПВА прекрасно растворяют грязь и препятствуют образованию в моющем растворе пены. Различают четыре основных тензидных соединения:

- неионные ПВА (n-тензиды);
- катионные тензиды (k-тензиды); к ним относятся, например, четвертичные соединения алюминия;
- анионные ПВА (a-тензиды);
- амфотерные ПВА, которые в процессе мойки бутылок не играют никакой роли.

В качестве аддитивных добавок к моющим средствам чаще всего используют n- и k-тензиды. Они хотя и обладают хорошим очищающим действием, однако способны оставлять отложения на твердых поверхностях, и поэтому плохо смываются. Остатки ПВА на стенках растворяются в течение нескольких дней после наполнения бутылки. Недостатком при этом является сильное *пеноразрушающее действие ПВА*; их содержание начиная со 100 мкг/л уже ведет к значительному разрушению пены. В этом заключается основное негативное воздействие ПВА.

Чтобы по возможности свести до минимума разрушение пены, ПВА должны вводиться при помощи отдельного дозатора, а концентрация их должна постоянно контролироваться [194]. Следует также исключить возмож-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-96-94 Haute couture

ность оказания негативного воздействие на пену моющего раствора щелочи с этикетками, растворяющегося клея и осадка из последней отмочной ванны.

Средства, защищающие от отложения солей жесткости

Средства, противостоящие отложению нерастворимого $CaCO_3$ в бутылкомоечной машине, добавляют обычно в ванну с горячей водой, так как именно там выпадает значительная часть карбонатов. В процессе прохождения внутри машины кассеты с бутылками сначала постепенно нагреваются до 80 °C, а затем снова охлаждаются. В ходе нагрева бутылок под воздействием горячей щелочи в первую очередь начинают выделяться ионы кальция. Кроме того, вследствие нагрева выпадают нерастворимые карбонаты, способствующие отложению накипи на бутылках и кассетах, что, в свою очередь, повышает захват и вынос щелочи:

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- + 2Na^+ + 2OH \Rightarrow CaCO_3 + 2Na^+ + CO_3^{-2} + 2H_2O.$$

1 немецкий градус жесткости соответствует при этом выделению примерно 18 г $CaCO_3/м^3$ воды. Поэтому представляет интерес использование для моющего раствора воды пониженной жесткости. Поскольку со временем известковые отложения могут забивать шприцевальные трубки форсунок и снижать тем самым эффективность мойки, в зонах шприцевания (промежуточное шприцевание) добавляют средство против известковых отложений (значение pH устанавливается < 8,5).

Другой способ, благоприятный с точки зрения защиты окружающей среды, состоит в том, что путем добавления углекислого газа под давлением превращают карбонаты в реакторе в растворимые в воде гидрокарбонаты, а это предотвращает отложение солей жесткости (Rehmann Process Engineering, г. Фрайбург).

Поверхностноактивные вещества — это вещества, обладающие хорошей способностью растворять грязь и способствующие тому, чтобы грязь была связана и свободно стекала со стенок бутылок вместе с водой. Эти вещества состоят обычно из тензидов, и к их применению нужно относиться очень внимательно.

Комплексообразующие средства для растворенного алюминия — это, как правило, органические кислоты, которые связывают растворенный алюминий из этикеток и фольги с образованием комплексных соединений и тем самым предотвращают возможное образование гремучего газа. Наряду с этим имеются также комплексообразующие средства для растворения минеральных загрязнений.

Средства, уменьшающие химический износ

Поскольку защитный слой, полученный в результате термической обработки стекла после нескольких оборотов тары смывается, стекло все в большей степени становится подверженным разъеданию щелочью. При достаточно высоком показателе pH стекло все больше растворяется, так как его компоненты постоянно стремятся образовать новые стабильные пограничные слои с окружающей средой. Особенно это заметно в местах повышенного трения.

Этому растворению можно воспрепятствовать при помощи определенных ионов, например, диспергирующих реагентов. С другой стороны, карбонаты и особенно фосфаты оказывают повышенное агрессивное воздействие на стекло и усиливают химический износ [166].

5.1.2.3.3. Поддержание концентрации щелочи в бутылкомоечной машине

После шприцевания бутылки опорожняются полностью не сразу. Можно считать, что в поллитровой бутылке даже через 10 с после опорожнения остается 2–3 г жидкости, а это составляет 0,5% массы наполнения. Только примерно через 30 с стекания содержимое сократится до 1 г.

Сюда еще добавляются щелочь и вода, задерживающиеся на бутылочной кассете и в гнездах, так что можно ожидать, что примерно 10–15 мл жидкости на каждую бутылку будет перенесено в следующий сектор. Это называют «выносом» щелочи и других сред. Следовательно, если линия производительностью в 30 000 бут./ч работает в течение 10 ч, то за это время пройдут 300 000 бутылок. Считая, что на 1 бутылку приходится 10 мл (= 0,010 л) жидкости, тогда 300 000 · 0,01 л =

= 3000 л = 30 гл будет «перенесено» из одного отсека в другой. При этом потери жидкости почти нет, так как в том же объеме будет происходить приток из предыдущего отмочного отсека. Предшествующая щелочной ванне отмочка снабжается горячей водой или горячей щелочью. Поэтому использование стадии отмочки будет в любом случае способствовать:

- охлаждению щелочной ванны;
- разбавлению водой щелочи;
- внесению загрязняющих веществ.

Поэтому понятно стремление различными мерами уменьшить объем переносимой жидкости. К таким мерам относятся:

- выдерживание более продолжительного время для стекания жидкости;
- применение в конце шприцевальных отсеков только внутреннего шприцевания;
- применение щелочного шприцевания только внутри бутылки.

Вследствие потери щелочи снижается ее концентрация. Чтобы иметь возможность гарантировать полный эффект мойки, щелочь постоянно добавляют, и ее концентрация доводится до кондиции. Кроме того, электрическая проводимость раствора щелочи постоянно контролируется при помощи датчиков, не чувствительных к загрязнениям, и недостающая щелочь добавляется по необходимости из запасных емкостей.

При постоянной температуре электрическая проводимость пропорциональна концентрации щелочи, которая непосредственно не может быть измерена (только через титрование кислотой).

В качестве запасных емкостей используют резервуары из пластмассы, которые должны стоять в защитных ваннах для предотвращения нежелательного растекания реагентов в случае протечек (чем может быть нанесен вред грунтовым и поверхностным водам). Эти запасные емкости следует по возможности размещать в отдельном помещении (склад химических реагентов) недалеко от бутылкомоечной машины и соединять их с помощью необходимых трубопроводов, дозаторов, регулирующих приборов и насосов с бутылкомоечной машиной.

5.1.2.3.4. Подготовка моющего щелочного раствора

Вследствие доведения концентрации ухудшается качество моющего щелочного раствора, поскольку в нем оседает все большее количество шлама и в щелочи накапливаются различные растворимые, нерастворимые или коллоидно-растворимые частицы. К ним относятся:

- бумажные волокна от расслоившихся этикеток;
- красящие пигменты (окись титана, каолин, карбонат кальция, краски, содержащие тяжелые металлы);
- связующие вещества из этикеток (крахмал, целлюлоза);
- влагостабилизирующие вещества (меламиновые смолы, мочевинные смолы);
- клеящие средства (смоляной клей);
- шлам в виде известковых компонентов;
- грязь, отлипшая от бутылок;
- этикеточный клей и многое другое.

Этот шлам следует удалять, так как иначе уже через 6–8 недель (в зависимости от обстоятельств) щелочь придется заменять. Для удаления шлама существует несколько возможностей.

Отстойный метод

Самое простое и наиболее распространенное решение состоит в том, чтобы весь щелочной раствор в конце недели перекачать в отдельный теплоизолированный танк и дать ему отстояться. Если потом осуществить декантацию сверху, то получится осветленный раствор щелочи. При этом, однако, из раствора устраняются только содержащиеся в нем твердые частицы, а не растворимые компоненты загрязнений. Тем самым постоянно повышается загрязненность моющего раствора щелочи, и эта грязь все в большей степени будет выноситься в зоны последующей мойки.

Осадок представляет собой сильно загрязненный сток, который необходимо отводить.

Центрифугирование

Существует возможность подключить к бутылкомоечной машине саморазгружающийся центробежный сепаратор и по отводному тру-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 06 04 Haute couture

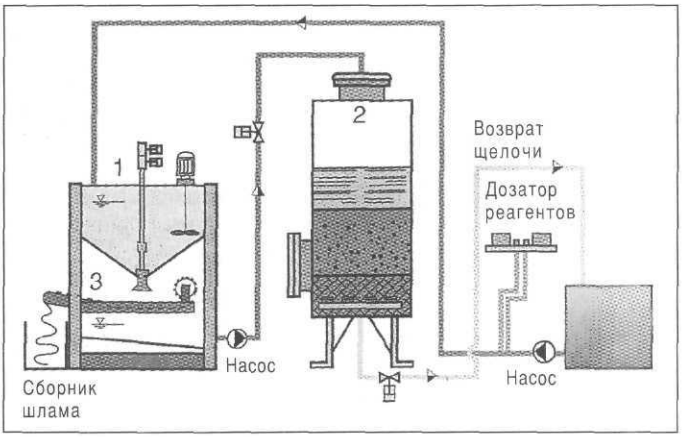


Рис. 5.17. Очистка щелочного раствора путем осаждения и фильтрования (система «Aquarex»):

1 — реактор; 2 — реактор с твердым фильтрующим слоем; 3 — ленточный фильтр

бопроводу постоянно пропускать через него часть моющего раствора и, таким образом, почти без потерь очистить щелочной раствор от взвесей. Благодаря полученным за счет данного метода преимуществам расходы на сепаратор очень быстро окупаются. Вместо центробежного сепаратора могут быть применены и другие аппараты.

Очистка щелочного раствора путем осаждения и фильтрования

В системе «Aquarex» (фирмы Rehmann Process Engineering, г. Фрайбург) определенное количество моющего раствора щелочи в постепенно закачивается в реактор (рис. 5.17, *1*) и в него добавляется точно рассчитанная масса осаждающих, коагулирующих или окисляющих реагентов. Под их воздействием растворившаяся грязь выпадает в осадок или изменяется так, что уже не может повредить процессу мойки бутылок.

После определенной выдержки эти вещества оседают на воронкообразное дно. Осветленный раствор щелочи сливается через отверстие, расположенное выше уровня осадка, и направляется в реактор с неподвижным фильтрующим слоем (*2*). Осевший шлам выгружается при помощи ленточного фильтра, а стекающие через фильтр остатки щелочи поступают в реактор с неподвижным фильтрующим слоем. В нем отделяются еще оставшиеся там загрязнения, а чисто отфильтрованный щелочной раствор возвращается обратно в щелочную ванну. Этот процесс постоянно повторяется.

Фильтрование моющего щелочного раствора посредством мембранной техники

В настоящее время все шире применяется очистка моющего раствора щелочи путем фильтрования в *ультра-* или *нанофильтрах*. При наличии таких фильтров щелочь можно использовать почти неограниченно долго. В зависимости от типа используемых мембран и их удерживающей способности наблюдается снижение переноса загрязнений на 80%. Благодаря такому виду фильтрования моющего раствора щелочи расход моющих средств, свежей и оборотной воды и тепловой энергии снижается настолько, что в большинстве случаев фильтрационная установка может окупаться в течение 2–3 лет.

Фильтрование является (особенно с учетом постоянно растущих затрат на очистку сточных вод) наиболее современным способом очистки щелочного раствора.

Если таким образом обогащать и постоянно доводить концентрацию раствора щелочи, то его можно использовать без замены почти безгранично долго, поскольку благодаря постоянному выносу щелочи и добавлению свежей щелочи для доведения концентрации раствора происходит быстрая замена исходного моющего средства Важно при этом заботиться о постоянном удалении шлама.

Для обеспечения эффективности работы бутылкомоечных машин щелочной раствор следует постоянно контролировать. Это имеет огромное значение для достижения чистоты и стерильности бутылок.

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

5.1.2.3.5. Расход воды в бутылкомоечной машине

В среднем следует рассчитывать на расход 250 мл воды на бутылку (в пределах 150–350 мл/бут.) = 0,3–0,7 гл воды на гл пива (при бутылках по 0,5 л). Расход воды в первую очередь зависит от количества шприцевальных головок, так как рекуперируется не вся вода. Чем чаще и интенсивнее будет шприцевание, тем холоднее будут бутылки на стороне выгрузки, но и тем больше будет израсходовано воды. Если воду хотят экономить, то повышают температуру бутылок на выходе. Если же хотят обойтись расходом воды в пределах 150 мл/бут., то температуру на выходе повышают примерно до 30 °C! Однако снижать это значение расхода уже не рекомендуется, так как тогда вынос загрязнений из-за недостаточного шприцевания может значительно увеличиться и не может быть гарантировано удаление возможных остатков поверхностно-активных веществ.

Расход воды в пределах 200–250 мл/бут. можно считать вполне удовлетворительным.

5.1.2.4. Техническое обслуживание и уход за бутылкомоечной машиной

Внутренняя мойка машины осуществляется при помощи встроенных моющих головок (рис. 5.18). Они расположены:

- в области зон шприцевания горячей и холодной водой и сборных баков;
- в области входа и выхода бутылок;
- в области отмочки;
- в области промежуточного шприцевания для предотвращения известковых отложений (кислая среда).

Кроме того, в конце производственного процесса помимо регулярной очистки моющего раствора щелочи от взвесей необходимо производить следующие работы.

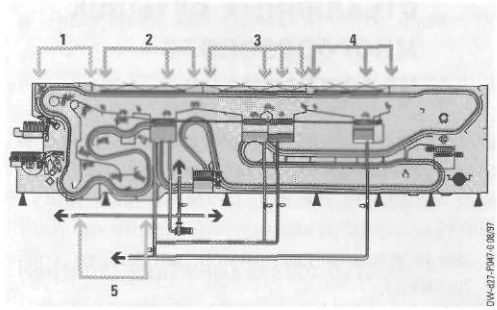


Рис. 5.18. Внутренняя мойка при помощи моющих головок станции CIP:

1 — головная часть; 2 — зона шприцевания холодной и свежей водой; 3 — зона шприцевания горячей водой; 4 — зона последующей щелочной обработки; 5 — зоны отмочки

- После спуска моющего раствора должны быть вымыты щелочные ванны.
- Зоны горячей и холодной воды должны быть опорожнены, освобождены от грязи и основательно промыты. Следует следить за тем, чтобы не отложились соли жесткости, так как в их пористой поверхности очень быстро поселяются микроорганизмы, получающие в теплой среде идеальные условия для развития. С водой, используемой для шприцевания, микроорганизмы могут попасть и в бутылки. Рекомендуется дезинфицировать водные зоны надуксусной кислотой или пенным дезинфектантом.
- Особое внимание следует уделять головной части машины и образованию капель конденсата в ней. Если не предусмотрена мойка в автоматическом режиме (см. раздел «Мойка головной части»), то рекомендуется проводить мойку и дезинфекцию на регулярной основе. То же относится к мойке и дезинфекции отсеков загрузки и выгрузки бутылок из машины.
- Нижняя сторона бутылочных кассет со временем покрывается толстым слоем грязи, который следует регулярно счищать. Если их не чистить, старые кассеты «зарастают» полностью и переносят грязь, словно губка.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-06-04 Haute couture

5.1.3. Контроль вымытых стеклянных бутылок многоразового использования

Можно исходить из того, что бутылки покидают бутылкомоечную машину чистыми, однако несмотря на это, бутылки еще могут иметь:

- повреждения (например, в области горлышка);
- отклонения от стандартных размеров или признаки износа, например, на кольцах истирания;
- остатки жидкости (возможно, даже остатки щелочи);
- прочно прилипшие остатки грязи;
- инородные предметы или вещества в самой бутылке.

Во избежание этого бутылки после мойки, но перед наполнением проверяются при помощи инспекционной машины («инспектора») для пустых бутылок». Инспекционная машина для пустых бутылок должна дать как производственникам, так и потребителю уверенность, что продуктом будут наполняться только те бутылки, которые в полном объеме соответствуют всем нормативным актам данной страны или отрасли.

При этом следует исходить из того, что перед мойкой

- закупоренные бутылки были открыты;
- бутылки другого сорта изъяты;
- кольцевые этикетки устранены.

Инспекционная машина для пустых бутылок

Контроль бутылок в настоящее время должен производиться исключительно электронным путем посредством множества оптических матричных камер CCD. Подобные инспекционные машины для пустых бутылок бывают

карусельные или
прямолинейные.

Хотя расходы на обслуживание и занимаемая площадь у обоих типов машин примерно одинаковы, между ними существует целый ряд различий.

В карусельной инспекционной машине в процессе контроля бутылки проходят по круговому пути (рис. 5.19).

При этом

- осуществляется точно рассчитанная траектория прохождения бутылок с полным поворотом их вокруг оси;
- ведется контроль стенок бутылки с высокой разрешающей способностью, особенно при использовании строчечной камеры;
- для перехода на различные типы бутылок применяются дополнительные фасонные детали, и, кроме того, требуется дополнительное время на переоснастку, дополнительные расходы и дополнительные площади складских помещений;

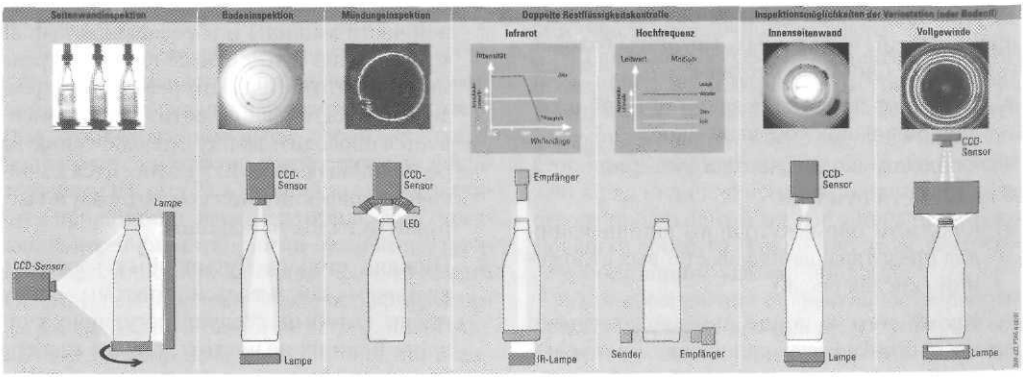


Рис. 5.19. Инспектирование пустых бутылок (описание функций отдельных станций см. в тексте)

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

- у подобных установок очистка и технический уход более трудоемкие.

В прямолинейной инспекционной машине бутылки проходят по конвейерной цепи через отдельные станции. Этот способ также имеет свои преимущества и недостатки:

- требуются меньшие капиталовложения;
- для опознавания формата бутылок необходима предварительная сортировка;
- как и в карусельной инспекционной машине, бутылки должны проходить через инспектор по отдельности.

Для объективного охвата всех инспекционных точек, естественно, уже недостаточно человеческого глаза, обладающего способностью уставать. Для выполнения этих задач инспекционная машина для пустых бутылок оснащена несколькими оптическими матричными камерами CCD, которые снятую картинку инспектируемого участка бутылки раскладывают на точечное изображение. Точки картинки оцениваются по специальной вычислительной методике, и бутылка по принципу «Да/Нет» признается хорошей или отправляется в брак.

При производительности линии розлива в 50 000 бут/ч электроника «обрабатывает» одну бутылку всего 0,07 с (в 3600 с — 50 000 бут), то есть 15 бут./с, а горлышко бутылки — соответственно, еще меньше времени. Чтобы за такие короткие отрезки времени добиться получения конкретной картинки инспектируемого участка, а также произвести по возможности полную расшифровку, картинка при помощи вспышки стробоскопа «замораживается». В некоторых системах нечеткость, возникающая вследствие движения объекта, дополнительно корректируется электроникой.

Инспекционные машины для пустых стеклянных бутылок в настоящее время изготовляются как карусельные или (все чаще) как прямолинейные и оснащены

- одной или двумя камерами с зеркалом и/или поворотной системой для контроля наружных боковых стенок бутылки;
- одной камерой для инспектирования дна;
- одной камерой для контроля горлышка;
- высокочастотной системой обнаружения щелочи;
- инфракрасной системой опознавания остатков жидкости;
- одной камерой для контроля внутренних стенок бутылки;
- камерой для контроля винтовой нарезки (для колпачков с винтовой нарезкой).

Отдельные инспекционные модули работают по нижеприведенным принципам.

Контроль наружных стенок бутылки

В ходе такого контроля должны быть обнаружены все отклонения от нормального состояния бутылки (остатки этикеток или фольги, другие загрязнения или царапины на поверхности).

В этом смысле особую роль играет ***износ***. В местах скопления бутылок, на угловых участках многоручьевых конвейеров, работающих с различной скоростью, бутылки трутся одна о другую, что ведет к появлению на поверхности все более явных царапин. Чтобы защитить этикетки и уменьшить царапание, во многих странах делают бутылки с едва заметными утолщениями в верхней и нижней части. В этом случае трение и царапание приходится в основном на эти кольца трения, которые, изнашиваясь со временем, становятся все шире и ухудшают внешний вид бутылки. В некоторых странах расширившиеся кольца трения считают таким же недостатком, как бой, и требуют отбраковки бутылки. Распознавание дефектов колец трения на мокрых бутылках связано с большими затруднениями.

Чтобы правильно проконтролировать стенки бутылки, в *карусельной инспекционной машине* бутылка поворачивается на 360° перед источником света, и за время ее вращения CCD-матричной камерой снимается цифровое изображение поверхности стенок бутылки в девяти кадрах со шкалой, имеющей 256 оттенков серого цвета.

Оценка полученной картинки происходит в максимум 10 инспекционных окнах, причем для каждого окна может быть избран особый алгоритм с различной чувствительностью; например, бутылки с явно выраженным износом здесь будут отсортированы.

У *прямолинейных инспекционных машин* две CCD-строчных камеры делают по 6 снимков поверхности бутылки со смещением на 30°.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

При этом бутылка поворачивается на 180°. В любом случае продолжительность вспышки должна соответствовать степени прозрачности стекла бутылки, причем на отдельных участках можно устанавливать различную чувствительность и оценочные алгоритмы. Оценка осуществляется по определенным пороговым значениям.

Контроль дна бутылки

Контроль дна осуществляется при помощи CCD-матричной камеры при освещении галогеновой лампой или стробоскопической лампой в сочетании с поляризационным фильтром.

Для контроля дно бутылки разделяется на зоны, которые могут обрабатываться с использованием различных алгоритмов. Система камеры снабжена компенсацией освещенности, сглаживающей разницу в цвете отдельных бутылок.

Оценка дна может происходить в различных зонах интенсивности, например:

- кольцевая оценка (загрязнение по краю, повреждение стекла);
- блочная оценка (специально для зоны края дна);
- радиальная оценка (специально для наличия остатков напитка);
- оценка прозрачности (забитое горлышко, полностью покрытое дно);
- обнаружение внутри пленки (засунутой в бутылку полиэтиленовая обертки или куска пластика) или осколков стекла.

При этом очень важна проверка наличия у пластиковых бутылок ПЭТ трещин от напряжения (вызванных стрессовой нагрузкой). Бутылки с большим количеством трещин от напряжения отбраковываются.

Контроль горлышка бутылки

Горлышко является самым сложным и одновременно наиболее уязвимым местом бутылок. Контроль ведется прежде всего на наличие зазубрин, трещин, выступов или загрязнений, которые препятствуют полностью герметичному укупориванию бутылки или могут нанести ущерб потребителю (например, осколки стекла).

Поэтому проверяют

- резьбу у бутылок с винтовыми колпачками или с кронен-пробками типа Twist-off и
- подлежащую уплотнению поверхность горлышка.

Контроль винтовой нарезки

В качестве источника света используется либо стробоскоп со светопроводниками, либо боковая лампа. Оценка в любом случае осуществляется CCD-матричной камерой.

При применении стробоскопа луч от размещенного напротив источника света тангенциально направляется на резьбу. Отражаясь от краев повреждения, он попадает на приемную оптику, с помощью которой дефект и опознают.

При применении плоского фонаря или бокового света бутылка перемещается, вращаясь, и при этом делаются снимки:

- в карусельных инспекционных машинах — 8 снимков за оборот в 360 °С;
- в прямолинейных инспекционных машинах — 4 снимка с использованием четырех смещенных на 45 °С зеркал и при повороте бутылки на 90 °С.

Контроль уплотняемой поверхности горлышка бутылки

При контроле горлышка проверяется подлежащая уплотнению поверхность горлышка бутылки на ее целостность. При этом в первую очередь опознаются:

- поврежденные участки уплотняемой поверхности;
- повреждения горлышка;
- трещины и выступы в стекле.

При этом контроле у бутылок под кронен-пробки должно проверяться также состояние горлышка ниже кольца уплотнения, где зачастую образуются, например, кольца ржавчины от кронен-пробок.

Контроль поверхности уплотнения осуществляется с помощью:

- CCD-матричной камеры с инфракрасными светодиодами в качестве источника света либо
- вращающегося сканирующего устройства с 2–3 фотоэлементами и световых лучей от галогенной лампы, передаваемых через световоды.

Цифровое изображение горлышка бутылки оценивается на наличие:

- повреждений окружности горлышка;
- отражений за пределами кольца.

Высвечиваемая фотодиодами картинка оценивается по различиям в прозрачности на:

- дефекты поверхности (поверхности уплотнения, повреждение винтовой нарезки);
- оценку прозрачности (укупоренные бутылки, бутылки без горлышка).

Контроль наличия жидкости (всегда двойной)

При особо неблагоприятных обстоятельствах нельзя исключить, что в какой-то бутылке после мойки могут сохраниться остатки щелочи (например, если внутрь бутылки попал обрывок этикетки, препятствуя окончательному ополаскиванию). Эти остатки должны быть обнаружены, а такая бутылка отбракована. В связи с этим производится тщательный контроль на остаточную жидкость, причем дважды с использованием двух различных способов, а именно

- **посредством высокочастотного излучения (ВЧ) и**
- **посредством инфракрасного излучения (ИК).**

Контроль высокочастотным излучением

В этом методе используется тот принцип, что диэлектрическая постоянная щелочного раствора примерно в 2–3 раза выше, чем у стекла. При наличии щелочи сенсор улавливает больше энергии, и при обнаружении малейших изменений электрической емкости бутылка будет отбракована. Для лучшего обнаружения бутылка слегка наклоняется, чтобы жидкость могла собраться.

Контроль инфракрасным излучением

В дополнение к ВЧ-контролю остатка жидкости применяется также инфракрасное (ИК) излучение, которое, в отличие от первого, использует инфракрасную часть спектра стробоскопического излучения камеры для контроля дна бутылки. Инфракрасная система контроля состоит из корпуса лампы, инфракрасного сенсора с увеличительным объективом и вычислительного устройства, идентифицирующего любые остатки жидкости.

Контроль внутренних стенок бутылки

Контроль наружных стенок бутылки обнаруживает также и дефекты и несоответствия внутренних стенок, но лишь условно, что делает необходимым еще и дополнительный внутренний контроль. Кроме того, он дает возможность изнутри проверить бутылку с выжженной этикеткой.

Контроль внутренних стенок бутылки осуществляется с помощью CCD-матричной камеры и освещения лампой со стороны дна. Сенсор CCD-камеры дает изображение видимой стенки бутылки и ее дна, причем, естественно, все элементы дефекта будут изображены тем крупнее, чем ближе будет расположена камера.

Для некоторых типов бутылок этот вид контроля является затруднительным, так как переход от боковой стенки бутылки к горлышку не всегда позволяет провести 100%-ный контроль. Это ведет к тому, что с целью обеспечения 100% контроля все большее применение находят хорошо контролируемые типы бутылочного материала.

При помощи такого контроля могут быть вскрыты дефекты, невидимые за маркировками или вызванные сильным истиранием.

Возможные дополнительные виды контроля

Если предварительно не была произведена сортировка бутылок, то с помощью дополнительных устройств можно сделать это на участке вымытых бутылок, то есть отсортировать бутылки:

- слишком высокие или слишком низкие;
- отличающиеся по цвету;
- отличающиеся по диаметру или контуру;
- считающиеся «другими» по тем или иным признакам.

Следует обеспечить поступление бутылок в разливочный автомат абсолютно чистыми и соответствующими требованиям по всем позициям на 100%.

Отбракованные бутылки

Причины для отбраковки бутылок очень разнообразны — от загрязнения до повреждения

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

стеклянного корпуса бутылки. Необходимо решить, что делать дальше с отбракованными бутылками. Существуют следующие возможности:

- направить их в направлении боя стекла;
- на повторную мойку;
- разделить брак на два сорта, подлежащих или повторной мойке, или направлению в стеклобой.

Контроль работы инспекционной машины

От безупречной работы инспекционной машины зависит очень многое. Если будут пропускаться поврежденные, грязные или инфицированные микроорганизмами бутылки, то в дальнейшем уже не будет системы контроля, которая смогла бы предотвратить причинение ущерба для потребителя.

В связи с этим работу инспекционной машины необходимо контролировать, и производиться контроль должен постоянно. Однако ни одно пивоваренное предприятие не может позволить себе установку вслед за первой второй (контрольной) инспекционной машины, и поэтому обычно довольствуются тем, что через установку пропускают по заданной программе ***контрольные бутылки.*** Затем результат теста сверяется с имеющейся матрицей. Если все заданные параметры достигнуты — тест успешно пройден, соответствующая система дает для этой контрольной бутылки сигнал.

Проверка при помощи «программы контрольной бутылки» должна производиться через каждые 30 мин или через определенное количество бутылок, которое обычно соответствует 30 минутам времени розлива.

Кроме того, следует проверять, все ли признанные дефектными бутылки отправлены в брак. Это проверочное устройство должно быть сконструировано так, чтобы оно не могло не выходить из строя под влиянием нарушения регулировки, попадания грязи или других факторов. С другой стороны, необходимо следить за тем, чтобы в брак не шли бездефектные бутылки, поскольку в этом случае хотя и не наносится никакого ущерба, но ухудшается результат производственного процесса.

Несмотря на безусловно большую стоимость инспекционной техники, прежде всего следует учитывать, что неизменно высокое качество продукта возможно только с применением подобной дорогостоящей техники. При обычной в наше время высокой производительности линий розлива обходиться человеческой рабочей силой здесь уже невозможно.

5.1.4. Наполнение бутылок

5.1.4.1. Основные принципы розлива

Розлив пива должен производиться так, чтобы все ценные свойства напитка сохранялись как можно дольше и в полном объеме.

Так, различные сорта пива, а также газированные безалкогольные напитки и особенно игристые вина являются напитками, отличающимися высоким содержанием CO_2, который должен сохраняться вплоть до потребления. Многие слабоалкогольные напитки уязвимы для воздействия микроорганизмов, тогда как в спиртных напитках они не развиваются. Если большинство напитков можно разливать самотеком, то при розливе высоковязких эмульсионных ликеров обычного перепада давлений уже недостаточно. Уже по этой причине ясно, что общего устройства для розлива для всех напитков быть не может.

По принципам розлива разливочные автоматы разделяют на несколько групп:

1) *по давлению при наполнении* бутылок;
2) по способу количественного *дозирования напитка*;
3) по температуре;
4) по предварительной обработке бутылок.

1. Давление при розливе

Всегда стремятся к тому, чтобы напиток налить в бутылки как можно быстрее и без какого-либо ущерба для качества напитка — от этого в конце концов зависит эффективность линии розлива. При этом следует различать:

- давление при наполнении бутылок;
- эффективный перепад давления.

ЭТИКЕТКИ ОТ Полиграфоформления

«Эффективный перепад давления» зависит от разности высоты между поверхностью напитка в емкости и высотой бутылки; он может быть усилен дополнительным давлением (давление налива).

По тому, при каком давлении происходит розлив, различают:

- вакуумные разливочные автоматы и высоковакуумные блоки розлива;
- разливочные автоматы, работающие при атмосферном давлении;
- разливочные автоматы с избыточным давлением.

В ***разливочных автоматах со средним и сильным разрежением (вакуумом)*** движущей силой является разность давления по сравнению с атмосферным. Одновременно с ее помощью регулируют открытие путей жидкости («нет бутылки — нет вакуума»).

В таких разливочных автоматах в бутылке создается небольшое разрежение порядка 0,93–0,98 бар и тем самым в нее засасывается жидкость. Такие установки применяются для спокойных напитков (вина, молока, соков или спиртных напитков), ускоряя тем самым процесс, так как при нормальном давлении он проходил бы медленнее.

Высоковакуумный розлив применяют для напитков с повышенной вязкостью (эмульсионных ликеров, сиропов, растительного масла или томатного сока). Розлив таких жидкостей при нормальном давлении длился бы очень долго. Благодаря разрежению (0,6–0,9 бар) в бутылке возникает большой перепад давления, и вязкая жидкость быстрее всасывается в бутылку.

Розлив при атмосферном давлении: в таких разливочных автоматах скорость наполнения определяется только гидростатическим давлением жидкости, причем путь течения продукта должен регулироваться. Этот способ розлива редко находит применение на пивоваренных предприятиях.

При ***розливе с избыточным давлением*** (изобарическом розливе) скорость наполнения определяется только гидростатическим давлением жидкости. Путь для разливаемой жидкости открывается только тогда, когда давление в бутылке и газовой среде над жидкостью выровняется (изобарометрический принцип). Давление розлива должно быть выше давления равновесия CO_2 в напитке (давление насыщения) и зависит от содержания CO_2 и температуры.

Изобарометрический розлив применяется прежде всего для напитков, содержащих CO_2. Если бы содержащие CO_2 напитки разливались при нормальном давлении, они сразу же начали бы пениться, и ни одна бутылка не наполнилась бы. Разливочные автоматы для пива всегда работают с избыточным давлением.

2. Способы дозирования заданного количества напитка

Дозирование подлежащего розливу количества напитка может осуществляться:

- по уровню;
- по объему;
- по массе.

Дозирование по уровню

При наполнении по уровню бутылка заполняется до определенной отметки (рассчитанной от горлышка). Маркировка устанавливается по входу газовыводящей трубки или посредством электронного датчика. Это возможно, если все стеклянные бутылки абсолютно одинаковы, а пластиковые бутылки в пределах разрешенных допусков выдержаны по размерам.

Наполнение по уровню является наиболее распространенным видом розлива.

Дозирование по объему

Возможно также рассчитать объем наполнения бутылки до начала процесса розлива и тем самым обеспечить быстрое и точное наполнение. Используется также измерение объемного расхода посредством индукционных расходомеров или методов измерения массового расхода.

При розливе напитков в нестандартные упаковки, в пластиковые бутылки с тонкими стенками и при открытом отпуске пива в розничной торговле дозирование по объему играет важную роль. Объемное дозирование должно предусматривать компенсацию температуры разливаемого продукта.

Дозирование по массе

Такой способ дозирования используется лишь для некоторых жидкостей, и здесь им можно пренебречь. Преимуществом этого метода является то, что различие температур разливае-

ЭТИКЕТКИ ОТ (919) 393-08-04 Haute couture

мого продукта не играет никакой роли. К этому мы вернемся, рассматривая взвешивание наполненных кегов в процессе розлива.

3. Температура розлива

В процессе мойки бутылки разогреваются до очень высоких температур. Если после горячего шприцевания в горячие бутылки наливать также горячий напиток, то микроорганизмы развиваться не смогут. Тогда мы получаем стерильный напиток, который не нужно уже пастеризовать. Это называют

- *горячим розливом* при температурах выше 60 °C.

Наряду с этим различают

- *теплый розлив* при температурах от 18 до 25 °C, то есть при температуре окружающей среды и
- *холодный розлив* при 5–10 °C.

Горячий розлив особенно интересен для таких напитков, у которых под воздействием высокой температуры не может произойти никакого изменения входящих в состав напитка веществ.

Поэтому для пива такой способ неприемлем, так как под воздействием высокой температуры происходит ухудшение вкуса, а также повышается износ оборудования из-за высокого давления розлива в $p_{изб} > 6$ бар.

После горячего розлива бутылки охлаждают до уровня температуры складского помещения.

При ***теплом розливе*** можно отказаться от окончательного охлаждения в последнем отсеке бутылкомоечной машины и производить розлив при температуре в 20–25 °C. Преимущество здесь заключается в экономии воды.

Для пива обычно применяют ***холодный розлив,*** при котором большое значение приобретает температура свежей воды. При температуре воды 12–13 °C бутылки перед наполнением можно охладить примерно до 15 °C. Более низких температур можно достичь только путем дополнительного охлаждения воды (например, пивом), однако остывшая бутылка должна приходить в соприкосновение только с холодным напитком. Чем меньше разница температур между ними, тем ниже опасность нежелательного вспенивания напитков, содержащих CO_2.

4. Предварительная обработка бутылок

Пиво исключительно восприимчиво к малейшим следам кислорода. Остаточный кислород существенно способствует окислению компонентов пива, и вследствие образования «карбонилов старения» (см. раздел 4.6.4.1) пиво может за короткое время приобрести «вкус и аромат старения». В связи с этим предпринимается все возможное, чтобы полностью вытеснить из каждой бутылки естественно содержащийся в ней воздух.

Полное удаление кислорода воздуха — дело отнюдь не простое. Для этого применяются следующие методы:

- эвакуация воздуха из бутылки и предварительный впрыск CO_2;
- двойная эвакуация и двойной впрыск CO_2;
- ополаскивание бутылки паром, что способствует вытеснению воздуха.

Выбор того или иного метода осуществляется при обсуждении конструкции блока розлива.

Поскольку иногда нет уверенности, что полностью удален оставшийся в горлышке бутылки и растворяющийся в пиве кислород, то в некоторых странах для снижения вредного воздействия еще оставшегося кислорода зачастую применяют антиоксиданты. При розливе других напитков (например, соков) в качестве антиоксиданта применяют аскорбиновую кислоту (витамин C), однако применение аскорбиновой кислоты для пива не позволяет неограниченно продлить срок хранения из-за образования карбонилов.

Все наполняющие бутылки машины (за небольшим исключением) в настоящее время изготовляются в виде карусельных вращающихся разливочных автоматов с количеством наполнительных клапанов до 200. При этом для нас в первую очередь представляют интерес

- принципы конструкции разливочно-укупорочных блоков;
- важнейшие конструкционные узлы и элементы машин и особенно
- наливные клапаны и принцип их работы в процессе розлива напитков.

5.1.4.2. Принципиальные конструктивные решения разливочно-укупорочных блоков

Все разливочно-укупорочные блоки (рис. 5.20) по своей основной концепции одинаковы:

- основанием является станина с приводом, от которого через систему зубчатых колес синхронно приводятся в действие все вращающиеся элементы;
- разливаемый продукт, как и необходимый для создания давления газ, включая систему эвакуационных трубопроводов, подводятся через распределитель (*11*) к кольцевому резервуару (*8*), на котором расположены наполнительные устройства (напиток вводится снизу, газы и возврат моющих растворов — сверху).

Поступая по одной, бутылки при помощи шнека выстраиваются на определенном расстоянии одна от другой и переходят с помощью загрузочной звездочки на бутылочный столик подъемного цилиндра (*3*), а центрирующий колокольчик центрует их под разливочным устройством. Когда бутылки наполнятся, они (с помощью промежуточной звездоч-

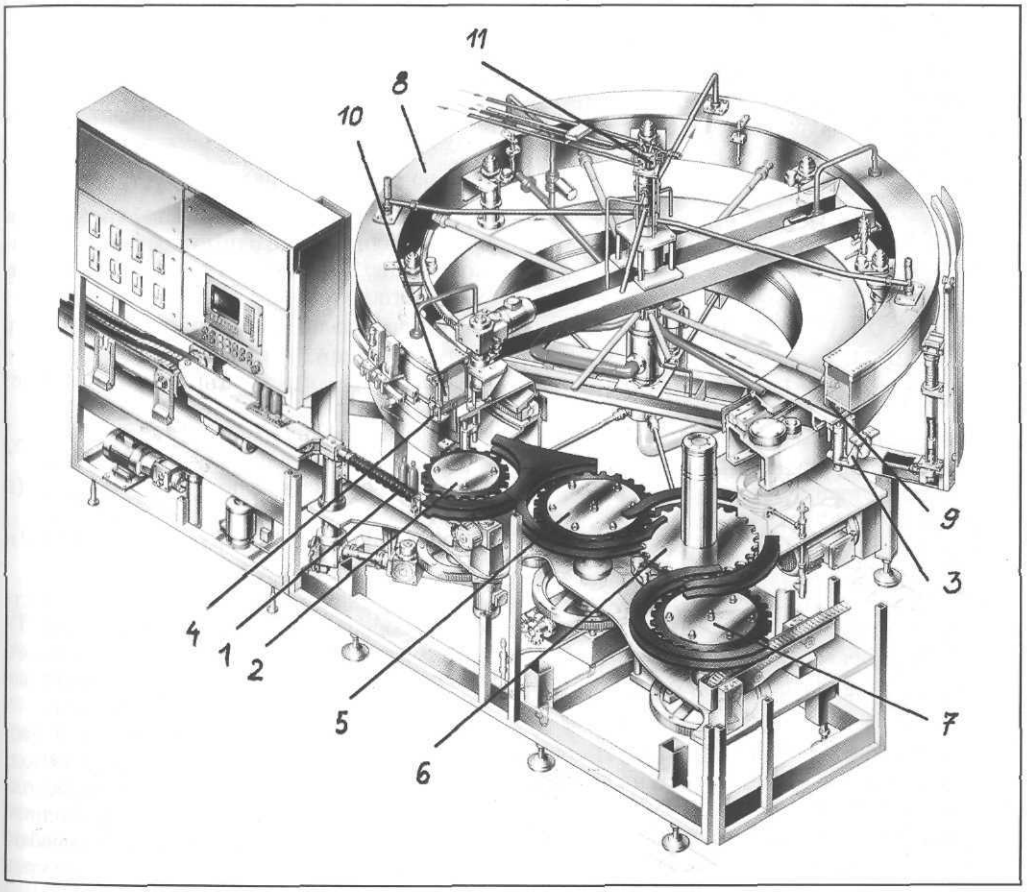


Рис. 5.20. Разливочно-укупорочный блок, тип «Дельта-F» (в разрезе):

1 — загрузочный шнек; 2 — загрузочная звездочка; 3 — подъемный плунжер; 4 — центрирующий колокольчик; 5 — промежуточная звездочка; 6 — укупорочная звездочка; 7 —разгрузочная звездочка; 8 — кольцевой расходный резервуар; 9 — вакуумный канал; 10 — наливной клапан; 11 — вращающийся распределитель

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

ки) вводятся в укупорочный автомат, где производится укупоривание кронен-пробками (*5–6*). После этого бутылки при помощи разгрузочной звездочки укупорочного автомата направляются по одной на пластинчатый конвейер.

Собственно процесс наполнения длится в настоящее время примерно 5–6 с; немного времени требуется также для предварительной и последующей стадий обработки бутылки. Поэтому высокая производительность машины возможна только при большем количестве наполнительных устройств и вследствие этого — при большем диаметре карусели разливочного автомата. Диаметр этой карусели составляет от 1,4 до 6,5 м, а производительность доходит до 100 000 бут./ч.

С учетом возможностей доставки к месту установки диаметр разливочных автоматов должен быть ограничен значением порядка 6,5 м. При 200 наливных клапанах расстояние между ними составляет примерно 100 мм. Чем больше диаметр бутылки, тем больше для нее требуется места и, следовательно, при том же диаметре будет меньше возможное количество наливных клапанов.

5.1.4.3. Основные узлы разливочно-укупорочного блока

Бутылки требуется как можно быстрее наполнить и тотчас их укупорить. Именно по этой причине в настоящее время все разливочные автоматы объединены в один агрегат с укупорочными автоматами и, следовательно, должны рассматриваться вместе как моноблок.

Из основных конструктивных групп и элементов разливочно-укупорочного блока особый интерес представляют:

- привод машины;
- подвод сред;
- загрузка, обработка и выгрузка бутылок;
- конструкция и принцип действия подъемных механизмов;
- изменение высоты и перестройка на другой размер и форму бутылки;
- конструкция и принцип действия наполнительных устройств;
- укупоривание наполненных бутылок;
- мойка машины;
- обслуживание.

Привод блоков розлива и укупоривания

Привод блоков розлива и укупоривания осуществляется в настоящее время при помощи регулируемого по частоте электродвигателя переменного тока *(в приводе блока розлива часто используются преобразователи частоты VLT фирмы Danfoss (см.прил. 1 на правах рекламы, с. 870)*, приводящий момент которого распределяется редуктором на два направления:

- посредством постоянно вращающегося шарнирного вала на шаровое вращательное соединение карусели розлива;
- через другой уровень редукторов к укупорочному автомату, к загрузочным и разгрузочным звездочкам и к загрузочному шнеку;

В настоящее время зубчатые шестерни частично изготавливаются из износоустойчивых полимеров, и поэтому они дают мало шума. Специальная форма зубьев и оптимальная смазка также способствуют тихому ходу механизмов.

Подача сред к разливочному устройству

При постоянном вращении верхней части блока розлива необходимо постоянно подавать среды, а следовательно, и отводить их. К ним относятся:

- подача разливаемого продукта, то есть пива или других напитков снизу;
- подача газа для создания противодавления, то есть CO_2;
- подача сжатого воздуха;
- подача пара (в случае необходимости);
- отвод воздуха для получения вакуума (в случае надобности);
- трубопровод для возврата растворов CIP и другие среды.

Эти среды должны подаваться по жестким трубопроводам через распределитель (*11*), который расположен в центре разливочного автомата, поскольку подвижные шланговые соединения невозможны из-за вращения.

Подача осуществляется при помощи распределителя сред (рис. 5.21), который неподвижно установлен в центре кольцевого расходного резервуара. Уровень напитка в расходном резервуаре регулируется двумя поплавками. Чтобы избежать смешивания различных сред в распределителе, применяют:

- особо износостойкие уплотнители с упрочненной поверхностью;
- специальные уплотнения с повышенным сроком службы, чтобы даже в экстремаль-

ЭТИКЕТКИ ОТ ... Полиграфоформления

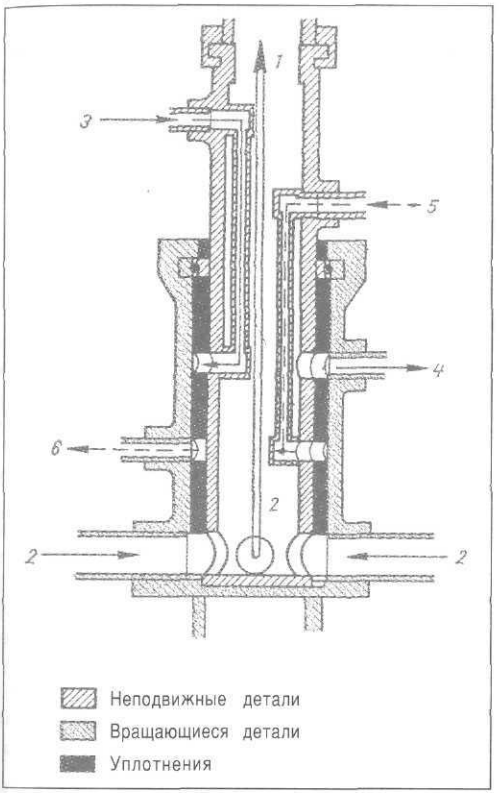


Рис. 5.21. Распределитель:

1 — вакуумный выход; 2 — вакуумный вход; 3 — подвод CO_2; 4 — отвод CO_2; 5 — подвод сжатого воздуха; 6 — отвод сжатого воздуха

ных условиях обеспечить надежную защиту от смешивания сред.

Загрузка, обработка и выгрузка бутылок

Бутылки необходимо транспортировать равномерно, с минимумом шума и надежно. То же относится и к пути бутылок к укупориванию и отводящему пластинчатому конвейеру.

Благодаря загрузочному шнеку на входе поступающие бутылки выстраиваются на таком расстоянии одна от другой, что обеспечивается надежная и точная передача их на синхронно вращающуюся загрузочную звездочку (рис. 5.22 и 5.22а).

Поскольку бутылки под действием возникающей центробежной силы стремятся переместиться наружу, то для их удерживания применяются пластмассовые направляющие (планки ограждения), которые обеспечивают бесшумное передвижение. Износ, о котором говорилось ранее, проявляется только при взаимодействии колец трения бутылок, а не в процессе разъединения бутылок.

Выгрузка стеклянных бутылок в известной степени также представляет собой определенную проблему. Бутылки для укупоривания поступают от промежуточной звездочки на синхронно вращающуюся укупорочную звездочку. Если все передачи точно согласованы, создаются все предпосылки для бережного ввода и вывода стеклянных бутылок.

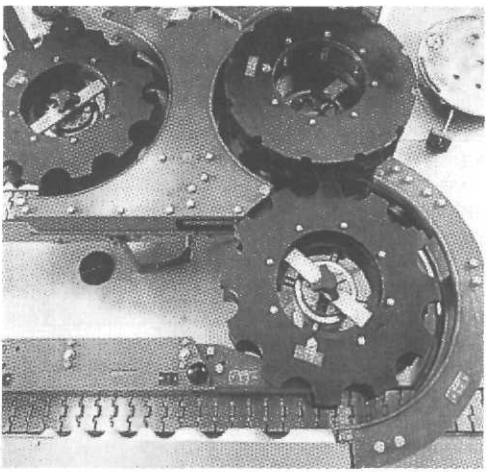


Рис. 5.22. Загрузочная и разгрузочная звездочки

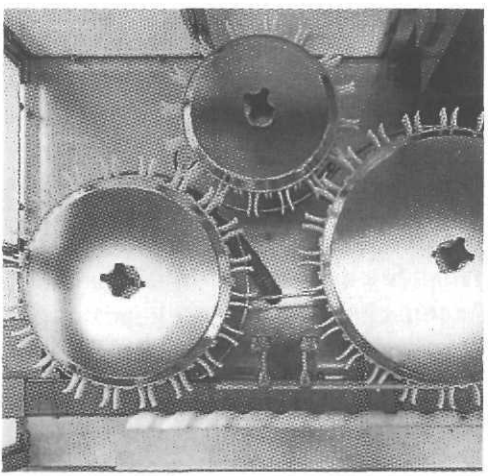


Рис. 5.22а. Загрузочная и разгрузочная звездочки в клеммном исполнении

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 94 Haute couture

Конструкция и принцип действия подъемных механизмов

Центрированные под наливными клапанами бутылки должны быть быстро и надежно подняты и герметично прижаты к тому или иному наливному клапану. После процесса налива еще открытые бутылки должны быть без рывков опущены так, чтобы не мог улетучиться CO_2. Подъемные элементы работают, основываясь на пневмомеханическом принципе:

- бутылки поднимаются с помощью сжатого воздуха;
- после наполнения опускаются под действием копира.

У большинства подъемных механизмов предельно краткое подъемное движение обеспечивает быстрое позиционирование бутылки под наливным клапаном. После прижатия подъемного органа к наливному клапану начинается процесс наполнения (рис. 5.23) (см. также раздел «Конструкция и принцип действия наполнительных устройств»).

После окончания процесса наполнения бутылки с помощью копира опускаются в секторе выхода; направляющий ролик подъемного механизма сначала быстро, а затем все медленнее опускается, при этом выдавливая обратно в трубопровод прижимающий сжатый воздух так, чтобы свести до минимума расход сжатого воздуха.

Изменение высоты и перенастройка на бутылки другого размера

В настоящее время используют, как правило, одну линию для розлива в бутылки различного размера и формы. Рынок зачастую требует очень быстрой перенастройки на бутылки других размеров и форм. Необходимое на переоснастку время снижает эффективную производительность линии розлива, и поэтому современные разливочные машины, которые предназначены для наполнения различных бутылок, приспособлены для изменения высоты наполнения.

При изменении высоты наполнения верхняя часть разливочного автомата с кольцевым резервуаром и наполнительными клапанами при помощи шпинделей и зубчатого венца поднимается до нужной высоты. Для этого в ЭВМ вводятся данные по высоте различных сортов бутылок, так что переоснастка на другой тип бутылок может быть проведена очень

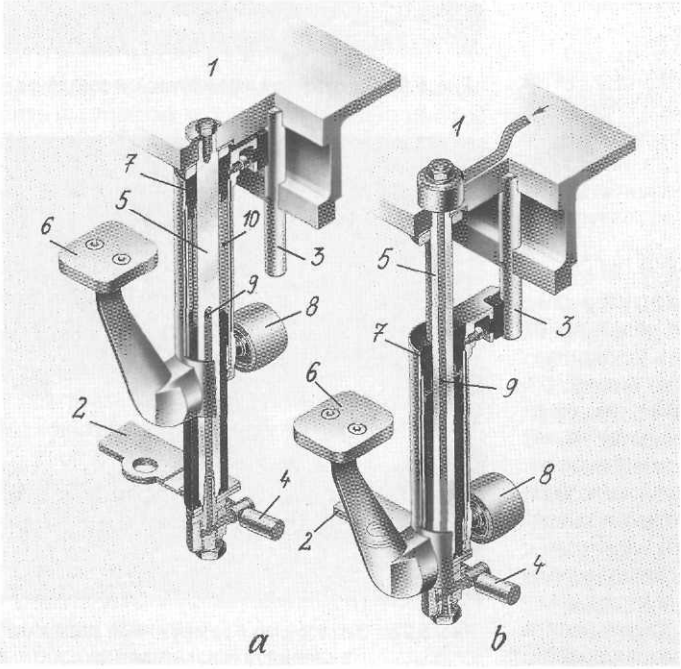


Рис. 5.23. Детали подъемного механизма (a) в поднятом состоянии; (b) в опущенном состоянии:

1 — верхнее крепление; 2 — нижнее крепление; 3 — боковая направляющая; 4 — трубопровод для подвода сжатого воздуха; 5 — неподвижный корпус плунжера; 6 — подъемный столик; 7 — плунжер с возвратно-поступательным движением; 8 — ролик; движущийся вместе с подъемным столиком; 9 — вход и выход сжатого воздуха; 10 — сжатый воздух для подъема бутылки

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

быстро. Существует также возможность настройки и контроля высоты наполнительных устройств вручную.

5.1.4.4. Конструкция и принцип действия наполнительных устройств

Наполнение бутылок, естественно, является одним из важнейших процессов, в ходе которого все качественные параметры разливаемого напитка должны сохраняться без изменений. Для этого наполнительные устройства в зависимости от предъявляемых напитками требований должны быть различными по конструкции и функции.

Наполнительные устройства являются сложными по конструкции системами с различными усовершенствованиями, которые следует рассмотреть отдельно. К ним относятся следующие механизмы:

- центрирующие колокольчики;
- наливные клапаны с трубками;
- наливные клапаны без трубок;
- системы управления клапанами;
- системы наполнения по объему.

Центрирующий колокольчик

Для соединения бутылки с наполнительным устройством имеются, по существу, две возможности:

- либо поднять бутылку и прижать ее к клапану, либо
- прижать клапан к бутылке.

Ниже будет показано, что вторая возможность реализуется при розливе в банки. При наполнении бутылок всегда поднимают бутылку, однако чтобы добиться правильного центрирования бутылок по отношению к наполнительному устройству, используется центрирующий колокольчик, который поднимается вместе с бутылкой (рис. 5.24). Колокольчик устанавливает ее по центру наполнительного устройства и прижимает к нему.

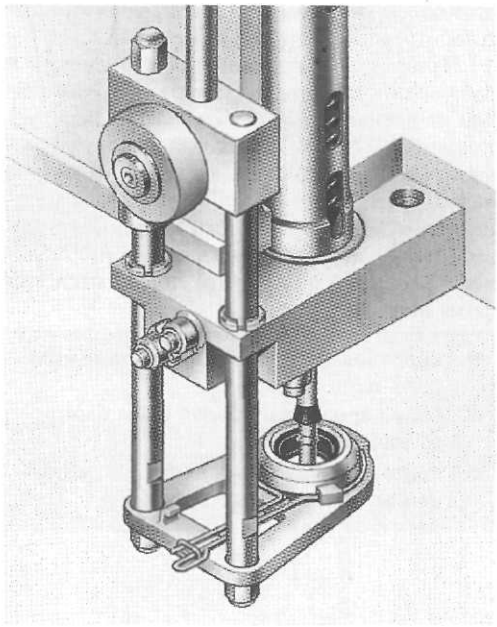


Рис. 5.24. Центрирующий колокольчик с направляющей

Наливные клапаны с трубкой

При использовании наливных клапанов с трубкой пиво наливается через наливную трубку, конец которой располагается непосредственно над дном бутылки. Тем самым бутылка наполняется медленно снизу вверх без стекания наливаемого пива по стенкам бутылки, и поэтому поглощение кислорода в этом случае находится на очень низком уровне.

В наливной трубке имеется отверстие для выхода газа на высоте заданного уровня наполнения бутылки, которое связано с каналом возврата газа.

Внутренний диаметр наливной трубки ограничивается:

- горлышком бутылки (<< 17 мм);
- наружным диаметром трубки (<< 14 мм);
- внутренним диаметром трубки (10–12 мм).

В связи с этим всегда стараются ускорить скорость течения жидкости при помощи перепада давления.

В ходе процесса наполнения создающий противодавление диоксид углерода возвращается через возвратную воздушную трубку обратно в возвратный газовый канал. Поэтому бутылка будет наполнена лишь до входного отверстия трубки возвратного газового канала, так как газ, находящийся выше этой точки, уйти уже не может.

После закрытия наливного клапана наливная трубка еще находится в бутылке, и остатки продукта в ней могут стечь. Естественно,

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 202-96-94 Haute couture

этот объем учитывается при определении высоты отверстия в трубке возврата газа.

Чтобы повысить скорость наполнения в начальной фазе, можно открыть еще один клапан на канале возврата газа в атмосферу, установив тем самым перепад давлений, что ускорит скорость течения жидкости (быстрое наполнение). Близко к концу процесса наполнения этот дополнительный клапан закрывается, и наполнение продолжается с «нормальной» скоростью. При этом получаются три фазы наполнения:

- **короткая начальная фаза замедленного наполнения;**
- **более продолжительная фаза быстрого наполнения;**
- **короткая фаза замедленного наполнения.**

Процесс наполнения с использованием клапанов с наливной трубкой

Фаза 1: Исходное положение

Бутылка захватывается центрирующим колокольчиком, и поднимается надеваясь горлышком на наливную трубку.

Фаза 2: Создание противодавления при помощи CO_2 (синий цвет)

После прижатия бутылки в нее поступает CO_2, вытесняя содержащийся в бутылке воздух снизу вверх.

Фаза 3: Начальная фаза наполнения — отверстие форсунка 1 открыто

Клапан для жидкости открывается; пиво по наливной трубке течет вниз и вытесняет CO_2 вверх. Скорость течения определяется небольшим поперечным сечением отверстия 1 в канале возврата газа. Благодаря малому перепа-

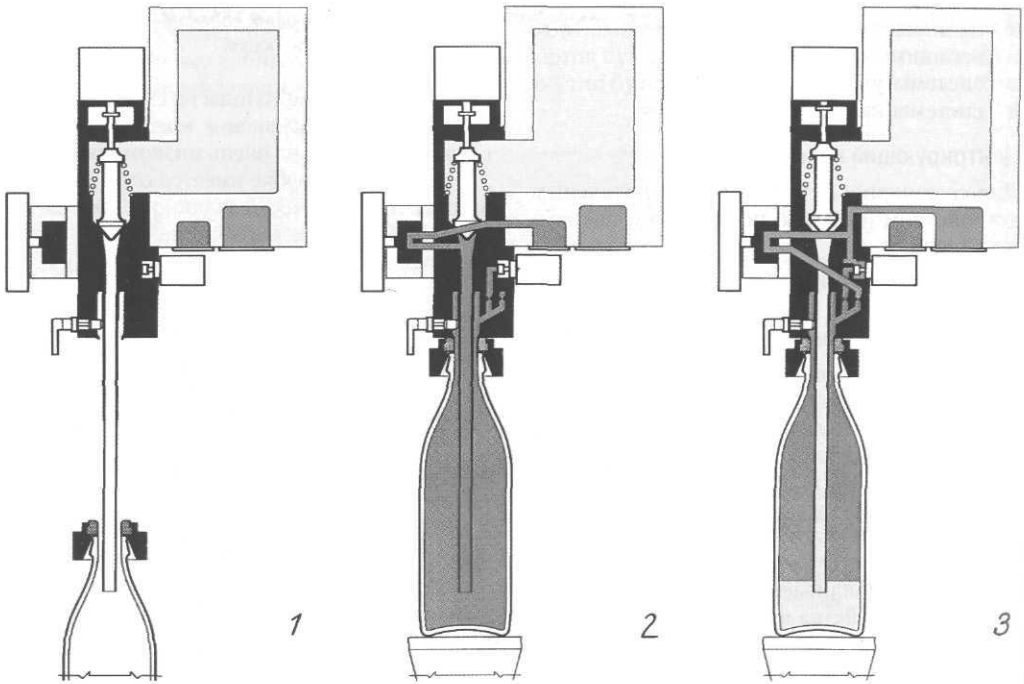
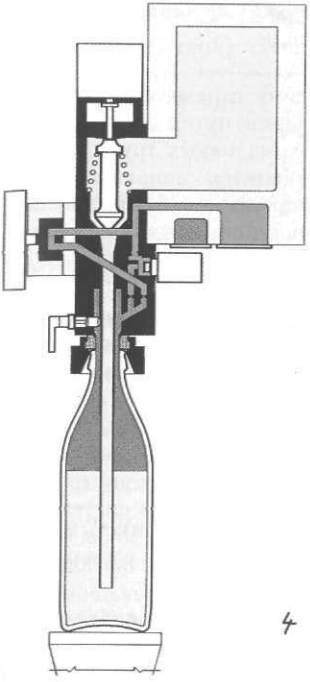


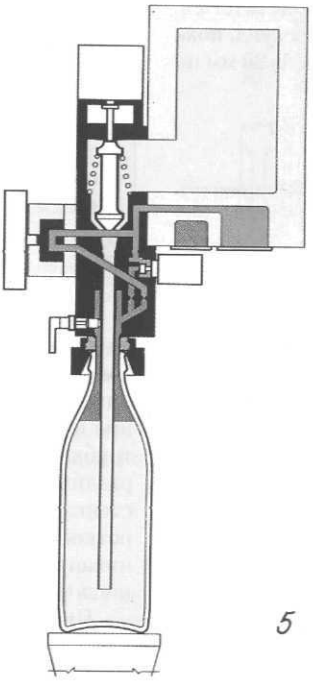
Рис. 5.25. Наполнение бутылок через наливную трубку (тип Innofill DR, фирма KHS, г. Дортмунд)

Синим цветом обозначено создание противодавления, зеленым — возвратный газ, желтым — пиво, розовым — программа CIP. Более подробное объяснение см. в тексте

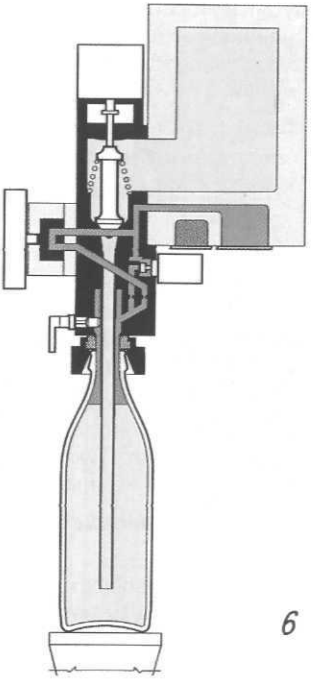
ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфооформления



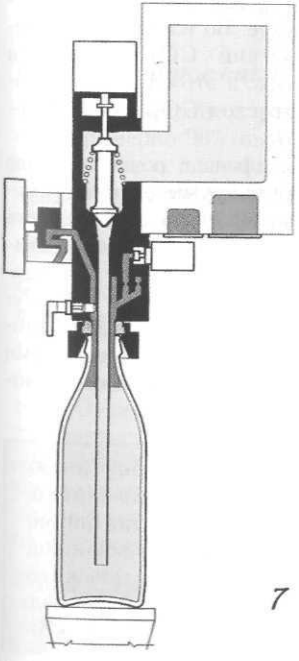
4



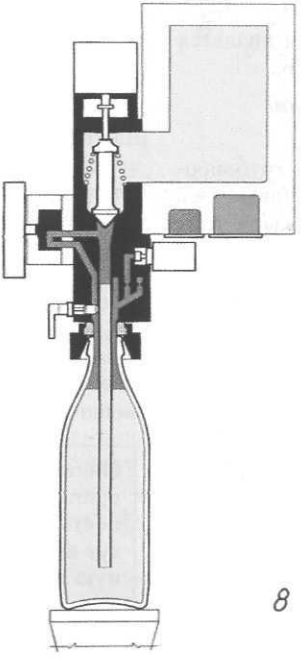
5



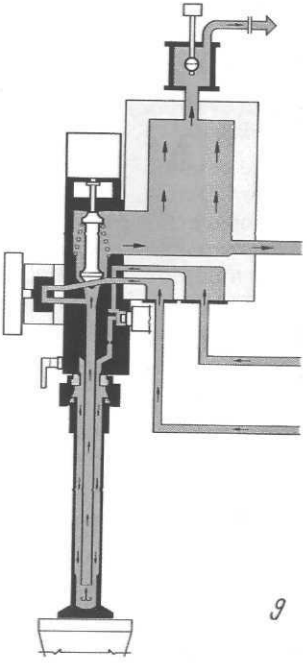
6



7



8



9

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

ду давления пиво течет медленно и не пенится. Эта фаза длится лишь несколько секунд, пока пиво не поднимется примерно на 10–20 мм по наливной трубке.

Фаза 4: Фаза быстрого налива — отверстия 1 и 2 открыты

Путем подключения отверстия с большим поперечным сечением 2 увеличивается перепад давления и тем самым повышается скорость течения; эта фаза длится большую часть времени налива.

Фаза 5: Фаза замедления — отверстие 1 открыто

Вследствие закрытия отверстия 2 пиво продолжает медленно течь, поднимаясь к горлышку бутылки. Таким образом, предотвращается нежелательный перелив бутылки.

Фаза 6: Закрытие клапана для жидкости

Как только пиво достигнет заданного уровня наполнения бутылки, жидкостный клапан закроется. Давление в бутылке сразу же падает до уровня давления в трубопроводе возврата газа, и таким образом происходит первый сброс давления.

Фаза 7: Сброс давления до атмосферного давления

Второй ступенью сброса давления является сброс его до атмосферного давления.

Фаза 8: Опорожнение наливной трубки

После установления связи между трубопроводом CO_2 и наливной трубкой, оставшееся в ней пиво стекает в бутылку, благодаря чему достигается предусмотренное количество наполнения. Затем бутылка опускается и направляется в автомат для укупоривания.

Фаза CIP (9)

Все трубопроводы соединены между собой, и моющий раствор, а в последствии вода подаются в режиме циркуляции, чтобы обработать все участки, подверженные инфицированию микроорганизмами.

Процесс наполнения налива с использованием клапанов без наливных трубок

Узкое горлышко бутылки предопределяет пределы допустимого диаметра наливных трубок и тем самым — скорость наполнения и производительность линии.

В настоящее время стремятся ускорить процесс наполнения путем использования клапанов без наливных трубок. При этом пиво приходится направлять по стенкам бутылки, что неизбежно увеличивает опасность поглощения пивом кислорода воздуха.

Такие устройства зачастую называют «наливными устройствами с короткой трубкой» — в отличие от систем с длинными наливными трубками. Однако такое обозначение неправильно, так как видимая короткая трубка является трубкой возвратного газа, а разливаемое пиво поступает по внутренним стенкам бутылки. Включение в систему короткой трубки неизбежно привело бы к вспениванию пива и очень высокому поглощению кислорода.

Предпринимаются попытки сначала удалить воздух при помощи **вакуума** и заменить его на CO_2, однако в этом случае при наполнении бутылки удаленный из нее воздух вместе с CO_2 будет возвращен в кольцевой коллектор и, как следствие, повысится содержание кислорода в кольцевом распределительном резервуаре. Во избежание нежелательных последствий CO_2 приходится постоянно обновлять, а это означает относительно высокий расход CO_2 (около 320–350 г CO_2/гл пива).

Содержание кислорода в розлитом пиве благодаря двойному **вакуумированию** (имеется в виду следующая последовательность операций: вакуумирование — создание противодавления CO_2 — вакуумирование — создание противодавления) снизится до минимума, а стойкость пива повысится. Такой способ розлива без трубок в настоящее время широко распространен и его применение хорошо себя зарекомендовало.

Наливные клапаны без трубок имеют сравнительно высокую производительность, так как для впуска напитка они могут использовать практически всю входную площадь горлышка бутылки, которая уменьшается только на площадь сечения трубки возвратного газа. «За-

хлебывание» (как, например, при шприцевании бутылок) здесь исключено.

Принцип действия наливного клапана (типа VK2V фирмы Krones, г. Нойтраублинг) представлен в качестве примера на рис. 5.26.

Фаза 1: Первая вакуумирование

Бутылка прижимается центрирующим колокольчиком (*5*) вплотную (герметично) к наполнительному устройству, и при помощи неподвижного упора (*10*) открывается вакуумный клапан (*9*); 90%-ное вакуумирование происходит очень быстро. Поднимаемый центрирующим колокольчиком вакуумный предохранительный клапан (*22*) препятствует прерыванию вакуума, если бутылка не была своевременно поднята.

Фаза 2: Дополнительная CO_2 — промывка

С помощью роликового подъемника (*14*) на короткое время открывается газовый клапан (*15*), и CO_2 из кольцевого резервуара (*3*) поступает в бутылку и промывает ее. Этот процесс очень непродолжительный и заканчивается возвращением подъемника в исходное положение. Давление в бутылке повышается примерно до уровня атмосферного.

Фаза 3: Второе вакуумирование

Повторяется процесс фазы 1 и заново создается примерно 90%-ный вакуум. При таком вакууме еще оставшийся в бутылке воздух будет удален при помощи CO_2 и таким образом содержание воздуха в бутылке уменьшится еще примерно на 1%.

Фаза 4: Создание противодавления

Повторяется процесс фазы 2, но он занимает более продолжительное время. Входящий поток CO_2 после двойного вакуумирования устанавливает в бутылке очень высокую концентрацию CO_2; одновременно в бутылке устанавливается давление такое же, как в кольцевом резервуаре. Фазы 3 и 4 на рисунках не представлены.

Фаза 5: Наполнение

После уравнивания давления между бутылкой и в кольцевым резервуаром разливочного

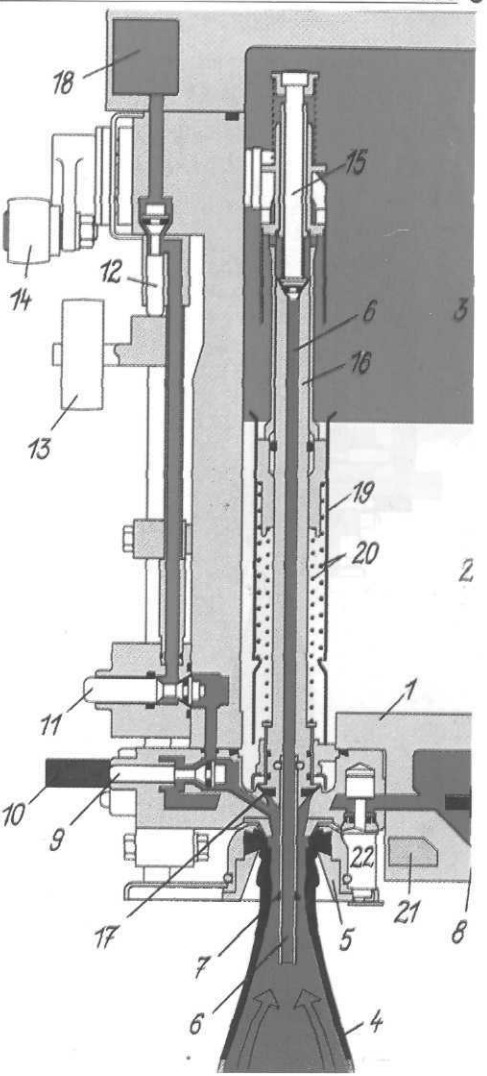
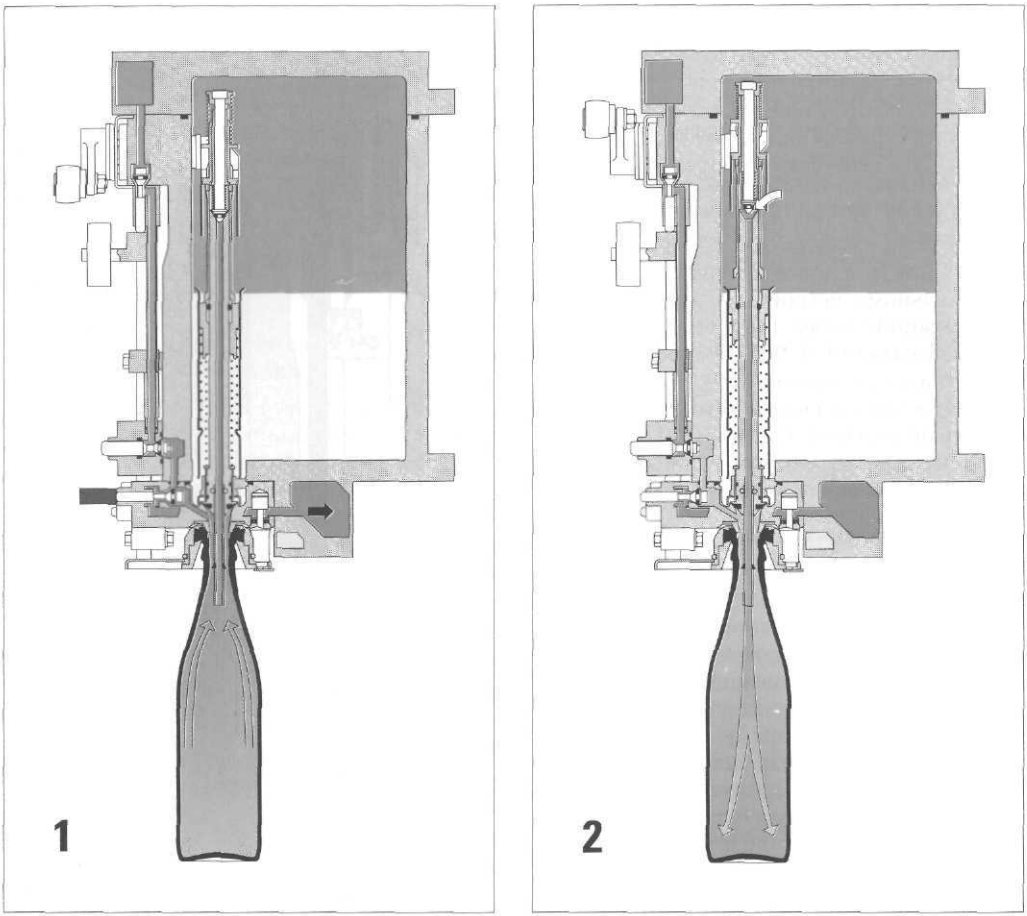


Рис. 5.26. Система наполнения бутылки без наливной трубки:

1 — кольцевой резервуар разливочной машины; 2 — пиво; 3 — CO_2; 4 — бутылка; 5 — центрирующий колокольчик; 6 — трубка возврата газа; 7 — отводной конус; 8 — вакуумная вытяжка; 9 — клапан вакуумного трубопровода (в положении «открыто»); под ним — клапан разрежения; 10 — неподвижный упор для управления вакуумным клапаном; 11 — клапан для подачи CO_2 (закрыт); 12 — клапан для отвода CO_2; 13 — роликовый рычаг для клапана CO_2; 14 — клапанный рычаг для открытия и закрытия клапана CO_2 (15) и наливного клапана (16) с клапанным уплотнением (17) в резервуаре; 18 — отвод CO_2; 19 — неподвижная гильза; 20 — пружины для открытия и закрытия наливного клапана; 21 — канал разряжения; 22 — вакуумный предохранительный клапан

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture



К рис. 5.26. Последовательность протекания процесса наполнения без наливных трубок с двойным вакуумированием

автомата наружная пружина (*20*) открывает уплотнение клапана (*17*). Пиво может течь только вниз и оно посредством отводящего конуса (*9*) направляется против стенок бутылки, по которым оно стекает тонким потоком. CO_2 отводится через трубу возврата (*6*) обратно в резервуар.

Фаза 6: Окончание процесса наполнения

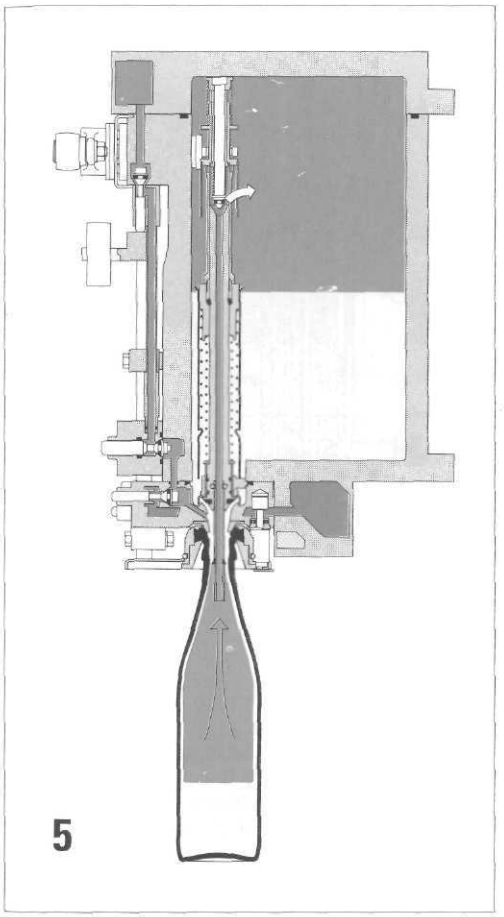
Как только пиво дойдет до нижнего края трубки возврата газа, оно по закону сообщающихся сосудов поднимается по трубке вверх, тогда как газ, оставшийся в бутылке над поверхностью пива, выйти уже не может. Насколько высоко поднимется в трубке пиво, зависит от различных факторов, таких как скорость наполнения, давление и др. На этой фазе наблюдается небольшой перелив в бутылке, который в дальнейшем должен быть скорректирован.

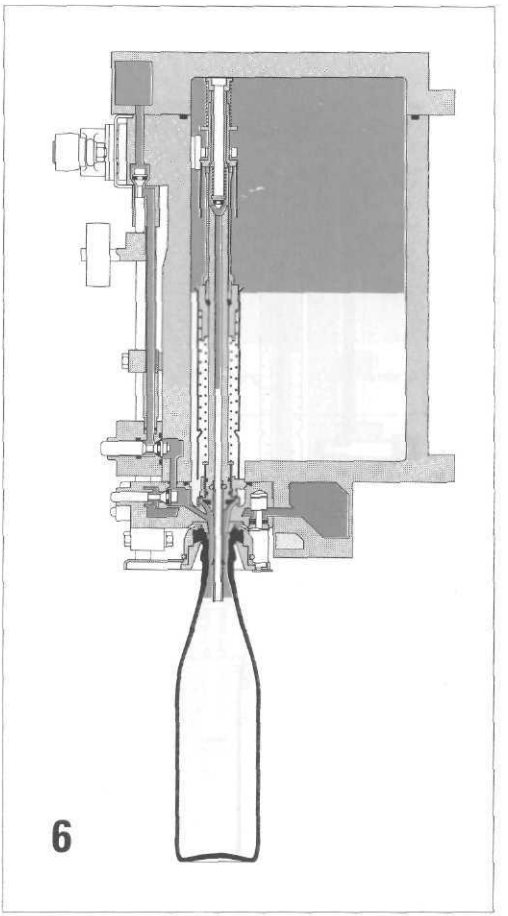
Точная высота наполнения является важнейшим критерием для качества бутылочного пива: недолив обманывает потребителя и налоговые органы, перелив снижает прибыль: при производительности линии в 100 000 гл (= 20 млн бутылок) разница в 1 мл на поллитровую бутылку составляет уже 200 гл! Меньшие количества тоже суммируются.

Фаза 7: Стадия корректировки

Если бы пиво из трубки могло свободно вылиться обратно в бутылку, то содержимое бутылки бесконтрольно увеличилось бы, что было бы недопустимо. Чтобы добиться точно-

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления





го уровня наполнения, наливной клапан (*17*) благодаря движению роликового рычага (*14*) закрывается, а газовый клапан (*15*) еще остается открытым. Теперь при помощи стационарного копира открывается расположенный сбоку дополнительный клапан подачи CO_2 (*11*), и CO_2 со слегка избыточным давлением примерно в 0,2 бара направляется в горлышко бутылки. Он вытесняет пиво, находящееся выше конца трубки возвратного газа, в трубку возврата воздуха и тем самым возвращает его обратно в кольцевой резервуар. Таким образом достигается точный уровень наполнения бутылки.

Фаза 8: Разряжение (на рисунках не приведено)

В заключение движением роликового рычага закрывается газовый клапан (*15*) и посредством стационарного копира открывается расположенный сбоку разгрузочный клапан (*9*). Через отверстие с малым поперечным сечением отводится избыточное давление, которое постепенно выравнивается с атмосферным. Это препятствует немедленному вспениванию.

Стадия мойки CIP

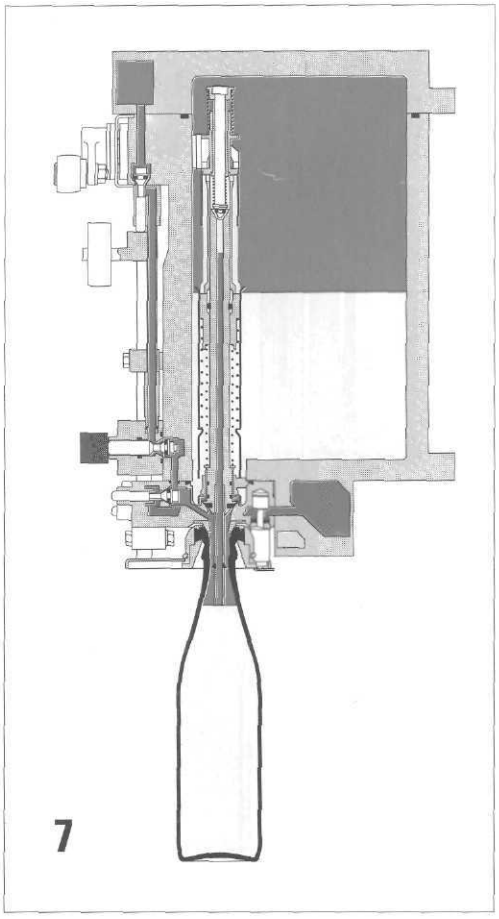
Линия розлива в настоящее время может нормально функционировать лишь в том случае, если она приспособлена к мойке в системе CIP. Для этого под наливными клапанами устанавливаются моечные крышки и посредством центрирующих колокольчиков они плотно прижимаются к наполнительным устройствам. Таким образом, в режиме циркуляции может быть промыта вся система.

Система управления процессом розлива

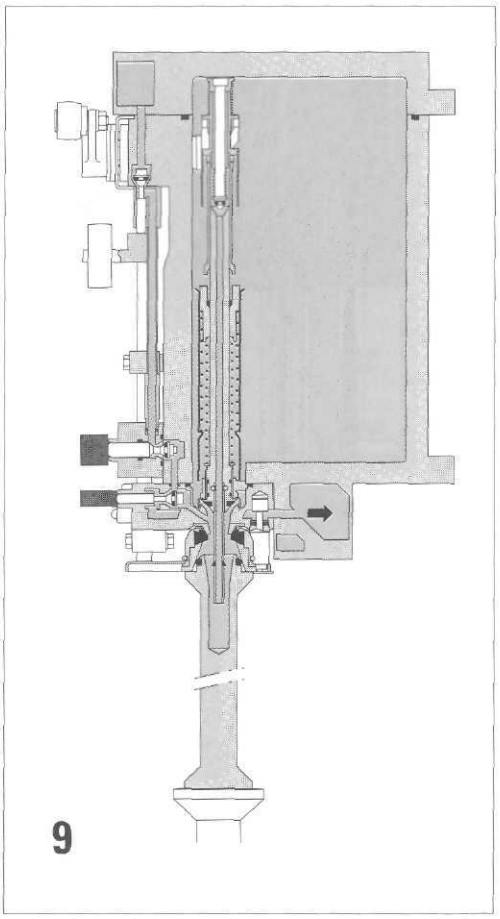
Управление процессом розлива в последние годы претерпело большие изменения.

Вплоть до пятидесятых годов применялся ***пробковый розлив***, названный так по проб-

ЭТИКЕТКИ ОТ
Haute couture



7



9

ковому крану, который, поворачиваясь посредством упоров, поочередно открывал

- воздух,
- пиво и возвратный воздух

и в процессе наполнения впрыскивал пиво, находящееся выше пробкового крана, в кольцевой резервуар и тем самым — в бутылки. В дальнейшем были разработаны клапаны, которые допускали наружное управление только в газовом секторе над поверхностью пива. При этом, хотя пиво и не соприкасалось с движущимися снаружи деталями, оно находилось в постоянном соприкосновении с различными пружинами и другими элементами, что неблагоприятно сказывалось на его микробиологическом состоянии.

В связи с этим были предприняты определенные мероприятия для того, чтобы как можно дальше отойти от использования пружин и другой арматуры и найти другие возможности регулирования. Важным шагом в этом направлении было применение вместо клапанов, управляемых извне ***механически, мембранных клапанов с пневмоприводом*** (рис. 5.27), в которых газ, создающий противодавление, направлялся бы только вдоль уплотняющей мембраны.

Мембранный клапан приводится в действие из сети сжатого воздуха системы управления (рис. 5.28). Такая система управления позволяет избежать необходимости размещения всех пружин и прочих деталей на наполнительном устройстве.

Многие разновидности разливочных автоматов оснащены на выходе пива винтовыми насадками, придающими струе пива вращение; они имеют специальную конусную фор-

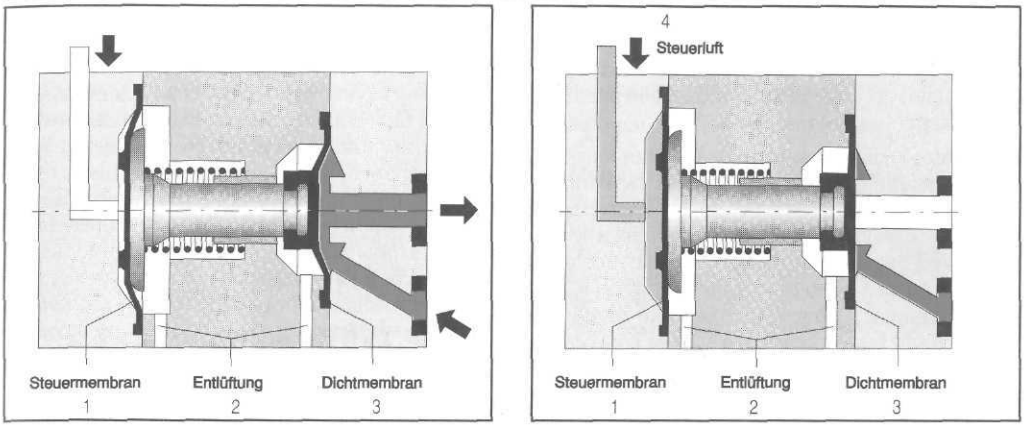


Рис. 5.27. Пневматические мембранные клапаны:

1 — мембрана управления; 2 — удаление воздуха; 3 — уплотняющая мембрана; 4 — управляющий воздух

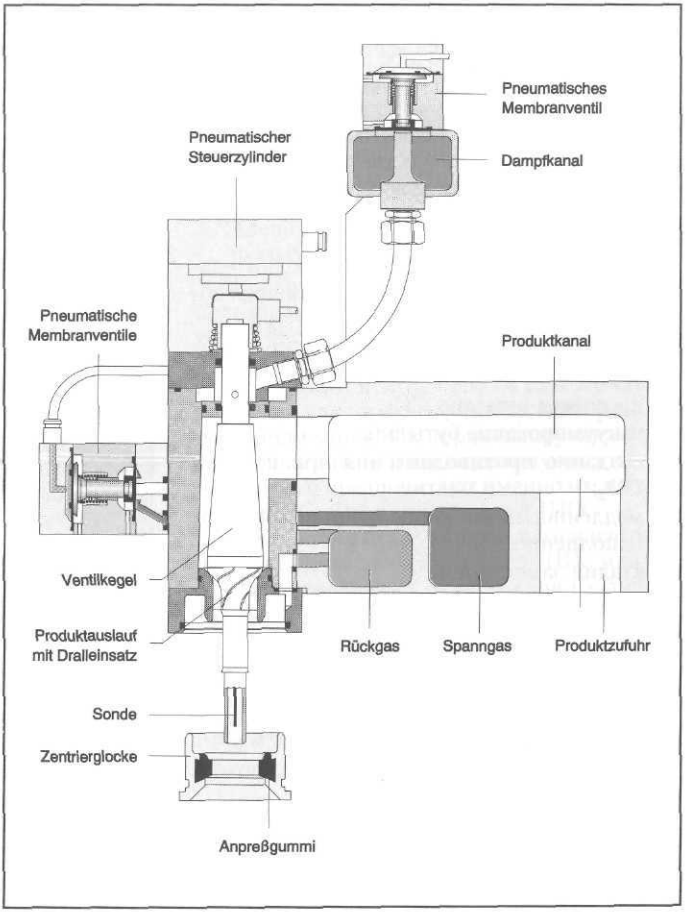


Рис. 5.28. Пневмопривод мембранных клапанов. В каждый данный момент времени они могут быть или открытыми, или закрытыми

- Anpreßgummi — прижимная резиновая прокладка;
- Zentrierglocke — центрирующий колокольчик;
- Sonde — датчик;
- Produktauslauf mit Dralleinsatz — выход продукта с винтовой насадкой;
- Rückgas — возвратный газ;
- Spanngas — создающий противодавление газ;
- Produktzufuhr — подвод продукта;
- Ventilkegel — конус клапана;
- Pneumatische Membranventile — пневматический мембранный клапан;
- Produktkanal — продуктовый канал;
- Pneumatischer Steuerzylinder — пневматический управляющий цилиндр;
- Dampfkanal — паровой канал;
- Pneumatisches Membranventil — пневматический мембранный клапан

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

му, способствующую тому, чтобы пиво скользило по стенкам бутылок вниз по спирали.

В последние годы появились некоторые новые идеи по улучшению процессов розлива, например:

- вместо создания противодавления в вакуумированной бутылке углекислым газом можно продуть бутылку перегретым паром и тем самым убить еще оставшиеся в вымытой бутылке микроорганизмы; этот процесс по желанию может быть повторен, что увеличивает эффект, к тому же продувка бутылок более дешевым паром сокращает расход более дорогостоящего CO_2;
- уровень наполнения в некоторых моделях регулируется при помощи электронных датчиков, которые посредством чувствительных сенсоров отслеживают уровень жидкости в бутылке и при достижении заданного уровня переключают подачу пива на стадию медленного наполнения.

Окончательное и точное перекрытие притока пива также осуществляется с помощью очень чувствительного механического датчика, который помещен в защитную трубку (воздушную трубку). В качестве примера ниже приводится наполнительное устройство разливочного автомата типа **Innofill ER** (фирма KHS, г. Дортмунд).

Электронное управление наполнительным устройством происходит следующим образом (рис. 5.29):

- вакуумирование бутылки или продувка паром;
- промывка бутылки CO_2;
- вакуумирование бутылки;
- создание противодавления при помощи CO_2;
- медленное начало наполнения — быстрое наполнение;
- стадия замедления;
- конец наполнения с предварительным снятием давления;
- окончательное снятие давления.

5.1.4.5. Способ вспрыска воды под высоким давлением

Остающийся в горлышке бутылки воздух очень вреден для пива.

Из-за него

- в пиве может стимулироваться рост *аэробных микроорганизмов* и прежде всего
- будет ускорен процесс *старения пива*.

В пиве имеется целый ряд легко окисляемых соединений. Возникающие «карбонилы старения» имеют такой низкий пороговый показатель вкуса, что почти на молекулярном уровне они становятся заметны по запаху, который, постоянно усиливаясь, ухудшает вкус и аромат пива. Этот процесс можно лишь сдерживать, но совсем его остановить не удается. Поэтому производители пива заинтересованы в том, чтобы довести свою продукцию до потребителя в как можно более свежем состоянии. Основная масса «карбонилов старения» и их предшественников возникает из-за окисления ненасыщенных жирных кислот вследствие реакций Майяра, окисления высших спиртов и других процессов окисления (см. разд. 5.6.4.1).

Чем больше кислорода содержится в пиве и чем большее его количество попадает в бутылку в процессе розлива или остается в горлышке бутылки, тем быстрее происходит ухудшение вкуса и старение пива. Поэтому следует стремиться по возможности вытеснить кислород из горлышка бутылки, что осуществляется при помощи впрыска воды под высоким давлением.

При впрыске воды под высоким давлением постоянно производится впрыск тончайшей струи воды с давлением до 40 бар. Таким образом, каждая наполненная бутылка, проходя под этой струей, получает несколько сотых миллилитра горячей воды с температурой 80 °C, что моментально вызывает вспенивание в горлышке бутылки, и пена вытесняет оставшийся в горлышке воздух. При этом, однако, необходимо следить, чтобы

- **впрыскиваемая вода была абсолютно деаэрированной, так как в противном случае впрыск внесет в бутылку воздух, а значит и кислород, и**
- **не образовывалось избыточное вспенивание в бутылке, так как с обильной пеной теряется пиво.**

Для оптимизации этого процесса у современных разливочных автоматов струя воды регулируется посредством поддерживаемой вычислительным устройством системой ***пропорционального впрыска***. При этом необходимое давление впрыска и частично точка впрыска регулируется в зависимости от производительности наполнительного устройства, а технологические показатели в горлышке бутылки остаются неизменными как на замед-

ленной, так и на ускоренной фазах наполнения. Обычно необходимое давление впрыска растет вместе с повышением объемного расхода, но после достижения максимума объемного расхода оно снижается. Соответствующие характеристики давления впрыска устанавливаются в зависимости от производительности наполнительных устройств; эти характеристики, однако, могут быть скорректированы исходя из конкретных производственных условий. Наполненная бутылка в любом случае поступает в укупорочный автомат.

5.1.5. Укупоривание бутылок

Бутылки, как правило, укупоривают *кронен-пробками*, но иногда для пивных бутылок применяется и *укупоривание с помощью пружинных хомутов*.

Пивные бутылки могут быть закрыты также пробкой с проволочной уздечкой (как у шампанского; это относится прежде всего к бельгийским и французским особым сортам пива), но этот вид укупоривания применяется в небольших количествах и только для особых целей.

Чем чувствительнее напиток к кислороду, тем быстрее бутылка должна быть укупорена.

Если напиток не подвергается последующей пастеризации, то следует воспрепятствовать тому, чтобы на пути к укупорочному автомату или с самой пробкой в напиток могли попадать микроорганизмы, ухудшающие его биологическую стойкость.

5.1.5.1. Укупоривание бутылок кронен-пробками

Кронен-пробки

Корончатая жестяная пробка (кронен-пробка) (рис. 5.30) — наиболее распространенный вид пробок. Они изготовлены из тонкого покрытого лаком металла со стандартной толщиной 0,235 мм ± 0,020 мм и уплотняющей прокладки.

Внутренний диаметр этих пробок (d_1) — 26,75 мм; у них 21 зубец. Обозначаются они как **26-миллиметровые**; наружный диаметр (d_2) составляет у них 32,1 мм ± 0,2 мм, высота (h) равна 6,00 ± 0,15 мм.

Кронен-пробки для шампанского и подобных шипучих напитков имеют внутренний диаметр 29 мм и высоту 6,80 ± 0,15 мм.

В качестве наиболее тонкого ***материала*** для кронен-пробок используются:

- электролитически луженая тончайшая жесть (белая жесть) с содержанием 2,8 г $Sn/м^2$;
- электролитически хромированная тончайшая жесть (ECCS) с содержанием минимум 60 мг $Cr/м^2$ на каждой стороне;
- нержавеющая тончайшая жесть (IMOX).

Кронен-пробки снаружи и внутри покрыты лаком.

Наружная лакировка наносится согласно пожеланию заказчика на базе литографической печати цифровыми компьютерными системами и в настоящее время гарантирует применение высококачественных лаков и широкую палитру красок печати. Кроме того, наружная лакировка защищает от коррозии и механического износа.

Для ***внутренней лакировки*** применяют различные застывающие лаки, используемые для образования уплотнительной прокладки на основе ПВХ или на свободной от ПВХ основе.

Иногда применяются кронен-пробки, уплотняющие вкладыши которых можно вынуть. На этих вкладышах имеется место для нанесения рекламной печати. Для этого используются особые лаки.

В качестве уплотняющего материала применяют

- напыленные прокладки на основе ПВХ;
- холодноштампованные прокладки на свободной от ПВХ основе;
- прессованные пробковые прокладки, с пленочным покрытием из алюминиевой фольги или виниловой пленки.

Большинство ***прокладок*** изготовляют из полимерных компаундов на основе ***ПВХ,*** которые впрыскиваются в кронен-пробку и обрабатываются методом горячей чеканки. Такие вкладыши нейтральны по вкусу и подходят также для горячего розлива, пастеризации и стерилизации. Их герметизирующая способность очень велика, и поэтому многие производители предпочитают именно их, несмотря на проблемы с утилизацией ПВХ.

Прокладки без ПВХ прессуются из гранулята на основе, не содержащей ПВХ, и штампуются в различных формах (для различных горлышек бутылок). Они также нейтральны по вкусу и также годятся для горячего розлива и пастеризации. Кронен-пробки из белой или хромированной жести с прессованными вкладышами и пленочным покрытием применяются для укупоривания алкогольных аперитивов или стерилизованного молока.

Откручиваемые кронен-пробки типа «твист-офф» (twist-off)

Под twist-off-укупориванием понимается такой способ укупоривания, когда поворот

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

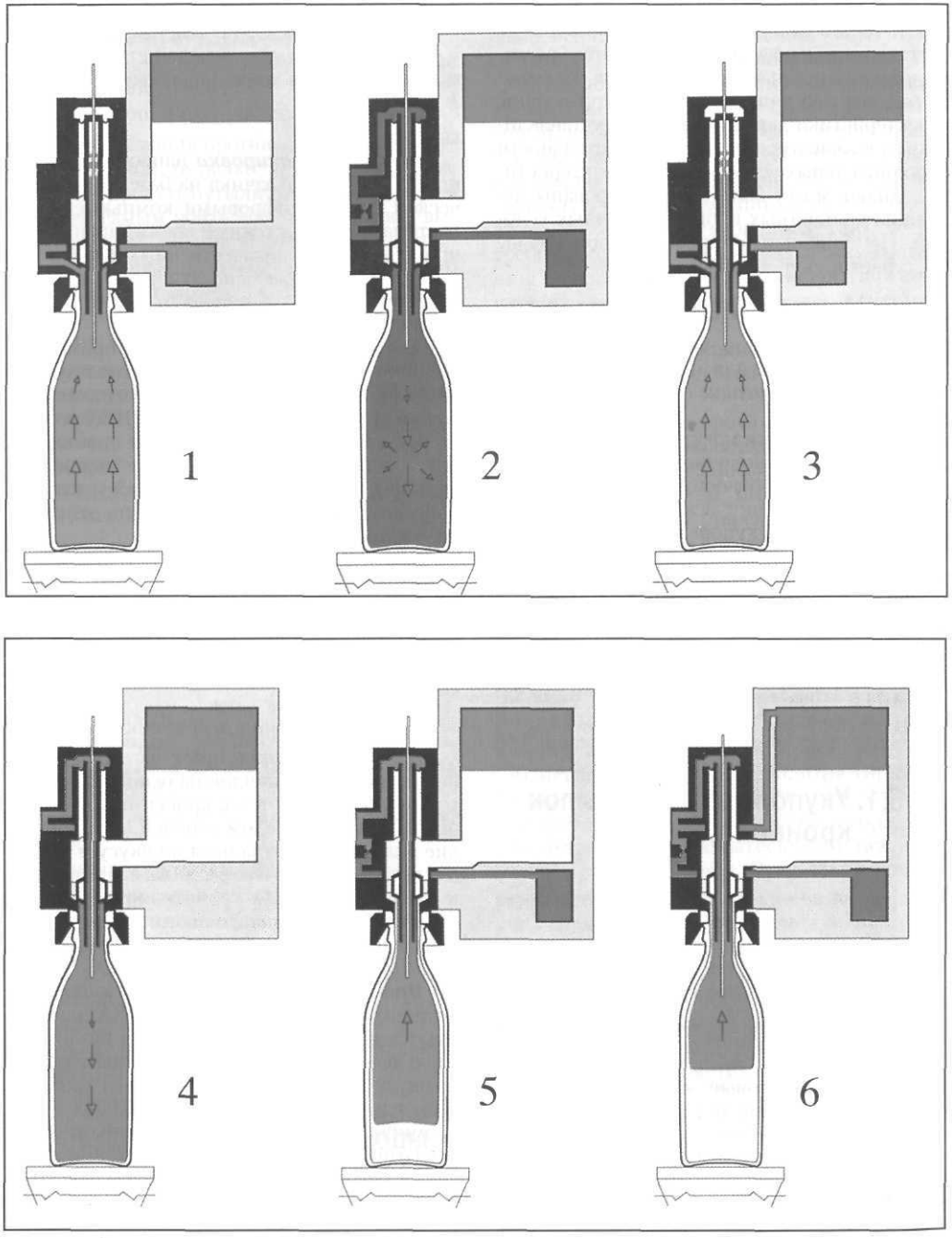
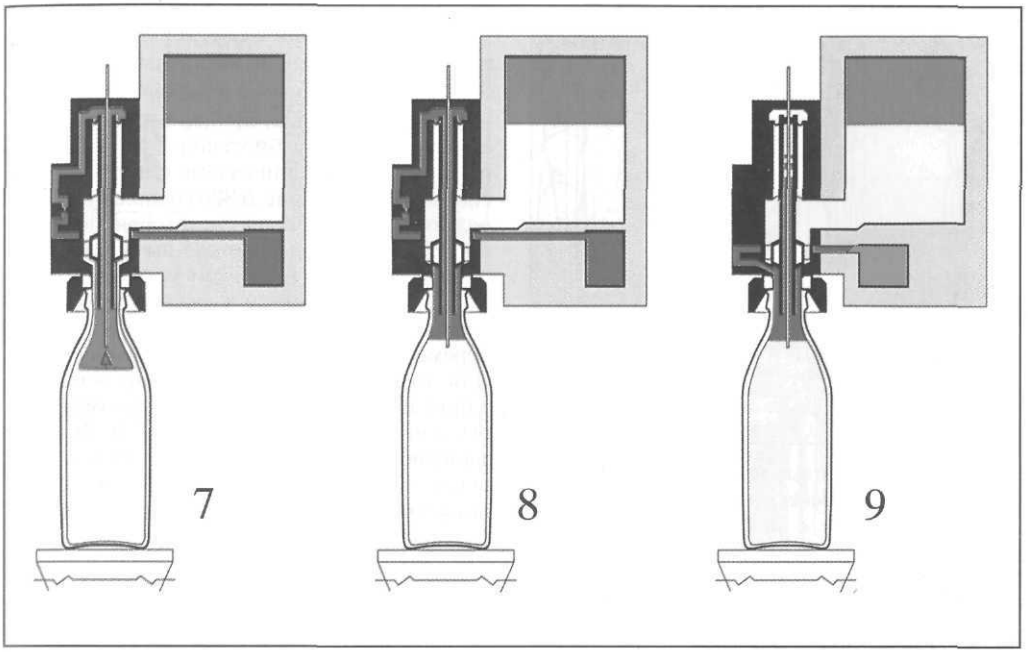


Рис. 5.29. Наполнительное устройство для бутылок, тип Innofill ER с электронным управлением:

1 — эвакуация воздуха из бутылки; 2 — промывка CO_2; 3 — эвакуация воздуха из бутылки; 4 — создание противодавления при помощи CO_2; 5 — медленное наполнение; 6 — быстрое наполнение;

ЭТИКЕТКИ ЛТ (812) 303-06-84 Полиграфоформления



7 — фаза замедления; 8 — конец наполнения с предварительным снятием давления; 9 — окончательное снятие давления

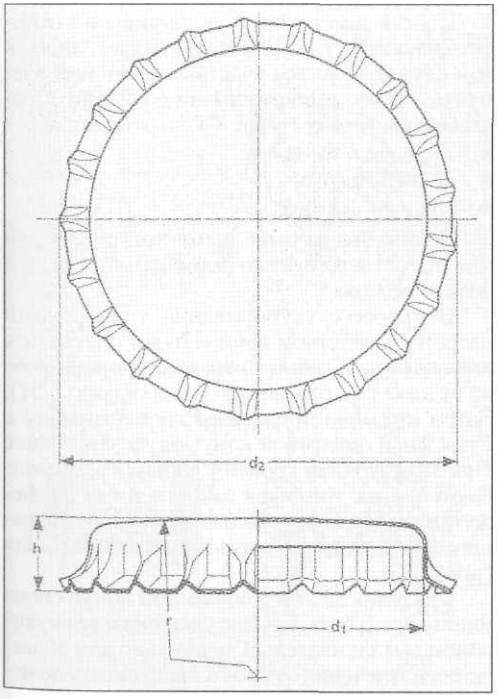


Рис. 5.30. Кронен-пробка

крышки на четверть оборота плотно соединяет ее с емкостью, а такое же вращение против часовой стрелки — открывает. Такой способ укупоривания применяется обычно для бутылок и банок с более широким горлышком.

Появившись в Северной Америке, этот способ быстро распространился для укупоривания пивных бутылок. Для этого бутылки разового использования должны иметь так называемую «псевдорезьбу», которая позволит укупоривать их кронен-пробкой типа «твист-офф». Это упрощает потребителю процесс открывания, но поскольку кронен-пробки имеют очень острые края, то во избежание повреждения пальцев потребитель зачастую использует носовой платок или салфетку. Некоторые все равно пользуются обычным ключем для открывания бутылок с кронен-пробками, однако он иногда повреждает псевдорезьбу.

Сортировка и ориентация кронен-пробок

Во избежание проблем при укупоривании бутылок все кронен-пробки должны находиться в одинаковом положении — так, чтобы они могли быть посажены на горлышко бутылки компаундом вниз.

Ориентация кронен-пробок происходит в ***сортировочном устройстве*** и в ***поворотных трубах*** (рис. 5.31). При этом использу-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04
Haute couture

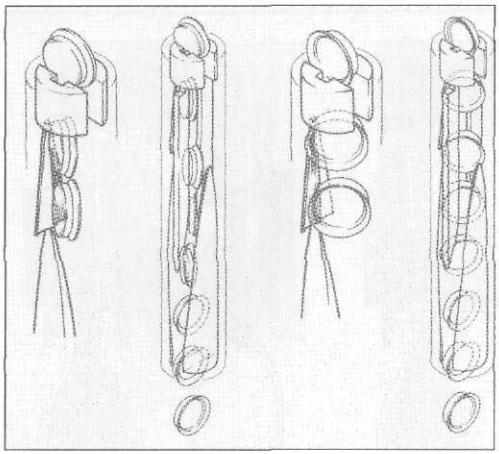


Рис. 5.31. Поворотные трубы для ориентации кронен-пробок

ется то обстоятельство, что «открытая», зубчатая сторона крышки значительно шире, чем «закрытая» тыльная сторона.

Если кронен-пробка заходит в поворотную трубу открытой стороной к смотрящему на рисунок (рис. 5.31, справа), то встроенными в трубу направляющими она будет на четверть оборота повернута влево и выйдет из трубы уже открытой стороной (вправо).

На левой части рисунка показано, что кронен-пробка, наоборот, входит в поворотную трубу закрытой стороной (рис. 5.31, слева). Направляющие в трубе вынуждают ее сделать поворот вправо, что, в конечном счете, приведет ее в такое же положение, что и у ее «правой» соседки — открытой стороной вправо.

Таким образом, все пробки (независимо от того, как они поступают) приводятся в одинаковое положение. Затем пробки одним плотным рядом скользят по ***желобчатому пробкопроводу*** к ***передающему механизму*** и затем надеваются на бутылку.

В течение года через сортировочное устройство, поворотные трубы и пробкопровод проходят многие миллионы кронен-пробок. Из-за острых краев крышек все эти места со временем расширяются, что в конце концов приводит к застреванию пробок и заклиниванию механизмов. Во избежание этого за этими устройствами необходимо тщательно ухаживать, своевременно подгонять или, при необходимости, заменять их.

Передача кронен-пробок происходит либо

- пневматически (то есть посредством сжатого воздуха или CO_2) либо
- механическим или магнитным способом.

При пневматическом способе подвода и передачи (рис. 5.32a) кронен-пробка выдувается сжатым воздухом на конус укупорочного патрона; при механическом или магнитном способе подвода (рис. 5.32b) используется передающая звездочка (*5*), которая подводит кронен-пробку к держателю-выталкивателю, захватывающему ее своими магнитами.

Укупорочные механизмы вращаются синхронно с разливочными механизмами и могут перемещаться в вертикальном направлении. Для этого на верхнем конце они оснащены одним или двумя упорными роликами, которые движутся по копиру (рис. 5.33). Шаровая запирающая щеколда служит для того, чтобы после укупоривания на бутылку не воздействовали какие-либо усилия.

Процесс укупоривания

В ходе процесса укупоривания кронен-пробка должна быть прочно соединена с горлышком бутылки таким образом, чтобы получилось абсолютно газонепроницаемое соединение, но так, чтобы пробку, однако, можно было бы без труда открыть.

Собственно процесс укупоривания относительно прост, но он срабатывает лишь в том случае, если все участвующие в нем элементы строго выдержаны по размерам и согласованы между собой. Сюда относятся

- горлышко бутылки;
- кронен-пробка;
- обжимной конус.

Если один из этих элементов поврежден или не соответствует по размерам, система работать не может.

В процессе укупоривания укупорочный патрон посредством копира будет опускаться вниз на бутылку до тех пор, пока кронен-пробка не ляжет на горлышко бутылки (рис. 5.34). Затем пружина прижимает кронен-пробку к бутылке, и обжимной конус опускается вниз. При этом зубчики кронен-пробки (их 21) загибаются вниз, тогда как закругленные промежутки между ними обжимаются вокруг верхнего края горлышка, герметично его закрывая (рис. 5.35).

Сразу после этого обжимной конус снова идет вверх, а бутылка еще удерживается пуансоном выталкивателя. Специально для облегчения извлечения бутылки предусмотрено исполнение обжимного конуса из нескольких частей.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-06-04 Полиграфоформления

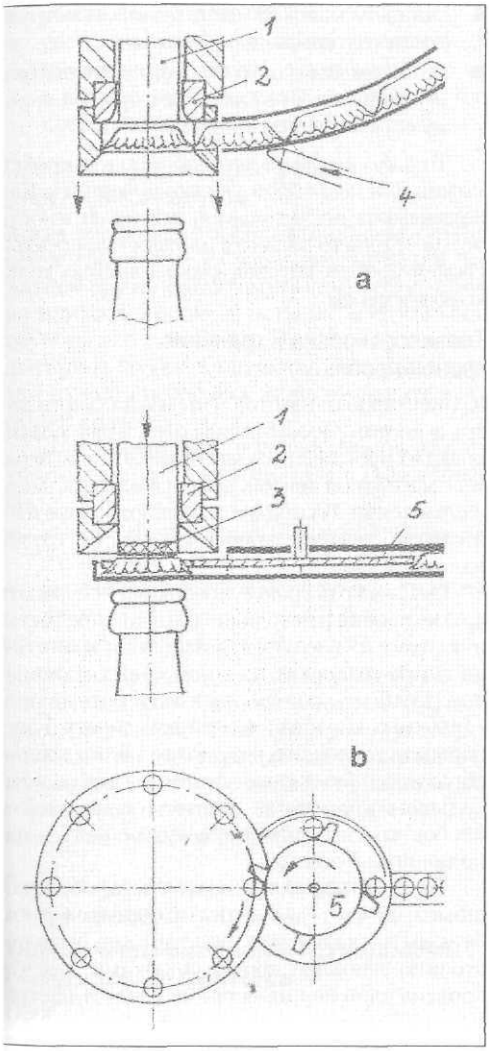


Рис. 5.32. a — Пневматическая подача кронен-пробок; b — Механическая/магнитная подача кронен-пробок:

1 — выталкиватель; 2 — обжимной конус; 3 — магнит; 4 — отверстие для сжатого воздуха; 5 — передающая звездочка

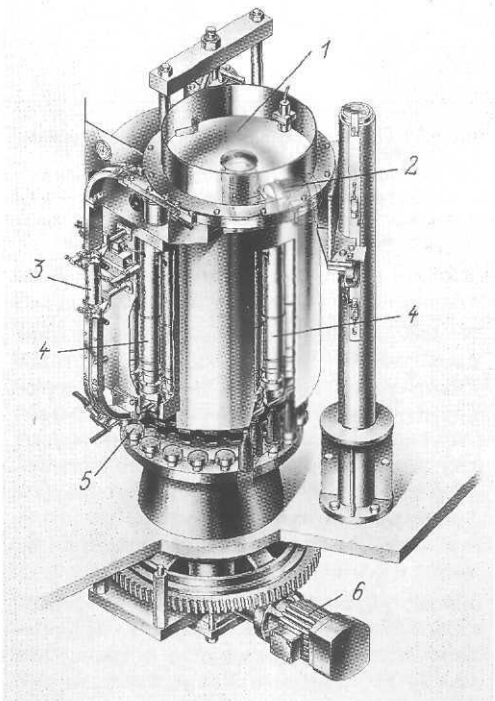


Рис. 5.33. Блок укупоривания кронен-пробками:

1 — сортировочное устройство для кронен-пробок; 2 — привод сортировочного устройства; 3 — пробкопровод с поворотной трубой; 4 — укупорочный патрон; 5 — столик для бутылки; 6 — привод

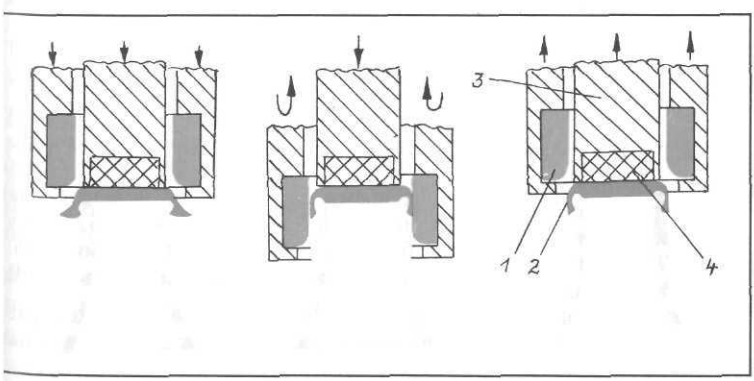


Рис. 5.34. Процесс укупоривания

1 — обжимной конус; 2 — кронен-пробка; 3 — выталкиватель; 4 — магнит

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

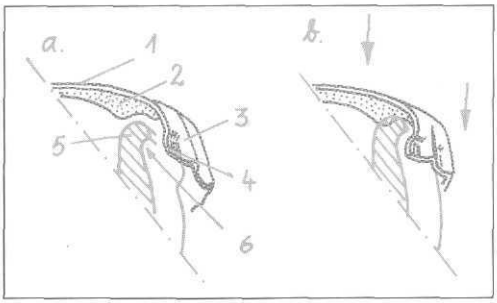


Рис. 5.35. Принцип укупоривания кронен-пробками: a — не укупорена, b — укупорена:

1 — кронен-пробка; 2 — прокладка; 3 — зубцы; 4 — углубления между зубцами; 5 — горлышко бутылки; 6 — кольцо для плотного удерживания кронен-пробки

В завершение процесса укупоривания проверяется уровень налива, и чтобы смыть удержанные на внешней поверхности остатки напитка (для предотвращения опасности коррозии, а также развития микрофлоры), бутылка ополаскивается водой. Вода из форсунок с малым диаметром отверстий должна при этом попадать на участок между кронен-пробкой и горлышком бутылки.

После укупоривания острые стальные края кронен-пробки остаются незащищенными. В соединении с остающейся между зубцами водой вследствие электрохимической реакции между цинком или хромом с железом возникает ржавчина, которая в ходе длительного влажного хранения образует ржавое кольцо **чуть ниже пробки. Поэтому необходимо:**

- **участок ниже зубчатого края кронен-пробки прошприцевать водой и сразу же после этого обдуть воздухом и**
- **избегать образования конденсата на укупоренных бутылках путем организации хорошей вентиляции складских помещений.**

Правильность прижатия кронен-пробки к бутылке проверяется шаблоном с рядом отверстий, через которые кронен-пробки могут проходить нормально, не проходить совсем, или проходить слишком свободно. Такую проверку следует производить для всех патронов на укупорочной карусели. Когда отверстие, принимающее диаметр кронен-пробки,

- слишком мало, то могут возникнуть трудности с открыванием бутылки,
- слишком велико, то это может привести к негерметичности или даже к произвольному соскакиванию кронен-пробки.

Только что насаженную кронен-пробку можно при некотором усилии повернуть. Как показывают исследования, эта подвижность не имеет ничего общего с плотностью посадки кронен-пробки, которая «закрепляется» только со временем.

Транспортировка и хранение кронен-пробок

Кронен-пробки изготовлены из стального листа и поэтому намагничиваются. Транспортировка их производится как правило конвейерами с магнитной лентой, даже и в вертикальном направлении. Благодаря транспортировке магнитными лентами кронен-пробки не трутся одна о другую.

Острые края кронен-пробок могут царапать другие пробки и находящиеся рядом предметы, и поэтому их следует перемещать и хранить в прочных упаковках из полимерных материалов. Если их транспортировать россыпью в картонных коробках, то они всю дорогу будут царапать картон, и в результате такого трения образуются бумажные частицы, а также в небольшом количестве частицы сошедшей с пробок краски, которые могут попасть в наполненные бутылки.

То же относится и к опилкам, образующимся за счет движения в сортировочном бункере, в связи с чем он не должен быть постоянно заполнен кронен-пробками, так что уровень наполнения воронки следует настраивать по возможности минимальным.

5.1.5.2. Укупоривание пробкой с пружинным хомутом

Пробка с пружинным хомутом

Еще полвека назад такой способ укупоривания бутылок с пивом был самым обычным. В наше время на некоторые пивоваренных предприятиях возродили этот способ для укупорки бутылок с отдельными сортами пива.

Пробка с пружинным хомутом состоит из

- фарфоровой головки, зачастую декоративной формы для достижения рекламных целей,

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

- резинового уплотнения и
- состоящего из двух частей проволочного пружинного хомута, изготовленного из оцинкованной стальной проволоки или проволоки из нержавеющей стали.

Процесс укупоривания пробкой с пружинным хомутом

Когда фарфоровая пробка с резиновым уплотнением насажена на горлышко бутылки, нажатием пружинного хомута вниз можно прочно прижать пробку к бутылке и герметично укупорить содержимое. Этот процесс можно повторять любое количество раз. При нажатии нужно преодолеть лишь незначительное сопротивление.

Для механического укупоривания необходимо осуществить некоторые действия, а именно:

- выровнять пружинный хомут в одном направлении;
- посадить фарфоровую пробку с уплотнением;
- нажать на пружинный хомут.

Это объясняет, почему укупорочные машины для пробок с пружинным хомутом имеют относительно сложную конструкцию, и поэтому этот вид укупоривания применяется только для тех сортов пива, высокая цена которых может окупить повышенные затраты на особые бутылки и пробки.

Проблемы укупоривания пробкой с пружинным хомутом

Обеспечение надежной сохранности содержимого бутылки

Пробки с пружинным хомутом обычно страхуются от случайного открытия специальными этикетками, которые наклеиваются на горлышко бутылки, закрывая пружинный хомут. Такая этикетка, однако, дает лишь частичную защиту, поскольку легко может быть снята.

Натяжение проволочного хомута

Целесообразно проверять натяжение проволочного хомута, поскольку со временем оно может ослабевать, и прижатие фарфоровой пробки окажется недостаточным.

Развитие контаминантов на резиновом уплотнении

В открытом состоянии резина плотно прилегает к пробке (рис. 5.36, a). Когда бутылка будет закрыта, резиновая прокладка несколько выдавливается вверх, а снизу она немного отстает от пробки (рис. 5.36, b). В этом месте могут образоваться гнезда контаминации, которые затем, после откупоривания бутылки, окажутся между резиной и пробкой и смогут «спокойно переждать» любые операции по санитарной обработке, а когда бутылку снова закроют, они опять активизируются.

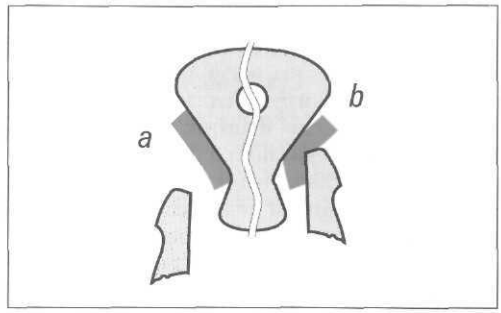


Рис. 5.36. Пробки с пружинным хомутом и резиновым уплотнением: a — не закупорена; b — закупорена

Резина является возможным источником развития контаминантов не только из-за вышеуказанной причины: старая или низкого качества резина склонна к растрескиванию, и в трещинах гнездятся микроорганизмы, способствующие появлению помутнений. Кроме того, резина плохого качества придает пиву специфический привкус, что решающим образом ухудшает качество напитка.

Наличие указанных проблем, повышенные затраты и привели к тому, что пробки с пружинным хомутом для укупоривания пивных бутылок — за исключением упомянутых примеров — были заменены надежным укупориванием кронен-пробками.

5.1.6. Промывка блока розлива и укупоривания

Промывка блока розлива и укупоривания является насущной гигиенической необходимостью. Для установок, предназначенных для розлива легко портящихся напитков (пиво, лимонады, фруктовые и овощные соки, а также другие безалкогольные напитки), основа-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

тельная промывка блока розлива и укупоривания может вообще стать «вопросом выживания» производства, поскольку на путях розлива в напиток могут попасть различные микроорганизмы. Если напиток затем не будет подвержен пастеризации в бутылках, то микроорганизмы в нем будут размножаться, появится помутнение и испортится вкус.

Приводимые ниже результаты многолетних исследований линий розлива пива действительны и для других легко портящихся напитков, разливаемых после кратковременного нагрева или холодного стерильного фильтрования.

В частности, в качестве источников и причин микробиологического загрязнения были выявлены:

Укупорочное устройство:
укупорочный пуансон;
несъемные защитные кожухи;
звездочки.

Блок розлива:
звездочки и центрирущие колокольчики;
обшивка конвейеров;
конвейерные цепи;
шнек загрузки бутылок.

Инспекционная машина:
звездочки;
конвейеры (высокая влажность).

Бутылкомоечная машина:
капли воды, образующиеся на металлическом корпусе над зоной выгрузки бутылок.

Зона вокруг наполнительного устройства:
загрязнение деталей машины;
незаделанные трещины в кафельной плитке;
заиленные канализационные сливы.

Испарения:
желоба над выталкивателем бутылок.

Несмотря на то что большинство микроорганизмов-вредителей пивоваренного производства очень чувствительны к высокой температуре и в особенности к сухим условиям окружающей среды, зачастую они могут выжить и размножаться под защитной пленкой других, более стойких микроорганизмов.

Такими более стойкими микроорганизмами являются прежде всего уксуснокислые бактерии, которые проникают всюду и окружаются капсулой слизи. Эти капсулы дают прекрасную защиту от высыхания, а также от действия высоких температур и дезинфицирующих средств. Когда такие уксуснокислые колонии угнездятся в углах и шероховатостях, то там могут также найти прибежище и другие микроорганизмы, которые пользуются защитным действием капсул слизи. Поскольку уксуснокислые бактерии очень любят кислород, они быстро поглощают запас кислорода в капсуле, так что там могут поселиться и размножаться и анаэробные бактерии (такие, как Pectinatus и Megasphaere). Для этих анаэробных бактерий особенно предпочтительна молочная кислота, способствующая их размножению.

Если подобные образования микроорганизмов не устранять регулярно, то эти вредные микроорганизмы будут размножаться и посредством движения воздуха, шприцевания, транспортировки бутылок и перемещения обслуживающего персонала разноситься во все производственные цеха. Постепенно они все более привыкают к среде напитка и становятся настоящими контаминантами.

В связи с этим необходимо предпринять все меры для последовательного устранения очагов микробиологического загрязнения непосредственно в блоке розлива и укупоривания, а также во всем цехе розлива, постоянно и педантично соблюдая чистоту.

Для этого имеются:

- системы CIP для блока розлива и укупоривания;
- системы обливания горячей водой особо уязвимых участков установки;
- системы мойки всей линии розлива.

Системы CIP для блока розлива и укупоривания

Основной предпосылкой для микробиологически надежного розлива является регулярная мойка и стерилизация всех деталей, соприкасающихся с напитком. В современных установках все соприкасающиеся с напитком детали, включая центрирующие колокольчики и трубки возврата газа, промываются дополнительно циркуляцией моющего средства в закрытой системе CIP. Для этого на наполни-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 333-86-84
Полиграфоформления

тельные устройства надеваются специальные моечные колпачки, позволяющие проводить основательную обработку этих узлов моющим средством.

Также на современных укупорочных устройствах для кронен-пробок имеется возможность установки моечных колпачков (рис. 5.37) (*5*), обеспечивающих для моющего средства (обозначено на рисунке красным цветом) повсеместный доступ. Также предусматриваются хорошие возможности для проведения целенаправленного обливания укупорочных устройств горячей водой.

Не менее важна и регулярная мойка сортировочного устройства для кронен-пробок, осуществляемая при помощи специальных моющих форсунок. При укупоривании винтовыми крышками способ мойки аналогичный.

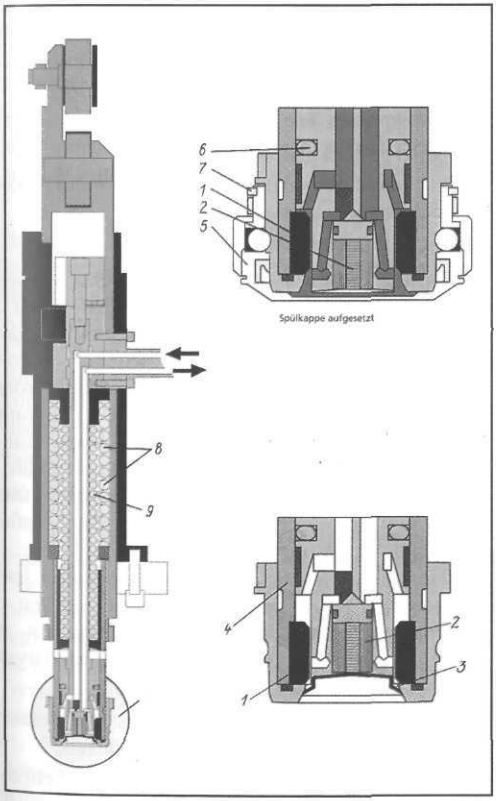


Рис. 5.37. Укупорочный патрон для кронен-пробок:

1 — укупорочный конус; 2 — магнит; 3 — кронен-пробка; 4 — головка укупорочного патрона; 5 — моечный колпачок; 6 — CIP-подача; 7 — CIP-возврат; 8 — компенсационная пружина; 9 — пружина выталкивателя

Обливание горячей водой

Во избежание образования очагов микробиологического загрязнения особо уязвимые участки блока розлива и укупоривания целесообразно регулярно подвергать воздействию горячей воды.

Особенно полезно это для следующих мест (рис. 5.38):

- наполнительное устройство — на уровне управляющих клапанов, подъемных цилиндров и колокольчиков (*1*);
- укупорочное устройство — пуансон укупорочного патрона (*2*);
- участок между и над загрузочными и разгрузочными звездочками (*3*), включая конвейер.

Чтобы убивать чувствительные к высокой температуре микроорганизмы, горячая вода должна иметь температуру 80–95 °С. Промывка должна производиться каждые два часа (желательно использовать периоды простоев) с продолжительностью, равной времени 2–3 оборотов карусели после выхода бутылок при половинной скорости. Обливание должно происходить в форме широких струй воды, а не в виде мелкого разбрызгивания.

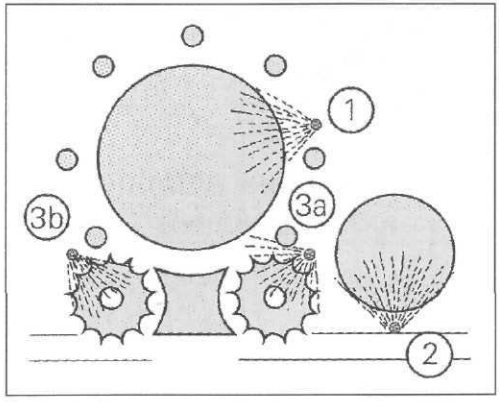


Рис. 5.38. Обливание горячей водой:

1 — блок розлива; 2 — звездочка укупорочного автомата; 3 — передающая звездочка

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

Этот способ имеет существенные преимущества по сравнению с обработкой *дезинфицирующим средством, которая в* силу разбавления средства и короткого времени воздействия не может быть полностью эффективной и может создать проблемы с остатками очагов загрязнения.

Мойка всей линии розлива

Выше уже отмечалось, что первый участок, на котором контаминанты могут попасть в бутылку, находится в бутылкомоечной машине, а именно, это может произойти на выходе с каплями конденсата. Следовательно, крайне необходимо регулярно использовать все меры для соблюдения чистоты всей установки. К ним относятся прежде всего:

- регулярная мойка всех машин и их элементов, применение пенной мойки труднодоступных деталей после основательного *шприцевания*;
- труднодоступные участки кожухов, донные настилы и приводы машин, которым следует уделять особое внимание;
- пластинчатые цепи, пластмассовые направляющие и распределительные шестерни, которые имеют потенциально опасные места со множеством отверстий и полостей;
- полы (они зачастую являются преимущественными источниками микробиологического загрязнения из-за отсутствия кафельной плитки или недостаточно плотной укладки плиток);
- загрязненные углы (из-за складирования ненужных предметов и частей оборудования).

5.1.7. Контроль наполненных и укупоренных бутылок

После укупоривания бутылок производится контроль:

- на правильность уровня наполнения (контроль уровня налива);
- на отсутствие пробки или косо посаженную пробку;
- на возможность наличия кислорода в горлышке бутылки.

5.1.7.1. Контроль уровня наполнения

После укупоривания происходит контроль заданного уровня наполнения. Это необходимо, чтобы

- предохранить потребителя от ***недолива***, а производителя – от потери репутации;
- при ***переливе*** защитить производство от потерь при возможном разрыве бутылок в ходе последующей пастеризации.
- Кроме того, может оказаться, что какая-то бутылка наполнена лишь наполовину или она совсем пустая.
- Одновременно система контроля уровня наполнения регистрирует наличие косо посаженной пробки, и эта бутылка должна быть отправлена в брак. Дефектные бутылки должны быть отделены.

Контроль уровня наполнения может производиться:

- гамма-лучами;
- рентгеновскими лучами;
- высокочастотным (микроволновым) излучением;
- инфракрасным излучением.

При розливе в банки применяются преимущественно гамма- и рентгеновские лучи.

При контроле уровня наполнения гамма-лучами на одной стороне измерительного мостика установлен передатчик с источником гамма-лучей, а на противоположной стороне в качестве приемника встроена сцинтилляционная трубка. Каждая проходящая мимо датчика бутылка регистрируется по заданным признакам и либо пропускается дальше, либо направляется в брак.

Поскольку аппарат контроля уровня наполнения в электронной системе соединен с блоком розлива и блоком укупоривания, в любой момент можно получить конкретную статистику розлива, а именно:

- сколько недоливов или переливов дает каждое наполнительное устройство;
- сколько наливных трубок работают неправильно;
- какие пуансоны укупорочного патрона работают плохо.

Кроме того, необходима регулярная проверка работы техники контроля. Для этого

ЭТИКЕТКИ ПТ (812) 303-06-04 Полиграфоформления

применяют соответствующие форме бутылки шаблоны, которые прикладываются к верхнему краю бутылки. При этом измеряется расстояние между кронен-пробкой и поверхностью жидкости. У бутылок с кронен-пробками это проблем не составляет, тогда как винтовые колпачки из-за трудности установления одинаковой точки сравнения создают некоторые проблемы.

5.1.7.2. Кислород в горлышке бутылки

Выше было показано, что содержание кислорода к концу дображивания в танке близко к 0% (0,0–0,01 мг кислорода/л), так как весь имевшийся кислород был использован дрожжами. По ходу фильтрования содержание кислорода в пиве немного повышается (из-за привнесения воздуха с кизельгуром или с водой, из-за присутствия воздуха в самом фильтре и т. д.), так что

следует считать, что при входе на разливочное устройство в пиве содержится от 0,02 до 0,03 мг O_2/л.

Небольшое привнесение воздуха происходит также в процессе розлива, и особенно приобретает значение кислород, остающийся после наполнения в горлышке бутылки, поскольку вследствие газообмена он попадает в пиво. Ранее было показано, что для удаления этого кислорода применяют вспенивание пива в горлышке бутылки путем впрыска воды при высоком давлении.

Общее содержание кислорода в розлитом пиве не должно превышать 0,10–0,15 мг O_2/л.

Для определения воздуха в свободном пространстве или всего воздуха в бутылке существует целый ряд лабораторных методов, с помощью которых можно определить содержание растворенного кислорода, объем воздуха в газовом пространстве или всего воздуха в бутылке. При этом, естественно, исследуются выборочные бутылки.

Известно, что создаваемая впрыском высокого давления мелкодисперсная пена поднимается до самого горлышка и вытесняет кислород воздуха вверх. При этом пузырьки пены принимают все большеее количество воздуха и становятся крупнее. Больший объем пузырька может указывать на более высокое содержание растворенного кислорода.

Однако не все бутылки наполняются таким желательным образом.

- У некоторых бутылок пена не поднимается до самого верха, так что в горлышке воздух еще остается.
- У некоторых бутылок шапка пены выходит наружу и вследствие центробежной силы в секторе шестерни форма пенной шапки сильно изменяется, способствуя проникновению воздуха.
- При торможении, остановке и новом пуске разливочного автомата (например, при сбое) такие явления особенно часты и увеличивают проникновение воздуха в пиво.

В результате получается нестабильность качества пива и потеря репутации производителя.

Существует возможность контролировать это проникновение воздуха постоянно, то есть у каждой бутылки, и высортировывать сомнительные бутылки. Для этого на ходу над каждой кронен-пробкой выдается электромагнитный импульс, создающий электромагнитное поле. Кронен-пробка благодаря этому *очень быстро приподнимается и отпускается*. При этом в своем свободном центре пробка испытывает легкое колебание, которое улавливается и оценивается приемником звуковой частоты (рис. 5.38а). По этим колебаниям (их

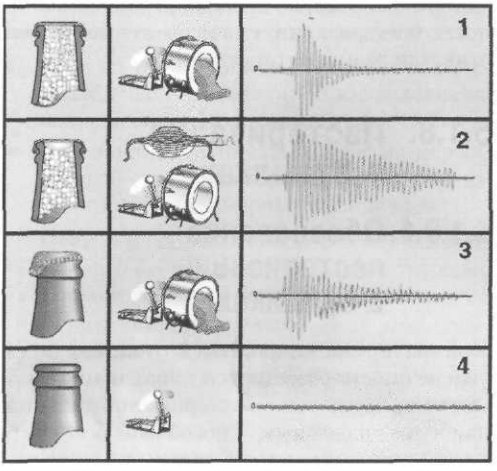


Рис. 5.38а. Контроль налива бутылок и укупоривания при помощи электромагнитного импульса (фирма Heuft Systemtechnik, г. Бургбрёль):

1 — хорошая бутылка; 2 — воздух в горлышке бутылки; 3 — криво посаженная пробка; 4 — отсутствие пробки

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

частоте, амплитуде) можно сделать заключение:

1. Заполнена ли бутылка до самого верха мелкодисперсной пеной?
2. Имеет ли место повышенное содержание кислорода из-за отсутствия пены или из-за слишком крупных ее пузырьков?
3. Не посажена ли кронен-пробка криво и поэтому укупоривание не герметично (так называемый «ночной колпак»)?
4. Бутылка вовсе без пробки.

Этот рисунок должен дать общее представление о действии на кронен-пробку электромагнитного импульса.

Благодаря постоянному контролю всех наполненных и укупоренных бутылок и изъятию из общего потока ненормально наполненных бутылок:

- обеспечивается неизменность качества продукта на рынке;
- гарантируется предусмотренная стойкость пива, а отсутствие пробки или ее кривая посадка обнаруживается незамедлительно.

Затем бутылки поступают:

- либо сразу на этикетировочный автомат;
- либо сначала на пастеризацию, а затем на этикетирование.

Этикетирование происходит, естественно, после пастеризации, иначе свеженаклеенные этикетки размокнут и отделятся.

5.1.8. Пастеризация в бутылках

5.1.8.1. Обоснование пастеризации в бутылках

При пастеризации напитка в бутылках в нем уже не смогут развиваться никакие микроорганизмы, и поэтому пастеризация является наиболее надежным способом обеспечить стойкость напитка, особенно если он содержит сброженные растворенные вещества.

Предпосылкой для успешной пастеризации является непременное соблюдение необходимых пастеризационных единиц (ПЕ; см. раздел 4.6.1.2.2), даже в самой холодной части бутылки. При нагреве полной бутылки нагревающийся вблизи стенок бутылки напиток поднимается вверх, а еще холодный в середине — устремляется вниз (рис. 5.39). Следовательно, самую холодную часть напитка следует искать всегда непосредственно над центром дна бутылки. Смешивание и выравнивание температуры наступает медленно, причем теплопередача тормозится еще и плохой теплопроводимостью стекла.

В ходе пастеризации все содержимое бутылки нагревается до желаемой температуры, которая затем удерживается до тех пор, пока напиток не достигнет необходимых для уничтожения всех микроорганизмов ПЕ. При этом следует помнить следующее:

С повышением температуры жидкости и газы расширяются. Если это происходит в ограниченным объеме, то с повышением температуры при повышении давления растет плотность газа. Жидкости, наоборот, не сжимаются (так как они не сжимаемы); независимо от растущего давления они продолжают расширяться. В отношении содержимого бутылки это означает, что если подлежащая пастеризации бутылка заполнена напитком без воздушной подушки, то содержимое при

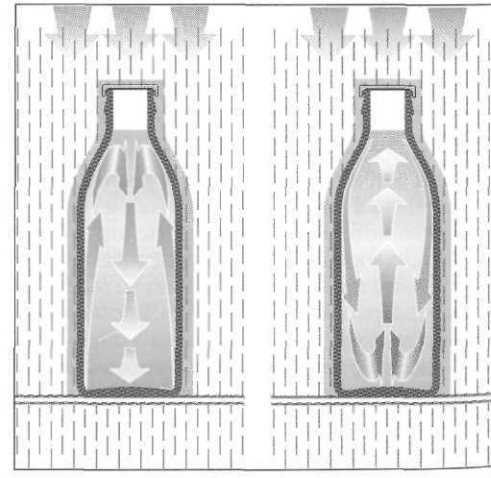


Рис. 5.39. *Конвекционное движение в наполненной бутылке (слева — при нагреве, справа — при охлаждении)*

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

нагреве все больше расширяется. Возникающее избыточное давление в несколько бар когда-нибудь приведет бутылку к разрыву. Небольшое газовое пространство не предотвратит разрыв стекла, так как крышка тоже может выдержать повышенное давление.

Это означает, что

при пастеризации необходимо иметь достаточно большой объем газового пространства, чтобы перекрыть возникновение слишком высокого давления внутри бутылки.

Чтобы не превысить значения внутреннего давления (у пивных бутылок >10 бар) следует учитывать необходимость наличия газового пространства объемом примерно в 4% объема бутылки (для поллитровых бутылок это составляет примерно 20 мл). Отмечаемый на каждой бутылке объем налива брутто составляет 520 мл (при поллитровой бутылке).

Во время пастеризации бутылки на конвейере в вертикальном положении медленно пропускаются через туннель пастеризатора, одновременно нагреваясь путем орошения горячей водой. При этом происходит пастеризация, а затем снова охлаждение. Этот процесс длится примерно 1 ч. Занимаемая площадь составляет 3–3,5 $м^2$/(1000 бут. · ч), что делает туннельный пастеризатор самой крупногабаритной установкой в цехе розлива, и поэтому крупные туннельные пастеризаторы в целях экономии занимаемой площади монтируются в двухэтажном варианте.

5.1.8.2. Важнейшие конструктивные элементы туннельных пастеризаторов

Туннельный пастеризатор состоит из

- корпуса с приводом;
- шарнирно-пластинчатого конвейера для бутылок;
- оросительного устройства с системой регулирования температуры и подачи воды;
- системы насосов и трубопроводов;
- системы охлаждения.

Кроме того, туннельные пастеризаторы могут быть оснащены устройством для регулирования ПЕ в период отключения пастеризатора.

Корпус туннельного пастеризатора

Ящичный корпус машины является самонесущей сварной конструкцией длиной до 30 м, в которой имеются отдельные температурные зоны с крышей, боковыми стенками и ваннами для воды. За внутренним пространством можно наблюдать через большие смотровые окна. Водные ванны для обеспечения чистоты снабжены уклоном для стока, а загрязнения, которые могут привести к забиванию разбрызгивающих форсунок, задерживаются на мелкоячеистых вставных ситах. Внутри секций циркуляция воды поддерживается при помощи насосов.

Привод транспортера для бутылок осуществляется посредством электродвигателя с частотным регулированием. Пружинная передача вращательного момента с концевым выключателем защищает электродвигатель от перегрузки. Время прохождения и температура регулируются автоматически в зависимости от выбранной программы.

Конвейер

Бутылки движутся через температурные зоны машины с помощью непрерывно работающего конвейера. В качестве тяговых и несущих элементов нем используются прежде всего:

- цепи из термостойких полимерных материалов, например, цепи из интралокса на направляющих из нержавеющей стали;
- шарнирно-пластинчатые цепи из нержавеющей стали на направляющих из износостойких полимерных материалов.

Цепи с мелкими ячейками обеспечивают надежность, бесперебойную транспортировку и беспрепятственный переход бутылок на участках загрузки и разгрузки.

Поскольку цепи шириной в несколько метров несут очень высокую механическую нагрузку, то иногда на каждом ярусе применяется по две цепи.

Цепи с бутылками движутся внутри машины и, следовательно, нагреваются и остывают вместе с ними; цепи из нержавеющей стали при этом испытывают большее напряжение, чем полимерные цепи, менее чувствительные к температурным колебаниям. Тем не

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

менее потери тепловой энергии существуют. Для экономии энергии был разработан метод поступательно-возвратного движения («шаг пилигрима»).

Метод транспортировки путем поступательно-возвратного движения («шаг пилигрима»)

При этом методе транспортировки бутылки стоят на неподвижных параллельных колосниках. С помощью своеобразного механизма они ритмично приподнимаются подвижными колосниками (находящимися между неподвижными) и делают один короткий шаг вперед, а затем снова опускаются. На рис. 5.40 серым цветом обозначены неподвижные колосники, а красным — подвижные. Чтобы понять этот механизм, следует постоянно иметь в виду соотношение неподвижных черных и подвижных красных колосников. На рисунке видно, как подвижные колосники поднимаются с бутылкой, движутся вперед и, пройдя небольшое расстояние, снова опускают бутылку на неподвижные колосники. Подвижная колосниковая решетка отходит затем обратно в исходное положение.

Движение вперед происходит путем приподнимания и движения промежуточных колосников решетки. Затем бутылка на этих прутьях снова опускается, а колосники отходят назад.

При этом

- вертикальные движения выполняются с помощью роликов с закаленной поверхностью, движущихся по наклонной плоскости;
- горизонтальные движения — по горизонтальным рабочим поверхностям.

Для этого в конце пастеризатора предусмотрено соответственно по два гидравлических цилиндра.

Расстояние между колосниками должно быть рассчитано так, чтобы была обеспечена стабильность вертикального положения бутылок. Существенным преимуществом этого способа является то, что колосники постоянно находятся в своем температурном диапазоне и можно исключить потери тепловой энергии на их нагрев и охлаждение.

Устройство для орошения

Задачей этого устройства является равномерное орошение бутылок в данной секции со всех сторон водой определенной температуры.

Система орошения состоит из съемных труб прямоугольного сечения. На нижней стороне такой трубы расположены большие квадратные отверстия, через которые разбрызгивается вода. Благодаря отражательным элементам, расположенным на внутренней стороне отверстий, в воде образуются завихрения, благодаря чему достигается большая площадь орошения. Тем самым обеспечивается оптимальное орошение бутылок.

Стекающая вода собирается и после фильтрования подается снова в циркуляционный контур насосами. Вода нагревается встроенными в систему трубопроводной обвязки обо-

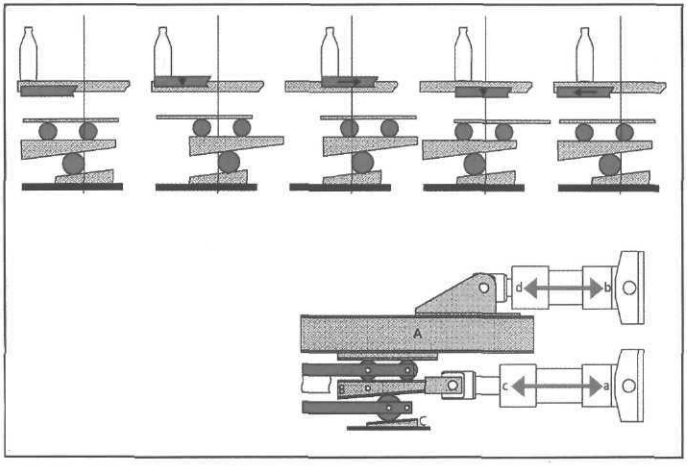


Рис. 5.40. Метод «шага пилигрима»

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-06-04 Полиграфоформления

гревателями. Температура регулируется, так как выдерживание точной температуры является решающим фактором для осуществления процесса пастеризации.

Тепловое и водное хозяйство, регенерация теплоты

Для нагрева содержимого бутылок температура орошения должна быть, естественно, выше температуры напитка. Совпадение температур воды и содержимого бутылок наступает только по достижении желаемой температуры пастеризации.

В большинстве случаев после пастеризации желательно обрабатывать бутылки с напитком в охлажденном состоянии. Следовательно, бутылки нужно

- постепенно нагревать, доводя до температуры пастеризации;
- пастеризовать (выдерживать в нагретом состоянии);
- снова охлаждать.

Высвобождающуюся при охлаждении горячих и теплых бутылок теплоту можно использовать для нагрева следующих бутылок. Таким образом, передачей тепла между зонами нагрева и охлаждения расход тепловой энергии и воды можно свести до минимума (рис. 5.42). При этом возможна многократная рекуперация теплоты:

- наиболее холодная вода, стекающая из зоны VIII, используется для нагрева в зоне I;
- несколько более теплая вода из зоны VII идет в зону II;
- еще более теплая вода из зоны VI возвращается в зону III.

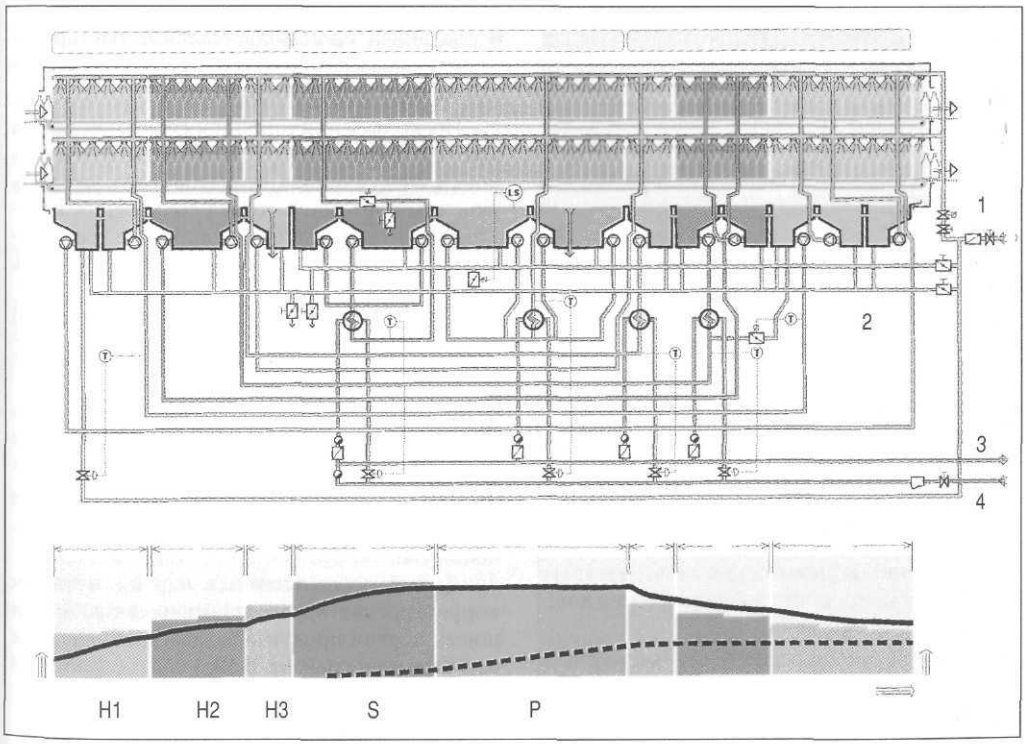


Рис. 5.42. Тепловое и водное обеспечение при пастеризации бутылок и банок:

H1 — зона нагрева 1 (теплообмен с зоной охлаждения C3); H2 — зона нагрева 2 (теплообмен с зоной охлаждения C2); H3 — зона нагрева 3 (теплообмен с зоной охлаждения C1); S — зона перегрева; P — пастеризационная зона; 1 — свежая вода; 2 — наполнение и опорожнение; 3 — конденсат; 4 — пар

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

Таким образом, большую часть использованной теплоты получают обратно. Вода, перетекающая из первых зон, может быть собрана отдельно и охлаждена в градирне. Тем самым может быть значительно сокращен расход холодной воды в зимний период.

Описанным образом можно безупречно пастеризовать напитки, если только не возникают сбои, ведущие — как это обычно бывает — к остановке машины. Если ничего не предпринимать, неизбежно происходит перепастеризация, так как остающиеся горячими бутылки не могут поступать в дальнейшие зоны и своевременно в них охлаждаться. При этом страдает вкус напитка, а при полной загрузке пастеризаторе могут оказаться перепастеризованными несколько тысяч бутылок. Следовательно, следует предусмотреть предохранительную систему для обеспечения необходимого количества ПЕ.

5.1.8.3. Система обеспечения необходимого количества ПЕ

На случай сбоев в производственном процессе должны быть предусмотрены меры для уменьшения подъема ПЕ или по крайней мере удержания этого показателя в приемлемых пределах. Для этого необходима возможность:

- **по истечении изначально заданного времени снизить температуру в пастеризационных зонах путем добавления холодной воды;**
- **после устранения неполадки перед включением транспортного устройства температуру бутылок снова довести до заданного уровня (для повторного достижения предусмотренного показателя ПЕ);**
- **снижение и повышение температуры отслеживать системой управления как функцию времени.**
- **Важной предпосылкой для минимального органолептического воздействия на пиво является по возможности малое содержание в нем кислорода.**

Путем регулируемой подачи холодной воды в эти зоны и регулируемых последовательностей операций должна быть предотвращена перепастеризация. Благодаря постепенности изменения температуры (и, соответственно, продолжительности простоя) должно быть подано ровно столько холодной воды, сколько необходимо исходя из продолжительности остановки и уровню ПЕ. При этом значения температуры и ПЕ при нормальной бесперебойной работе сравниваются с данными параметрами при остановке машины и, следовательно, при все увеличивающемся времени простоя.

Пастеризационный процесс управляется ЭВМ, которая

- рассчитывает температуру продукта и достигнутые ПЕ для всех участков пастеризатора по температуре орошения в отдельных зонах и продолжительности обработки;
- процесс пастеризации программируется как симуляционный процесс; благодаря этому ЭВМ может отображать процесс и в случае сбоя предпринимать соответствующие меры воздействия;
- заданная производительность пастеризатора может быть изменена для приспособления к условиям процесса.

Поскольку причиной простоя может быть как сам пастеризатор, так и машины и установки, следующие за ним (например, этикетировочный автомат), то для сохранения качества напитка следует предпринять все возможное, чтобы обеспечить бепреребойность работы этих машин.

Ход пастеризации может быть отслежен на мониторе (рис. 5.43), который показывает

температуру воды, подаваемой для орошения;
изменение температуры в бутылке как функцию времени;
набор заданной температуры.

Из этого рассчитываются отдельные значения ПЕ.

Для уже загруженных партий бутылок корректировка параметров невозможна; для новых партий продукта задаваемые значения можно изменять (рис. 5.43а).

5.1.9. Нанесение этикеток и фольги на бутылки

В настоящее время не достаточно производить только хороший напиток; большие требова-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

ния предъявляются и к бутылке. Это подразумевает:

- нанесение на бутылку как минимум одной этикетки;
- нанесение защитной пленки (при необходимости).

В этом смысле нас интересует информация

- об этикетках и пленках;
- об этикеточных клеях;
- о процессе нанесения этикеток.

5.1.9.1. Этикетки и пленки

Огромное значение придается оформлению этикетки, ее форме, цвету и качеству печати, так что все это нельзя недооценивать. Многие потребители «покупают глазами» и предпочитают при одинаковом содержимом бутылки, имеющие более привлекательный вид, который придают глянец красок и выразительность печати. Этикетку можно наклеивать в виде

- основной фронтальной этикетки;
- контрэтикетки;
- кольеретки;
- этикетки, наклеиваемой на горлышко.

Наряду с этим возможны и другие варианты этикеток.

В последнее время все большее значение приобретает также *способ нанесения этикетки по всей окружности бутылки (круговое этикетирование)*.

На бумагу этикеток наносится важная для оформления бутылки и эффектная литография, для чего этикеточная бумага должна обладать следующими свойствами:

- хорошо воспринимать печать; для этикеток с золотом или серебром в графическом оформлении требуется лакирование и металлография, для чего этикетка с одной стороны покрывается краской и разглаживается;
- этикетки как в мокром, так и в сухом виде не должны просвечиваться и не должна просматриваться их основа, во избежание чего в процессе изготовления в качестве наполнителя добавляется окись титана, а бумажная основа полностью проклеивается; через этикетку не должны просвечивать цвет бутылки и клей;

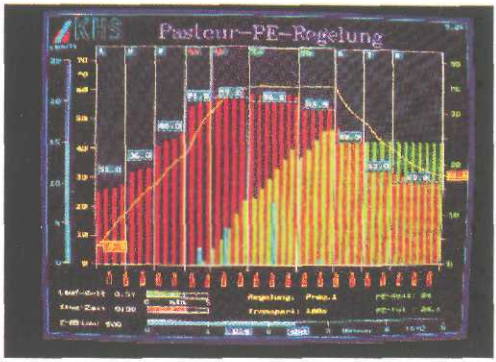


Рис. 5.43. На экране монитора показывается температура орошения (в голубой рамке), температура продукта (красные полосы), заданные значения (желтые линии) и показатель ПЕ (зеленый цвет)

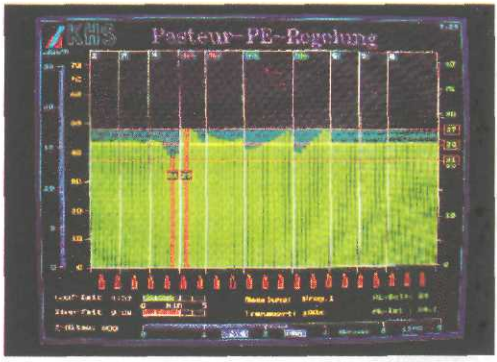


Рис. 5.43а. После простоя машины монитор показывает расчетный процесс пастеризации

- этикетки должны быть устойчивыми относительно щелочи; запотевание бутылки приводит к необходимости влагопрочного проклеивания; особенно важна устойчивость этикеток к щелочному раствору в бутылкомоечной машине во избежание распадения этикеток на волокна.

В некоторых странах (например, в США, Великобритании, Дании) используется растворимая в щелочи бумага для этикеток, в связи с чем этикетки распадаются на волокна и образуется пульпа; это возможно лишь в случае, если бутылкомоечная машина рассчитана на переработку распадающихся на волокна этикеток и у органов экологического надзора не будет претензий в смысле загрязнения сточных вод.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

- Этикетки не должны свертываться и образовывать складки. Поскольку у них закрашена, запечатана и покрыта лаком только лицевая сторона, этикетки обладают стремлением к сворачиванию, если оборотная сторона не покрыта легким покрытием краской или не обработана специальным способом. Это мероприятие, кстати, усиливает и влагостойкость этикеток. Влаговпитывающая способность измеряется по методу Кобба (Cobb) (16–20 г/м^2), но для оценки качества только этого показателя недостаточно.
- Для быстрого и полного отклеивания этикеток в бутылкомоечной машине важны следующие свойства:
  - время проникновения щелочного раствора;
  - удерживаемость печатных красок в щелочи;
  - стойкость этикеток против щелочи;
  - влагоустойчивость.

Однако в США, Великобритания и Дании, наоборот, требуется, чтобы бумага этикеток растворялась в щелочи.

- Важную роль в этикетировании играет направление волокна в бумаге. Печать этикетки должна всегда производиться так, чтобы волокна располагались поперек оси бутылки (для улучшения смываемости этикеток) (рис. 5.44).

Этикетки поставляются и хранятся в магазинных стопках. Для обеспечения ровности этикеток хранить их рекомендуется при 60–70%-ной относительной влажности и 20–25 °C.

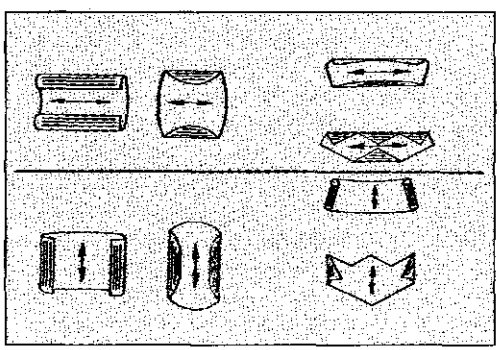


Рис. 5.44. Направление волокон этикеток

Особенность представляют собой **круговые (кольцевые) этикетки,** которые наносятся на бутылки без клея, то есть клей наносят не на бутылку, а лишь полоской на этикетку так, чтобы ее можно было легко удалить перед бутылкомоечной машиной. Такие этикетки поставляются в виде рулона (см. раздел ***«Круговое этикетирование»***) и для них применяются в основном полимерные пленки из

- полипропилена;
- полиэтилена;
- полистирена;
- но также используются этикетки из этикеточной бумаги.

Преимущество этих пленок в следующем:

- легко воспринимают печать, и краски печати «светятся» в отраженном свете;
- при нанесении на бутылку слегка растягиваются, а потом, сжимаясь, хорошо прилегают к бутылке.

Кроме применяющихся для кругового этикетирования пленок, довольно часто используется фольга с металлическим блеском (золотая или серебряная) для оборачивания головной части бутылки (см. также раздел ***«Нанесение фольги»***).

Новшеством в оформлении бутылок являются, например,

- этикетки со «сверкающим» эффектом, напоминающий кристаллики льда;
- термоэтикетки, которые показывают оптимальную температуру для употребления;
- этикетки с прорезью, позволяющие увидеть обратную сторону контрэтикетки;
- прозрачные этикетки по принципу «no-label-look», которые особенно эффектны на бесцветных бутылках.

Краски для печати этикеток не содержат тяжелых металлов за исключением синего цвета (в нем содержится комплексно связанная медь). Учитывая цветовые нюансы, синяя краска может быть подобрана и без содержания меди. Применяющиеся лаки не содержат тяжелых металлов.

Серебряные краски без тяжелых металлов изготовляются на базе алюминия; золотые (для глубокой печати) также на базе алюминия, а в офсетной печати применяются золотые краски на базе медно-цинковых сплавов.

5.1.9.2. Этикеточный клей

Этикеточный клей должен прочно и надежно прикрепить этикетку или этикетки на предусмотренном месте.

Поскольку этикетки наклеиваются этикетировочными автоматами высокой производительности, приобретают значение и некоторые другие свойства клея, например:

- быстрое схватывание;
- малая толщина слоя и небольшие производственные затраты;
- устойчивость против влаги конденсации во избежание последующего свертывания;
- отсутствие складок при нанесении клея.

Клей попадает в конце концов в бутылкомоечную машину, где он должен обеспечивать возможность быстрого отклеивания этикеток. Кроме того, этикеточный клей должен быть биологически расщепляем в локальных установках для обработки сточных вод. Наиболее часто в промышленности по производству напитков применяются:

- казеиновые клеи (примерно 90%);
- крахмальные клеи (примерно 9,5%);
- альтернативные клеи на синтетической основе.

Казеин – это молочный белок. Изготовление клея происходит путем растворения казеина в щелочной среде при температуре от 50 до 90 °С.

Для казеиновых клеев характерна сильная зависимость вязкости от температуры и реологических свойств (клей наносится тем более тонким слоем, чем интенсивнее он перемешивается). Чтобы иметь возможность бесперебойно работать, температура клея во время подготовки и переработки должна удерживаться на заданном уровне (от 25 до 38 °С). Контроль за возвратом неизрасходованного клея и поддержанием надлежащей температуры осуществляется с помощью специального насоса. Казеиновые клеи в настоящее время применяют при производительности этикетировочного автомата до 80 000 бут./ч.

Насос для густых материалов обеспечивает их постоянную подачу, а возврат избыточной массы происходит под воздействием силы тяжести. Температура удерживается на постоянном уровне электрическим обогревом и термостатированием.

Этикеточный клей **на базе крахмала или декстринов** менее зависим от температуры, чем казеиновый, в связи с чем он более подходит для этикетирования теплых и горячих бутылок. Эти клеи также термостатируют и подают при постоянной циркуляции. Отдельным типам клеев присущи следующие свойства:

Клей	Преимущества	Недостатки
На основе крахмала	♦ Устойчивость против влаги конденсации ♦ Подходит для этикетирования горячих бутылок	♦ Стягивает длинные волокна
На декстриновой основе	♦ Высокая поверхностная клейкость ♦ Быстро отделяется ♦ Морозостойкость ♦ Подходит для горячих бутылок	♦ Неустойчив против влаги конденсации и воды ♦ Быстро засыхает ♦ Возникают проблемы при бутылках со специально обработанной поверхностью
На казеиновой основе	♦ Подходит для холодных и горячих бутылок ♦ Быстрая схватываемость при охлаждении ♦ Устойчив против влаги конденсации ♦ Не так быстро засыхает	♦ Меньшая сила склеивания по сравнению с декстриновым клеем ♦ Необходимо термостатирование ♦ Чувствителен к морозу
На растительной основе	♦ Подходит для горячих и холодных бутылок ♦ Хорошая стойкость против влаги конденсации	♦ Требуется более продолжительное время для отмочки ♦ Требуется более длительная предварительная отмочка ♦ Чувствителен к морозу

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

Нанесение клея может быть сплошным слоем, полосками или сеткой. Согласно Кремкову (Kremkow), существуют следующие взаимосвязи между предъявляемыми требованиями и параметрами клея:

- чем выше вязкость клея, тем быстрее будет достигнута начальная стабильность этикетки;
- чем больше содержание казеина, тем прочнее прилипание этикетки через 5 мин;
- чем тоньше слой нанесенного клея, тем выше стойкость против влаги конденсации;
- чем тоньше слой нанесенного клея и чем ниже значение pH, тем быстрее отмокают этикетки в щелочной ванне.

При нанесении клея целью является равномерное покрытие им этикетки. Слой клея должен быть оптимален по толщине, так как

- слишком толстый слой подразумевает более продолжительное время схватывания и наличие опасности загрязнения этикетки;
- слишком тонкий слой не обеспечивает достаточного прилипания этикетки и может привести к ее сползанию.

Для сокращения затрат обычно стремятся наносить клея поменьше, причем экономятся не только затраты на сам клей, но и на необходимые добавки и антивспениватели для моющего щелочного раствора, а также на связанные с этим затраты (очистку сточных вод). При экономном расходовании следует рассчитывать на расход клея в 8–15 г/м^2.

5.1.9.3. Основной принцип нанесения этикеток

Основной принцип этикетирования состоит в следующем: ***этикетка должна быть наклеена точно на предусмотренное на бутылке место прочно и ровно.***

Достигается это следующими технологическими этапами (рис. 5.45):

- сначала вращающиеся сегменты большого ротора-этикетопереносчика (плашки) (*3*) покрываются небольшим количеством клея при помощи клеевого валика (*2*), а затем перемещаются к магазину этикеток (*1*); благодаря большой способности клея к прилипанию этикетка захватывается; при этом важно, чтобы этикетки были достаточно разобщены между собой, так как иначе их может быть захвачено две или более, что ведет к сбоям в работе;
- затем уже смазанные клеем этикетки захватываются захватами малого ротора-этикетопереносчика (*4*) и удерживаются лицевой стороной внутрь при помощи губки (рис. 5.46);
- этикетки поворачиваются клеевой стороной к бутылке; в это же время захваты открываются и освобождают этикетку;
- этикетированные бутылки проходят вдоль щеток и резиновых валиков, которые прочно прижимают этикетки.

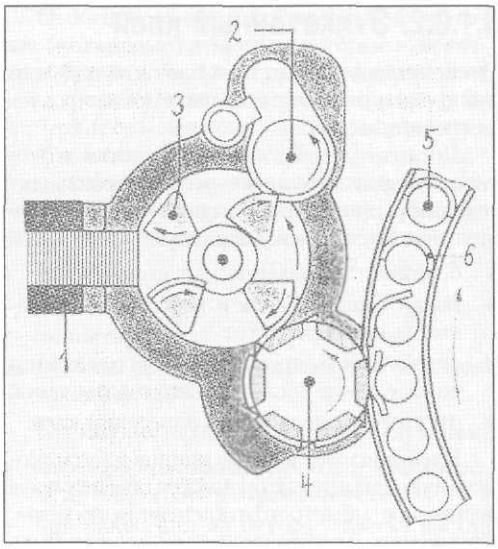


Рис. 5.45. Технологические этапы этикетирования бутылок:

1 — подача этикеток; 2 — клеевой валик; 3 — сегментные переносчики этикеток (плашки); 4 — малый ротор-этикетопереносчик; 5 — бутылка; 6 — этикетка

5.1.9.4. Конструктивные элементы этикетировочного автомата

В зависимости от габаритов линии розлива и количества наклеиваемых этикеток различают:

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-96-04 Полиграфоформления

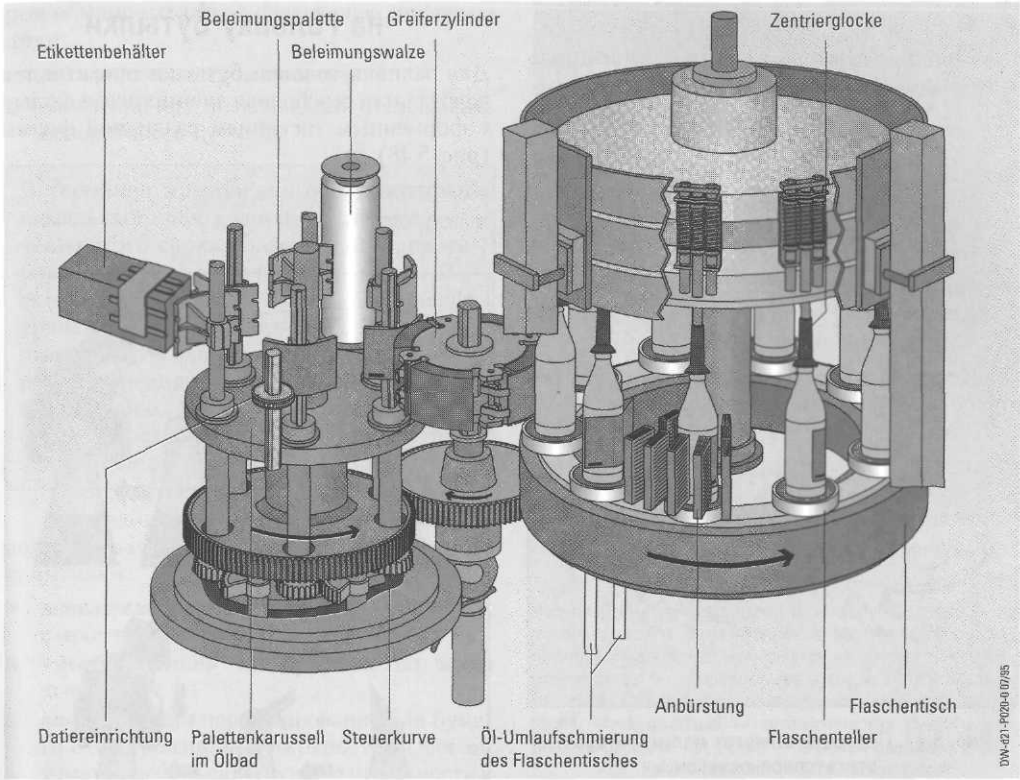


Рис. 5.46. Flashentisch — бутылочный стол; Flashenteller — бутылочный столик; Anbürstung — щетки; Öl-Umlaufschmierung des Flaschentisches — циркуляционная смазка бутылочного стола; Steuerkurve — копир; Palettenkarussell im Ölbad — карусель с клеевыми сегментами в масляной ванне; Datierenrichtung — датирующий механизм; Zentrierglocke — центрирующий колокольчик; Greiferzylinder — малый ротор-этикетопереносчик; Beleimungswalze — клеевой валик; Beleimungspalette — клеевой сегмент; Etikettenbehalter — кассета этикеток

по типу движения:

- этикетировочные автоматы с прямолинейным проходом бутылок;
- этикетировочные автоматы карусельного типа.

по количеству этикетировочных станций:

- этикетировочные автоматы с одной станцией;
- этикетировочные автоматы с двумя станциями;
- этикетировочные автоматы с несколькими станциями.

по типу подачи этикеток:

- с магазинной загрузкой;
- с рулонной загрузкой (при круговых этикетках).

Основными конструктивными элементами этикетировочного автомата являются:

- клеевой блок, состоящий из распределительных клеевых валиков, клеевого валика и клеевого ножа (ракеля);
- ротор с клеевыми сегментами; клеевые сегменты, вращающиеся вокруг своей оси равномерно или неравномерно либо делающие неполный оборот;
- магазин этикеток и кассета этикеток;
- малый ротор-этикетопереносчик;
- привод;

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-06-04 Haute couture

- система управления;
- датирующий механизм.

Система управления должна обеспечивать следующую функцию блокировки:

«нет бутылки — нет этикетки»;

- при недостатке бутылок привод через заданное время запаздывания должен переключаться на минимальное число оборотов;
- при достаточном поступлении бутылок машина должна переходить на установленную мощность.

Передача этикеток при помощи малого ротора с захватами показана на рис. 5.47.

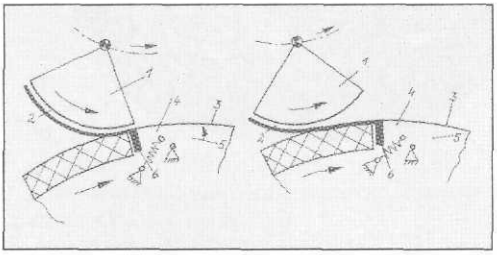


Рис. 5.47. Передача этикеток малым ротором-этикетопереносчиком:

1 — клеевой сегмент; 2 — этикетка; 3 — малый ротор с захватами; 4 — пальчиковый захват; 5 — кулачок включения; 6 — упорная планка

Механизм передачи этикеток принимает намазанную клеем этикетку и передает ее клеевой стороной на бутылку. Малый ротор (*3*) имеет несколько пальчиковых захватов (*4*), которые приводятся в действие механически при помощи кулачка (*5*). Этикетка снимается с клеевого сегмента, который синхронно проходит мимо малого ротора; несколько пальцев захвата прижимают в свободных от клея местах этикетку к упорной планке (*6*). Свободные от клея места образуются углублениями в клеевых сегментах.

Этикетка удерживается на резиновой губке этикетопереносчика и передается от нее на вращающуюся бутылку после того, как пальчиковые захваты ее отпускают. Для облегчения этого процесса губка этикетопереносчика может немного выдвигаться в сторону бутылки.

5.1.9.5. Нанесение фольги на головку бутылки

Для заливки головки бутылки применяется золотая или серебряная алюминиевая фольга с фирменным тиснением различной формы (рис. 5.48):

- круговая или
- с уголком.

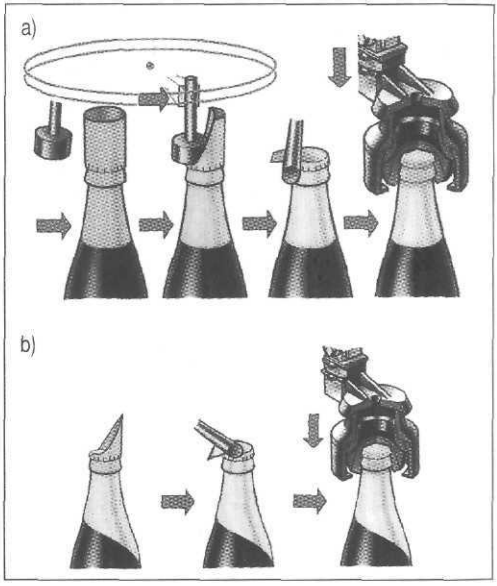


Рис. 5.48. a — круговое нанесение фольги; b — нанесение фольги с уголком

Вырезанные заготовки фольги берутся из магазина заготовок и аналогично бумажным этикеткам смазываются клеем и наносятся на бутылку. Нанесение фольги на головку бутылки происходит сразу же после этикетирования. Соответствующее устройство располагается в головной части машины и для обеспечения синхронности хода связано с разгрузочной звездочкой. Автоматы оснащаются встроенным щетками.

5.1.10. Датирование

В конце этикетирования на бутылке должны быть указаны соответствующие даты (согласно нормативам каждой отдельной стра-

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

ны и маркетинговой политики фирмы), которые обычно отражают следующую информацию:

- дата розлива и срок хранения;
- заводской код, позволяющий отслеживать возвратность бутылок.

В Германии предписано обозначать минимальный срок хранения, так как в течение этого срока должны быть гарантированы вкусовые качества напитка. Поскольку вкусовые качества со временем хранения меняются, причем не в лучшую сторону, то в некоторых странах пивоваренные предприятия все шире переходят к указанию даты розлива («born on date») и рекомендуемого срока потребления (как правило, от 90 до 110 суток).

Для размещения информации можно использовать место на краю этикетки. Для этого применяют:

- ***штемпельное устройство*** для установок с производительностью до 60 000 бут./ч,
- ***«выпиливание»*** информации по краю этикетки;
- ***тиснение*** или перфорирование для бумаги с лакированной поверхностью (для автоматов небольшой производительности);
- ***струйное чернильное печатающее устройство*** с бесконтактным напылением обозначения (см. раздел 5.5.12);
- ***лазерное кодирование***.

Для маркировки этикеток очень часто применяют лазер. При этом инфракрасный световой импульс продолжительностью около 2 мкс и с высокой энергией (до 6 Дж) при помощи плотно закрытой системы ведения луча направляется на предусмотренное для этикетки место (рис. 5.49). На пути луча имеется металлическая маска с прорезями для датирования и необходимых обозначений. Эта информация наносится лазерным лучом на предусмотренное на этикетке место в течение около 0,2 мк с. При этом либо испаряется краска с этикетки и проступает цвет нижнего слоя, либо поверхность изменяется по цвету и структуре иным образом. В любом случае лазерный луч маркирует отведенное на этикетке место очень коротким эффективным лучом, не нанося загрязнений. Возникающий при действии лазера озон должен быть откачан.

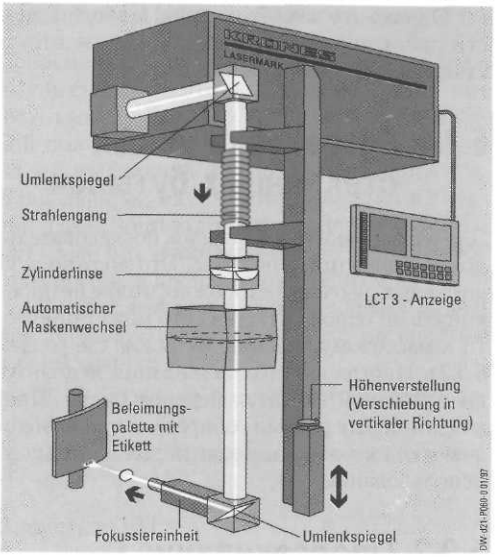


Рис. 5.49. Лазерное устройство для нанесения даты:

Höhenverstellung (Verschiebung in vertikaler Richtung) — изменение высоты (перемещение в вертикальном направлении); LCT 3-Anzeige — индикатор на жидких кристаллах; Umlenkspiegel — направляющее зеркало; Strahlengang — ход луча; Zylinderlinse — цилиндрическая линза; Automatischer Maskenwechsel — автоматическая смена маски; Beleimungspalette mit Etikett — клеевая плашка с этикеткой; Fokussierenheit — блок фокусировки

5.2. Особенности розлива в стеклянные одноразовые бутылки

Завод-изготовитель бутылок поставляет их на поддонах, где они расположены рядами и закрыты пленкой. С завода-изготовителя бутылки поступают чистыми и лишь слегка запыленными вследствие траспортировки.

Обработка таких бутылок перед подачей на розлив ограничивается:

- снятием их с поддонов;
- ополаскиванием в мойках для удаления частичек пыли; иногда от ополаскивания отказываются.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

Однако это возможно лишь при целостности защитной пленки на поддоне и отсутствии повреждений самого поддона.

5.2.1. Распаковка новых стеклянных бутылок

Для распаковки ряды бутылок последовательно сталкиваются с поддона. Это должно осуществляться очень осторожно, чтобы не опрокинуть ни одной бутылки (что может привести к массовому падению бутылок, см. раздел 5.5.2). Иногда вместо сталкивания используют зажимной захват и перенос рядов. Прокладки между рядами собирают и при необходимости их можно направить для повторного использования.

5.2.2. Ополаскивание

Поскольку новые бутылки поступают с завода-изготовителя, они не содержат остатков напитка и по условиям производства являются почти стерильными. Присутствующая мелкая пыль легко смывается при ополаскивании бутылок в специальной моечной машине.

Мойка новых бутылок

Специальные моечные машины для новых бутылок (ополаскиватели или ринзеры, Rinser) — это, как правило, машины карусельного типа. Чтобы полностью оросить поступающие с транспортера бутылки, последние должны быть перевернуты горлышком вниз. Для этого ринзеры снабжены пластмассовыми захватами (грейферами), бережно захватывающими бутылку, приподнимающими и переворачивающими ее на 180°, после чего они фиксируют бутылку точно над форсунками. Поднятие и последующее опускание бутылок происходит с помощью копира, управляющего пальцами захвата бутылок.

В процессе прохождения через ринзер бутылка ополаскивается холодной водой, однако подобные мойки могут иметь и несколько отделов для раздельной подачи сред к форсункам: такими средами могут быть холодная и/или горячая вода, а также сжатый воздух (для ускоренного удаления остатков воды). В среднем время обработки бутылок состав-

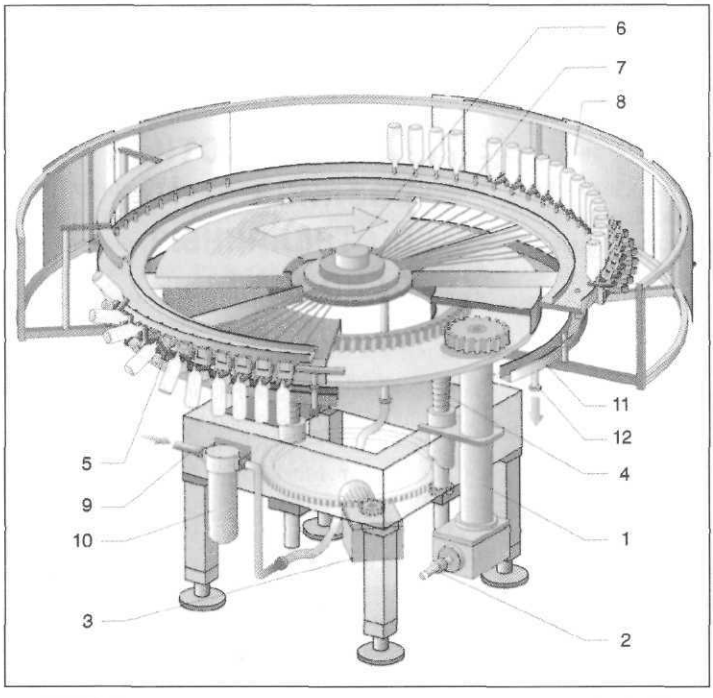


Рис. 5.50. Механически управляемый ринзер:

1 — привод вращающегося диска; 2 — шарнирный вал; 3 — двигатель; 4 — изменение высоты; 5 — захват; 6 — распределитель; 7 — форсунки; 8 — защитная облицовка; 9 — вход среды; 10 — фильтр; 11 — сточный желоб; 12 — сток

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

ляет от 8 до 12 с. Управление осуществляется при помощи дисковой задвижки. Стекающая вода собирается в ваннах-уловителях и затем отводится.

На рис. 5.50 приведен механически управляемый ринзер с его основными механизмами. Движение бутылок происходит по часовой стрелке. Поступающая вода (*9*) поступает через распределитель (*6*) и направляется к форсункам (*7*), которые показаны на рисунке не полностью. Отвод вытекающей из бутылок воды идет через ванну (*11*) и сливной патрубок (*12*).

Для сохранения биологической чистоты рекомендуется добавлять в свежую воду 0,2–0,3 мг хлордиоксида (ClO_2), что улучшает биологическое качество воды, но при этом не образуется хлорфенол. Измерение и регулирование осуществляется при помощи прибора для измерения окислительно-восстановительного потенциала, способного относительно точно установить содержание хлордиоксида в мг/л.

5.3. Розлив напитков в многоразовые ПЭТ-бутылки

В настоящее время многие напитки разливают в пластиковые бутылки. Розлив пива в них связан с определенными техническими проблемами и психологическим неприятием, но во многих странах наблюдается тенденция к увеличению розлива пива в ПЭТ-бутылки. Ниже будет кратко рассмотрена эта тема.

5.3.1. Пластиковые бутылки

В качестве материала для изготовления пластиковых бутылок используются

- ПЭТ (PET), ПЭН (PEN) или смеси этих материалов, а также
- других пластмасс (поликарбонатов, ПК).

Их малая масса и отсутствие боя бутылок делают эти материалы привлекательными для изготовления бутылок, однако существуют некоторые аспекты, по крайней мере лимитирующие их пригодность для розлива пива.

5.3.1.1. ПЭТ-бутылки

Современные пластиковые бутылки преимущественно изготавливают из ПЭТ — полиэтилентерефталата, представляющего собой полиэфир, конденсированный в плавке из этиленгликоля и терефталовой кислоты. Благодаря методу облагораживания в твердой фазе (Solid State Polycondensation, SSP) ПЭТ уже в течение многих лет находит свое применение в производстве напитков.

Поставляемый в настоящее время на рынок порошок/гранулят служит материалом для выдувания

- ПЭТ-бутылок многоразового использования;
- ПЭТ-бутылок одноразового использования

Свойства ПЭТ

Решающее значение для свойств материала имеет ориентация молекул в процессе изготовления пластиковых бутылок. При аморфном застывании ПЭТ прозрачен, но газопроницаем и чувствителен к высоким температурам. Если же ПЭТ растягивать по двум осям, его газопроницаемость уменьшается. При соответствующем ведении процесса изготовления бутылок ПЭТ кристаллизуется. При вызванной термическим воздействием кристаллизации получается материал молочно-белого цвета. Этого стремятся достичь прежде всего на горлышке (для улучшения стабильности резьбы). Одновременно улучшается термостойкость и газонепроницаемость ПЭТ.

В результате бутылки из аморфно застывшего ПЭТ нельзя мыть при температуре выше 59 °C, поскольку при более высокой температуре они начинают деформироваться. У ПЭТ-бутылок с высокой кристалличностью (HC-PET) температура моющей воды может составлять до 75 °C.

Взаимодействие между тарой, продуктом и окружающей средой

Между ПЭТ и окружающей средой происходит *постоянное взаимодействие*. ПЭТ, как и любой полимерный материал, проницаем для газов, летучих веществ и водяных паров. При прохождении газов через стенки говорят о *проницаемости*, а при переходе веществ из содержи-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

мого бутылки на стенки и обратно – о миграции (см. рис. 5.51). Способность удерживать газы обозначают термином *«барьерная способность»*.

«Барьерная способность» ПЭТ сравнительно низка, и это означает, что напиток, содержащий CO_2, например пиво, розлитое в ПЭТ-бутылку, со временем теряет давление CO_2, и скоро его содержание уже будет недостаточным, так как газ улетучивается через стенки бутылки.

Окружающий ПЭТ-бутылку воздух (а с ним и кислород) также стремится проникнуть внутрь бутылки, и это означает, что содержание кислорода в пиве постепенно повышается со всеми негативными последствиями. Если за минимальное граничное значение принять 0,2 мг O_2/л *пива*, то *пиво* может храниться в ПЭТ-бутылках 1–2 недели.

Еще одним свойством полимерных материалов является их способность впитывать ароматические компоненты (например, ацетальдегид и другие соединения с отчетливо ощущаемыми вкусовыми оттенками), а позднее их выделять в продукт. Это абсолютно

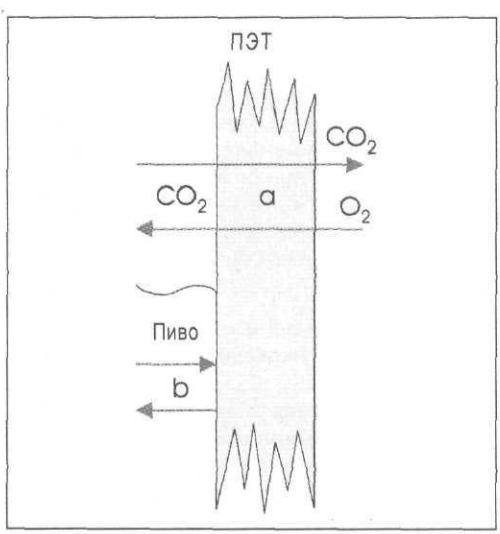


Рис. 5.51. Диффузия материала в слое ПЭТ
a — проницаемость, b — миграция

исключает возможность применения ПЭТ-бутылок для розлива минеральной или столовой воды после предыдущего их использования под соки; для пива применение многоразовых ПЭТ-бутылок в таком случае также ограничено.

Коррозия полимерных материалов

Макромолекулы полимерных материалов из-за механических и термических нагрузок «стареют». Это проявляется в виде потускнения полимерного материала, возрастающего количества царапин, на донышке множатся идущие от центра наружу так называемые «стрессовые» трещины, которые при инспектировании могут служить причиной отбраковки бутылки. Это происходит не только из-за снижающейся прочности бутылки, но и потому, что эффективная мойка бутылок становится невозможной, поскольку с ростом трещин увеличивается и угроза инфицирования микроорганизмами.

5.3.1.2. Прочие виды пластмассовых бутылок

Проблемы, связанные с применением ПЭТ-бутылок, послужили стимулом для поисков более подходящего материала. Сначала таким материалом оказался ПЭН (PEN, полиэтиленнафталат), имеющий аналогичную с ПЭТ химическую структуру. Однако ПЭН по ряду свойств обладает лучшими показателями. Прежде всего это:

- повышенная термостойкость (до 100 °C);
- меньшая газопроницаемость (по сравнению с ПЭТ CO_2-барьер сильнее в 4–5 раз).

Однако и ПЭН-бутылки приемлемы для пива лишь условно (по причине недостаточной защиты от проникновения кислорода и от потерь CO_2). В настоящее время полным ходом ведутся разработки новых материалов, пригодных для изготовления тары под пиво и другие напитки.

ПЭТ-бутылки закупоривают колпачком с винтовой нарезкой.

Помимо ПЭТ для изготовления пластиковых бутылок в настоящее время применяют:

- ПЭ (полиэтилен);
- ПК (поликарбонат)

и другие полимерные материалы. По сравнению с ПЭТ эти материалы распространены

не так широко, поскольку их применение приводит к проблемам:

- с утилизацией (ПВХ и ПЭ);
- с термостойкостью (ПВХ, ПЭ, ПК);
- с газопроницаемостью (ПЭ и ПВХ).

ПК-бутылки в настоящее время применяются лишь для изготовления бутылочек для питания детей грудного возраста и многоразовых молочных бутылок.

5.3.2. Изготовление ПЭТ-бутылок

ПЭТ-бутылки изготовляют из преформ — небольших толстостенных литых пластмассовых сосудов, различных по форме и размерам, с оформленным мундштуком под винтовой колпачок и с находящимся под ним кольцом утолщения (рис. 5.52).

Заметны готовая резьба и кольцо утолщения.

Преформы бывают бесцветными или окрашенными.

Изготовление из преформ ПЭТ-бутылок происходит либо на специализированных предприятиях, либо на производстве, где разливают тот или иной напиток. Для этого существуют специальные выдувные машины.

Выдувная машина для непрерывного изготовления много- или одноразовых ПЭТ-бутылок (рис. 5.53) действует следующим образом: на площади в 12 м^2 расположены одно над другим две вращающихся карусели, по которым преформы одна за другой перемещаются. При этом в нагревательной карусели (*4*) они равномерно разогреваются, а затем в выдувной карусели (*6*) выдуваются в желаемую форму бутылки.

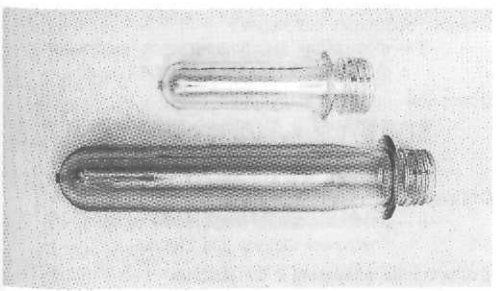


Рис. 5.52. Преформы

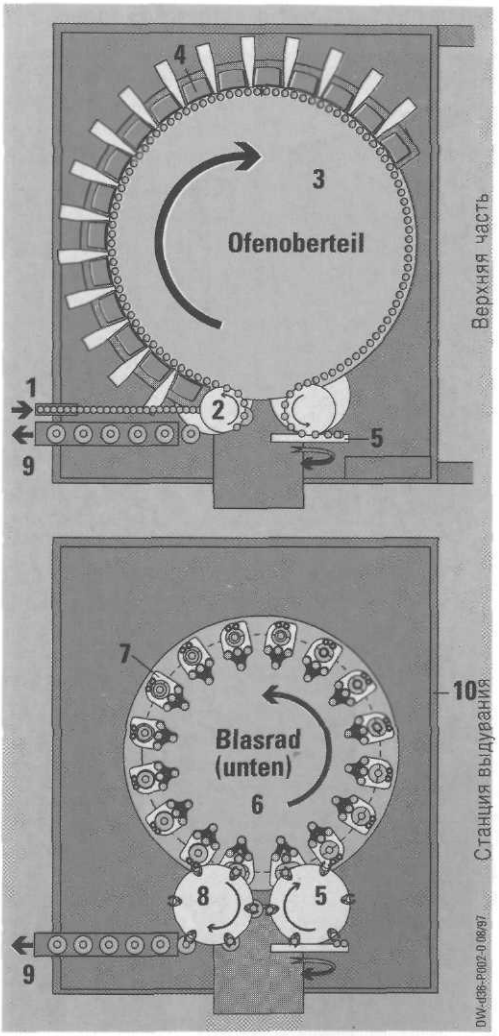
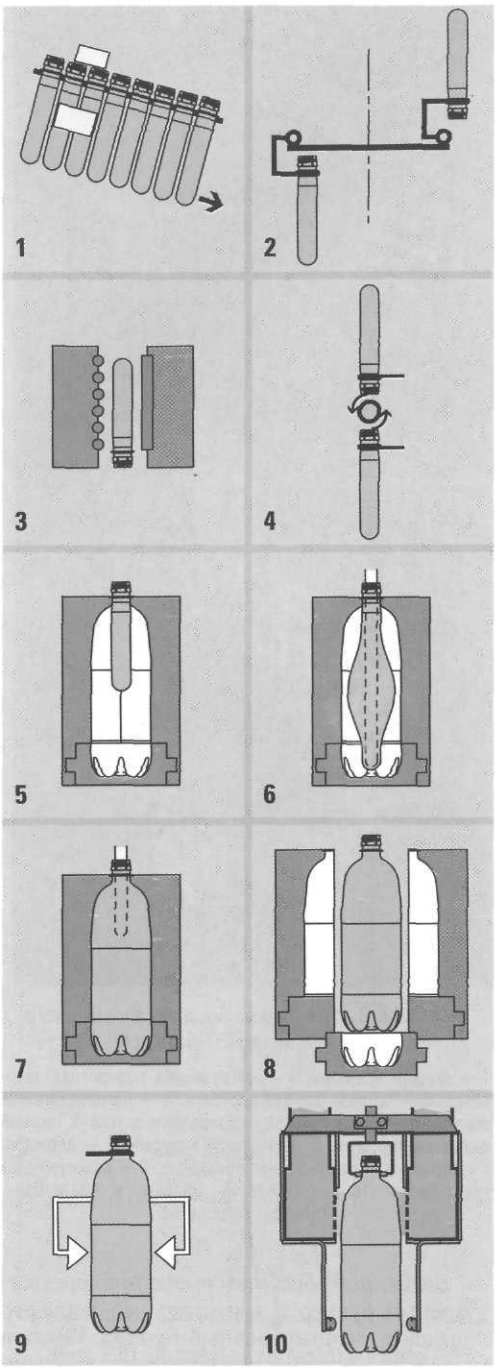


Рис. 5.53. Выдувная машина для непрерывного изготовления ПЭТ-бутылок:

1 — *подача преформ*; 2 — *загрузочная поворотная* звездочка; 3 — нагревательная карусель; 4 — нагревательные модули; 5 — звездочка для передачи и спуска к нижней выдувной карусели; 6 — выдувная карусель; 7 — держатели формы; 8 — разгрузочная звездочка; 9 — разгрузочный транспортер; 10 — ограждение машины и предохранительное устройство

В ходе этой обработки преформы через загрузочный бункер и вертикальный конвейер попадают в сортировочный бункер. Там они отделяются одна от другой и затем горлышком вверх поступают в питатель, где произво-

ЭТИКЕТКИ ОТ Haute couture



дится их обмер и выталкивание отбракованных преформ (рис. 5.54, *1*). Затем преформы захватываются скобой за часть, находящуюся между сформированной резьбой и несущим кольцом цилиндрическую часть и передаются в транспортную оправку.

После этого преформы равномерно нагреваются инфракрасными нагревательными элементами (*3*) при постоянном вращении вокруг своей оси для достижения равномерности разогрева по определенному температурному профилю. Затем преформы переходят на нижнюю выдувную станцию.

После передачи на выдувную станцию форма закрыта (*5*); вводится вытягивающая штанга (*6*), и заготовка вытягивается до самого дна. Одновременно начинается процесс выдувания (начальная стадия под относительно низким давлением), а вслед за ним — выдувание формы при давлении до 40 бар. При этом формируются контуры бутылки и донышка (последнее толщиной до 2 мм или «на ножках»), а стержень растяжения выводится (*7*) в исходное положение. После выдержки и сброса внутреннего давления охлажденная форма (*8*) открывается, и бутылки принимаются разгрузочной звездочкой. Проводится контроль (*9*) точности размеров (высота, диаметр) с отбраковкой нестандартных бутылок. Готовые бутылки отводятся пневмотранспортером (*10*).

Рис. 5.54. Нагрев и выдувание преформ при изготовлении ПЭТ-бутылок

Подготовка преформ
1 — подача и контроль;
2 — поворот в загрузочной звездочке.

Нагрев и выравнивание
3 — нагрев;
4 — звездочка для разгрузки, вертикального и разделительного сдвига.

Стадия побочных операций I
5 — форма для дна поднимается, выдувная форма закрывается и фиксируются.

Основной процесс выдувания
6 — растяжка и начальное выдувание;
7 — выдувание формы; растяжная штанга отходит назад, охлаждение.

Стадия побочных операций II
8 — разблокировка, открывание формы, опускание формы для дна.

Выполнение операций с бутылками
9 — отбор бутылок, контроль;
10 — передача на пневмотранспортер

Производительность установки — до 28 800 бут./ч.

Путем замены алюминиевых форм, состоящих из трех частей, легко можно изменить форму ПЭТ-бутылки; таким образом можно изготовить любую необходимую для предприятия бутылку, но в любом случае размер и исполнение преформ должны соответствовать бутылке.

5.3.3. Транспортировка пустых ПЭТ-бутылок

Масса пустой ПЭТ-бутылки составляет не более 80 г. Малая масса и связанная с этим слабая устойчивость исключает транспортировку их пластинчатым конвейером, и для облегчения их перемещения ПЭТ-бутылки имеют на горлышке специальное несущее кольцо. Транспортировка осуществляется при помощи сжатого воздуха (пневмотранспортер, рис. 5.55) или механически с помощью конвейера, захватывающего бутылку за кольцо на горлышке.

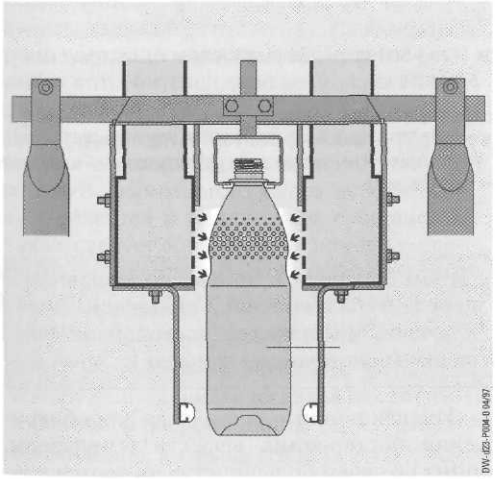


Рис. 5.55. Пневмотранспортер

5.3.4. Мойка ПЭТ-бутылок многоразового использования

При мойке ПЭТ-бутылок возникают ряд проблем, а именно:

- легкие ПЭТ-бутылки при любом шприцевании срываются с держателя несущего кольца;
- ПЭТ-бутылки при повышенных температурах деформируются, в связи с чем не применяется нагревание выше 60 °С. Температуры до 75 °С выдерживают лишь бутылки с высокой кристалличностью.

Следовательно, обычные бутылкомоечные машины не могут использоваться для мойки ПЭТ-бутылок без соответствующей реконструкции.

Интересный новый способ мойки ПЭТ бутылок представлен фирмой KRONES SPIRAGRIP (рис. 5.56). Подача бутылок осуществляется с помощью конвейера с фиксацией под горлышком (*1*). Тем самым становятся не нужны обычные бутылочные кассеты. Компактные несущие сегменты захватывают с конвейера по 3–6 бутылок и по спирали направляют через всю машину. При этом сначала происходит обычное удаление остатков (*2*), затем — шприцевание холодной водой (*3*), и в зоне (*4*) — погружная ванна и шприцевание щелочью I при наиболее высокой допустимой температуре. После зоны шприцевания щелочью II снизу и снаружи (*5*) несущие сегменты переносят бутылки в верхнюю часть (*6*), где происходит шприцевание горлышка и несущего кольца. В этой верхней части бутылки проходят через несколько погружных и шприцевальных зон с постоянно понижающейся температурой вплоть до зоны шприцевания свежей водой (*17*) и зоны стекания капель (*18*). В зоне *19* происходит разблокировка и передача бутылок на конвейер.

5.3.5. Инспектирование

После мойки проводится обычный контроль чистых ПЭТ-бутылок на:

- отсутствие любых загрязнений;
- полноту опорожнения;
- сохранность резьбы.

Кроме того, у пластиковых бутылок следует проверить:

- сохранена ли их герметичность;
- не появились ли «стрессовые трещины», свидетельствующие о снижении прочности и являющиеся местом накопления вредной микрофлоры.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

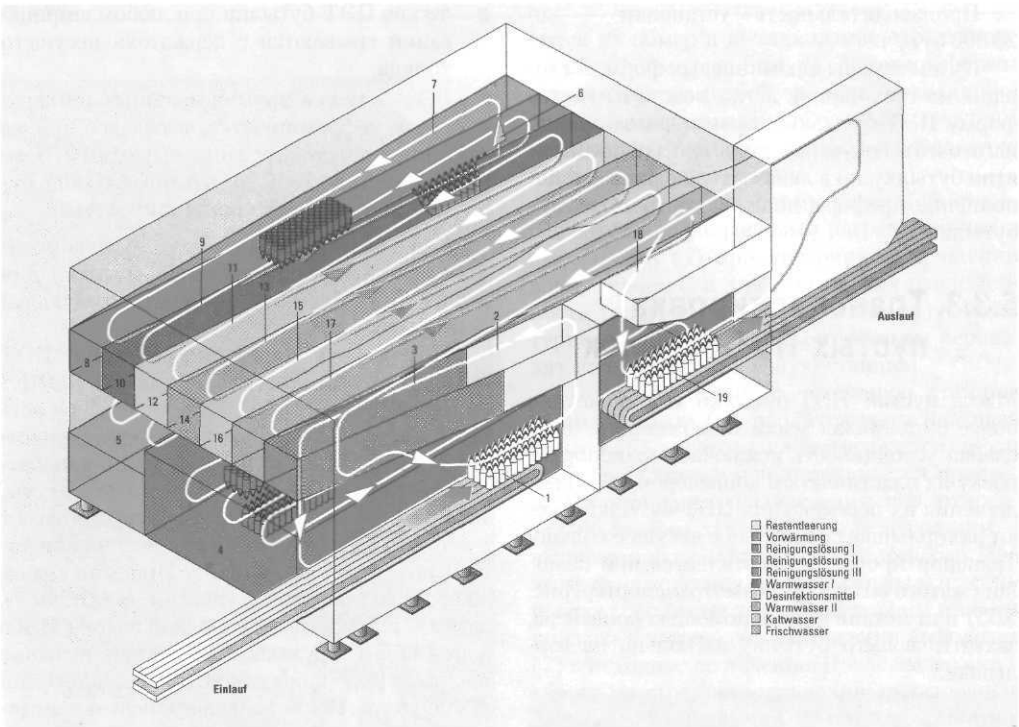


Рис. 5.56. Машина для мойки многоразовых ПЭТ-бутылок (тип «Spiragrip», фирма Krones, г. Нейтраублинг). Пояснения см. в тексте

Restenleerung — удаление остатков; Vorwaarmung — предварительный нагрев; Reinigungsloosung I — щелочной раствор I; Reinigungsloosung II — щелочной раствор II; Reinigungsloosung III — щелочной раствор III; Warmwasser I — теплая вода I; Desinfektionsmittel — дезинфицирующее средство; Warmwasser II — теплая вода II; Kaltwasser — холодная вода; Frischwasser — свежая вода

Однако такого контроля для ПЭТ-бутылок многоразового использования еще не достаточно. Поскольку полимерные материалы легко удерживают запах, который «отмыть» довольно сложно и который может навредить наливаемому впоследствии напитку, необходимо проверять бутылки и на наличие посторонних запахов.

Кроме того, некоторые потребители используют бутылки с винтовой пробкой для хранения иных жидкостей, вплоть до бензина, растворителей и т. п. Не следует сбрасывать со счетов и возможность специального загрязнения возвратной бутылки со злым умыслом. Если такая бутылка попадет в бутылкомоечную машину, то она загрязнит тысячи бутылок.

Чтобы исключить такую возможность, перед бутылкомоечной машиной подключают инспекторы посторонних веществ (они довольно дорогие).

Инспекционные устройства для обнаружения посторонних веществ (сниффферы, Sniffer) в своем большинстве являются вращающимися, но бывают и прямолинейно-сквозного типа. Чтобы иметь возможность взять пробу воздуха на запах при производительности более 50 000 бут./ч, за каждую секунду приходится брать пробы примерно из 15 бутылок. Это осуществляется путем короткого вдувания в бутылку струи воздуха, которая вытесняет из бутылки содержащийся в ней газ для инспектирования (рис. 5.57).

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

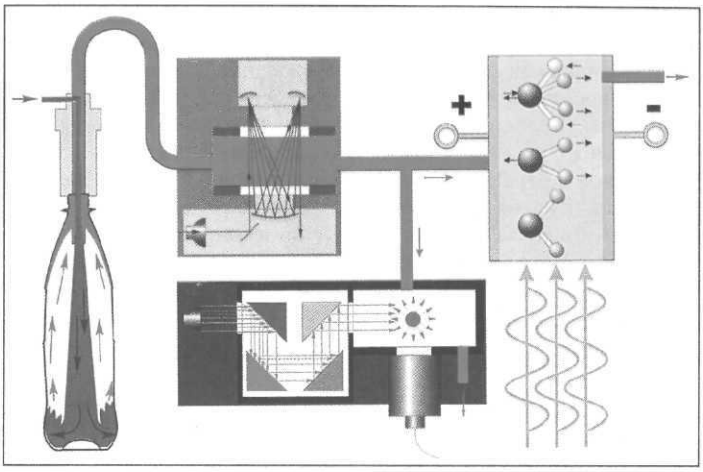


Рис. 5.57. Анализ газа

Путем впрыска струи свежего воздуха из бутылки вытесняется воздух, который затем подвергается анализу. Описание см. в тексте

С появлением пластиковых бутылок подобные инспекционные устройства с их довольно большой производительностью и постоянно увеличивающейся распознающей способностью находят все более широкое применение в индустрии напитков. Их цель — сохранить высокое качество разливаемого напитка и свести до минимума возможные рекламации потребителей, а по возможности вообще их избежать.

Поскольку помимо посторонних летучих веществ в остатках жидкости, присутствующих в бутылках многоразового использования, содержатся и малолетучие субстанции, их также следует обнаружить с помощью специальных сенсорных систем (исследуя как газовую среду, так и остатки жидкости):

- анализ остатков напитков (USM);
- контроль углеводородов (SOX);
- обнаружение ароматических веществ (импульсная флюоресценция);
- обнаружение аммиака (NOX).

Анализ остатков напитка (USM)

Луч света со спектральными компонентами в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах просвечивает остаток жидкости в слегка наклоненной бутылке (рис. 5.58). В целях подготовки измерения сразу же после отвинчивания колпачка в бутылку вводится небольшое количество разбавленного щелочного раствора, чтобы выйти на минимальный уровень заполнения и высвободить NH_3.

Луч света через светосборник попадает в оптоэлетронный спектрометр, который воспринимает ослабление света посредством 512 сенсоров (снимает своего рода «отпечатки пальцев»). При помощи процессора, выполняющего около 300 млн операций в секунду, остаток напитка анализируется и оценивается как «хороший/плохой». При этом спектры различных напитков и их продуктов брожения хранятся в банке данных и используются при сравнительном анализе.

Длины волн различных соединений иногда сильно различаются, что также может быть использовано при анализе.

Контроль углеводородов (SOX)

Можно предположить, что в данной бутылке могли хранить углеводородные соединения — бензин, солярку, ацетон, растворители красок, бензол и т. п. Даже незначительные следы таких веществ портят напиток и делают бутылку непригодной к дальнейшему использованию. Такие бутылки следует выявлять и отбраковывать.

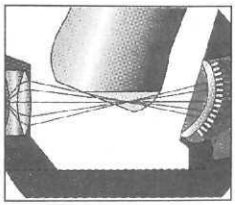


Рис. 5.58. Анализ остатков напитка

Остаток жидкости в наклоненной бутылке собирается на донышке и подвергается анализу

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

При обнаружении углеводородных соединений используется тот факт, что в инфракрасном диапазоне они вызывают ослабление света, зависящее соответственно от длины волны. Это позволяет не только опознать то или иное постороннее вещество, но и определить его концентрацию (рис. 5.57). Благодаря этому в напитках (и, соответственно, в возвратных бутылках) можно обнаружить и отличить от углеводородов «нормальные» соединения, такие как

- ароматические вещества (лимон) или
- продукты брожения (этиловый спирт или этилацетат).

При этом в случае с этиловым спиртом (алкоголем) производится также определение его концентрации, так как, например,

- остаток ферментированного безалкогольного напитка при низкой концентрации спирта может быть классифицирован как «хороший», а
- остаток крепкого спиртного напитка из-за высокой концентрации спирта — как «плохой».

Обнаружение ароматических веществ

Очень важно обнаружение циклических ароматических углеводородных соединений, зачастую отличающихся очень низким пороговым показателем запаха; нафталин, фенантрен и другие полициклические ароматические соединения, присутствующие во многих материалах повседневного употребления.

Эта группа веществ обнаруживается при помощи метода импульсной флюоресценции. Чувствительность его настолько велика, что обнаруживается даже присутствие одной чужеродной молекулы на 100 млн содержащихся в воздухе молекул.

При использовании данного метода чужеродная молекула под воздействием ультрафиолетового светового импульса начинает светиться, и полученный при этом световой импульс регистрируется высокочувствительным датчиком. Наличие вышеуказанных посторонних ароматических веществ ведет к отбраковыванию бутылки перед поступлением в бутылкомоечную машину.

Обнаружение аммиака (NOX)

Важную группу составляют вещества, содержащие аммиак, встречающиеся например, в моющих средствах, растворителях, стиральных порошках, в других хозяйственных химикалиях, а также в омертвевших тканях насекомых.

Обнаружение веществ, содержащих аммиак происходит с использованием высокочастотного излучения (рис. 5.57, справа). Для высвобождения аммиака в исследуемую бутылку вводится небольшое количество разбавленного щелочного раствора и для его обнаружения молекулы аммиака подвергаются воздействию облучения частотой от 20 до 25 ГГц.

Благодаря подобным точнейшим методам возможно обнаружение концентраций аммиака, существенно меньших, чем пороговые значения чувствительности человеческого обоняния.

5.3.6. Процесс розлива в ПЭТ-бутылки

Наполнение ПЭТ-бутылок напитками, содержащими CO_2 (такими, как пиво), связано с некоторыми проблемами, а именно:

- у ПЭТ-бутылок толщина стенок различна; для целого ряда спокойных напитков толщина стенок не имеет существенного значения, так как они в любом случае смогут держать незначительное гидростатическое давление жидкости; однако для напитков, содержащих углекислый газ, толщина стенок должна быть способна выдержать внутреннее давление газа;
- ПЭТ характеризуется слабой барьерной способностью относительно CO_2, из-за чего внутреннее давление в бутылке со временем понижается; в этом случае пиво теряет свежесть, у него уменьшается пенообразующая способность; в тех странах, где большое внимание уделяется стойкости пива и его способности к пенообразованию, ПЭТ-бутылки применять не рекомендуется; хотя у ПЭН-бутылок или бутылок с добавлением ПЭН эти «барьерные» характеристики существенно лучше, все равно для розлива пива они не достаточны;
- ПЭТ-бутылки прижимаются к наливному устройству не подъемным цилиндром, а через свое несущее кольцо (рис. 5.59 и 5.60).

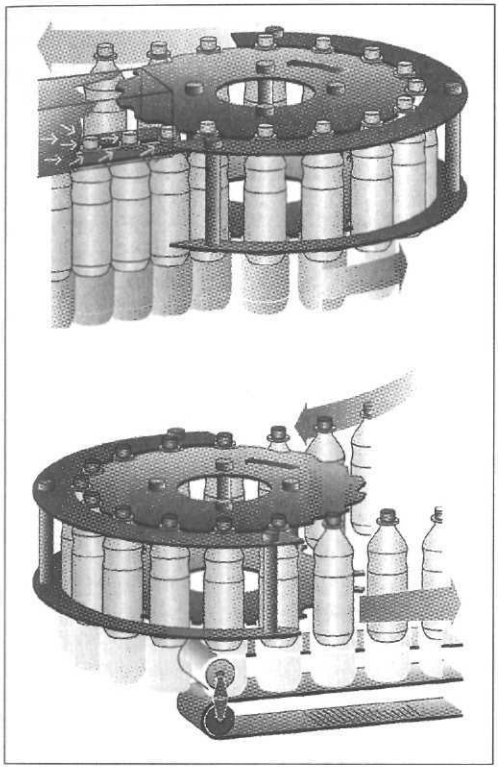


Рис. 5.59. Одноразовые ПЭТ-бутылки подаются пневмотранспортером на загрузочную звездочку и после укупоривания — на конвейер, регулируемый по высоте

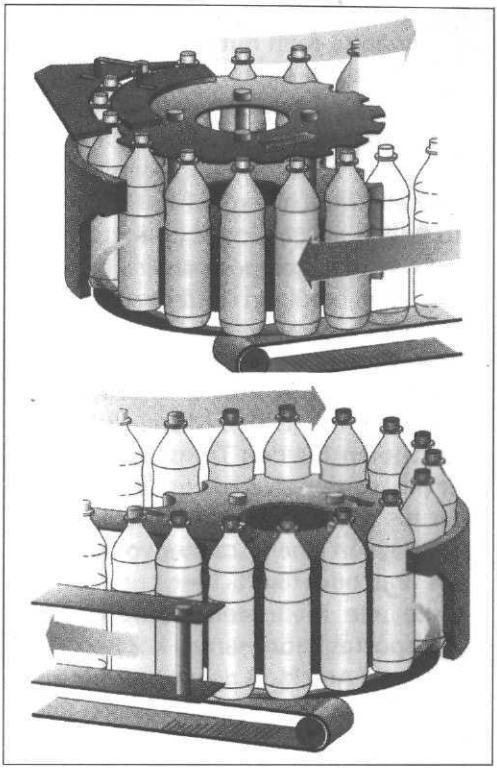


Рис. 5.60. Многоразовые ПЭТ-бутылки с транспортера поступают на розлив, а после наполнения — на отводящий конвейер

Обычный способ наполнения ПЭТ-бутылок — это розлив без давления (вода, фруктовые соки, молоко) или розлив с дозированием по объему и противодавлением. В последнем случае, который применяется для розлива пива и других CO_2-содержащих напитков в пластиковые бутылки, сохраняющие свою форму (как и при розливе в банки с дозированием по объему), необходимый объем отмеряется в мерной камере (рис. 5.61), и в процессе наполнения напиток стекает по стенкам бутылки.

Поскольку объем наполнения постоянен, возможно соблюсти точность налива и в пластиковые бутылки, несмотря на то, что они деформируются при наполнении под давлением. Практикуется также дозировка напитка с помощью индукционных расходомеров. Процесс наполнения одинаков для одно- и многоразовых бутылок.

5.3.7. Укупоривание ПЭТ-бутылок

У ПЭТ-бутылок всегда предусматривается винтовой колпачок. Такой вид укупоривания удобен для потребителей, так как для открывания бутылок не требуется вспомогательных средств, а в случае надобности бутылку можно снова закрыть. Благодаря такому преимуществу распространенность ПЭТ-бутылок постоянно растет. Надежность укупоривания обеспечивается с помощью специальных защитных колец. Можно сказать, что в настоящее время винтовые колпачки различного вида завоевали рынок напитков в бутылках (за исключением пива.).

Преимущества винтового способа укупоривания заключаются в следующем:

- сохранение исходного качества напитка;

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

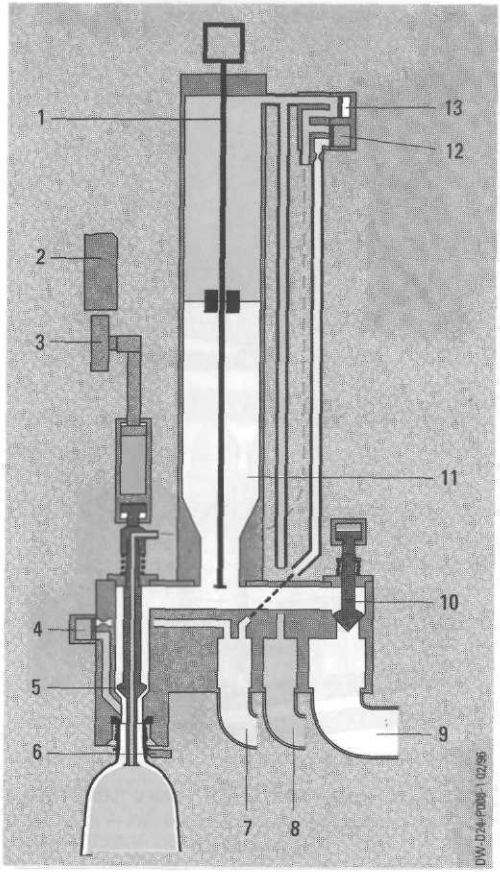


Рис. 5.61. Объемный розлив с противодавлением для наполнения пластиковых бутылок

(Тип «Volumetic VC», фирма Krones, г. Нейтраублинг)

1 — датчик уровня; 2 — копир; 3 — упорный ролик для опускания и поднимания клапана; 4 — разгрузочный клапан; 5 — наливной клапан; 6 — несущее кольцо горлышка бутылки; 7 — разгрузочный канал; 8 — подача газа для создания противодавления; 9 — подвод продукта; 10 — клапан для впуска продукта; 11 — мерная камера; 12 — дополнительный разгрузочный клапан; 13 — возврат CIP

- защита содержимого бутылки от манипуляций;
- возможность многократного открывания и закрывания;
- защита потребителя от травм при открывании им бутылки.

В основном различают два вида винтовых колпачков:

- алюминиевые обкатные колпачки;
- пластмассовые винтовые колпачки.

Оба вида колпачков применяются как для стеклянных, так и ПЭТ-бутылок.

5.3.7.1. Алюминиевые колпачки

Такие колпачки применяются обычно при розливе безалкогольных напитков для укупоривания стеклянных и пластиковых бутылок с винтовой нарезкой, но для розлива пива они не совсем привычны.

Колпачки поставляются предварительно подготовленными и с уже нанесенным рисунком, печатью или надписью; свою винтовую нарезку они получают в процессе укупоривания путем накатывания и вжимания в резьбу горлышка бутылки. Для защиты содержимого бутылки

- от потери давления в крышке имеется вкладыш из ПВХ или специальной уплотнительной массы без ПВХ;
- для предохранения от случайного открывания на нижнем крае колпачка иногда предусматривается предохранительное кольцо (рис. 5.62), которое в процессе открывания следует разорвать.

Для одноразовых ПЭТ-бутылок широко применяют колпачки с полностью отделимым защитным кольцом, которое в процессе открывания полностью отделяется от крышки и остается на горлышке бутылки.

Имеются также колпачки, сохраняющие разрежение, которое возникает при горячем розливе вследствие последующего охлаждения напитка, с компенсацией его при открывании.

Некоторую особенность представляют алюминиевые обкатные колпачки с крас-

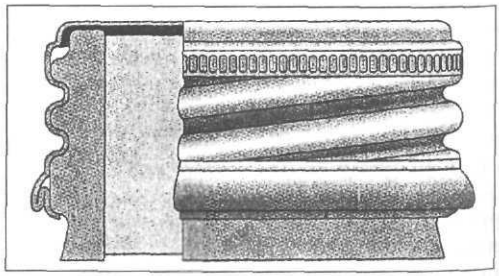


Рис. 5.62. Алюминиевый обкатной колпачок

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 202 - 05 - 04 Полиграфоформления

ным полимерным защитным кольцом, применяемые как для напитков, содержащих углекислоту, так и для горячего розлива и для напитков, подлежащих пастеризации.

Процесс укупоривания алюминиевыми обкатными колпачками

Пробки насаживаются на бутылки, еще не имея резьбы, и получают они ее в процессе укупоривания посредством двух или трех обкаточных роликов, обеспечивая тем самым надежное и герметичное укупоривание. Дополнительный обкаточный ролик закатывает предохранительное кольцо (при его наличии, рис. 5.63).

5.3.7.2. Пластмассовые винтовые колпачки

Большое число бутылок с напитками укупоривается пластмассовыми винтовыми колпачками. В отличие от алюминиевых такие колпачки поставляются фирмами-изготовителями в готовой к применению форме.

Пластмассовые винтовые колпачки изготавливаются из полипропилена и обладают высокой стабильностью формы даже при высоких температурах. Уплотняющий вкладыш делается из ПВХ или из не содержащей ПВХ

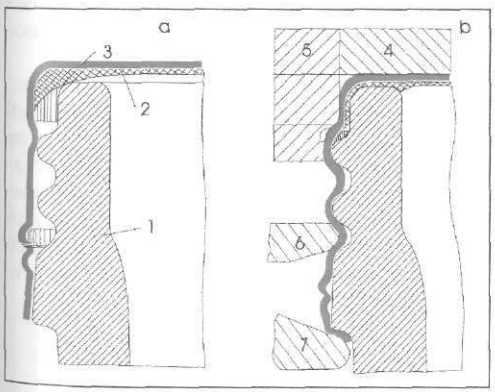


Рис. 5.63. Процесс укупоривания алюминиевыми колпачками

a — колпачок надет; b — процесс укупоривания

1 — горлышко бутылки с резьбой; 2 — уплотнительный вкладыш (компаунд); 3 — обкаточный колпачок; 4 — выталкиватель; 5 — плунжер; 6 — ролик для накатывания резьбы; 7 — ролик для закатывания предохранительного кольца

массы. Полная герметичность (как сверху, так и по окружности) обеспечивает сохранение внутреннего давления (рис. 5.64). Чтобы позволить повышенному давлению быстро снизиться при откупоривании, в резьбе предусмотрены вертикальные канавки. Для удобства захвата пробки обычно делают слегка рифлеными. На своей внешней поверхности, а иногда и дополнительно внутри, под уплотнительным вкладышем, на колпачки иногда наносят печатные изображения (цифры, графику или рисунки). В этом смысле существуют практически неограниченные возможности для передачи необходимой информации.

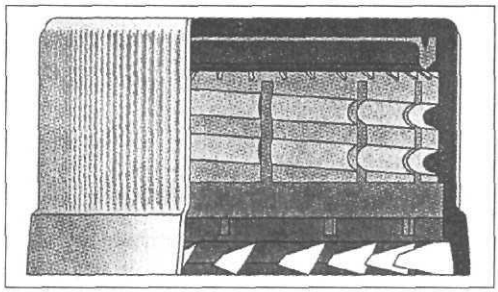


Рис. 5.64. Пластмассовый винтовой колпачок

Подобные колпачки применяются как для одноразовых, так и для многоразовых ПЭТ-бутылок.

При открывании **одноразовой** ПЭТ-бутылки предохранительное кольцо или лента отделяется от колпачка и остается на горлышке. При открывании *многоразовой* бутылки предохранительное кольцо остается частично соединенным с колпачком, но разрывается так отчетливо, что сразу видно, является ли бутылка фирменно укупоренной.

Для укупоривания одноразовых бутылок со спиртосодержащими напитками применяют колпачки типа *Supercap* или *Pilverproof*, позволяющими применить нестандартное оформление продукта. В таких напитках не содержится CO_2, однако укупорка все равно должна быть газонепроницаемой, так как иначе спирт со временем может улетучиться.

Процесс укупоривания полимерными винтовыми колпачками

От сортировочного устройства колпачки направляются в блок укупоривания, где имеется от 10 до 25 укупорочных головок (по потреб-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

ности), каждая из которых выполняет до 2500 укупориваний в час.

Укупорочные головки имеют электронную бесступенчатую настройку укупорочного момента, который соответствует производительности укупорочного автомата и обеспечивает неизменный крутящий момент во время укупоривания.

Для укупоривания пластиковых бутылок рекомендуется способ ***«pick-and-place»***, при котором винтовые колпачки подаются по желобу на карусель, в которой они размещаются точно углублением вниз и насаживаются на бутылки. Благодаря такому способу уменьшается возможность перевертывания или заклинивания колпачков при их насадке на бутылке.

5.3.8. Этикетирование ПЭТ-бутылок

ПЭТ-бутылки этикетируются так же, как и стеклянные, но поскольку у большинства ПЭТ-бутылок площадь больше, в последнее время наблюдается переход к более крупным и/или круговым этикеткам. Также для этикетирования стали применяться различные виды пленок, которые просто сматываются с катушки и их концы склеиваются в одном месте, что дает значительную экономию клея.

Можно сказать, что наблюдается тенденция к использованию ***бесклеевого кругового этикетирования***. Это имеет под собой следующие основания:

- вся цилиндрическая площадь бутылки используется в рекламных целях;
- собственно бутылка не соприкасается с клеем.

Вследствие этого возможно:

- удалить этикетку перед мойкой;
- сортировать этикетки и утилизировать их сухими;
- значительно сократить расход клея;
- экономить моющий щелочной раствор и энергию;
- предохранить моющий щелочной раствор от загрязнения этикеточной пульпой.

Предварительно отпечатанные этикетки наносятся с рулона. Лента проходит через расправляющее устройство, которое направляет ее на предусмотренную высоту. Вращающийся нож отрезает этикетку в том месте, где фотоэлемент распознает регистровую метку, что обеспечивает четкое отделение этикеток одну от другой. Отрезанная этикетка при помощи вакуумного барабана направляется далее для нанесения на нее клея (рис. 5.65, 1-я фаза). Этот настраиваемый на нужный формат барабан имеет выступ шириной примерно 1 см, соответствующий заднему краю этикетки и предназначенный для склеивания внахлест. Эта полоска склеивания при проходе у клеевого валика смазывается тончайшим слоем разогретого клея (2-я фаза, три полоски склеивания внахлест хорошо видны на вакуумном барабане).

Вакуумный барабан продолжает удерживать этикетку до тех пор, пока она не будет принята вращающейся бутылкой и не обернется на ней (3-я фаза). Сразу после этого передний и задний края этикетки накладываются друг на друга и за считанные секунды склеиваются (4-я фаза). Таким образом происходит замыкание и склеивание круговой этикетки не с бутылкой, а с самой этикеткой. Для стабильной посадки этикетки

- во время наложения на бутылку она слегка растягивается, а
- бутылка перед нанесением этикетки опыляется водовоздушной смесью.

Этикетка сжимается и прочно сидит на своем месте, закрепленная тонкой пленкой воды.

В другой системе для фиксации этикетки на бутылке на этикетку наносится небольшое количество холодного клея (рис. 5.66).

Холодный клей после высыхания растрескивается и отстает от бутылки. Горячий клей прочно скрепляет концы этикетки и не соприкасается с бутылкой, что позволяет удалять этикетки перед очередной мойкой бутылок. Для этого используют устройство для разрезания пленки (рис. 5.67). Весь процесс этикетирования отслеживается и регулируется электроникой.

5.4. Особенности наполнения одноразовых ПЭТ-бутылок

В последние годы все активнее обсуждается целесообразность применения одноразовых

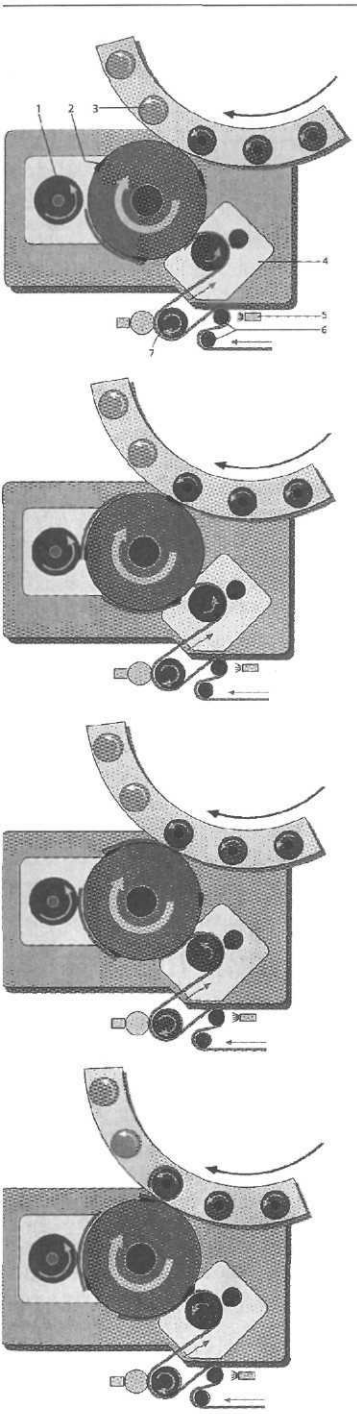


Рис. 5.65. Круговое этикетирование:

1 — клеевой валик; 2 — вакуумный барабан; 3 — тарелка; поворачивающая бутылку; 4 — нож; 5 — сенсорный счетчик; 6 — направляющие ролики; 7 — фиксирующие и продвигающие валики

1-я фаза: вакуумная передача этикеток;
2-я фаза: нанесение клея на край этикетки;
3-я фаза: передача этикетки на бутылку;
4-я фаза: склеивание краев этикетки внахлест

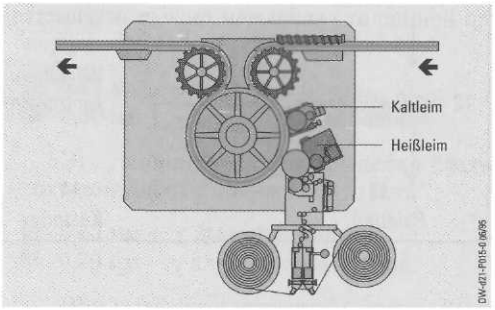


Рис. 5.66. Круговое этикетирование двумя различными системами нанесения клея:

Kaltleim — холодный клей; Heiβleim — горячий клей

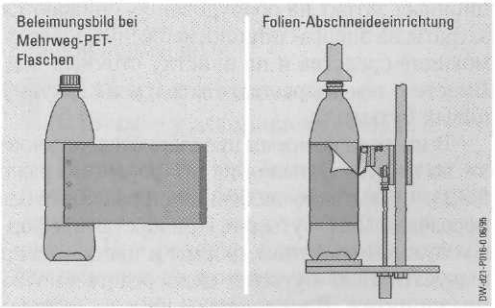


Рис. 5.67. Нанесение клея и устройство для разрезания пленки:

Beleimungsbild bei Mehrweg-PET-Flashen — нанесение клея при использовании многоразовых ПЭТ-бутылок; Folien-Abschneideeinrichtung — устройство для разрезания пленки

ПЭТ-бутылок для розлива безалкогольных напитков и пива. «Одноразовость» означает, что розлив осуществляется в абсолютно новые бутылки, что, в свою очередь, подразумевает:

- отсутствие необходимости в инспекционном автомате и особенно сниффере (уст-

ИКЕТКИ ОТ
Haute couture

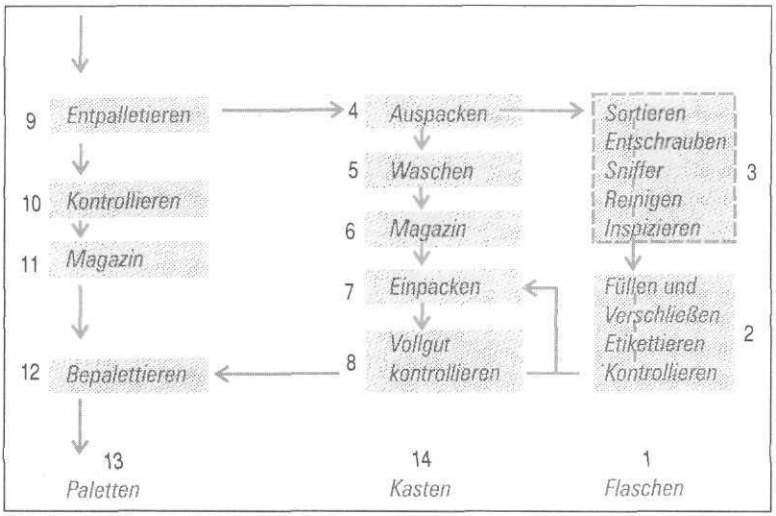


Рис. 5.68. В случае использования одноразовых бутылок отпадает необходимость в дорогостоящей подготовительной обработки бутылок:

1 — бутылки; 2 — наполнение и укупоривание; этикетирование; контроль; 3 — сортировка, отвинчивание колпачков, сниффер, мойка; инспектирование; 4 — выемка; 5 — мойка; 6 — магазин; 7 — укладка; 8 — контроль готовой продукции; 9 — расформировывание пакетов-поддонов; 10 — контроль; 11 — магазин; 12 — формирование пакетов-поддонов; 13 — поддоны; 14 — ящики

ройстве для обнаружения посторонних запахов);

- отсутствие необходимости в бутылкомоечной машине (рис. 5.68).

Тем самым, кроме существенных инвестиционных затрат на оборудование, снижаются затраты на энерго- и теплоснабжение, на воду, моющие средства и на очистку сточных вод. Вместе с тем возрастают затраты на закупку новых бутылок.

В настоящее время предлагаются установки по выдуву бутылок из преформ (см. разд. 5.3.2), что выгодно особенно при розливе в одноразовые ПЭТ-бутылки. Приобретая преформы нужной величины, формы и цвета, можно выдувать ПЭТ-бутылки непосредственно на предприятии. В этом случае следует заранее подсчитать, компенсирует ли экономия на мойке и инспектировании бутылок затраты на собственное оборудование по изготовлению пластиковых бутылок.

Известно, что ПЭТ- и ПЭН-бутылки не дают удовлетворительной защиты от газообмена между напитком и окружающей средой, однако можно ожидать, что в обозримом будущем будет разработан некий полимерный материал (возможно, с напылением), который при приемлемой цене обеспечит хорошие «барьерные» свойства. При этом условии одноразовые пластиковые бутылки смогут широко применяться и в пивоварении, особенно если удастся повторно использовать по крайней мере часть материала для изготовления новых бутылок или оригинального упаковочного материала, подходящего для данного предприятия.

Существует и другая точка зрения, заключающаяся в том, что минимальный срок хранения при этом сокращается до 2–3 недель, что снимает вопросы, связанные с вкусовой стабильностью пива. Приемлемое решение до сих пор не найдено, но, безусловно, тенденция к применению легких бутылок, подходящих для пива, уже заметна.

5.5. Розлив пива в банки

По некоторым позициям розлив в банки существенно отличается от розлива в бутылки. Прежде всего это касается

- собственно банок и способа их укупоривания, материала, из которых изготовлены банки, и его особенностей;
- складирования, расформировывания пакетов банок и их утилизации;
- промывки банок;
- инспектирования пустых банок;
- наполнения банок;
- укупоривания банок;
- виджетов и их особенностей;
- инспектирования наполненных банок;

ЭТИКЕТКИ ОТ Полиграфоформления

- пастеризации;
- этикетирования;
- датирования банок.

5.5.1. Банки и их укупоривание

В последнее время розлив в банки распространился на многие виды напитков. В частности, для пива, прохладительных и спортивных напитков, ледяного чая и т. п. используют банки объемом от 250 до 500 мл, реже — до 1 л. Сведения об объеме приводятся обычно в мл или унциях (fl.oz), причем следует различать американские и английские унции (см. таблицы в конце книги). Все возрастающая популярность банок основывается прежде всего на следующих их преимуществах:

- банки не бьются;
- по своей массе (несколько граммов) банки несравненно легче стеклянных бутылок той же вместимости;
- нет необходимости обеспечивать возврат банок на приемные пункты при наличии более или менее организованной системы их утилизации в той или иной стране;
- нет необходимости использовать тяжелые, неудобные ящики для бутылок;
- банки легко штабелируются;
- банки экономят место в холодильниках и быстро охлаждаются;
- банки легко открывать без вспомогательных средств, причем крышка остается на банке (SOT);
- банки светонепроницаемы, в связи с чем содержимое не портится под воздействием света;
- банки являются прекрасным рекламоносителем;
- напиток в банках хорошо пастеризуется;
- банки можно легко утилизировать.

Изготовливаются банки из двух частей (банка и крышка); применяется стальной (жестяной) или алюминиевый лист, а для крышек — почти всегда алюминиевый.

Выбор между жестью и алюминием является вопросом не столько качества, сколько возможностей той или иной страны или конкретного предприятия. У обоих материалов есть свои плюсы и минусы, не имеющие, однако, решающего значения. Технология изготовления банок одинакова: их изготовляют глубокой вытяжкой или вытяжкой с утонением (рис. 5.69). Отличием глубокой вытяжки является то, что изменение формы производится при сохранении толщины материала, тогда как при вытяжке с утонением толщина материала уменьшается.

Банка, которая должна выдерживать внутреннее давление минимум 6 бар, изготавливается из *исходного материала* толщиной примерно:

0,27 мм — у стальных банок,
0,30 мм — у алюминиевых банок.

Эту толщину *в области донышка* следует сохранить почти полностью, то есть

0,25 мм — у стальных банок,
0,29 мм — у алюминиевых банок.

При вытяжке с утонением стенки имеют толщину примерно

0,09 мм — у стальных банок,
0,11 мм — у алюминиевых банок,

а в области *кромки* для повышения устойчивости имеется достаточно прочный сгиб толщиной примерно

0,15 мм — у стальных банок,
0,18 мм — у алюминиевых банок.

Явно видно, что банки сохраняют стабильность формы благодаря внутреннему давлению — пустую банку легко можно сжать рукой. При розливе «спокойных» напитков достаточное внутреннее давление создается искусственно путем добавления инертного газа — например, одной капли жидкого азота. Изнутри банки покрыты химически нейтральным лаком.

Крышки банок изготавливаются из алюминиевого листа (рис. 5.70), и одна крышка весит примерно 3,8 г. В настоящее время применяются исключительно SOT-крышки (stay-on-tab), у которых вся система открывания остается на банке после откупоривания и тем самым не вредит окружающей среде. Ширина отверстия в крышке составляет обычно 15 мм (у некоторых систем — до 25 мм).

Банки разнообразны по своей величине и форме, причем наблюдается тенденция к сокращению их массы, применению более рен-

ЭТИКЕТКИ ЛТ Haute couture

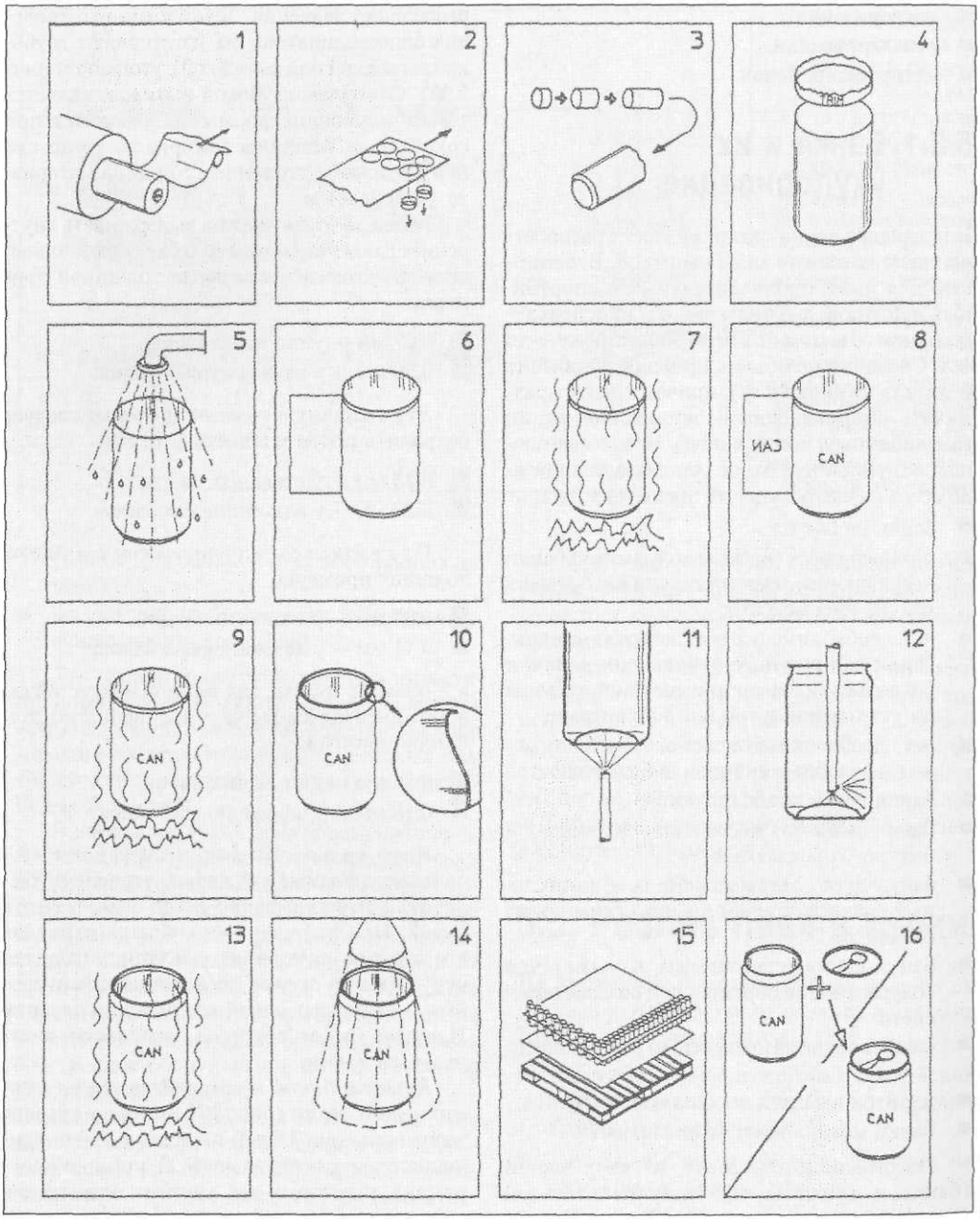


Рис. 5.69. Изготовление банок для пива:

1 — *снятие листа с ролика*; 2 — *глубокая вытяжка стаканов*; 3 — *вытяжка стаканов с утонением*; 4 — *нарезка заготовок*; 5 — *орошение водой*; 6 — *нанесение белого грунтового лака*; 7 — сушка белого лака; 8 — нанесение декора; 9 — горячая сушка печатной краски; 10 — окантовка и стягивание; 11 — нанесение на донышко наружной лакировки; 12 — шприцевание внутреннего пространства; 13 — сушка внутреннего пространства; 14 — линейный контроль (in-line); формирование пакетов; 16 — отправка/наполнение

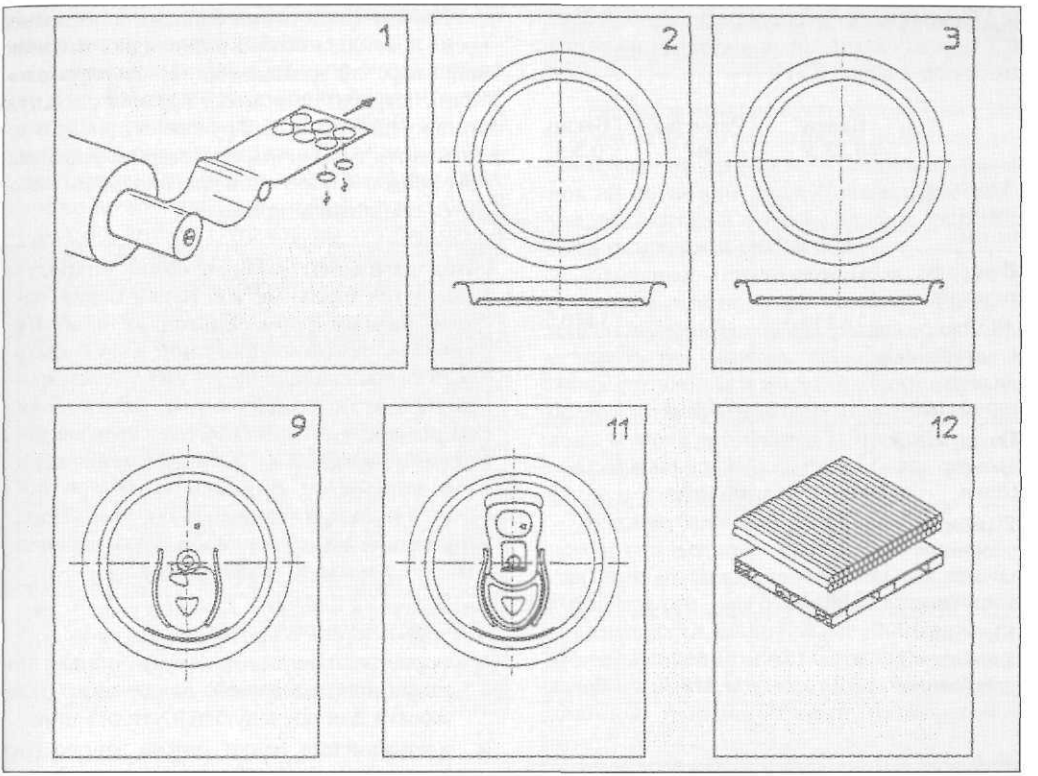


Рис. 5.70. Изготовление баночных крышек (сокращенно):

1 — штамповка заготовок крышек из металлического листа; 2 — заготовка крышки типа «Shell»; 3 — накатка крышек типа «Shell»; 9 — оформление петли для открывания банки с линией разреза; 11— соединение петли с заклепкой; 12 — упаковка и формирование пакетов крышек

табельных технологий и удовлетворения пожеланий заказчиков. То же относится и к уменьшению размеров крышек — от распространенного до настоящего времени размера 2.06 до размера 2.02 и у более мелких банок — до размера 2.00. Толщина крышек составляет:

- у 2.06-крышек — от 0,27 до 0,28 мм, а у
- 2.02-крышек — от 0,22 до 0,23 мм.

В Германии наиболее широко распространены банки следующих объемов:

2.06-алюминиевые

275 мл, 296 мл, 330 мл, 355 мл, 375 мл, 440 мл, 500 мл

2.06-стальные

275 мл, 296 мл, 330 мл, 355 мл, 375 мл, 440 мл, 500 мл

2.02-алюминиевые

330 мл, 440 мл, 500 мл

2.02-стальные

330 мл, 440 мл, 500 мл

2.00-стальные

150 мл, 200 мл, 250 мл

со стандартной крышкой или крышкой типа Miniseam (296 мл = 10 амер. унций, 355 мл = 12 амер. унций).

Масса одной банки составляет примерно

2.06-алюминиевая,

330 мл — 12 г, 500 мл — 16 г;

2.06-стальная,

330 мл — 27 г, 500 мл — 37 г.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-06-04 Haute couture

Основные характеристики банок 0,33 л и 0,5 л с крышками 2.06 приведены ниже (пояснения см. на рис. 5.71).

	Банки 0,33 л	Размеры, мм	Банки 0,5 л
A высота закрытой банки	115,2±0,4		163±0,4
B высота головной части	12,2±0,5		14±0,5
C внутренний диаметр горлышка		57,4±0,3	
D наружный диаметр банки		66,1±0,4	
E диаметр опорного кольца устойчивости	53,6±0,2		52,8±0,2
F глубина донного углубления		11,2±0,3	

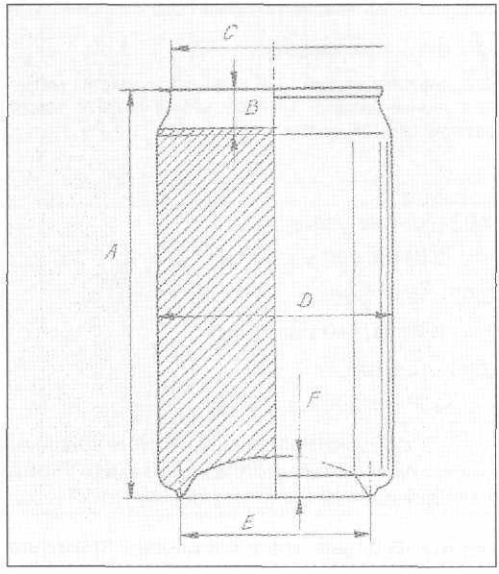


Рис. 5.71. Банка для пива:

A — высота банки; B — высота головной части; C — внутренний диаметр горлышка; D — наружный диаметр; E — диаметр опорного кольца; F — глубина донного углубления

Наряду с обычными банками в последнее время появились особые разновидности банок, например, так называемые ***«с сюрпризом»***. Когда потребитель срывает верхнюю, ложную крышку, под ней он обнаруживает приз, что используется в различных рекламных розыгрышах призов. Собственно крышка банки находится под ложной крышкой.

Под названием *«shaped cans»* подразумеваются стальные жестяные банки самых разных форм. Благодаря особому способу изготовления они могут быть растянуты сначала на 20–30%, а затем — *до 80% от исходной формы. Хотя стенки* банки после этого становятся тоньше волоса, оформление и тиснение приводят к существенному увеличению их прочности. Несмотря на высокую стоимость, благодаря их оригинальности эти банки имеют хорошую перспективу.

Следует отметить, что

- стальные банки намагничиваются, и поэтому использованные банки легко отделяются для последующей утилизации;
- алюминиевые банки можно заново расплавлять и перерабатывать.

5.5.2. Складирование, расформировывание пакетов и перемещение пустых банок

Банки поставляются на предприятия на поддонах (так называемые «tall-packs»). В каждом баночном поддоне («tall-pallette») находится от 15 до 23 рядов («этажей»), а каждый ряд располагается на тонкой прокладке из картона или пластика, на которой (в зависимости от размеров поддона) может быть установлено до 360 банок. Поддоны укреплены при помощи стальной профильной рамы, покрыты сверху и стянуты синтетической пленкой, так что сами поддоны можно также складывать штабелями.

Выгрузка и загрузка автотранспорта производится обычно вилочными электро- и автопогрузчиками, а во многих странах — посредством автоматизированной системы при-

ема стопок поддонов со спецтранспорта непосредственно на конвейер.

Поскольку стенки у банок очень тонкие, то в порожнем состоянии они очень чувствительны к любым ударам и толчкам, которые могут банку деформировать. Такая деформация быстро передается соседним банкам и далее по всему ряду. Это означает, что с поддонами, на которых упакованы пустые банки, следует обращаться очень осторожно от приема до сталкивания рядов на конвейер:

- **вилочные автопогрузчики должны захватывать поддоны мягко, без толчков;**
- **в качестве защиты от ударов могут быть использованы дистанционные планки;**
- **при складировании в штабеля следует выдерживать положенное расстояние между штабелями;**
- **перед подачей поддона в подъемник следует удалить все банки с видимыми повреждениями, так как они могут привести к сбоям в подаче банок;**
- **не следует пытаться выправить вмятины на банках.**

Распаковывающее устройство (рис. 5.72) последовательно ряд за рядом поднимает поддоны, удаляет прокладку и сталкивает ряд банок на питающий стол. Упаковочные рамки укладываются на пустые поддоны, складываются стопками и удаляются.

Баночный стол-накопитель состоит из шарнирно-пластинчатых цепей, стальных или полимерных цепей. Передача должна происходить без рывков, поскольку банки не очень устойчивы и могут опрокинуться. Чем более плотным рядом банки сдвигаются с поддона, тем они устойчивее. Широкий конвейер обязательно должен иметь по бокам ограждающие и направляющие планки.

В конце баночного стола-накопителя происходит разъединение банок при помощи согласованных по скорости отдельных участков конвейера (см. рис. 5.71); при высокой производительности линии (свыше 1200 банок/мин) это разъединение может быть поддержано подачей сжатого воздуха. Для последующей длинной транспортировки разъединенных

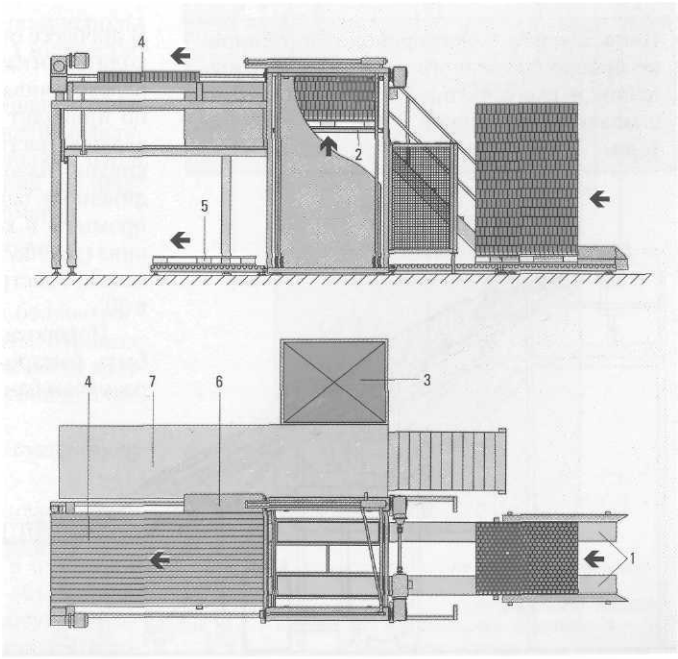


Рис. 5.72. Распаковывающее устройство для банок (тип «Palmaster», фирма «Krones», г. Нейтраублинг):

1 — роликовый транспортер; 2 — подъемник поддонов (подъемная шахта); 3 — магазин картонных прокладок; 4 — направление движения банок; 5 — выход пустых поддонов; 6 — пульт управления; 7 — площадка оператора

ЭТИКЕТКИ ЛТ Haute couture

банок применяются преимущественно канатные конвейеры.

Банки переворачиваются, подаются в ринзер, ополаскиваются и снова переворачиваются, после чего направляются к лазерному инспекционному устройству. Часто уже перед ополаскиванием на донышко банок наносится код (срок хранения).

Поставка и обработка крышек является гораздо менее трудоемким процессом по сравнению с банками. При поступлении на предприятие крышки банок имеют несколько больший диаметр, чем после укупоривания — примерно на 8 мм. Крышки упаковывают в бумагу примерно по 600 шт./уп.; поставка осуществляется на поддонах, каждый из которых может вместить до 246 000 крышек (типа 2.06). Отдельные упаковки фиксируются бумажной крафт-лентой.

5.5.3. Инспектирование пустых банок

Пустые банки из-за своих тонких стенок во время транспортировки, погрузки и выгрузки могут деформироваться, а повреждение верхнего края, например, может привести к сбою в процессе укупоривания.

Повреждения банок приводят к остановке производственного процесса, изготовления и выпуска продукции, что может сказаться на имидже фирмы у потребителя.

В связи с этим перед розливом пустые банки следует проверять на:

- правильность округлой формы;
- наличие дефектов отбортовки в головной части банки;
- наличие дефектов стенок и донышка банки;
- дефекты внутренней лакировки;
- наличие внутри банки инородных тел.

Дефектные банки должны быть направлены в брак, поскольку они приводят к потерям качества продукции и дополнительным затратам.

Проверка пустых банок осуществляется лазерным инспекционным устройством, установленным между питающим столом и мойкой. Инспекционное устройство состоит из фотоэлемента, камеры с пропускной способностью до 140 000 банок в час, и выталкивателя, отводящего дефектные банки. Применение лазерных инспекционных устройств распространено еще не на всех предприятиях (прежде всего по финансовым соображениям). Кондиционные банки поступают далее на ополаскивание в ринзере.

5.5.4. Ополаскивание банок

В процессе ополаскивания легких банок приходится отказываться от обычного захвата и переворачивания, поскольку захват неизбежно приводит к деформации чувствительной верхней части банки. Поскольку после сталкивания банок они подаются наверх, то разъединенные банки могут быть перевернуты и промыты в ходе их медленного скольжения вниз (рис. 5.73). В настоящее время ополаскиватели конструируются с наклоном примерно в 30°.

Поворотное устройство (реверсер) может быть быстро перенастроено соответственно размерам банки.

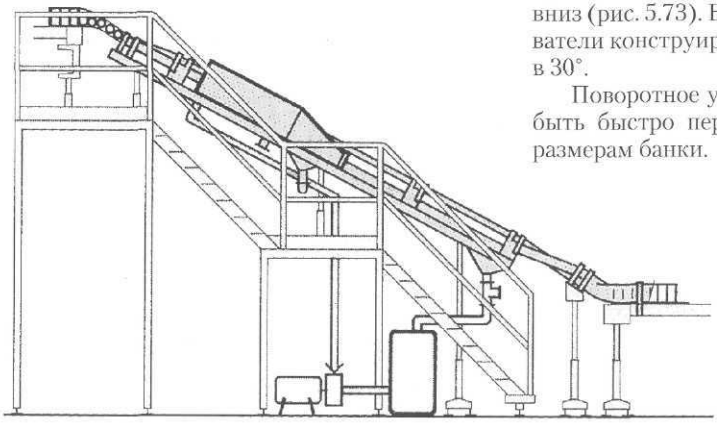


Рис. 5.73. Ополаскивание банок

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Полиграфоформления

После стекания капель банки переворачиваются во втором реверсере снова открытой верхней частью вверх и подаются на разливочный автомат.

5.5.5. Наполнение банок

При розливе в тонкостенные банки возникает ряд проблем:

- если банку прижимать к наполнительному устройству с тем же давлением, что и бутылку, то банка неизбежно будет смята, так как она выдерживает гораздо меньшую продольную нагрузку;
- если банку, как и бутылку, подвергнуть предварительному вакуумированию, то стенки ее под действием вакуума неизбежно вогнутся внутрь.

В связи с этим решающим конструктивным решением для розлива в банки стало уменьшение продольной нагрузки путем введения камеры для выравнивания давления (рис. 5.74). Эта уравновешивающая камера служит для того, чтобы максимальная осевая нагрузка действовала на банку лишь в процессе наполнения, то есть там, где банка стабильна под действием внутреннего давления.

Наполнение банок сначала осуществляли через длинную трубку, а затем стали использовать и способ наполнения через множество коротких наливных трубок.

На всех современных разливочных автоматах для банок разливаемый напиток направляется по стенкам банки в виде тонкой пленки жидкости. По способу дозирования различают две группы разливочных автоматов:

- с наполнением по высоте (уровню);
- с наполнением по объему.

Как и при розливе в бутылки, больше распространены уровневые автоматы. Процесс наполнения банки заканчивается, когда жидкость достигнет нижнего края трубки для выхода газа.

В объемных блоках розлива существуют две возможности:

- к тому времени, когда заканчивается предыдущий процесс наполнения, желаемый объем жидкости собирается в отдельной дозировочной емкости; когда объем точно измерен, процесс наполнения осуществляется очень быстро, так как в конце его поток жидкости уже не нужно дросселировать;
- точно измерить объем можно, например, при помощи индукционного расходомера (IDM).

Несмотря на то что основные этапы процесса наполнения аналогичны используемым при розливе в бутылки, а именно:

- промывка CO_2 (или паром) и создание противодавления CO_2;

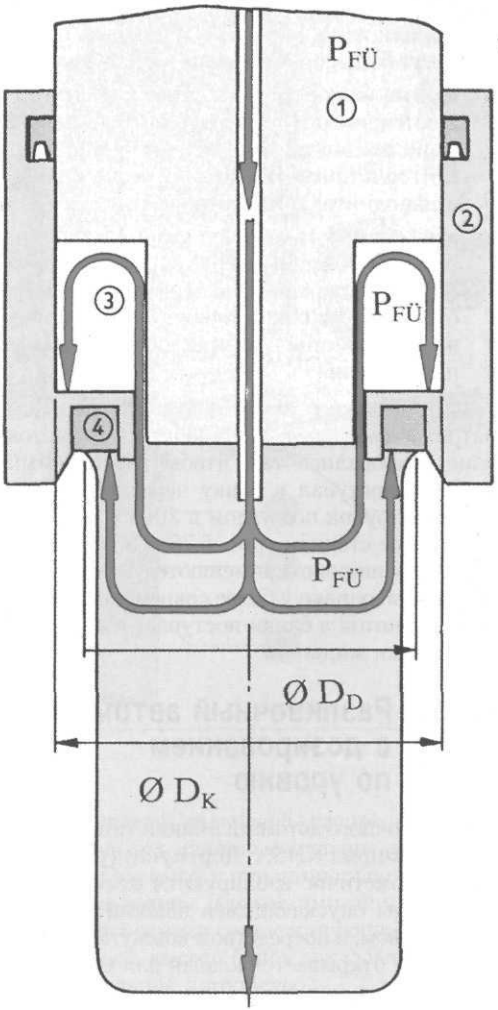


Рис. 5.74. Камера для выравнивания давления:

1 — наполнительный патрон; 2 — центрирующий колокольчик; 3 — камера для выравнивания давления; 4 — уплотнительное кольцо

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

- замедленное наполнение и ускоренное наполнение;
- замедление скорости наполнения и установление точного уровня наполнения;
- медленный сброс давления во избежание вспенивания,

при розливе в банки существуют свои дополнительные особенности:

- масса пустых банок очень мала, в связи с чем перемещать их следует очень спокойно и надежно; в силу большого радиального ускорения в крупных разливочных автоматах или из-за сильной тяги воздуха банки могут быть сброшены с их пути движения;
- пустые банки для наполнения не поднимаются; вместо этого наполнительные устройства опускаются на них, устанавливая герметичное соединение между банкой и наполнительным патроном;
- образование соединения «банка–наполнительный патрон» является очень ответственной операцией, поскольку банка из-за очень тонких стенок может быть сплющена (см. описание камеры для выравнивания давления).

До недавнего времени наполнительные патроны баночных разливочных автоматов конструировались так, чтобы разливаемый напиток поступал в банку через 14–16 маленьких трубок под углом в 30–45° и стекал вниз по ее стенкам (рис. 5.75 и 5.76). Такие автоматы широко применяются и в настоящее время, однако у более современных автоматов напиток в банки поступает в виде тонкой пленки жидкости.

5.5.5.1. Разливочный автомат с дозированием по уровню

У разливочного автомата в банки типа Innofill **EM–D** (Фирма KHS, г. Дортмунд) (рис. 5.77) банки герметично изолируются от окружающей среды опускающимся наполнительным устройством, и посредством коммутационной шестерни открывается клапан для промывки CO_2 (*1*). Уже при опускании наполнительного устройства из распределительного резервуара начинает поступать инертный газ (чаще всего CO_2), проходя через клапан для создания противодавления и трубку возврата газа в

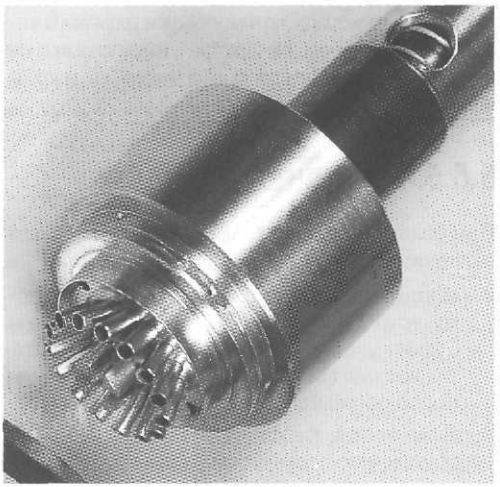


Рис. 5.75. Клапан с наливными трубками (фото: KHS, г. Дортмунд)

банку. Тем самым находящийся в банке воздух вытесняется через клапан в канал для отвода отработанного газа. О вакуумировании, как уже известно, здесь речи не идет! Для создания противодавления клапан возврата газа закрывается; через клапан для создания противодавления в банку продолжает поступать CO_2, повышая внутреннее давление в ней до тех пор, пока не установится давление, равное давлению CO_2 в распределительном резервуаре (*2*).

После выравнивания давления под действием пружины открывается продуктовый клапан, и начинается собственно процесс наполнения. Продукт вытекает через кольцевой зазор и спокойно стекает по стенкам банки в виде жидкой пленки, тогда как CO_2 по своему каналу возвращается из банки в резервуар (*3*). Процесс наполнения заканчивается, когда разливаемый продукт закроет путь для возврата газа (*4*). Весь процесс наполнения продолжается примерно 5 с.

Коммутационная шестерня закрывает продуктовый клапан и трубку возврата газа (*5*). Для снятия давления (*6*) из головной части банки избыток CO_2 отводится в разгрузочный канал посредством разгрузочного клапана. Пенообразование при снятии давления очень незначительно.

В конструкциях разливочных автоматов с промывкой паром на первом этапе вклю-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

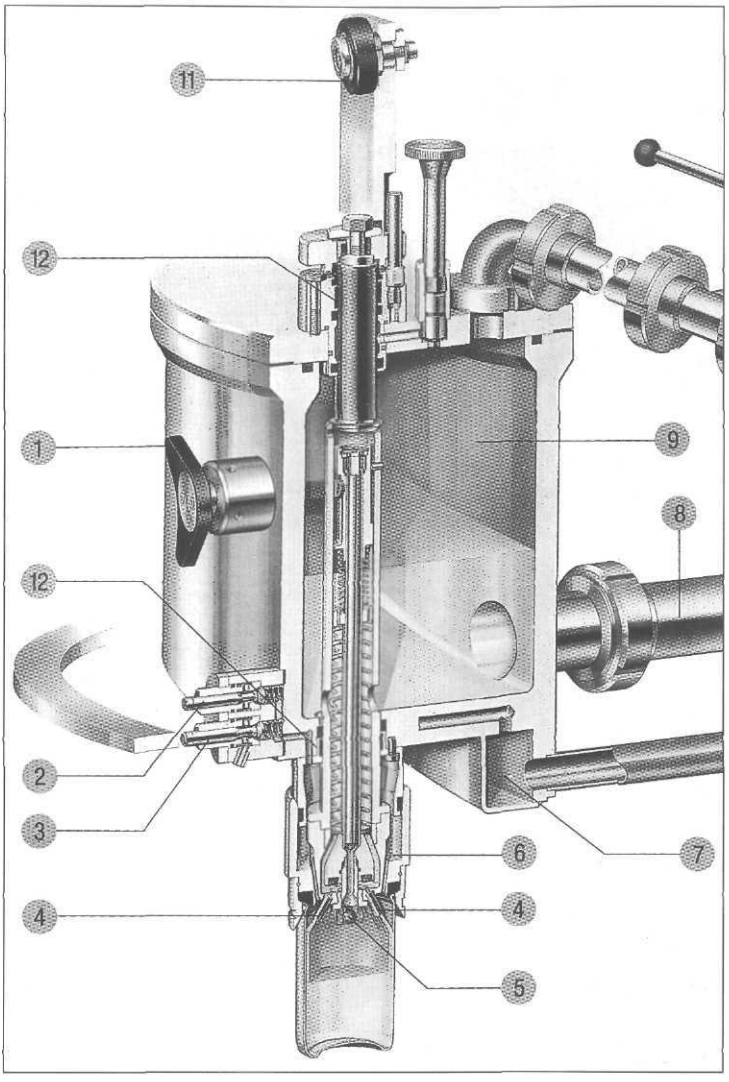


Рис. 5.76. Наполнительное устройство для банок в распределительном резервуаре разливочного автомата:

1 — перекидной рычаг для управления клапаном; 2 — клапан для управления потоками сред CO_2 и CIP; 3 — клапан для сброса давления; 4 — наливные трубки; 5 — настраиваемая трубка для возврата воздуха с шаровым затвором; 6 — камера дифференциального давления / центрирующий колокольчик; 7 — канал CO_2 и CIP; 8 — подача пива; 9 — кольцевой распределительный резервуар для пива и CO_2; 11 — ролик для поднятия наливного клапана; 12 — подвижное крепление наливного клапана в кольцевом распределительном резервуаре

чается паровая обработка банок. При определенной продолжительности обработки паром можно достичь полной стерильности банок, причем одновременно будет вытесняться воздух.

Изменение высоты

Поскольку для наполнения банки не поднимаются, то при смене типоразмера банок необходимо изменить рабочую высоту наполнительного устройства. При этом вся верхняя часть, включая кольцевой распределительный резервуар и наливные клапаны, выводится на нужную высоту при помощи шпинделей и зубчатых венцов. Для минимизации требуемого на это времени соответствующие данные о возможной высоте банок закладываются в вычислительное устройство.

В настоящее время изменить ***уровень наполнения*** банок можно одним нажатием кнопки. Уровень наполнения в банке при этом может регулироваться в пределах ± 1,5 мм.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

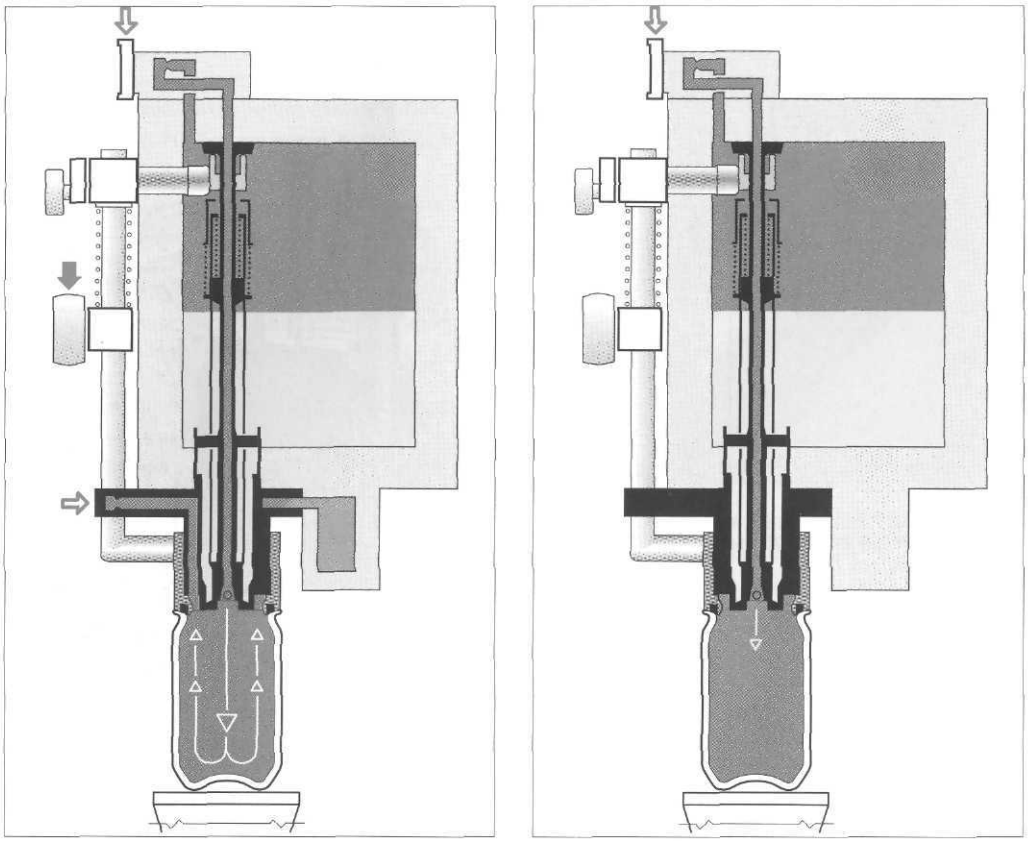


Рис. 5.77. Основные этапы процесса наполнения банок (тип EM-D, фирма KHS, г. Дортмунд). Пояснения в тексте

При отсутствии такой возможности в качестве альтернативного варианта необходима замена трубок для возврата газа.

Высота головной части у банок вместимостью 0,33 л и 0,5 л отличается на 1,8 мм. Точная настройка уровня наполнения необходима также с учетом того, что при диаметре банки в 66 мм каждому миллиметру изменения уровня наполнения налива соответствует объем

$$V = r^2 \cdot \pi \cdot h,$$

где r = 33 мм, π = 3,14, h = 1 мм.

$$V = 33 \text{ мм} \cdot 33 \text{ мм} \cdot 3{,}14 \cdot 1 \text{ мм} = 3419{,}46 \text{ мм}^3 = 3{,}42 \text{ см}^3,$$

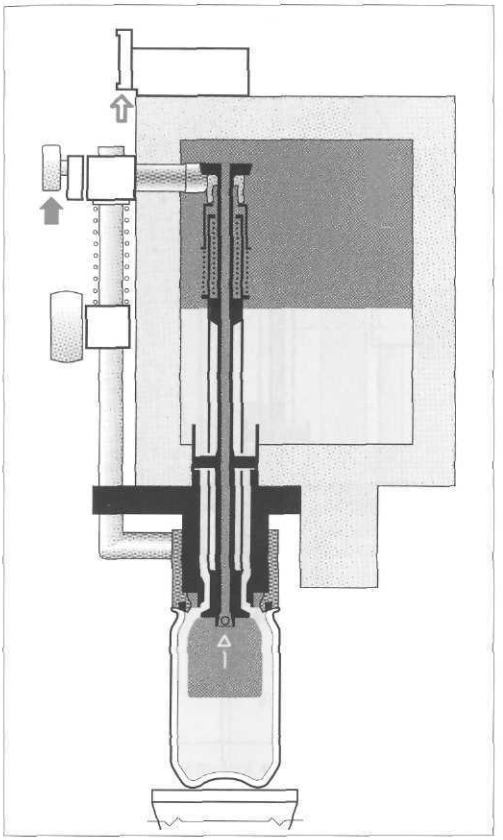
то есть разница по высоте в 1 мм означает 3,4 см^3, что составляет примерно 1% объема банки вместимостью 0,33 л и 0,75% объема банки вместимостью 0,5 л. В связи с этим *после наполнения контролируется уровень и* объем содержимого банки.

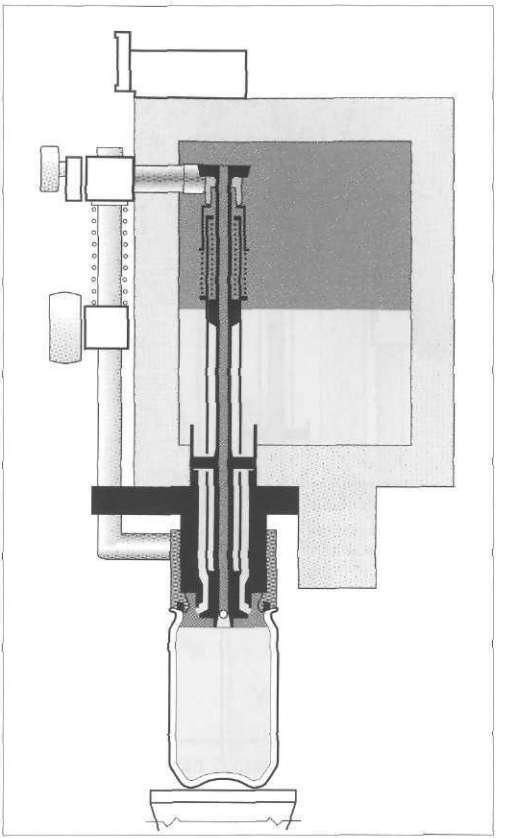
5.5.5.2. Разливочный автомат с дозированием по объему

Банки всегда наполняют до заданного уровня, определяемого положением трубки возврата газа или данными электронного датчика. Для сохранения точного уровня наполнения процесс розлива следует к концу замедлять, что означает потерю времени и, следовательно, снижение производительности автомата.

Для решения подобной проблемы был разработан способ наполнения, при котором

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления





измеряется предварительно определенный объем жидкости. Благодаря этому

- измеренный объем жидкости быстро выливается в банку и
- следующий объем наполнения может быть измерен, пока опускается уже наполненная банка, а следующая поднимается к наполнительному устройству.

Такой способ розлива называют ***розливом с дозированием по объему***.

В системе наполнения банок типа VOC (фирма Krones, г. Нойтраублинг) (рис. 5.78 и 5.79) измерение объема происходит в узкой измерительной камере (*1*) при помощи поплавкового датчика с высокой разрешающей способностью (*3*). При этом точность объема наполнения лежит в пределах менее 1,5 мл. Измерительная камера при открытом клапане (*4*) заполняется снизу (*5*) без образования турбулентных завихрений и затем находится в ожидании начала процесса наполнения налива с уже предварительно подготовленным количеством продукта.

Возможная предварительная обработка паром должна гарантировать, что все еще остающиеся в банке микроорганизмы будут уничтожены, однако без подобной обработки можно обойтись, если предполагается, что банки с продуктом в дальнейшем будут пастеризоваться.

Этап 2: первая стерилизация паром

Банка плотно прижимается и примерно через 1 с стерилизуется паром. Поскольку металл в отличие от стекла хорошо проводит тепло, температура, составляющая ровно 110 °C передается моментально.

При помощи еще одного легкого опускания банки она еще раз промывается паром

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

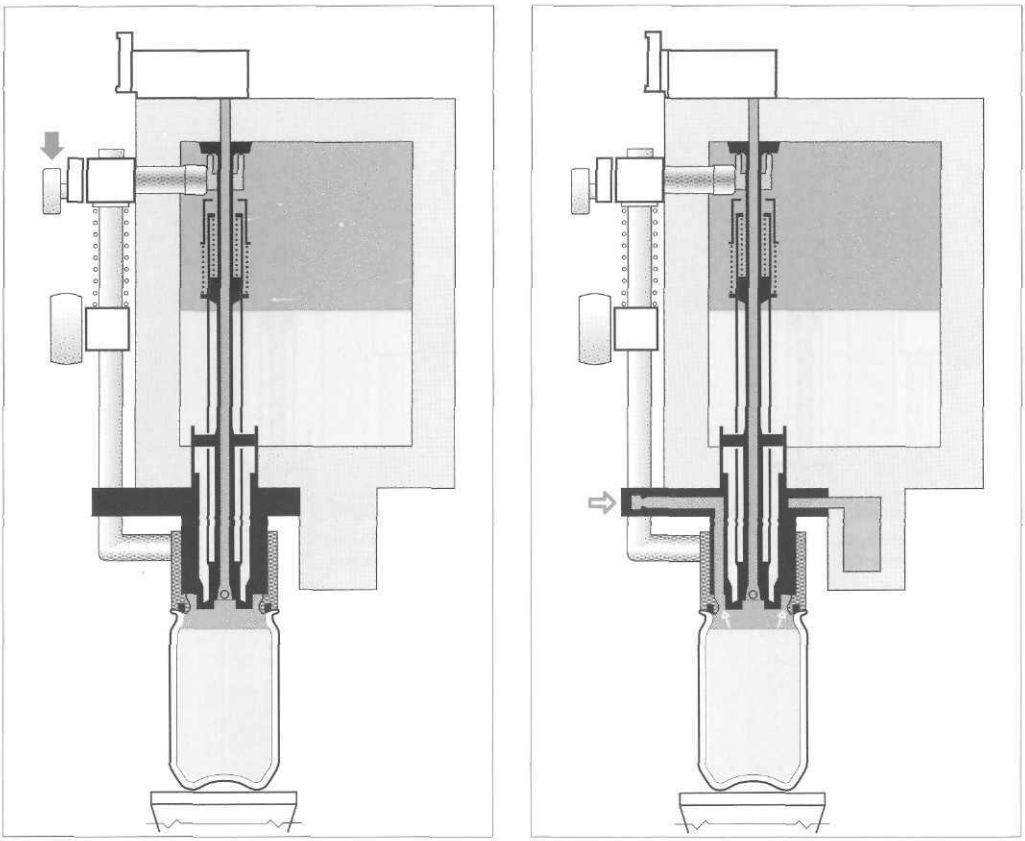


Рис. 5.77. Основные этапы процесса наполнения банок (тип EM-D, фирма KHS, г. Дортмунд)

(этап второй стерилизации паром на рисунке не представлен). Тем самым повторяется *изображенное на рис. 5.78 состояние системы*, и при этом происходит окончательная стерилизация банки.

Этап 3: промывка CO_2

Поступающий CO_2 (обозначенный штриховой синей линией) омывает банку, а затем посредством прижатия центрирующего узла она герметично соединяется с распределительным резервуаром разливочного автомата. На этом заканчиваются подготовительные операции перед наполнением банки.

Теперь можно исходить из того, что весь кислород уже вытеснен из банки и заменен на CO_2. Благодаря прижатию банки достигается необходимое противодавление.

Этап 5: наполнение

Точно отмеренный объем наполнения уже находится в готовности к началу процесса наполнения (о недоливе или переливе можно не беспокоиться). При открытии наливного клапана отмеренное количество жидкости быстро *втекает в банку по ее стенкам.*

Этап 6: окончание наполнения / разрядка

Измерительная камера опорожняется не полностью, а только до заданного остаточного объема, что позволяет при следующем наполнении камеры избежать потерь CO_2 из-за образования пены.

Распылительная насадка клапана для сброса давления позволяет осуществить медленный сброс давления до уровня атмосферного.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

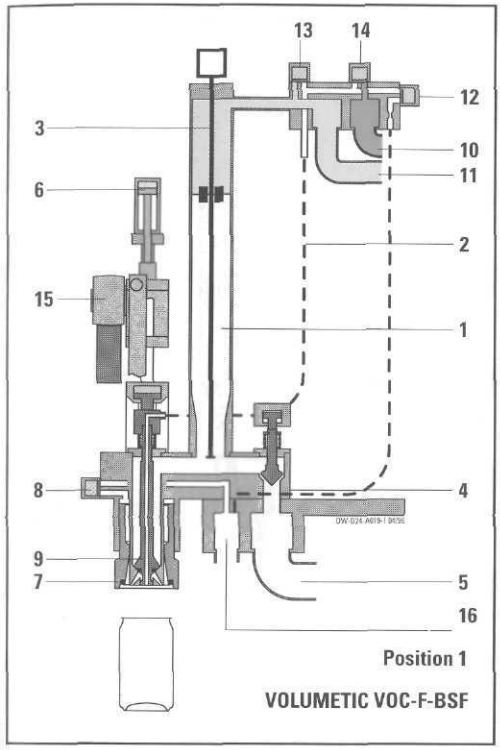


Рис. 5.78. Разливочный автомат для банок с дозированием по объему:

1 — измерительная камера; 2 — трубопровод для подачи CO_2, промывки и отвода CO_2; 3 — датчик типа «транссонар»; 4 — продуктовый клапан; 5 — подвод продукта; 6 — управляющий клапан для опускания центрирующего устройства; 7 — центрирующее устройство; 8 — нижний клапан для сброса давления / клапан для промывки и возврата растворов CIP; 9 — наливной клапан; 10 — подвод пара; 11 — канал для промывки / возврата газа; 12 — верхний клапан для сброса давления; 13 — клапан для газов и для промывки ; 14 — клапан для подачи пара; 15 — упорный ролик копира для поднятия центрирующего узла; 16 — канал для сбора промывочного газа и для возврата растворов CIP

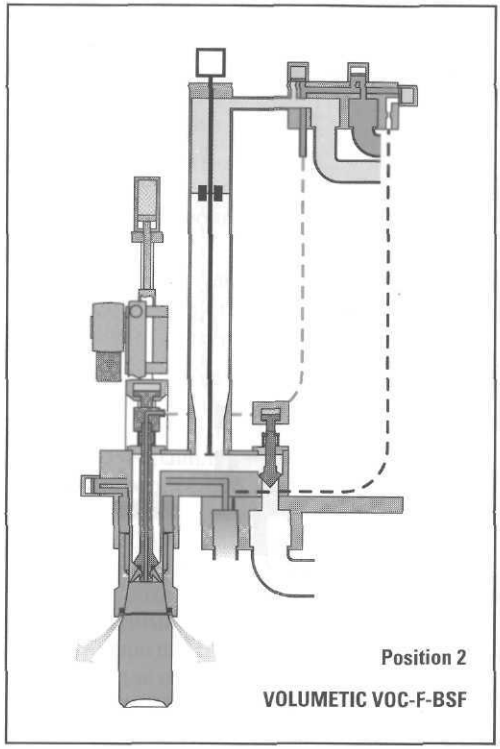


Рис. 5.79. Этап 2: стерилизация паром

При закрытии наливного клапана начинается новое наполнение измерительной камеры для следующего процесса наполнения банки. Таким образом, эффективно используется время, необходимое для перемещения наполненной банки, подхода пустой банки, обработки ее паром, промывки и создания противодавления при помощи CO_2.

В данном случае преимуществами являются:

- точность измерения объема наполнения;
- использование наливного клапана без встроенных элементов;
- ввод пива в банку тонким слоем по стенкам;
- пневматическое опускание клапана.

Альтернативой является наполнение по объему с помощью индукционного расходомера (IDM, см. раздел 7.5.2).

Мойка и дезинфекция наливных клапанов

У любых блоков розлива в бутылки или банки огромное значение придается промывке наливных клапанов, так как в них могут закрепиться микроорганизмы. Их наличие приводит к постоянной опасности возникновения помутнений и нарушения вкусовых качеств пива.

В рассматриваемом разливочном автомате имеется возможность прокачивать в циркуляционном режиме горячую воду с температурой до 105 °C и другие моющие и дезинфи-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

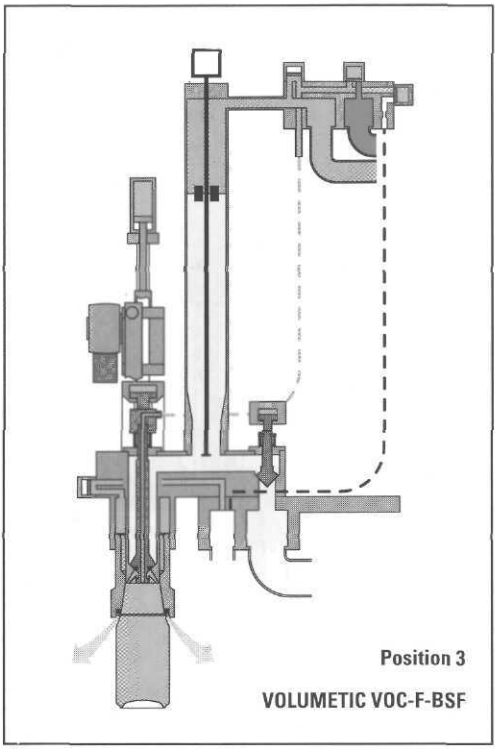


Рис. 5.79. Этап 3: промывка CO_2

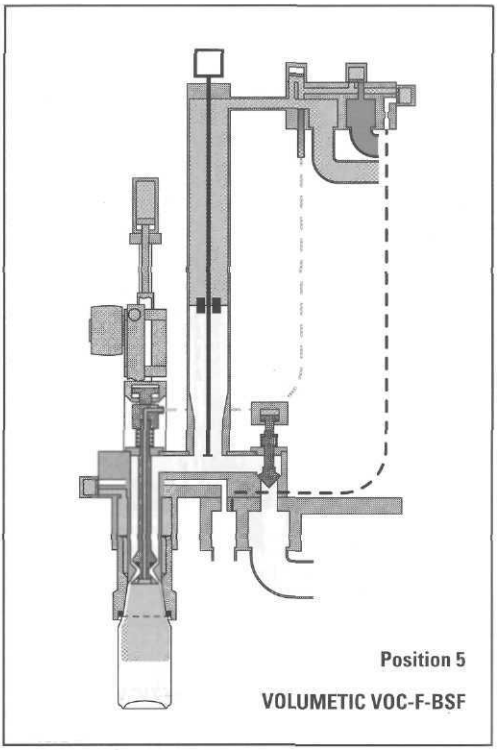


Рис. 5.79. Этап 4: наполнение

цирующие средства. Возможна также стерилизация паром.

Циркуляционная мойка обеспечивается надеваемыми на клапаны специальными колпачками. Эти колпачки могут надеваться вручную или автоматически.

Наполнение банок с минимальным поглощением кислорода

Благодаря углекислотной промывке пустых банок весь имевшийся кислород без остатка уже должен был быть удален на загрузочной звездочке. При этом достигается общее содержание кислорода всего около 0,2 мг на 1 л (при расходе 0,6–0,8 кг CO_2/гл), что на современном уровне развития техники считается вполне удовлетворительным результатом.

Поскольку перед укупориванием должен быть удален воздух и из головной части банки, для этого применяется способ подачи инертных газов под крышку. Особый способ представляет собой уже упомянутая обработка банок паром, которая не только удаляет кислород, но и убивает микроорганизмы. При этом банка для стерилизации может обрабатываться паром определенное время.

5.5.6. Укупоривание банок

Процесс укупоривания

В процессе укупоривания банок насаженная крышка в ходе двух последующих операций закатывается с верхним краем банки настолько прочно, что банка становится герметичной. Чтобы обеспечить долгосрочное герметичное соединение банки с крышкой (рис. 5.80), соединение должно быть равномерным по всей окружности банки, без складок и напусков.

Процесс укупоривания начинается с того, что крышка, по возможности еще в разливочном автомате, накладывается на банку (рис. 5.81). Эта банка с помощью пружинно-прижимной тарелки поднимается и вместе с на-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-86-04 Полиграфоформления

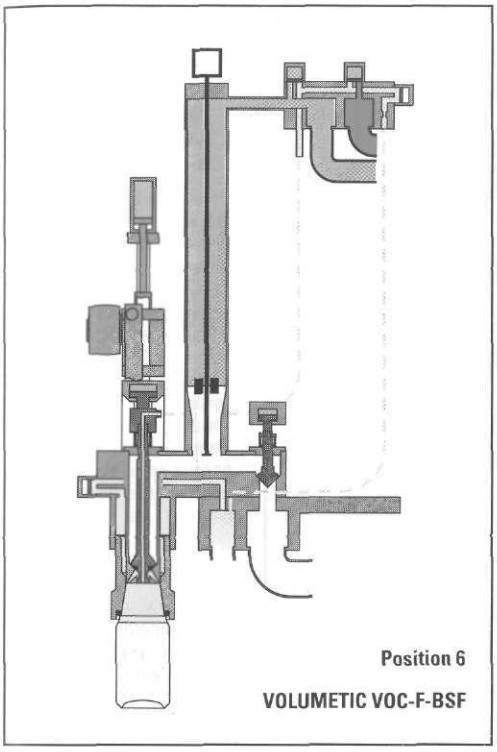


Рис. 5.79. Этап 6: окончание наполнения

саженной крышкой прижимается к укупорочной головке.

Станция укупоривания состоит из укупорочной головки и двух закаточных роликов. Процесс укупоривания осуществляется последовательно в ходе двух операций.

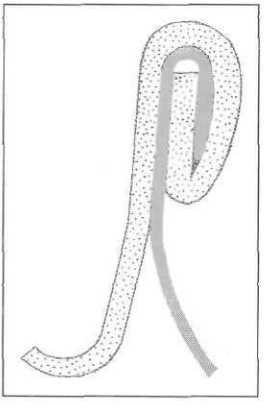


Рис. 5.80. Правильно закатанная крышка

Вращающаяся вместе с банкой головка укупоривания (рис. 5.83) удерживает крышку в правильном положении. Вращающийся в противоположном направлении ролик (*2*), прижимается к укупорочной головке и загибает при этом внешнюю сторону крышки вниз вокруг фальца банки (рис. 5.83, 1-я операция). При этом укупорочная головка гарантирует, что

- крышка будет удерживаться в ее правильном положении и
- банка и крышка не будут деформированы.

Благодаря второй операции соединение крышки с банкой становится газонепроницаемым (вследствие прижимания закаточного валика). Неправильно выполненный фальц неизбежно ведет к снижению давления в банке и вместе с тем — к потере качества.

Укупоривание банки происходит за кратчайшее время и предполагает точное соблюдение всех необходимых условий.

Необходимо тщательно проверять банки на отсутствие складок и напусков. Возникновение складок на загибе крышки внутри фальца является явным признаком того, что вторая операция проводилась со слишком широким зазором. В таком случае процесс розлива должен быть остановлен, а станция отрегулирована. Однако было бы неправильно для подстраховки изначально настраивать вторую операцию с как можно более узким зазором. До определенной степени укупорочная машина по своей конструкции может сама компенсировать различную толщину материала без ущерба для качества укупоривания. Тем не менее при исчерпании предела эластичности из-за слишком «узкой» настройки металл фальца развальцовывается, и появляются побочные явления (например, ослабление укупоривания — разрывание его при термообработке). Эти явления особенно характерны для алюминиевых банок, у которых закатанный край на 0,02 мм толще, чем у стальных.

Качественному укупориванию банок следует уделять максимальное внимание, поскольку соединение крышки должно защищать содержимое банки в течение длительного времени и без каких-либо потерь качества.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-96-04 Haute couture

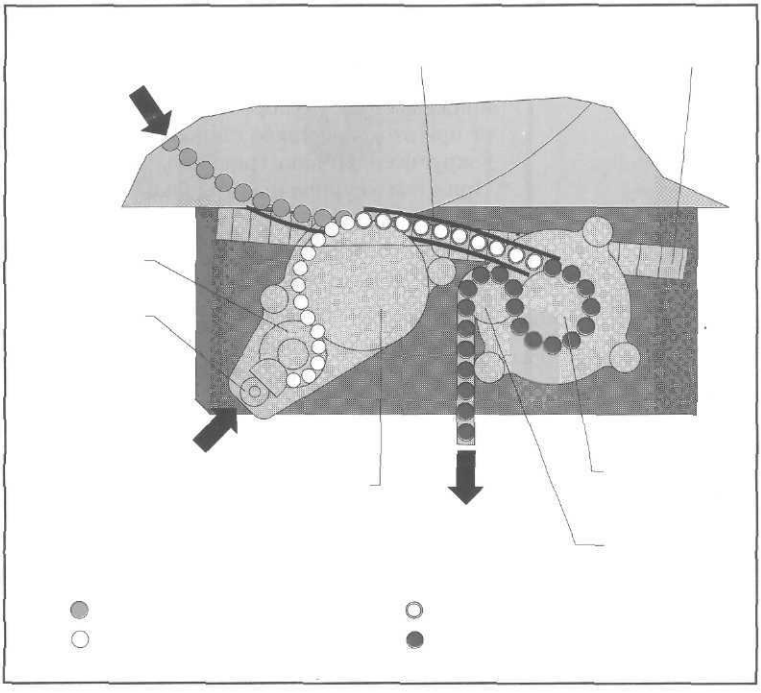


Рис. 5.81. Передача крышки в карусели разливочного автомата:

Dose ohne Deckel — банка *без крышки*;
Deckel — крышка;
Dose mit losem Deckel — банка *со свободно надетой крышкой*;
Verschlossene Dose — закрытая банка;
Deckeltransferstern — звездочка для передачи крышек;
Deckelzufuhr von oben — подача крышек сверху;
Bedampfungs trommel — барабан для пропаривания;
Dosentransfer — передача банок;
Transportband — конвейер;
Verschließerdarusell — карусель укупоривания;
Auslaufstern — разгрузочная звездочка

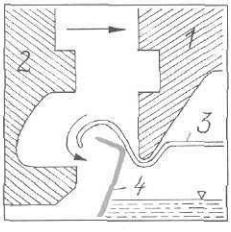


Рис. 5.82. Крышка перед прижимом:

1 — укупорочная головка; 2 — закаточный ролик; 3 — крышка; 4 — банка

После укупоривания полные банки инспектируются, но прежде чем перейти к описанию процесса инспектирования банок, следует ознакомиться с системами мойки блоков розлива и укупоривания.

5.5.7. Мойка блоков розлива и укупоривания банок

Как и при розливе в бутылки, большое значение придается мойке автоматов для розлива и укупоривания банок. Если напиток разливают после пастеризации в потоке или после холодно-стерильного фильтрования — необходимо соблюдать особые меры предосторожности.

Можно сказать, что к этому случаю относится все, описанное в разделе 5.1.6 («Мойка блоков розлива и укупоривания». Также здесь должно иметься следующее:

- система циркуляционной мойки;
- обливание горячей водой подверженных опасности загрязнения механизмов;
- тщательная мойка разливочного автомата в наиболее критических местах.

Для циркуляционной мойки существуют две возможности:

- на каждый наливной клапан надевается моечный колпачок; моющее средство циркулирует при помощи насосов, проходя через все полости наливного клапана насквозь, после чего колпачки снимаются;
- при наличии автоматической системы мойки все это осуществляется в автоматическом режиме.

ЭТИКЕТКИ.RT Полиграфоформление

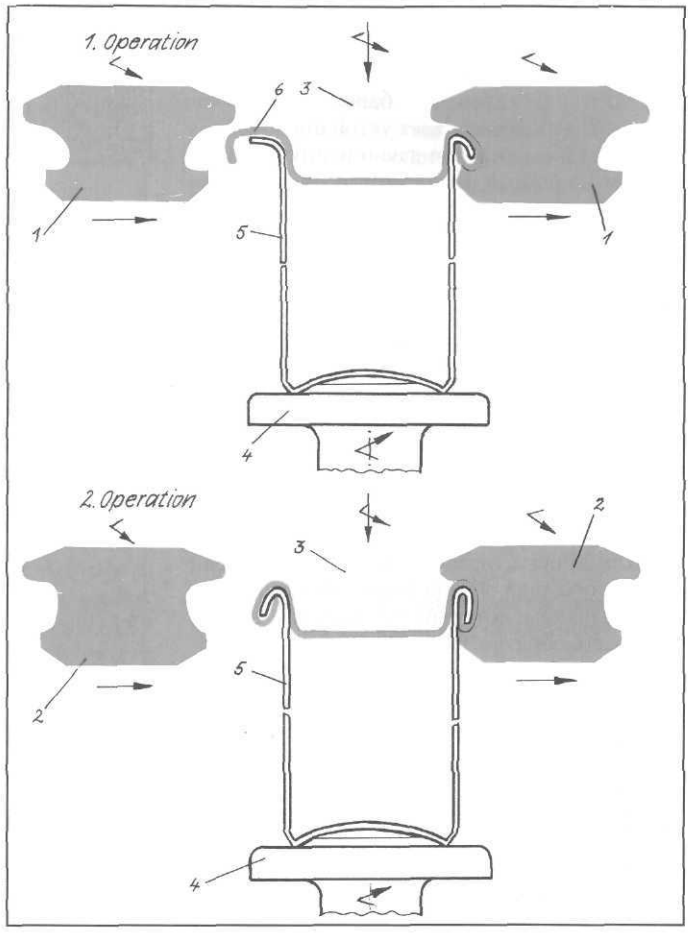


Рис. 5.83. Закатывание крышки в две стадии:

1 — первый закаточный ролик; 2 — второй закаточный ролик; 3 — укупорочная головка; 4 — прижимная тарелка; 5 — банка; 6 — крышка

Регулярной мойке помимо этого должны подвергаться и ряд других механизмов и устройств. Поэтому

- все места, где происходит образование капель, которые могут попасть в открытые банки, должны регулярно мыться;
- транспортировка еще открытых банок должна постоянно отслеживаться во избежание инфицирования пива;
- наливные трубки во время начала работы при загрузке карусели разливочного автомата и в конце работы при сходе банок не должны продуваться вхолостую, так как в этом случае пиво и остатки пены будут разбрызгиваться вокруг машины;
- при открытой транспортировке крышек следует в промежутке между подачей банки и ее укупориванием производить паровую стерилизацию крышек, причем каждая должна стерилизоваться по отдельности;
- укупорочные головки следует регулярно обмывать горячей водой;
- как минимум раз в сутки блок розлива следует останавливать не менее чем на час для основательной мойки (по программе стерилизации наполнительных устройств), для чего следует применять гель или пенную обработку; в это же время следует основательно и с особой тщательностью промыть горячей водой закаточные ролики.

ЭТИКЕТКИ ОТ Haute couture

5.5.8. Виджеты

Виджеты — это наполненные азотом капсулы в банках; при открывании банок азот переходит в пиво и обеспечивает устойчивую пену.

Действие азота уже давно используется в пищевой промышленности, где он применяется при продаже напитков в розлив как рабочий газ в виде газовой смеси из CO_2 и N_2; в первую очередь это связано с необходимостью избежать избыточной карбонизации бочкового пива, если оно вынуждено долго находиться под давлением.

Виджеты (рис. 5.84) впервые появились в Англии, и именно там, несмотря на более высокую цену банок с виджетами, они стали популярными.

Проблема состоит в том, как наполнить виджеты азотом и как добиться его своевременного выхода?

Для приема газообразного азота каждый виджет оснащен обращенным вниз лепестковым клапаном, который впускает газ, не выпуская его обратно. На противоположной стороне в этом случае обычно имеется выпускной клапан или в крайнем случае – мелкие отверстия.

Пример 1

На дне еще пустой банки укрепляется виджет входным отверстием вниз, и затем банка наполняется продуктом. Незадолго до укупоривания в содержимое банки добавляется капля жидкого азота, который в силу огромного перепада температур испаряется лишь после укупоривания банки, повышая в ней внутреннее давление (рис. 5.85).

Если теперь перевернуть банку на 180°, то входное отверстие виджета окажется вверху и азот под действием избыточного давления может поступить в виджет (который пока еще находится под атмосферным давлением).

При обратном перевороте банки ничего не происходит, так как давление внутри везде одинаково, а тонкие отверстия в виджете удерживают газ. После открывания банки повышенное давление падает, и азот под действием более высокого давления в виджете беспрепятственно из него выходит.

При этом образуется устойчивая тонкодисперсная пена. Ее образование во многом зависит от температуры, в связи с чем желательно открывать только охлажденные банки и сразу же выпивать их содержимое.

Пример 2

Некоторые виды виджетов бывают поплавкового типа. В этих системах наполненная банка после добавления капли азота укупоривается. В этом случае виджет сразу же наполняется под действием более высокого давления в банке.

При открывании банки лепестковый клапан препятствует выходу азота вверх; на-

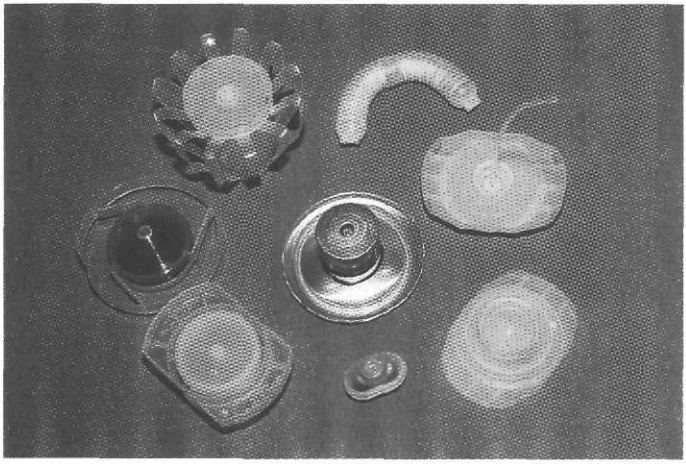


Рис. 5.84. Виджеты

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

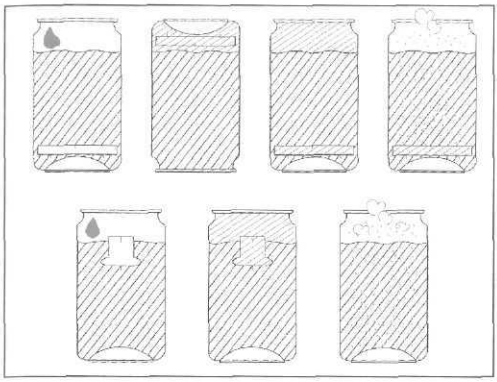


Рис. 5.85. Принцип действия виджетов. Пояснения в тексте

против, находящийся под давлением азот из виджета выходит вниз в жидкость, и в итоге достигается тот же эффект.

Широкое распространение виджетов свидетельствует об интересе к ним со стороны потребителей; кроме того, применение виджетов распространяется и на другие области.

При использовании банок с виджетами необходимо снабдить инспекционное устройство для пустых банок системой их распознавания. Камеру оценки изображения в инспекционном устройстве можно легко дооснастить системой распознавания виджетов.

5.5.9. Инспектирование полных банок

При контроле полных банок, как и при розливе в бутылки, необходим контроль наполненных и укупоренных банок на правильный уровень наполнения. Это осуществляется, как правило, в инспекторе, работающем по принципу ***γ-излучения***. Поскольку следует считаться с движением жидкости и наличием пены, γ-излучение направляется на одну нижнюю точку и таким образом позволяет осуществить точный контроль на недолив.

Негативными сторонами этого способа являются:

- необходимость работы с радиоактивным излучением и
- недостаточно точный для некоторых предприятий уровень контроля.

Аппараты нового поколения контролируют уровень наполнения и возможную негерметичность при помощи ***рентгеновского излучения***. При помощи подобных аппаратов содержащийся в банках напиток можно рассматривать как в вертикальном, так и в горизонтальном положении, получая тем самым исчерпывающую картинку верхней части банки.

При скорости контроля 2400 банок в минуту (14 400 банок/ч) точность контроля может составлять ±0,5 мм. Наряду с этим возможно точно также определить количество нетто содержимого банки в мл. При рентгеновском контроле возможно определять следующие показатели:

- точность уровня наполнения;
- недолив или перелив (по выпуклости крышки);
- избыточное пенообразование и/или наличие дефектов крышки (неплотность укупора);
- плотность пены;
- отсутствие крышки, укупорки или кольца срывания крышки.

Негерметичные банки в пастеризаторе дают течь и при контроле уровня наполнения распознаются.

Все системы инспектирования оснащаются встроенной системой сортировки.

Выталкиватель отделяет нестандартные банки, причем отбраковка отслеживается устройствами считывания и контуром обратной связи.

Работа инспекционных устройств для уровня наполнения банок периодически контролируется с помощью предварительно взвешенных контрольных банок.

5.5.10. Пастеризация напитков в банках

Напитки в банках (пиво или другие напитки) обычно пастеризуются. Для пастеризации банок применимо все сказанное о пастеризации напитков в бутылках, но здесь следует исходить из того, что теплопередача происходит несоизмеримо быстрее и лучше, чем у бутылок (лучшая удельная теплопроводность металла,

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

малая толщина стенок банки). При пастеризации банок не следует превышать температуру пастеризации выше 65 °С, так как прочность банок на действие внутреннего давления составляет всего 6 бар, а более высокая температура, в зависимости от содержания CO_2, ведет к повышению внутреннего давления, что может, в свою очередь, легко привести к вспучиванию крышек (бомбажу).

При пастеризации банок с пивом следует стремиться к значению ПЕ от 18 до 20, и лишь при сильной микробиологической загрязненности необходима пастеризация до 30 ПЕ.

5.5.11. Круговое этикетирование банок

Как правило, в процессе изготовления банки согласно пожеланиям заказчика оформляют многоцветными рекламными изображениями и надписями. Изготавливаются и поставляются банки большими партиями. Такая практика широко распространилась и в дальнейшем для предприятий с высокой производительностью, выпускающих большое количество напитков в банках, останется наиболее привлекательной.

Однако несмотря на это этикетирование банок по ряду соображений представляет особый интерес. При помощи этикетирования банок можно

- быстро перестроиться при смене одного сорта на другой;
- на предприятии с большим разнообразием продуктов сэкономить складские площади;
- достичь наилучшего качества оформления благодаря особым способам печати;
- добиться ценового преимущества вследствие более низкой цены на банки без нанесенной заводской печати.

Кроме сокращения количества хранящихся на складе банок и беспокойств по поводу возможного образования ненужных остатков, имеется и другое преимущество, заключающееся в увеличении гибкости производства (для получения новых этикеток достаточно 3–4 дней, а для получения новых запечатанных банок — шесть и более недель). Преимуществом является и многообразие возможностей оформления при использовании особым способом отпечатанных этикеток (фотографии, переливы красок, глянцевый эффект и т. п.). Повышение гибкости производства благодаря быстрой поставке этикеток и их относительно низкой стоимости обеспечивает предприятию возможность быстрого выхода на рынок с новым ассортиментом.

Поскольку банки являются одноразовой тарой, то

- клей наносится прямо на банку;
- и затем этикетка закрепляется полоской клея по краям шириной в 1 см.

Этикетки из полиэтилена высокой плотности (HDPE) или полипропилена (OPP или CPP), как и в случае бутылок, отматываются и отрезаются от рулона (так называемым способом «wrap-around») и наносятся на банку этикетировочным автоматом.

Этикетировочный автомат для банок включает в себя ***этикетировочный механизм*** (рис. 5.86), состоящий из

- узла отрезания этикетки (каттера);
- вакуумного барабана;
- клеевого барабана.

В *каттере* этикетка отрезается от рулона вращающимся ножом, причем каждая этикетка отрезается в точно предусмотренном месте благодаря наличию специальной регистровой маркировки, которая улавливается датчиками.

Далее этикетка, как и в случае этикетирования ПЭТ-бутылок, принимается *вакуумным барабаном*. При этом начало и конец этикетки укладываются на небольшие уложенные с выступом планки («пэды», pads) изготовленные из специального полимерного материала.

Из вращающегося *клеевого барабана* на эти этикетки наносится горячий клей. Как только начало этикетки коснется банки, вакуум снимается, и этикетка в ходе дальнейшего вращения легко прижимается к банке струей воздуха. Этикетка оборачивает вращающуюся в противоположном направлении банку, и концы ее склеиваются внахлест. Производительность подобной этикетировочной машины может составлять до 45 000 банок/ч; этикетируются только наполненные банки.

5.5.12. Датирование банок

На банках должна присутствовать предписанная нормативными документами информация

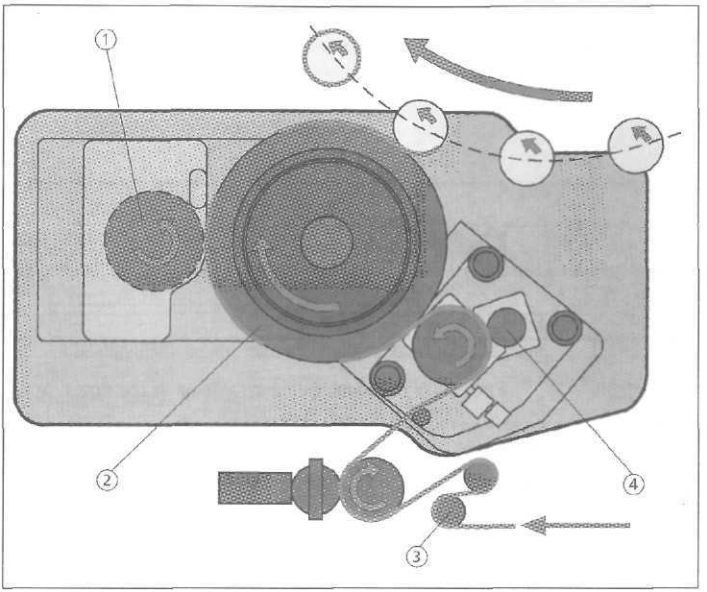


Рис. 5.86. Бесклеевое круговое этикетирование:

1 — клеевой валик; 2 — передаточный барабан; 3 — направляющие ролики; 4 — узел отрезания этикеток

и/или производственные данные. К ним относятся:

- дата розлива и/или срока хранения (см. разд. 5.1.2.9);
- внутрипроизводственные данные для отслеживания возврата.

Для датирования банок подходит ее слегка вогнутое донышко, но поскольку оно в ходе обработки банки постоянно соприкасается с влагой, это создает трудности для печатания, и на многих предприятиях используют для датировки сухие банки сразу после их сдвигания с поддона.

Обычная печать осуществляется чернильным печатающим устройством (рис. 5.87). При этом специальные чернила посредством контрольного клапана (*1*) выдавливаются через специальную насадку (*2*), отверстие которой имеет диаметр менее человеческого волоса и при этом разделяются на капли (до 66 000 импульсов в секунду), которые разъединяются в дозировочном туннеле (*3*). С помощью отводной пластины (*4*) капли попадают на предусмотренные места на донышке банки, предварительно намеченные при помощи шаблона, и моментально высыхают.

Расстояние между отводной пластиной и донышком банки составляет всего несколько сантиметров. Размер шрифта зависит от расстояния (с увеличением расстояния он увеличивается, но становится менее четким).

Производительность печатающего устройства очень высока. При производительности линии розлива 60 000 банок/ч через него за одну секунду проходит 16,7 банок, не задерживаясь для маркировки. Если считать, что для одной надписи требуется 120 точек (на 16,7 банок в секунду), получается, что наносится 2000–2500 точек в секунду. Поскольку для печати отводится только средняя часть донышка, то в распоряжении печатающего устройства остается только треть этого времени.

В отдельных случаях применяется также лазер, наносящий кодирование на насыщенные контрастными красками места банки (методом выпаривания красок).

5.6. Розлив в бочки, кеги, специальные бочонки и большие жестяные банки

Уже в течение многих столетий для транспортировки пива используют деревянные бочки.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

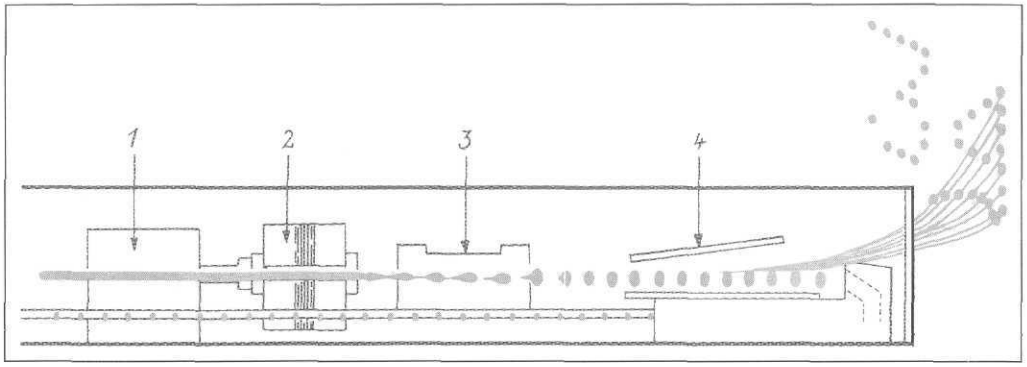


Рис. 5.87. Чернильное печатающее устройство (принцип действия):

1 — контрольный клапан для подачи чернил; 2 — специальная кристаллическая насадка для впрыска чернил; 3 — участок разъединения капель; 4 — отводная пластина для размещения капель

Классическая деревянная бочка изготавливается из дуба и состоит из клепки, доньев и обручей. Клепки-боковики имеют криволинейную поверхность, чтобы обеспечить беспрепятственную осадку обручей.

Раньше на это затрачивалось очень много рабочего времени бондарей, работавших в погребах осадочными молотками и кувалдами (см. рис. 0.8). На более крупных пивоварнях имелись также свои мощные машины для осадки обручей. До этого процесса герметичность бочек проверялась под водой в специальном испытательном приспособлении.

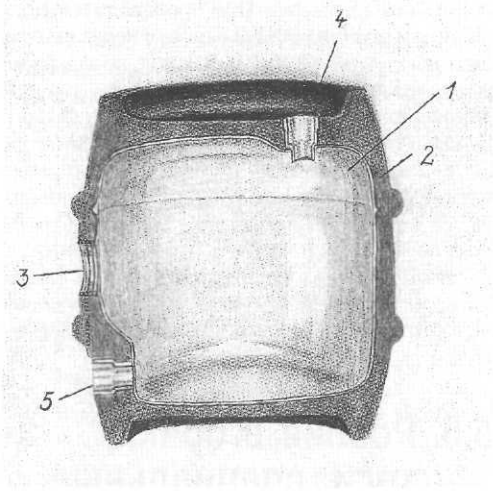


Рис. 5.88. Бочка из нержавеющей стали с облицовкой из пластмассы:

Подписи: 1 — бочка из нержавеющей стали; 2 — пластмассовая облицовка из полиуритана; 3 — наливное отверстие; 4 — сливное отверстие; 5 — боковое сливное отверстие (так называемый «баварский слив»)

У бочек в одной из клепок по центру высверливается наливное отверстие, а в одном из доньев высверливается сливное отверстие и прикрепляется табличка, на которой указывается информация о содержимом, а также выжигается название пивоваренного завода и номер бочки. В Баварии у деревянных бочек делают еще одно сливное отверстие (рис. 5.88), при помощи которого бочку можно открыть и в стоячем положении.

Деревянные бочки изнутри покрывают пивной смолкой, состоящей из канифоли, парафина и смоляного (канифольного) масла, которая впрыскивается при температуре примерно 180 °С и распределяется путем обкатки бочки. После промывки каждая бочка просвечивается изнутри и в случае необходимости назначается новое осмоление. Чтобы выдержать внутреннее давление и транспортировку, толщина стенок деревянных бочек составляет более 3 см. Это означает, что пустые бочки обладают существенной массой. Так, одна пустая бочка весит:

30-литровая — 25 кг,

50-литровая — 32 кг.

Эти цифры свидетельствуют о том, что столь высокая масса тары неприемлема для

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Полиграфоформления

современной системы логистики. Кроме того, розлив в бочки требует обучения и затрат физического труда персонала, причем особенно негативно то, что процессы мойки бочек не поддаются автоматизации.

Из этих кратких рассуждений понятно, что розлив в бочки связан с определенными проблемами и высокими затратами, а также вызывает опасения относительно микробиологической чистоты (максимальная температура мойки — 40–45 °C). Естественно, у деревянных бочек есть и свои преимущества — например, высокая стабильность формы, хорошая теплоизоляция и долговечность, но их преимущества все же не перевешивают имеющиеся недостатки.

Однако с рекламной точки зрения деревянная бочка полностью оправдывает свое применение и в настоящее время. Когда 10-упряжная конная повозка пивоварни, загруженная полными пивными бочками, проезжает по городу, у мужчин тотчас же возникает сухость в горле. Вместо старых деревянных бочек сегодня зачастую применяют аналогичным образом оформленные пластмассовые бочки с внутренней частью из нержавеющей стали, которые, естественно, удобно мыть.

Металлические бочки

В качестве альтернативы деревянным бочкам были разработаны бочки металлические, позволяющие исключить целый ряд недостатков деревянных бочек.

Металлические бочки изготавливаются как с утолщением в середине обечайки, так и цилиндрической формы. Бочки с утолщением оснащаются обычно двумя резиновыми обручами катания.

Металлические бочки производят из алюминия или нержавеющей стали. Алюминиевые бочки для улучшения антикоррозийной стойкости имеют внутреннее лаковое покрытие или пассивируются. Срок службы не лакированных алюминиевых бочек — примерно 5–7 лет. Цилиндрические металлические бочки из нержавеющей стали с двумя кольцевыми гофрами жесткости имеют ограниченное распространение. Недостатками их считаются недостаточная прочность и невозможность автоматизировать процесс наполнения.

Каждая бочка оснащается наливной пробкой с винтовой резьбой, которой закрывают наливное отверстие после наполнения бочки. Наливная пробка и ее тканевое уплотнение должны быть тщательно промыты и дезинфицированы, а завинчивание наливного отверстия должно осуществляться чистыми руками. Совершенно ясно, что только при таких условиях можно говорить только об условно чистом с микробиологической точки зрения розливе.

Процесс розлива в бочки

Независимо от изложенныхотличий любая бочка проходит

- бочкомоечную машину и
- аппараты для розлива пива в бочки.

В бочкомоечной машине бочки проходят стадии мойки поэтапно и при этом они

- замачиваются и при вращении обрабатываются: моются щетками снаружи со всех сторон;
- снизу обрабатываются шприцеванием горячей водой и
- в заключение они подвергаются шприцеванию холодной водой и проверяются.

Моющие машины для металлических бочек из коррозийно устойчивых материалов позволяют, кроме того, использовать щелочную мойку с температурой 90–95 °C и кислотную мойку (60–70 °C).

Для наполнения бочку следует вручную позиционировать под наливным клапаном. Затем также вручную на бочку опускается наливной клапан, причем наполнение осуществляется в два этапа:

- сначала в бочке предварительно создается противодавление сжатым воздухом или CO_2;
- после выравнивания давления происходит втекание напитка по изобарометрическому принципу.

Бочечный наливной клапан по своей конструкции довольно сложен. Существует довольно много его модификаций, но в любом случае выполняются одинаковые рабочие операции (рис. 5.89).

- Наливной клапан прижимным конусом (*8*) прижимается к наливному отверстию бочки и герметизирует ее.
- Затем пивной трубопровод (*15*) посредством поворота рычага (*28*) выводится в самое низкое положение. Одновременно

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-96-94 Haute couture

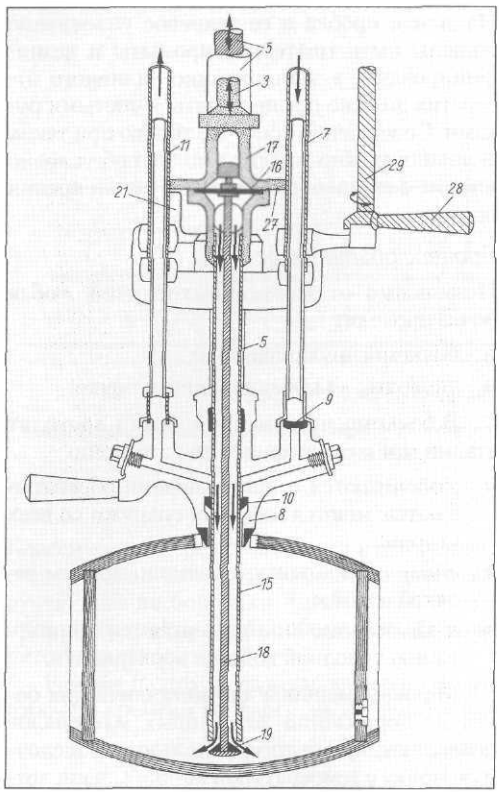


Рис. 5.89. Бочечный наливной клапан

открывается подача воздуха, и в считанные секунды внутри бочки создается противодавление сжатым воздухом или CO_2. Затем открывается ножной клапан (*19*), который до сих пор удерживался в верхнем положении, и пиво начинает наполнять бочку.

- Имевшийся в бочке воздух уходит через трубку возврата воздуха (*11*). Момент наполнения бочки виден в смотровом фонаре трубки отвода воздуха по появлению пены.
- Теперь регулирующий рычаг переводится в противоположную сторону, и посредством сложного механизма пивной трубопровод и труба сжатого воздуха закрываются, а наливной клапан поднимается. Бочку можно закрывать. Пиво, находящееся в трубке возврата воздуха, при следующем процессе наполнения отводится в емкость для улавливания пены.

Подобные аппараты для розлива пива в бочки долгие годы конструировали

- как с напорным резервуаром, так и, позднее,
- без напорного резервуара.

Помимо больших затрат труда и других недостатков у этого вида розлива крупным недостатком считается большое поглощение кислорода в процессе розлива.

Выше было показано, что для отказа от розлива в бочки имеется целый ряд причин, и поэтому в настоящее время найдется немного пивоваренных производств, разливающих все свое пиво в бочки традиционной формы. Однако бочки традиционной формы не исчезли — для определенных целей они применяются до сих пор.

5.6.2. Кеги и фитинги

Кеги начали вытеснять обычные деревянные бочки уже почти полвека тому назад, так как работать с бочками было довольно трудно по разным причинам:

- деревянные бочки были тяжелыми и перемещать их можно было только качением;
- основательная мойка могла считаться лишь условной;
- существовала необходимость постоянного контроля покрытия пивной смолкой и герметизации бочек;
- бочки необходимо было регулярно подвергать рассмолке и заново осмолять;
- автоматизация вспомогательных операций и розлива была невозможной.

Хотя некоторые из этих проблем стало возможным решить с появлением алюминиевых бочек, внутреннее покрытие которых сделало ненужным осмоление, основательные изменения и особенно автоматизация процессов стали возможными только с появлением кегов.

Кеги (рис. 5.90) — это цилиндрические металлические емкости с герметически закрытой внутренней частью, которые моются и заполняются через фитинги. Фитинг соединен с трубкой подачи жидкости, достающей вплоть до дна кега, и тем самым становится возможным наполн-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

нять и опорожнять кег. Кег постоянно находится под давлением, и поэтому потеря давления является существенным признаком его негерметичности и, следовательно, необходимости предпринять соответствующие меры.

5.6.2.1. Материал, форма и размеры кегов

Материал для кегов должен удовлетворять *следующим условиям:*

- он не должен влиять на вкус пива;
- должен быть прочным и с трудом поддаваться деформации;
- должен быть стойким относительно давления;
- должен быть легким в обработке;
- *масса должна быть как можно меньше*, а цена — приемлемой.

В качестве материала для кегов в настоящее время используют почти исключительно нержавеющую сталь.

Алюминиевые кеги

Алюминиевые кеги изготавливались с толщиной стенок от 2,5 до 3,0 мм и во избежание коррозии снабжались внутренним покрытием, которое уже через несколько лет приходило в негодность.

В качестве внутреннего покрытия применяются лаки на основе синтетических смол или покрытия эпоксидной смолой. Можно *также применить в качестве внутреннего покрытия* алюминиевого кега оксидную анодную пленку.

Кеги из нержавеющей стали

Для изготовления кегов применяются обычная хром-никелевая нержавеющая сталь — например, 1.4301 или 1.4306 толщиной в 1,3–2,0 мм; у кегов с облицовкой толщина стенок составляет от 1,0 до 1,5 мм.

Наружную облицовку металлического корпуса (у комбинированных кегов) делают из полиуретана. Благодаря этому кеги становятся прочнее, несколько снижается уровень шума при их обработке; кроме того, поверхность может быть лучше использована в рекламных целях, улучшается теплоизоляция.

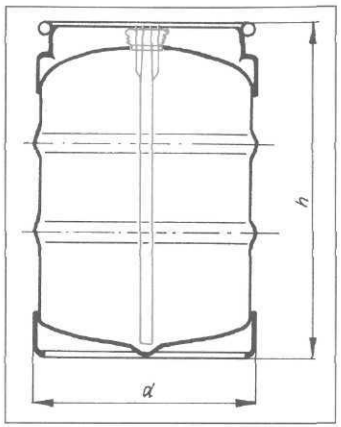


Рис. 5.90. Кег

Типоразмеры кегов

Вместимость кегов различна — в Европе чаще используют 50- и 30-литровые кеги, но могут применяться и другие размеры.

Масса кегов составляет (приблизительно):

	Алюминий	**Нержавеющая сталь**	**Нержавеющая сталь с наружной облицовкой**
30-литровые кеги	6–7 кг	8–12 кг	9–11 кг
50-литровые кеги	8–9 кг	10–15 кг	13–14 кг

Изготовление кегов

Кеги изготавливаются либо закаткой, либо способом глубокой вытяжки.

У закатанных (из трех частей) кегов обечайка гнется из металлического листа и соединяется сварным швом. Два подготовленным методом глубокой вытяжки дна затем привариваются, так что наличествуют три сварных шва. Кеги, изготовленные глубокой вытяжкой (из двух частей), состоят из двух половин, соединенных одним сварным швом. Благодаря этому уменьшается опасность коррозии, так как наиболее уязвимые места — именно сварные швы. Кроме того, механическая прочность такой емкости выше.

5.6.2.2. Арматура кегов (фитинги)

На верхнем днище каждого кега имеется муфта, в которую ввинчивается арматура (фи-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

тинг), состоящая из корпуса фитинга с наружной резьбой и встроенной вертикальной трубкой. В корпусе фитинга устанавливается клапан для управления потоками напитка и рабочего газа. На корпусе фитинга установлена сливная головка. Эта арматура имеет варианты исполнения в виде:

- плоского фитинга;
- корзиночного фитинга;
- комбинированного фитинга.

Плоский фитинг (рис. 5.91)

Верхняя часть у такого фитинга плоская с двухфункциональным клапаном — для управления потоками пива и рабочего раза. Состоит такой фитинг всего из нескольких деталей и поэтому он относительно дешев и удобен для технического ухода.

Полый или корзиночный фитинг (рис. 5.92)

Корзиночный фитинг имеет два работающих независимо один от другого клапана — для пива и рабочего газа. Преимущество его заключается в повышенной надежности фитинга и небольшой массе. Обе системы оправдали себя на практике.

Комбинированный фитинг (рис. 5.93)

Комбинированный фитинг (комбифитинг) — система не новая, а лишь объединение двух названных выше систем, достаточное простое в обращении.

Вертикальная трубка

Вертикальная трубка представляет собой гладкую трубку без сужений и встроенных элементов; ее нижний край заканчивается непосредственно над дном кега в том месте, где дно наиболее глубокое, и благодаря этому становится возможным опорожнение кега без остатка. С другой стороны, во время мойки именно эта трубка позволяет хорошо промыть труднодоступные и периферийные участки дна кега.

Сливная головка

Посредством сливной головки осуществляется соединение фитинга и автомата (типа «постмикс») для налива пива в бокалы. Легкая в обслуживании сливная головка снабжена шланговыми соединениями для подачи пива и рабочего газа; с ее помощью приводятся в действие конические клапаны.

5.6.3. Мойка и наполнение кегов

Благодаря стандартизации кегов и возможности транспортировки их в вертикальном положении стала возможной автоматизация процессов мойки и розлива. В соответствии с масштабами производства пива и процентной долей разливаемой в кеги продукции конструируются установки, различные по своей производительности и габаритам.

У небольших установок механизированна только мойка и наполнение, все остальные технологические операции должны выполняться вручную.

На более крупных установках все технологические операции выполняются автоматически в следующей последовательности.

Снятие с поддонов

При помощи машины для снятия с поддонов кеги устанавливаются на конвейер (шарнирный или роликовый) и перемещаются к опрокидывателю.

Опрокидывание

Для дальнейшей обработки кег должен быть перевернут фитингом вниз, для чего он захватывается грейферами и переворачивается.

Снятие защитного колпачка

Довольно часто бывает, что во избежание загрязнения на фитинг надевают полиэтиленовый защитный колпачок. Перед опрокидыванием кега этот колпачок необходимо снять, так как иначе не произойдет соединения с фитингом.

Проверка давления

В опорожненном кеге сохраняется внутреннее давление, равное давлению в конце слива пива. Поскольку существует разность внутреннего и внешнего давлений, в бочонок попасть ничего не может. Поэтому перед началом мойки проверяется внутреннее давление. Если оно сильно понижено или вообще отсутствует, то это означает, что

- кег не герметичен,
- неисправен фитинг или
- с кегом производили недозволенные манипуляции.

В любом случае причину недостаточного внутреннего давления следует выяснить.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

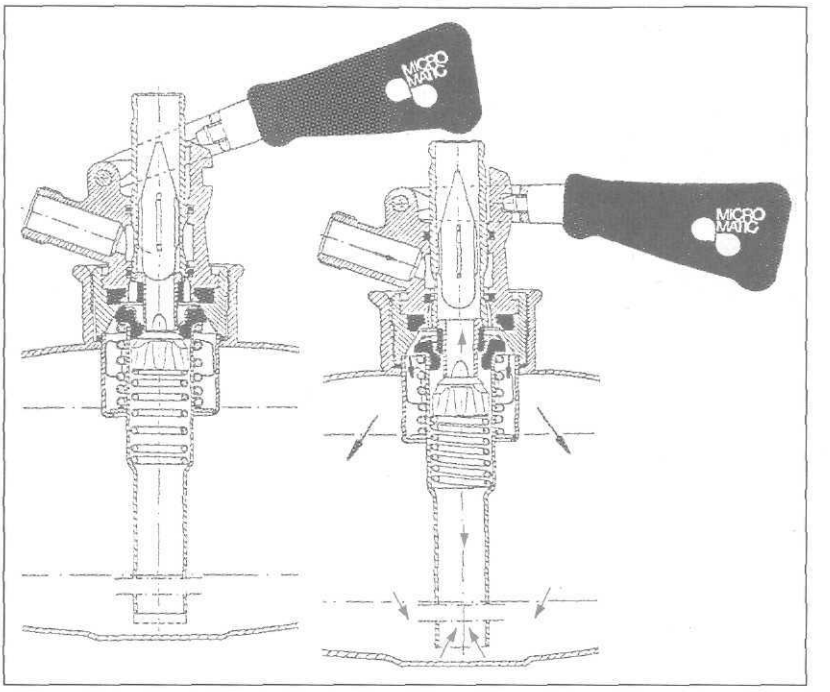


Рис. 5.91. Корзиночный фитинг

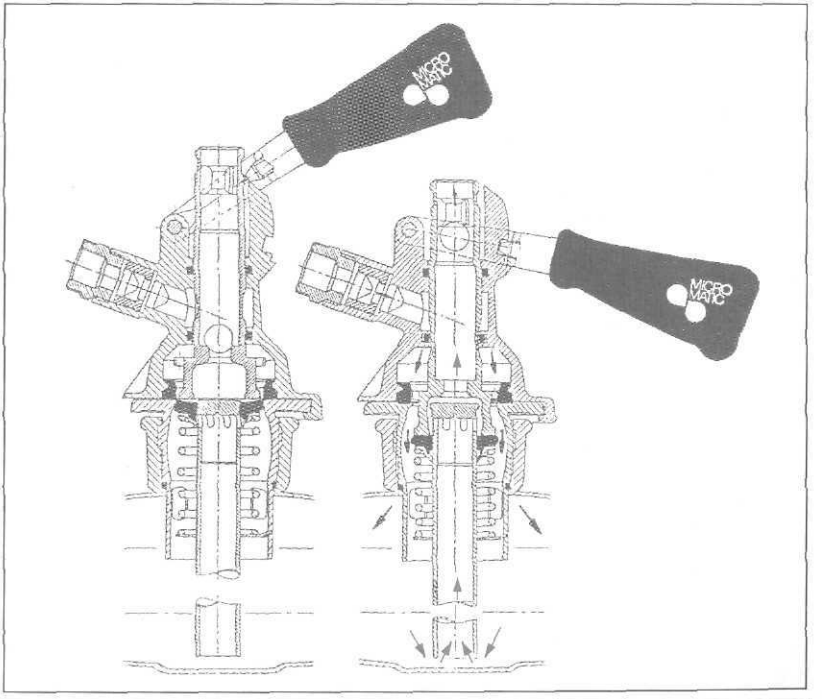


Рис. 5.92. Плоский фитинг

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

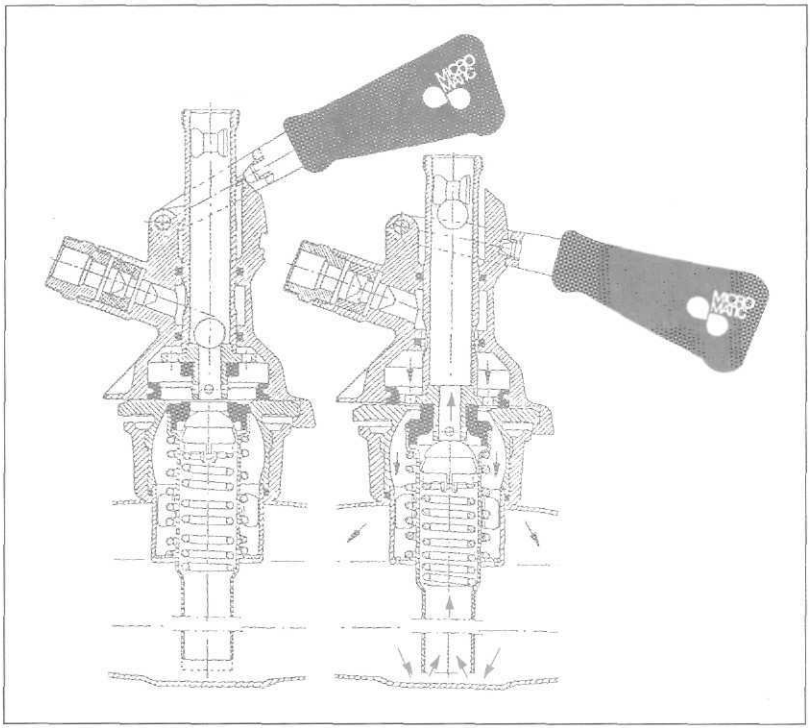


Рис. 5.93. Комбинированный фитинг

После этой проверки давления происходит вытеснение остатков пива и еще содержащегося CO_2 (окончательное опорожнение) *сжатым воздухом*.

5.6.3.1. Мойка кегов

Наружная обработка

Перед началом внутренней мойки кеги промываются снаружи водой и щелочным раствором, а *затем ополаскиваются чистой* водой. Это необходимо, поскольку кеги (в зависимости от погодных условий, места и длительности хранения) могут выглядеть очень непривлекательно и если осуществлять розлив в них в таком виде, то тем самым можно «подмочить» репутацию пивоваренного предприятия.

Наружная мойка подкрепляется шприцеванием под высоким давлением и/или мойкой с помощью вращающихся щеток. При этом должны быть смыты еще имеющиеся этикетки или кодировки.

Внутренняя мойка

Внутренняя промывка является, естественно, важнейшим процессом — ведь неизвестно, как долго и при каких температурах хранилась данная емкость. Поскольку внутрь ее нельзя заглянуть, следует исходить из того, что в остатке пива в кеге может развиться микрофлора, которую необходимо уничтожить без остатка. Это происходит на нескольких станциях мойки и стерилизации, число которых у разных машин различны.

В установке ***Innokeg Senator junior*** (фирма KHS, г. Дортмунд) (рис. 5.94) после испытаний на остаточное давление на

первой станции мойки

- происходит ополаскивание водой, затем
- удаление остатков воды стерильным воздухом и
- мойка дна с помощью вертикальной трубки и стенок кега горячим щелочным раствором (с интервалами), дающая существенный моющий эффект.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Полиграфоформления

Затем

- остатки щелочи вытесняются стерильным воздухом.

Опорожненный кег идет дальше к

второй станции, где

- кег промывается изнутри горячей водой (с интервалами), тем самым вымывая остатки щелочи. Считается, что после этого внутренняя поверхность кега чистая.
- Затем остатки воды вытесняются паром и
- внутри кега устанавливается давление пара, благодаря действию которого на последующей

станции стерилизации

- благодаря продолжающейся подаче пара должны погибнуть оставшиеся еще, возможно, микроорганизмы. Теперь кег можно рассматривать как чистый и стерилизованный.

5.6.3.2. Наполнение кегов

Наполнение кегов происходит на наливной станции. Для этого кег сначала

- заряжается CO_2 до желаемого уровня давления и затем
- пиво подается в кег сначала медленно на начальной стадии, затем быстро в основной стадии и замедленно в завершающей фазе.

В первой стадии приток пива сравнительно медленный, чтобы избежать вспенивания и как можно больше сократить поглощение кислорода, которое не должно превышать 0,1 мг/л. В быстрой стадии наполнения разность давления увеличивается, и струя пива впускается более интенсивно. Как только пиво появится из вертикальной трубки, процесс наполнения заканчивается.

Станция наполнения может быть оснащена способным к градуировке объемным наливным устройством. По окончании наполнения кега наливная головка продувается и промывается, а кег выталкивается.

Контроль уровня наполнения

Естественно, следует избегать того, чтобы неправильно наполненные кеги покидали пи-

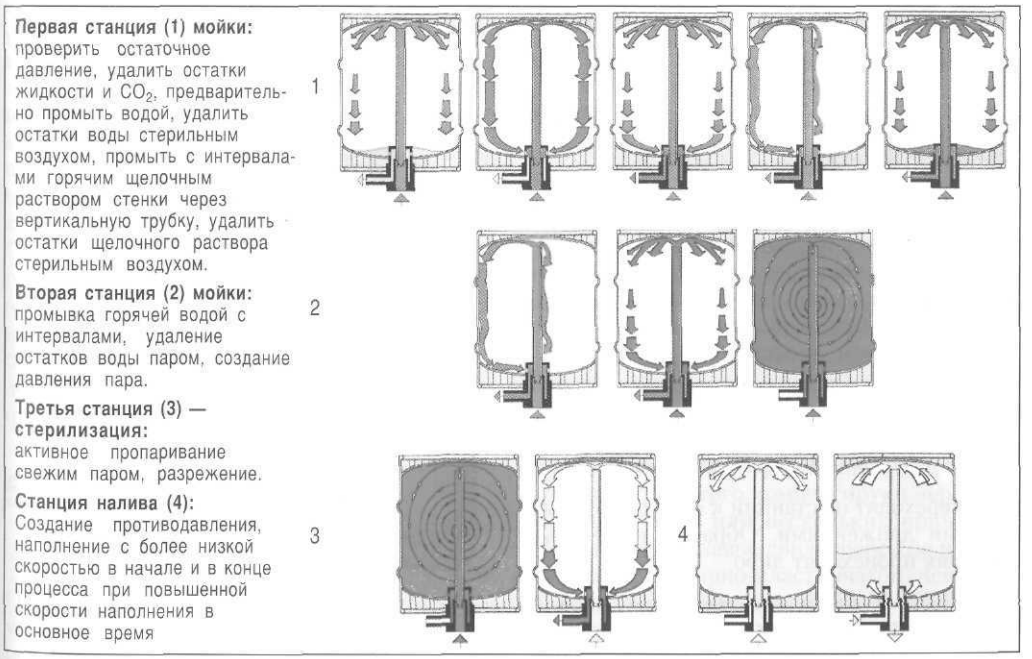


Рис. 5.94. Станции обработки кегов в процессе их мойки, стерилизации и наполнения (на примере установки «Innokeg Senator junior» (фирма KHS, г. Дортмунд)

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

вованное предприятие. Для этого необходим контроль уровня наполнения, который сопряжен с определенными проблемами, так как кеги непрозрачны.

Их можно взвешивать, но это имеет смысл только в том случае, если все кеги имеют абсолютно одинаковую массу в порожнем состоянии. На некоторых пивоваренных производствах применяется взвешивание полных кегов, что позволяет сэкономить на регулярном контроле и градуировке объема. То же можно сказать и о контролируемом по объему розливе с помощью индукционных расходомеров IDM.

Распространены также системы контроля посредством γ-излучения, но они требуют (в зависимости от существующих в данной стране требований к безопасности) участия лица, ответственного за защиту от облучения, или другого специалиста.

Опыт небольших пивоваренных предприятий свидетельствует, что

- когда из сливной трубки выходит пиво, кег должен быть полным,
- если верхнее дно вплоть до центральной части холодное, кег уже наполнен.

Опрокидывание

Предпоследняя перед машиной для укладки на поддоны станция — опрокидыватель, который, поворачивая кег на 180°, ставит ее снова фитингом вверх.

Колпачки

В большинстве стран фитинги кегов прикрываются колпачками, защищающими фитинги как от механического повреждения, так и с точки зрения гигиены. На эти колпачки также наносится цветная маркировка с информацией о содержимом, предприятии, дате розлива и т.п.

5.6.4. Линия розлива в кеги

Кеги переходят от станции к станции прерывистыми движениями. Обработка кегов на станциях происходят либо

- в карусели, либо
- прямолинейным способом.

Распространены оба типа оборудования.

Прямолинейные установки мойки и розлива предназначаются в основном для предприятий с производительностью вплоть до 300 кегов/ч; более крупные установки (примерно на 1000 кегов/ч) обычно оснащаются карусельными машинами (с 1–3 каруселями). Имеются и совсем небольшие установки для очень малых линий разлива со всего одной наливной головкой.

К комплексной кеговой линии розлива относятся и системы предварительной и последующей обработки, а также контроля.

5.6.5. Розлив в малые и специальные бочонки

Во многих странах используются помимо указанных выше видов тары и специальные небольшие емкости (от 10 до 15 л вместимостью), снабженные удобной ручной арматурой и служащей для использования этих емкостей с пивом «в домашних условиях».

Типичным примером такой небольшой емкости является, например, бочонок типа «кэгги» вместимостью 12 л, показанный на рис. 5.95. Помимо собственно бочонка из нержавеющей стали в нем имеется встроенный резервуар CO_2 с интегрированным регулятором давления. Четырехугольная эластичная внешняя оболочка защищает бочонок от уда-

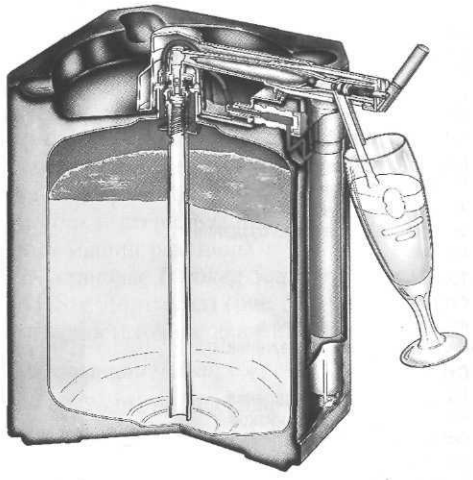


Рис. 5.95. Бочонок «кэгги» объемом 12 л (системы Keggy drink system GmbH, г. Нёйнкирхен, Зигерланд)

ЭТИКЕТКИ ОТ ... Полиграфоформления

ров, толчков и нагрева, а также облегчает его транспортировку. Благодаря легкому встраиванию арматуры домашний розлив пива из бочонка «кэгги» доставляют любителю истинное удовольствие, так как не нужны все вспомогательные операции. Специальная предохранительная арматура обеспечивает безопасность потребителей.

Мойку и наполнение бочонков «кэгги» производят на установке для розлива в кеги, оснащенной специальными насадками для обеспечения правильного соединения. Дозирование CO_2 производится по массе.

5.6.6. Розлив в большие банки

Многие пивоваренные предприятия предлагают пиво в банках вместимостью 5 л, предназначенных в первую очередь для семейных застолий и пикников, когда ожидается повышенное потребление пива в узком кругу и людям хочется насладиться пивом «из одной бочки» (то есть большой банки). Такие банки наполняют и укупоривают в специальных установках. С помощью имеющегося в продаже простого устройства пиво может быть вытеснено из банки. В простейшем случае для этого предлагаются специальные сливные устройства, однако следует не забыть в верхней части банки сделать отверстие во избежание образования вакуума (чтобы предотвратить прекращение слива). Более удобные устройства несколько дороже; в них благодаря подаче воздуха или CO_2 до конца поддерживают в емкости внутреннее давление, так что остаток напитка не выдыхается, если к концу скорость потребления несколько замедляется. Большие банки приобретают все большую популярность, и летние вечеринки в саду без них уже трудно представить.

5.7. Упаковка и транспортировка

Отдельные бутылки и банки должны быть упакованы в удобную упаковку — ящики, коробки и т. п., и в таком виде доходить до потребителей. Для транспортировки между цехом розлива и торговой сетью упаковочные единицы ставятся на поддоны. Это создает для пивоваренных предприятий необходимость в целом ряде специфических операций, а именно:

- расформировывание (разборка) пакетов, то есть съем ящиков с пустыми бутылками с поддонов;
- извлечение (выемка) пустых бутылок из ящика или коробки и их сортировка;
- транспортировка бутылок и банок в вплоть до укупорочных и этикетировочных автоматов;
- упаковка полных бутылок и банок в ящики, коробки, подносы и т. п.;
- формирование (сборка) пакетов ящиков, подносов, картонных коробок и т. п., то есть укрупненных грузовых единиц (пакетов-поддонов).

Поскольку и поддоны, и ящики должны контролироваться и транспортироваться, возникает множество проблем и задач, а именно:

- транспортировка бутылок и банок;
- транспортировка упаковок;
- извлечение из упаковки и укладка в упаковку;
- формирование и расформировывание пакетов-поддонов.

5.7.1. Транспортировка бутылок и банок

Шарнирные пластинчатые цепи

Транспортировка бутылок и банок преимущественно осуществляется посредством шарнирно-пластинчатых (петлевых) цепей из нержавеющей стали. В зависимости от требований производства эти конвейеры бывают одно- и многоручьевыми (с одной или несколькими тяговыми цепями). Любой шарнирно-пластинчатый конвейер (рис. 5.96) устанавливается на опорных конструкциях (*8*), которые, кроме того, компенсируют неровности пола, одной или нескольких приводных звездочек (*7*), плавно движущейся по направляющим шарнирно-пластинчатой цепи (*3*), причем последние приводятся в действие электродвигателем с приводным валом от двигателя *(для синхронизированной и плавной работы транспортеров их привод оснащают преобразователями частоты — см. прил. 1 на*

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

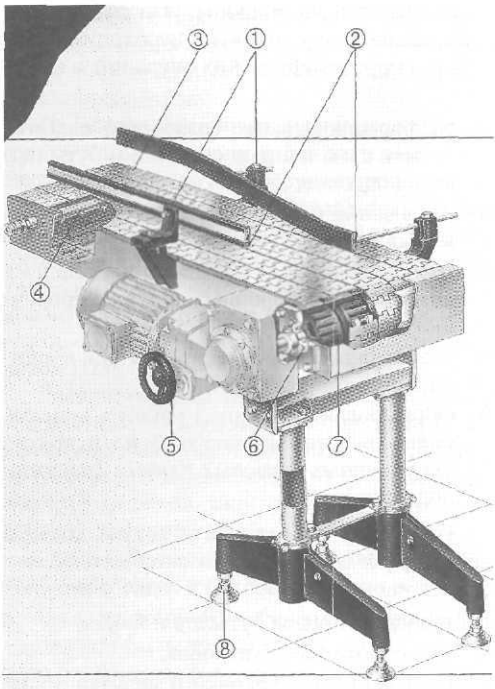


Рис. 5.96. Привод шарнирно-пластинчатого конвейера:

1 — регулируемый кронштейн для перил; 2 — направляющие планки; 3 — цепь; 4 — система стационарных форсунок для мойки цепи; 5 — регулируемый электродвигатель; 6 — шарикоподшипник; 7 — звездочка привода цепи; 8 — тарельчатые опоры (с возможностью компенсации неровностей уровня пола)

правах рекламы, с. 870). Боковые ограждения (*1*) или перила служат направляющими для бутылок или банок и предотвращают их падение с конвейера. Этим боковым ограждениям придается особое значение, так как в зависимости от применяющихся емкостей, их формы и величины (*стеклянных бутылок*, ПЭТ-бутылок, банок) они должны иметь различное исполнение во избежание механического износа или повреждения этикеток.

Направление движения конвейера меняется во многих местах, иногда до 90°. Поэтому предпочтительнее для перемещения штучных грузов в поворотных секциях одно- и многоручьевых конвейеров использовать специальные шарнирные цепи, позволяющие осуществлять изгиб по радиусу. При движении по кривой на поворотах в многоручьевых конвейерах бутылки сталкиваются и при вращении трутся одна о другую, из-за чего на них возникают царапины. Подобные повреждения можно уменьшить, *используя бутылки с двумя кольцами* трения, но и у них после каждого применения все больше ухудшается внешний вид.

Производительность всей линии зависит от качества шарнирных цепей. Поэтому к цепям *предъявляются очень высокие требования* по силе тяги, прочности против удлинения цепей, твердости поверхности и точности размеров. Большинство шарнирных пластинчатых цепей состоят из пластин, движущихся по прямой или по кривой траектории и изготовленных из нержавеющей стали (рис. 5.97), которые опираются на направляющие. Для снижения коэффициента трения необходимо применять средства для смазки цепей.

Средства для смазки тяговых цепей

В простейшем случае для смазки конвейеров применяют кусковое мыло, которое расходуется постепенно. Иногда применяется также

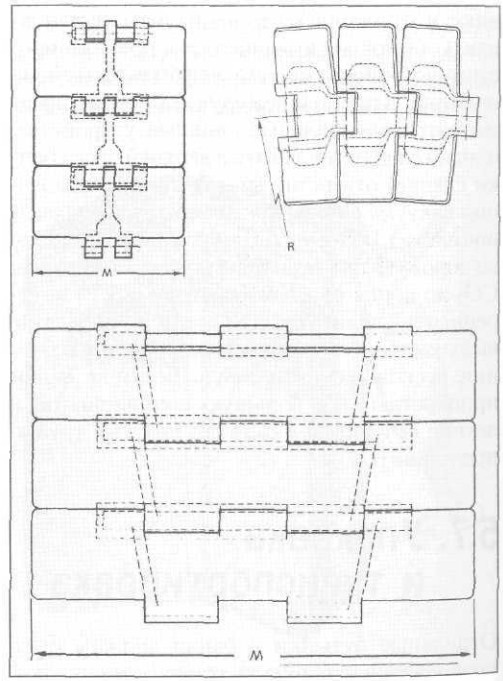


Рис. 5.97. Пластинчатые цепи для прямолинейной транспортировки или для транспортировки по кривой

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

способ погружной смазки, когда нижняя ветвь цепи на ходу погружается в ванну с мыльной эмульсией (вода + мыло). Хотя эти способы и используются для смазки, следует учитывать, что мыло пенится и в жесткой воде дает нерастворимые соединения. Поэтому в смазочные средства, содержащие мыло, добавляют вещества, способные уменьшить жесткость воды. Однако последние зачастую приводят к высвобождению из ила сточных вод тяжелых металлов, и поэтому во многих странах применение этих средств запрещено.

В настоящее время на рынке предлагаются смазочные вещества, содержащие амины, а совсем недавно появились и не содержащие аминов смазочные средства, состоящие из неионогенных поверхностно-активных веществ и дающие существенные преимущества. В частности, становится ненужным умягчение воды, уменьшается опасность выпадения осадков, однако эти средства должны быть биологически расщепляемыми.

Смазочные вещества подаются автоматически, так как регулярность их поступления очень важна для производства. Необходимое их количество зависит от длины конвейера, скорости его движения, типа транспортируемой тары, стекания жидкости и подсыхания, переноса воды, а также от качества воды. Причины, по которым стремятся использовать для смазки конвейеров как можно меньше смазочных средств, очевидны — ведь они способны образовать нежелательную пену под тяговой цепью и их затем можно обнаружить в сточных водах.

Пластмассовые цепи

В последнее время все в большей мере применяются изготовленные преимущественно из ацеталя пластмассовые цепи, которые соответствуют тем же требованиям, что и металлические цепи, но не требуют смазки. Они могут работать совсем без смазки или лишь при увлажнении водой, что, естественно, экономит значительные средства и не загрязняет стоки.

В настоящее время пластмассовые цепи изготавливаются из полипропилена, полиэтилена, ацеталь-термопластов, трудновоспламеняющегося термопластичного сложного полиэфира или ударопрочного термостойкого нейлона. В частности, ацеталь-термопласты характеризуются хорошим сочетанием механических, термических и химических свойств. Они очень износоустойчивы, устойчивы к усталости материала и имеют низкий коэффициент трения.

Пивоваренные предприятия предпочитают пластмассовые цепи для транспортировки банок, ПЭТ-бутылок и наполненных стеклянных бутылок. Существующее предубеждение в отношении применения пластмассовых тяговых цепей для пустых стеклянных бутылок отчасти обосновывается сомнениями, что острые и жесткие их осколки могут повреждать или заклинивать цепи.

Кроме того, пластмассовые цепи все шире используются для транспортировки ящиков и в качестве транспортных цепей в туннельных пастеризаторах.

Пластмассовые цепи изготавливаются в настоящее время для прямолинейного движения или движения по закругленной траектории. Они могут быть выполнены любой ширины, с закрытыми или прорезными звеньями цепи, для прямолинейного перемещения тары или для перемещения под углом (рис. 5.98).

Существенным преимуществом в этом случае является отсутствие потребности в смазочных средствах для цепи. При этом исключается попадание пены на пол и загрязнение стоков.

Ясно видно, что передача тары под углом в 90° происходит без проблем. Пластмассовые тяговые цепи различной ширины и с разным исполнением поверхности в настоящее время широко распространены (фото: Intralox Inc. Europe, г. Амстердам).

Конвейеры-накопители и участки разделения и сужения потоков тары

В линии розлива рабочий ритм отдельных машин и установок в силу обстоятельств очень различен. Если расформирование пакетов упаковок происходит за более длительные периоды времени, то например, разливочно-укупорочный моноблок производительностью в 50 000 бут./ч за каждую секунду должен наполнить, переместить и укупорить 14 бутылок (50 000 : 3600 с). Этот участок — от инспекционного устройства и розлива до укупоривания банок или бутылок — должен быть пройден без проблем и задержек. Это означает, что сюда бутылки или банки должны поступать постоянно. Каждая остановка процессов розлива и укупоривания снижает производительность

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

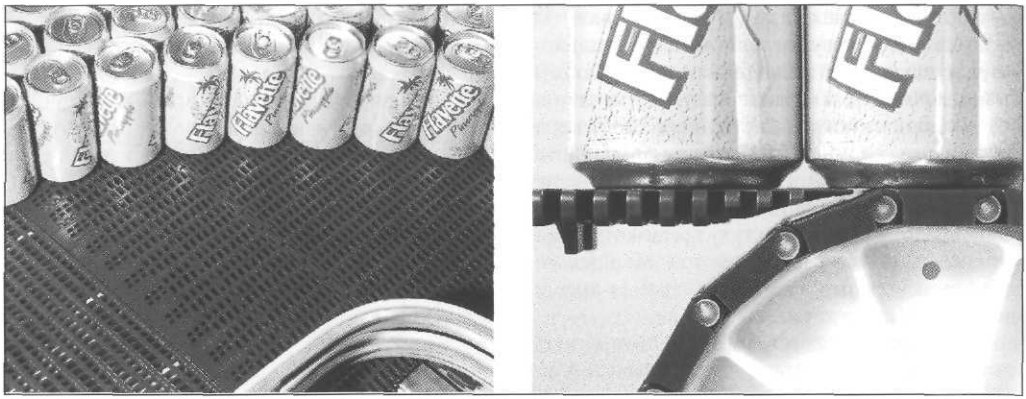


Рис. 5.98. Станция передачи на конвейере с пластмассовой цепью

оборудования и влияет на качество продукта, однако бесперебойный приток стеклотары возможен лишь в том случае, если заранее будет накоплен достаточно большой «запас», из которого на моноблок розлива/укупоривания может быть послано достаточное количество бутылок для обеспечения непрерывности процесса. Это достигается благодаря наличию многоручьевых цепей, продвигающих бутылки «вперед». При этом зачастую для обеспечения целенаправленного движения работают с различными скоростями цепей. Для таких конвейеров существует большое число приспособлений и устройств, позволяющих добиться нужного формирования потоков или изменения направления движения стеклотары. Параллельное передвижение, к примеру, находит применение в первую очередь на тех участках, где должна транспортироваться тара с критической устойчивостью, как, например, ПЭТ-бутылки или бутылки с диаметром основания менее 60 мм.

Очень важными являются участки разделения (а также соединения) потоков стеклотары, благодаря которым должны быть обеспечены переходы от многорядного движения бутылок или банок к непрерывному отноручьевому потоку отдельных единиц стекло- и банкотары. Это происходит либо

- **с помощью *разделения толканием*, при котором бутылки, сталкиваясь, вращаются и царапают одна другую, пока, наконец, им не удастся выстроиться в один ручей,**

или, что предпочтительнее,

- **путем *разделения без давления* при помощи применения различной скорости движения отдельных тяговых цепей конвейера, при котором бутылки по слегка наклонным цепям скользят вдоль ограждения и по принципу действия застежки-молнии щадящим образом втягиваются в ручей одна за другой. При этом опрокинувшиеся бутылки и осколки сдвигаются в сторону.**

Если мойка шарнирных пластинчатых цепей произведена недостаточно эффективно, на них образуются очаги микробиологического загрязнения, которые со временем распространяют инфекцию на разливочно-укупорочный моноблок. По этой причине в настоящее время стараются создавать конвейеры, максимально удобные для очистки, заботясь о возможности их автоматической мойки. При этом предлагаются оптимально избранные системы шприцевания внутри опорных конструкций конвейера, промывающие изнутри наружу все «критические места», например, поворотные и приводные звездочки, дистанционные вставки и тяговые цепи (см. рис. 5.96, *4*), и тем самым «ставящие заслон» очагам микробиологического загрязнения.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 322-96-94 Полиграфоформления

5.7.2. Обработка новых стеклянных бутылок и банок

Если многоразовые бутылки каждый раз проходят одинаковый цикл, то одноразовые и новые многоразовые стеклянные бутылки, а также банки, впервые поступающие на процесс розлива, после ополаскивания идут непосредственно в блок розлива и укупоривания.

Подача таких видов тары в обработку имеет, однако, свои особенности, поскольку они поставляются не в ящиках или картонных коробках, а в пакетах-поддонах с групповой укладкой бутылок и банок, в которых они упакованы вертикальными рядами с междурядными прокладками.

Пакеторазборщик, работающий по принципу захвата и переноса слоя стеклотары, снимает слой стеклянных или ПЭТ-бутылок; согласно применяющемуся принципу съема используют определенные упаковочные схемы. При помощи переоснастки разборочной головки возможны различные упаковочные схемы.

Пакеторазборщик, работающий по принципу горизонтального сталкивания слоя, выгружает тару (бутылки или банки) порядно; передача их происходит настолько плавно, что ни одна бутылка или банка не падает. Если же падение (особенно массовое) все же произойдет, то без вмятин или боя не обойтись. Поэтому очень важно, чтобы сталкивание стекло- или банкотары производилось плотным слоем.

5.7.3. Виды упаковки, транспортировка и контроль упаковки

Упаковке и транспортировке придается большое значение, в связи с чем необходимо кратко пояснить, какие собственно виды упаковок используются и какие они имеют особенности.

5.7.3.1. Виды упаковки

Под упаковкой подразумеваются «упаковочные единицы», в которые упаковывают бутылки или банки. Эти «упаковочные единицы» являются связующим звеном между производителем и потребителем. Их оформление, цвет, форма, дизайн и состояние упаковки производит на потребителя индивидуальное, легко запоминаемое впечатление. Поэтому понятно, что большинство производителей напитков оформлению упаковки уделяют большое внимание.

В основном применяются следующие виды упаковки:

- пластмассовые ящики;
- гофрированный картон;
- подносы (trays);
- блоки бутылок (так называемые «блоки-шестерки, sixpacks»), и другие виды многоштучной упаковки.

Пластмассовые ящики

Пластмассовые ящики могут быть различной формы, размеров, цвета и оформления. Их используют для упаковки от 6 до 24 бутылок емкостью от 0,25 до 1 л. Ящики производятся всегда с перегородками, чтобы не допустить соударений и трения бутылок одна о другую. Высота ящиков для защиты бутылок превосходит их высоту и позволяет (благодаря соответствующему исполнению ящиков) без проблем штабелировать ящики один на другой.

Различают так называемые фирменные ящики, которые благодаря цвету, фирменным логотипам и другим особенностям маркировки однозначно свидетельствуют о принадлежности конкретному предприятию. У выигрышных в рекламном смысле фирменных ящиков существует тот недостаток, что их следует возвращать именно на это предприятие, что иногда затруднительно и всегда связано с дополнительными затратами.

Общеупотребительные ящики не обладают рекламным эффектом, однако его в некоторой степени можно все же обеспечить, если в прорези будут видны бутылки специально выровненные этикеткой наружу. Обычным видом упаковки для стеклянных бутылок являются пластмассовые ящики многоразового использования.

Гофрированный картон

Гофрированный картон используют в качестве разовой упаковки. Если бутылки многоразового использования упаковываются в гофрированный картон, то его можно использовать только для обратной транспортиров-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303-96-94 Haute couture

ки, но никак не для новой упаковки. Гофрированный картон предлагается в различном исполнении и при помощи специальной машины может быть моментально склеен в необходимую форму.

Упаковки из гофрированного картона могут быть как с перегородками, так и без них. При этом вставка перегородок иногда создает проблемы, однако они предохраняют бутылки или банки от трения одна о другую.

Подносы

Под подносами подразумевают плоские картонные поддоны (лотки), на которые ставят определенное количество банок или небольших бутылок. Для обеспечения стабильности подносы иногда упаковывают в термоусадочную пленку.

Аналогично ящикам и картонным коробкам подносы также штабелируют на поддонах, причем нагрузка естественно распределяется по горлышкам банок или бутылок, но несмотря даже на равномерное распределение нагрузки, высота таких штабелей строго лимитирована.

«Блоки-шестерки» (sixpacks) и другие виды многоштучной упаковки

Под «блоками-шестерками» подразумеваются удобные и соответствующим образом оформленные упаковки обычно по 6 небольших бутылок или банок, но встречаются и другие варианты комплектации.

Поскольку по отдельности транспортировать такие небольшие упаковки затруднительно, то они обычно комплектуются в укрупненные грузовые единицы (см. также раздел 5.7.4.2.2 «Мультипакер»).

Упаковка в подносы и «блоки-шестерки» применяется исключительно для бутылок и банок одноразового использования.

При необходимости массового перемещения единиц упаковки для тары многоразового использования помимо самой транспортировки особый интерес представляют

- складирование ящиков и
- мойка ящиков.

5.7.3.2. Транспортировка единиц упаковки

Транспортировка единиц упаковки осуществляется в настоящее время в основном шарнирными пластинчатыми конвейерами с цепями из пластмассы или нержавеющей стали, а иногда — с помощью роликовых конвейеров (рольгангов) для прямолинейных и закругленных участков движения, а также ленточных конвейеров с пластиковыми лентами.

Конструкция шарнирно-пластинчатого конвейера (рис. 5.99) состоит из приводной станции (7), приводимой в действие посредством вала с редуктором (5) приводной звездочки (4) и шарнирной цепи (3). Шарнирная цепь (из ацеталя или нержавеющей стали) может быть выполнена очень широкой, эта цепь обеспечивает стабильность и устойчивость, а также удобство технического ухода и очистки.

Роликовые конвейеры в зависимости от места применения бывают следующих типов:

- приводные роликовые конвейеры;
- приводные роликовые конвейеры-накопители;
- гравитационные роликовые конвейеры;
- направляющие роликовые конвейеры.

Ленточные конвейеры применяются преимущественно в качестве подъемных с предварительно подключенным подающим ленточным конвейером или без него. Подающие

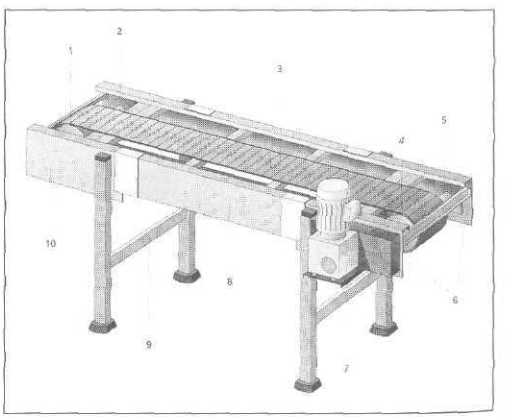


Рис. 5.99. Общий вид шарнирного конвейера:

1 — поворотная звездочка; 2 — поворотный вал; 3 — шарнирная пластинчатая цепь из нержавеющей стали или пластмассы; 4 — приводная звездочка; 5 — ведущий вал; 6 — приводная станция; 7 — электродвигатель с перебором для роликовых цепей; 8 — станина с боковыми несущими рамами; 9 — опорные стойки; 10 — станция поворота

Этикетки от
Полиграфоформления

конвейеры служат для того, чтобы создать перепад высот, с которого ящики под действием собственной массы переходили бы на следующий конвейер. В большинстве случаев ленточные транспортеры встраиваются в транспортную линию лишь короткими участками для подъема.

Наряду с прямолинейной транспортировкой всегда возникает необходимость включить и некоторые участки, где происходит разделение, соединение или изменение направления потоков груза. Так, например, может понадобиться разделить транспортируемый груз на несколько дорожек, а затем равномерно распределить его на несколько рядов. Для этого может быть применено

- линейное разделение и
- линейное соединение (соединение единиц упаковки для формирования пакетов).

С помощью поворотных устройств продольно лежащие ящики или картонные коробки могут быть развернуты поперек или в обратную сторону. Шарнирные пластинчатые цепи, как правило, работают с различной скоростью для нагруженных и ненагруженных цепей. Эти цепи изготовляют для пластмассовых ящиков — из нержавеющей стали, а для картона — из пластмассы. Особым видом транспортировки единиц упаковки являются спуски и реверсы (развороты) (рис. 5.100), работающие в большинстве случаев под действием собственной силы тяжести грузов. Вертикальные транспортеры служат для перемещения грузов вверх или вниз в очень тесном пространстве.

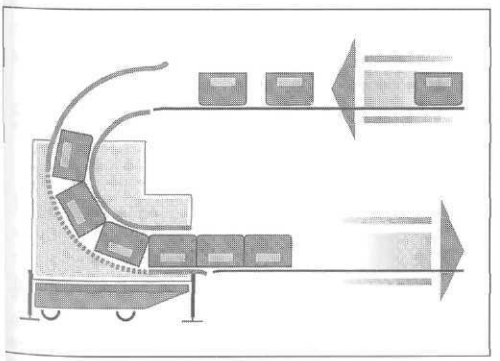


Рис. 5.100. Разворот ящиков

5.7.3.3. Сортировка ящиков и бутылок

Поступающая порожняя тара и упаковка должна быть проверена, поскольку малейшее несоответствие неотвратимо ведет к сбоям в производственном процессе. Контроль пустых бутылок и ящиков осуществляется отдельно.

Поступающие пустые бутылки ***в специальном приборе*** обследуются при помощи CCD-камеры на:

- несоответствие по высоте (слишком высокую или низкая);
- несоответствие по цвету;
- наличие надетой крышки,

причем бутылки, признанные «некондиционными», сразу же выталкиваются.

Такое же значение придается контролю пустых ящиков, которые являются своего рода «лицом» пивоваренного предприятия и должны покидать его только целыми и в чистом состоянии. При этом ящики должны проверяться по следующим параметрам:

- цвет ящика;
- наличие логотипа фирмы;
- наличие трещин в прорезях для захвата;
- наличие посторонних предметов в или на ящике;
- наличие боя стекла или другого мусора.

При обнаружении одного из дефектов выталкиватель отделяет «плохой» ящик для отдельной обработки. Если контрольного устройства нет (что иногда встречается, особенно на небольших предприятиях), подобный контроль должен производиться визуально. Поскольку эта работа занимает много времени, следует определить наиболее часто встречающиеся причины повреждений ящиков и сделать выводы относительно дальнейшей работы с теми или иными их поставщиками.

В равной мере выпускаемые упаковки с продуктом должны подвергаться контролю на предмет:

- целостности упаковки (во избежание отсутствия нескольких бутылок или банок);
- правильности наполнения (во избежание недолива);
- правильности укупорки (во избежание косо сидящих крышек или их отсутствия);

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

- отсутствия разбитых или вытекших бутылок или банок.

Плохие ящики пневматически выталкиваются и затем приводятся в порядок, но в этих случаях причины недостатков следует уже искать у себя на предприятии.

5.7.3.4. Складирование ящиков

При поступлении нового сорта освобожденные от бутылок ящики некоторое время остаются без употребления (от мойки бутылок до этикетирования или даже пастеризации) и полностью заблокировали бы оборот ящиков, если бы их на все это время (как минимум полчаса и более) не помещали бы на склад («магазин») ящиков, из которого их можно будет взять в любое время. Существуют различные способы складирования ящиков, но наиболее предпочтительное решение заключается в складировании с многоярусным размещением, позволяющим достичь большей вместимости при небольшой занимаемой площади. Такой «магазин» представляет собой узкое (только на ширину ящика), но очень высокое устройство (рис. 5.101), в которое направляются пустые ящики, пока не заполнится один ярус. Затем этот ярус поднимается и заполняется следующий ярус.

Процесс продолжается до тех пор, пока первые бутылки соответствующего ящикам сорта напитка не пройдут на упаковку. Тогда начинают заполняться бутылками ящики, находящиеся в движении, а «магазин» пока стоит наполненным. Как только прошли все свободные ящики, «магазин» начинает аналогичным способом разгружаться, так что в конце цикла все ящики этого сорта будут снова загружены бутылками.

5.7.3.5. Мойка ящиков

Как правило, ящики возвращаются от покупателя более или менее чистыми. «Лицо» производства, однако, существенно зависит от внешнего вида ящиков, и поэтому ящики перед их загрузкой бутылками проходят мойку. Устройство для мойки ящиков по большей части представляет собой простой туннель, через который в перевернутом положении (для удаления осколков и механических загрязнений) в один или два ряда проходят ящики (рис. 5.102). При этом посредством впрыска под высоким давлением щелочного раствора

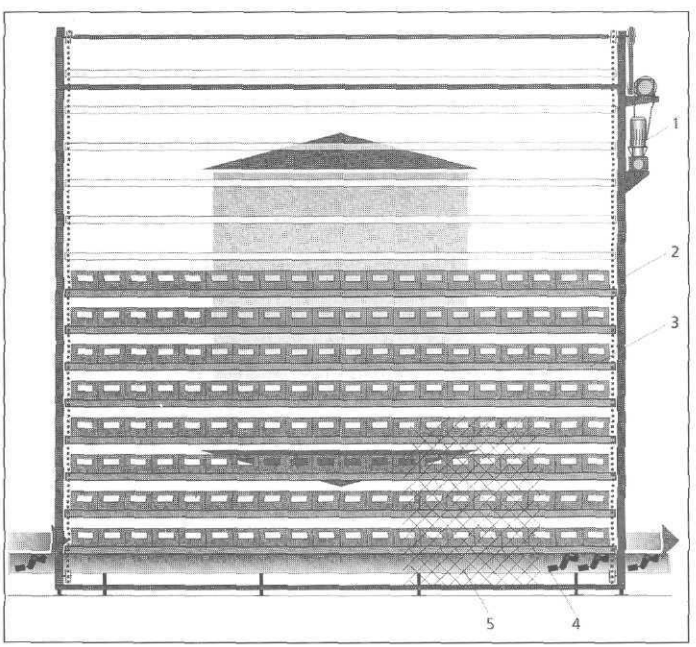


Рис. 5.101. «Магазин» ящиков:

1 — привод; 2 — станина; 3 — угол подъема; 4 — транспортер с пневматическими стопорами; 5 — решетка ограждения

Этикетки от Полиграфоформления

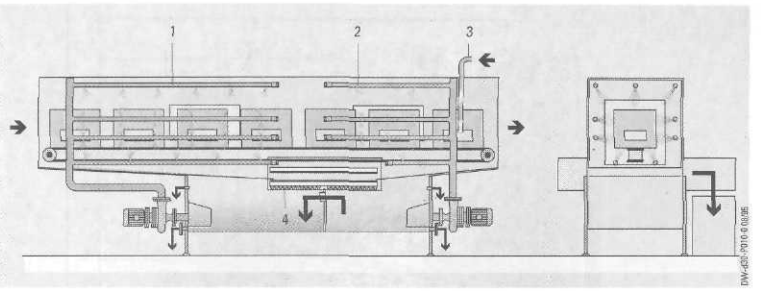


Рис. 5.102. Мойка ящиков. Пояснения в тексте

или, как минимум, горячей воды с последующим ополаскиванием холодной водой эффективно очищается и промывается вся поверхность ящиков. С ящиков стекает вода, затем они переворачиваются и поступают под новую загрузку.

5.7.4. Выемка и укладка

К выемке бутылок из ящиков и укладке бутылок в ящики предъявляются очень высокие требования в части работы машин и установок — в линии производительностью в 50 000 бут./ч ежечасно должно загружаться (или разгружаться) 2500 ящиков по 20 бутылок в каждом (42 ящика в минуту или 0,7 ящиков в секунду). При такой пропускной способности, чтобы все работало бесперебойно, необходима максимальная точность, и технике упаковки в настоящее время отдается максимальный приоритет. При этом повышенные требования предъявляются не только к высокопроизводительным упаковочным машинам, но и к упаковочным машинам для специальных и малых единиц упаковки. Примечательно массовое внедрение в упаковочную технику промышленных роботов.

5.7.4.1. Захватные головки и захватные патроны

Распаковывается или упаковывается всегда как минимум одна упаковочная единица, то есть один или несколько

- пластмассовых ящиков,
- гофрированных картонных коробок (с перегородками или без них),
- подносов или других видов упаковки.

Для извлечения или укладки бутылок соответствующая машина оснащена одной или несколькими захватными головками с определенным количеством и расположением захватных патронов, соответствующих количеству и размещению бутылок в упаковочной *единице (ящик, коробка, поднос)*. *Так, если в* ящике 20 бутылок (4×5), то упаковочная головка должна иметь 20 захватных патронов (4×5). Отсюда следует, что каждый укладчик оснащается под один вид упаковочных единиц. При другом виде упаковки необходима переоснастка укладчика.

Процессы при выемке бутылок в принципе те же, что и при наполненных бутылках. Поэтому в настоящее время эти машины конструируют как выемщики/укладчики.

Основной принцип действия укладчика разъясняется на примере (см. рис. 5.103).

Через бутылочный стол-накопитель (*6*) подаются бутылки к укладчику. При этом для того чтобы всегда поступало достаточное количество бутылок, они сначала должны накопиться, а затем с помощью направляющих разделяются на ровные ряды. Чтобы не случилось нехватки бутылок, проводится электронный контроль наличия полного комплекта бутылок.

Захватная головка (*3*) опускается вниз и своими $3 \times 8 = 24$ захватными патронами берет 24 бутылки или банки, поднимает их, отъезжает назад и опускает их в стоящие наготове ящики или коробки, которые затем сразу же отводятся. Тем временем на позицию выдвигаются новые бутылки или банки, а также следующие ящики, и процесс повторяется.

Процесс извлечения бутылок и банок из упаковочных единиц происходит в обратном направлении. При этом ящики фиксируются и позиционируются в определенном месте.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

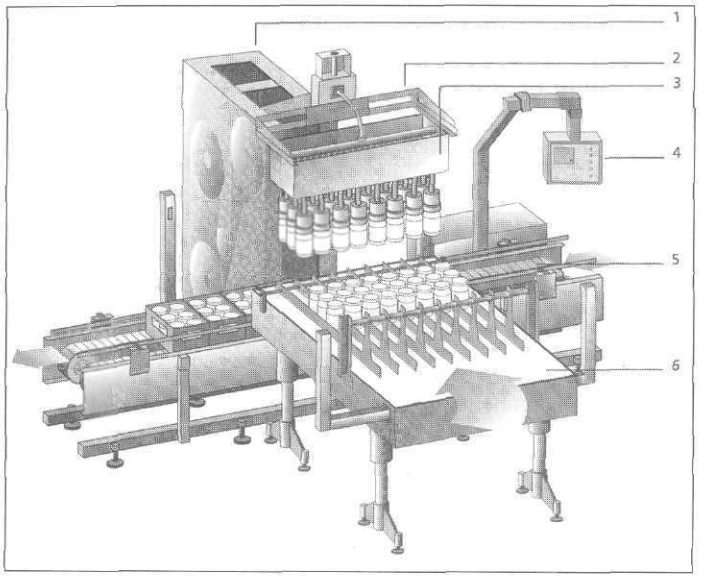


Рис. 5.103. Укладчик/выемщик (принцип действия):

1 — станина; 2 — подвеска захватной головки; 3 — захватная головка; 4 — пульт управления; 5 — путь ящиков; 6 — бутылочный стол

Извлеченные бутылки бережно переносятся на загрузочный стол, на котором, разумеется, нет разделительных направляющих.

Естественно, что процесс выемки может происходить бесперебойно только в том случае, если

- в ящиках находятся бутылки, одинаковые по размерам и форме, и
- на бутылках нет надетых кронен-пробок.

Для бутылок с винтовыми колпачками должны предусматриваться устройства для их отвинчивания. Основным элементом укладчика являются ***захватные патроны***, которые должны надежно и одновременно бережно захватывать, удерживать и перемещать бутылки или банки, являясь связующим звеном между машиной и упаковываемым продуктом. При этом различают механические и пневмомеханические захватные патроны.

Механические захватные патроны захватывают бутылку непосредственно за горлышко (рис. 5.104). При этом не должно пострадать оформление бутылки — фольга, защитная этикетка, ленточная окольцовка и т. п. Существуют различные системы захвата для стеклянных бутылок, ПЭТ-бутылок, кронен-пробок типа twist-off и других систем укупоривания.

У *пневмомеханических захватных патронов* (рис. 5.104а) привод захвата пневматический. При этом зажим бутылки происходит при подаче сжатого воздуха в манжету. Отделенная защитной гильзой манжета, расположенная в верхней части захватного патрона, не касается пробки и стекла бутылки. Пневматический захватный патрон состоит всего из нескольких деталей, и поэтому обращение с ним, уход и ремонт очень просты и недороги.

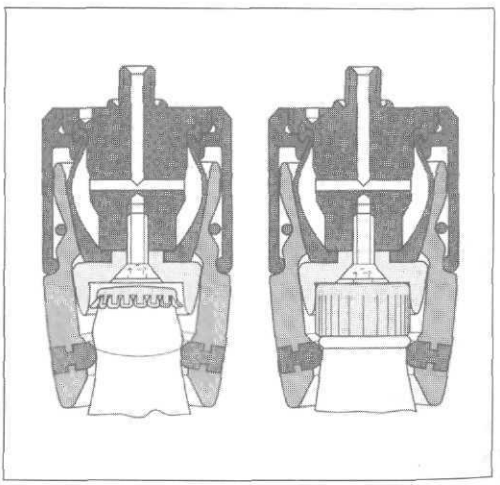


Рис. 5.104. Механические захватные патроны

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

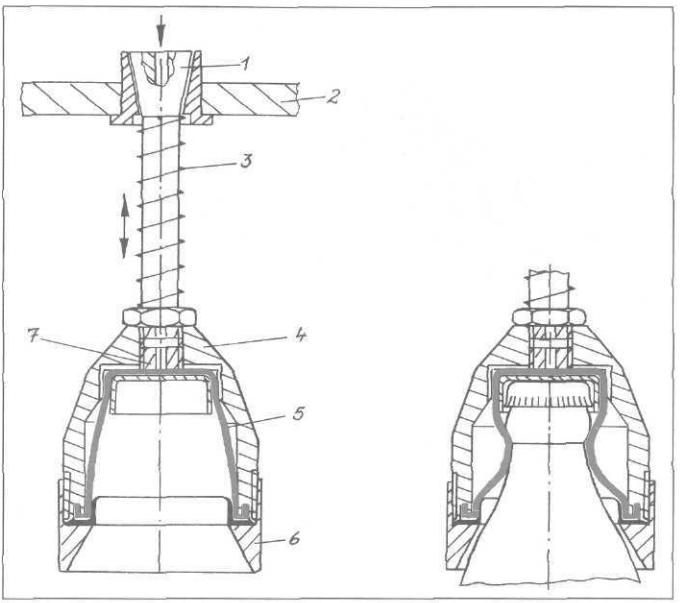


Рис. 5.104а. Пневматический захватный патрон (принцип действия):

1 — направляющий конус; 2 — захватная головка; 3 — винтовая пружина; 4 — корпус захватного патрона; 5 — эластичная манжета; 6 — гайка; 7 — винт для закрепления манжеты и защитного кожуха

5.7.4.2. Виды укладчиков

В соответствии с различными предъявляемыми требованиями различаются:

- ***укладчики с прерывистым движением ящиков и захватных устройств***, которые в состоянии загрузить или разгрузить несколько поступающих в ряд ящиков или картонных коробок;
- «***мультипакеры***», которые могут скомпоновать несколько мелких упаковок, таких как «блоки-шестерки», в один большой пакет;
- ***круговые укладчики*** с непрерывным движением ящиков и захватных устройств.

Кроме того, предлагается множество специальных машин для извлечения и укладки бутылок и банок для любых возможных случаев. В этой области в настоящее время возможно почти все.

5.7.4.2.1. Укладчик с прерывистым движением

Укладчик с прерывистым движением (рис. 5.105) имеет стабильный приводной механизм (*6*), который надлежащим образом передвигает подвеску захватной головки и саму головку (*3*), а также захватные патроны. В зависимости от размера захватная головка может захватить до 10 банок или бутылок в одном ряду одновременно. Посредством электропривода обеспечивается непрерывное равномерное вращательное движение кривошипа, что является основным условием для равномерной работы траверсы захвата.

В зависимости от размеров, а также одно- или двухрядного исполнения упаковочной головки, можно достичь очень высокой производительности. В большинстве случаев такие укладчики/выемщики работают только с бутылками одного типа, но если нужна смена размеров или формы, многие машины оснащены для этого специальным устройством, расположенным в продольной раме в верхней части. При помощи подъемного устройства сменная рама выводится вверх, прежняя оснастка снимается и устанавливается новая, так что через короткое время укладчик снова готов к работе.

5.7.4.2.2. Мультипакер

Автоматические «мультипакеры» (рис. 5.106) — это укладчики с прерывистым движением, которые на втором рабочем этапе укладывают мелкие упаковки, в данном случае «блоки-ше-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

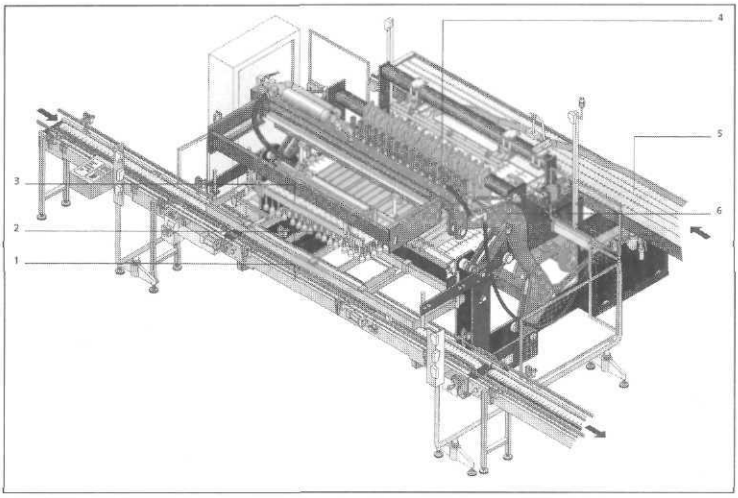


Рис. 5.105. Укладчик с прерывистым движением типа «Innopack Garant GT» (фирма KHS, г. Дортмунд)

1 — транспортировка упаковки, 2 — центрующая рама, 3 — захватная головка, 4 — распределение бутылок, 5 — подача бутылок или банок, 6 — приводной механизм

стерки», в картонные коробки (в данном случае по 4 в одну коробку). Приведенный пример двойной упаковки является лишь одной из многих возможностей укладывать мелкие единицы упаковки в укрупненные упаковочные единицы.

5.7.4.2.3. Круговой укладчик

У описанных выше систем упаковочные единицы в момент укладки или выемки емкостей неподвижны (для правильного позиционирования), однако чем выше производительность установки, тем меньше остается времени на позиционирование и выравнивание ящиков и бутылок. В результате этого были разработаны круговые укладчики (рис. 5.107), реализующие непрерывный процесс укладки. Это предполагает наличие довольно сложного механизма, так как, например, у такого укладчика типа Innopack CR (фирма KHS, г. Дортмунд) в постоянной работе

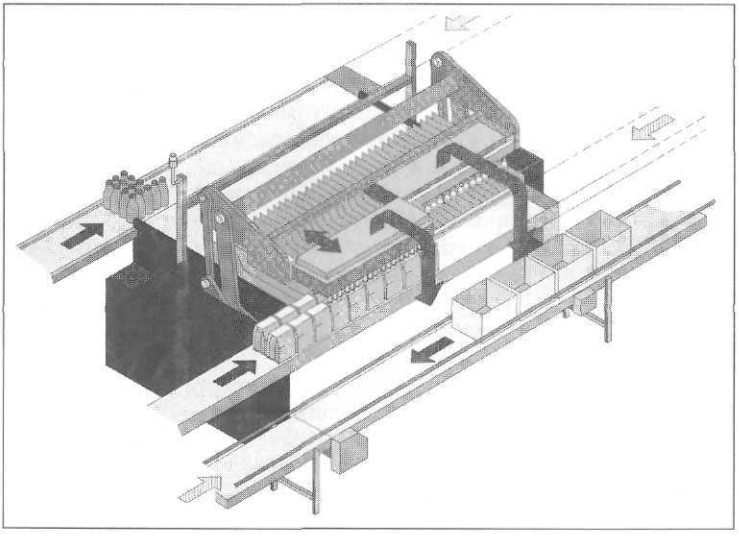


Рис. 5.106. Мультипакер. Пояснения в тексте

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

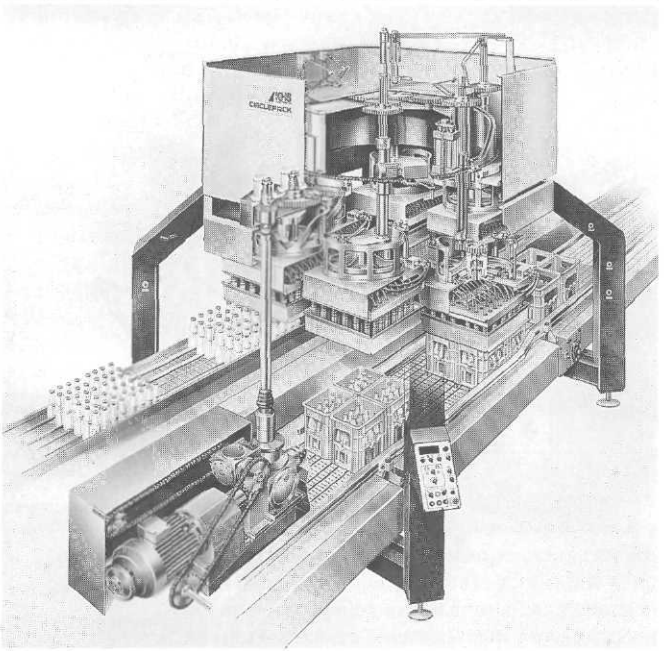


Рис. 5.107. Непрерывно работающий выемщик «Cirklepack» с горизонтально вращающимися захватными головками

находятся 6 упаковочных головок, круговое движение которых следует постоянно контролировать.

Для этого захватные головки направляются по эллиптической траектории и при этом они поднимаются и опускаются в определенное время. Поток бутылок подходит почти без давления и предварительно разделяется на ручьи, которые подхватываются цепью, движущейся с высокой скоростью по закругленной траектории, подавая эти бутылки уже предварительно сформированными отдельными рядами на станцию формирования, где они распределяются на упаковочные группы (в примере 6 × 4 бут.). Такая упаковочная группа (на рис. 5.107 это 6 × 8 бут.) плавно движется по бутылочному столу и там схватывается и поднимается синхронно опускающимися захватными патронами.

По другой стороне машины в противоположном направлении движутся ящики. Захватные патроны опускаются, центрирующая рама захватывает ящики (в нашем случае — 4 ящика) и опускает в них бутылки (ящики продолжают движение). Затем захватная головка снова отходит вверх, и процесс начинается сначала.

Если у описанного кругового укладчика захватные головки с бутылками ведутся в горизонтальной плоскости по эллиптической окружности, то у непрерывно работающих укладчиков/выемщиков «Roundpack II 464» (фирма Krones, г. Нойтраублинг) (рис. 5.108) выполняется вертикальный оборот захватных механизмов, при котором поступление и отвод бутылок и ящиков расположены один под другим. Это обеспечивает сокращение занимаемой площади и удобный доступ к установке.

Такие укладчики представляют собой наиболее сложную систему среди подобных машин и предъявляют высочайшие требования к материалу. Кроме прочего, захватные головки должны двигаться плавно, без рывков и толчков, обеспечивая синхронность движения упаковочных головок и ящиков. К тому же должно быть предусмотрено, чтобы в случае сбоя в работе захватная головка была поднята.

Для обеспечения соответствия по производительности всей линии розлива круговые укладчики могут оснащаться одно- или двухрядным конвейером для движения ящиков.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

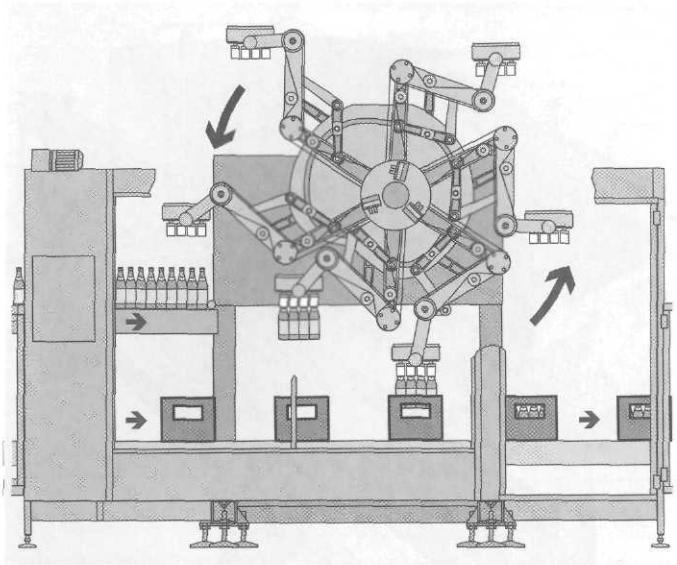


Рис. 5.108. Непрерывно работающий укладчик/выемщик типа «Roundpack II 464» (фирма Krones, г. Нойтраублинг). Пояснения в тексте

Выходящие из выемщика/укладчика

- пустые ящики отправляются на машину для мойки ящиков,
- полные ящики идут на пакетосборщик.

Полные «фирменные» ящики должны быть четко обозначены цветом и логотипом фирмы. У общеупотребительных ящиков вообще отсутствует какая-либо маркировка, но в таких случаях у ящиков обычно бывают окошки-прорези, через которые по этикеткам можно определить фирму-изготовителя напитка. Предполагается, что этикетки через эти прорези действительно будут опознаваемыми, так как правильная презентация продукции является важным фактором рыночного успеха. В связи с этим можно задействовать переориентирующее устройство для разворачивания бутылок этикетками в одну определенную сторону.

5.7.4.3. Переориентирующие машины для бутылок

Как и в укладчиках, в этой машине бутылки из ящика захватываются пневматическим поворотным захватом. Эти захваты оборудованы индивидуальным шарнирным поворотным устройством с верхним приводом. На нижней части захватного устройства в наклонном положении находится отражающий фотоэлемент, который при вращении бутылки определяет конец этикетки. Сначала при повороте бутылки на 360° точно измеряется положение этикетки, а затем посредством двигателя с пошаговой регулировкой бутылка выводится в заданную позицию. Таким образом получается, что все бутылки располагаются повернутыми этикетками к просветам в ящике.

Если на бутылке имеются две этикетки (фронтальная и контрэтикетка), то сенсор определяет сначала по различиям в размерах, какая этикетка фронтальная, а какая контрэтикетка, и только после этого бутылка будет повернута в нужную сторону.

5.7.4.4. Специальные машины для укладки и сортировки упаковочных единиц

В большинстве линий бутылочного розлива после этикетирования бутылки одного сорта идут на упаковку в ящики или коробки. Однако существуют и такие линии, где бутылки с разных блоков розлива и укупоривания идут к единому месту укладки и там укладываются раздельно по сортам в определенные ящики. Для такой компоновки оборудования требуют-

ЭТИКЕТКИ ОТ
Полиграфоформления

ся очень сложные установки со специальными переносными и распределительными устройствами — ведь требуется обеспечить, чтобы на соответствующий уровень машины для упаковки или машины для формирования пакетов упаковочных единиц попали только ящики с определенным сортом бутылок.

Под понятием ***«переупаковщик»*** понимается комбинированная машина для переупаковки бутылок из меньших ящиков в большие и наоборот. Выемка и укладка бутылок происходит при этом во время единого рабочего цикла машины.

Под понятием ***«комбинированный упаковщик»*** подразумевают комбинированные машины, которые в одном объединенном агрегате осуществляют функции выемки бутылок или банок и укладки их в ящики в пределах одного рабочего цикла. Поскольку ящик в этом случае после разгрузки сразу снова заполняется стекло-, банкотарой, то, естественно, здесь отсутствует обычная промежуточная мойка ящиков.

5.7.5. Формирование и расформировывание пакетов единиц упаковки, транспортировка поддонов

На производстве, а также на отрезке между производством и торговой сетью упаковочные единицы, то есть ящики, картонные коробки и подносы размещают на поддонах. Так их хранят и транспортируют. Ниже будут рассмотрены следующие вопросы:

- конструкция поддонов;
- конструкция и функция машин для формирования/расформировывания пакетов;
- транспортные устройства для пакетов-поддонов;
- складирование поддонов;
- контроль поддонов;
- крепление пакетов груза на поддонах.

5.7.5.1. Конструкция поддонов

Поддон представляет собой площадку для штабелирования [и механизированного перемещения – *прим. ред.*] товаров, несущая поверхность которого определяется стандартами — внутризаводскими, национальными или международными (например, ЕЭС). (См., например, ГОСТ 9570-84 для ящичных и стоечных поддонов, ГОСТ 9078-84 для плоских поддонов – *прим. ред.*) Поддоны бывают самые разнообразные, но для производства пива и других напитков интерес представляют прежде всего два типа:

- ящичные поддоны (сборно-разборные) или стоечные поддоны с решетчатым ограждением, применяемые, например, для транспортировки кронен-пробок;
- плоские поддоны для хранения и транспортировки упаковочных единиц.

Плоские поддоны (рис. 5.109) имеют стандартные размеры и изготавливаются из деревянных досок, скрепленных прочными деревянными брусчатыми прокладками. Высота поддона подобрана так, чтобы она могла обеспечить проем, достаточный для ввода вилочного захвата электро- или автопогрузчиков. Для увеличения прочности под брусча-

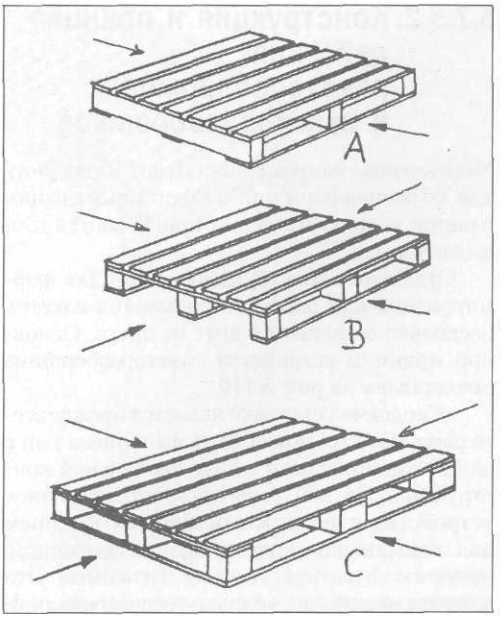


Рис. 5.109. Типы плоских поддонов:

A — двухзаходные поддоны; B — четырехзаходные поддоны; C — четырехзаходные поддоны с подшивкой по периметру

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

тые прокладки или краевой брус дополнительно подшивают доски (двухнастильные поддоны). По расположению досок и брусков различают:

- двухзаходные поддоны (рис. 5.109, *A*), которые можно поднять только с двух сторон;
- четырехзаходные поддоны (рис. 5.109, *B*), которые можно поднять с любой стороны;
- четырехзаходные поддоны с подшивкой по всему периметру, которые также можно поднять с любой стороны (рис. 5.109, *C*).

Для обеспечения оптимальной нагрузки на бутылки размеры поддонов должны быть согласованы с размером штабелируемых упаковочных единиц. При этом зачастую (особенно в случаях с коробками или подносами) для укрепления пакетов используют скрепляющие средства, накладываемые на пакет в продольном и поперечном направлении. Каждый горизонтальный ряд обозначается как слой. В настоящее время преобладает размер «B» (то есть европоддон с размерами 800 × 1200 мм («пивоваренный поддон»).

5.7.5.2. Конструкция и принцип действия пакетосборщиков и пакеторазборщиков

Упаковочные единицы поступают на машину для формирования или расформировывания пакетов и соответственно принимаются или выдаются ею.

Отдельные конструкции машин для формирования или расформировывания пакетов несколько отличаются друг от друга. Основной принцип устройства пакеторазборщика представлен на рис. 5.110.

«Сердцем» установки является прежде всего рама, которая может быть выполнена или с одной колонной, или в виде портальной конструкции. На ней располагается подъемное устройство с подвижным приспособлением для совершения колебательных движений, несущим захватную головку с зажимом. Эта захватно-зажимная головка (о ней речь пойдет ниже) способна удерживать слой упаковочных единиц.

Пакет-поддон направляется на роликовый транспортер и фиксируется в определенном месте. Затем подступает захватная головка (в настоящее время в большинстве случаев это промышленный робот), берет один слой за другим и ставит их на конвейер, целенаправленно, рядами отводя при этом упаковочные единицы. Таким образом пакет-поддон разгружается послойно, и пустой поддон после разгрузки может быть отправлен дальше — на склад поддонов. Однако здесь представлен лишь основной принцип работы такого функционального модуля. Требования производства на различных предприятиях настолько разнообразны, что единой схемы не существует. Так, ***подъемное устройство с рамой*** или привод подъемного устройства могут быть различной конструкции, ***а механизм горизонтального перемещения*** с устройством для обеспечения колебательных и переносящих движений может работать при помощи шарнирного механизма, дополненного телескопическим устройством или без него.

Платформы для сталкивания упаковочных единиц выполняются в виде грузовых пластин или роликовых ковриков. Грузовая пластина при этом подходит для обработки как одно-, так и многоразовых видов упаковки и имеет съемное покрытие.

Особая часть пакетосборщиков — это ***захватные головки***. Они связаны с подъемным устройством и могут быть

- поворотными или
- выдвижными.

В зависимости от типа подлежащих обработке упаковочных единиц захватные головки имеют и соответствующее исполнение (рис. 5.111).

Захватные головки с пальцевыми захватами

Такие головки оснащены пальцевыми захватами с пневматическим приводом — для захвата они поворачиваются вниз и захватывают груз. Ряды пальцев размещены так, чтобы можно было обрабатывать по-разному сформированные пакеты. Безупречно ровное формирование пакета происходит посредством центрирующей рамы.

Захватные головки с зажимом

Зажимные головки прочно и надежно зажимают слой упаковочных единиц при помощи параллельно работающих цилиндров с коротким штоком, передающих усилие зажимным

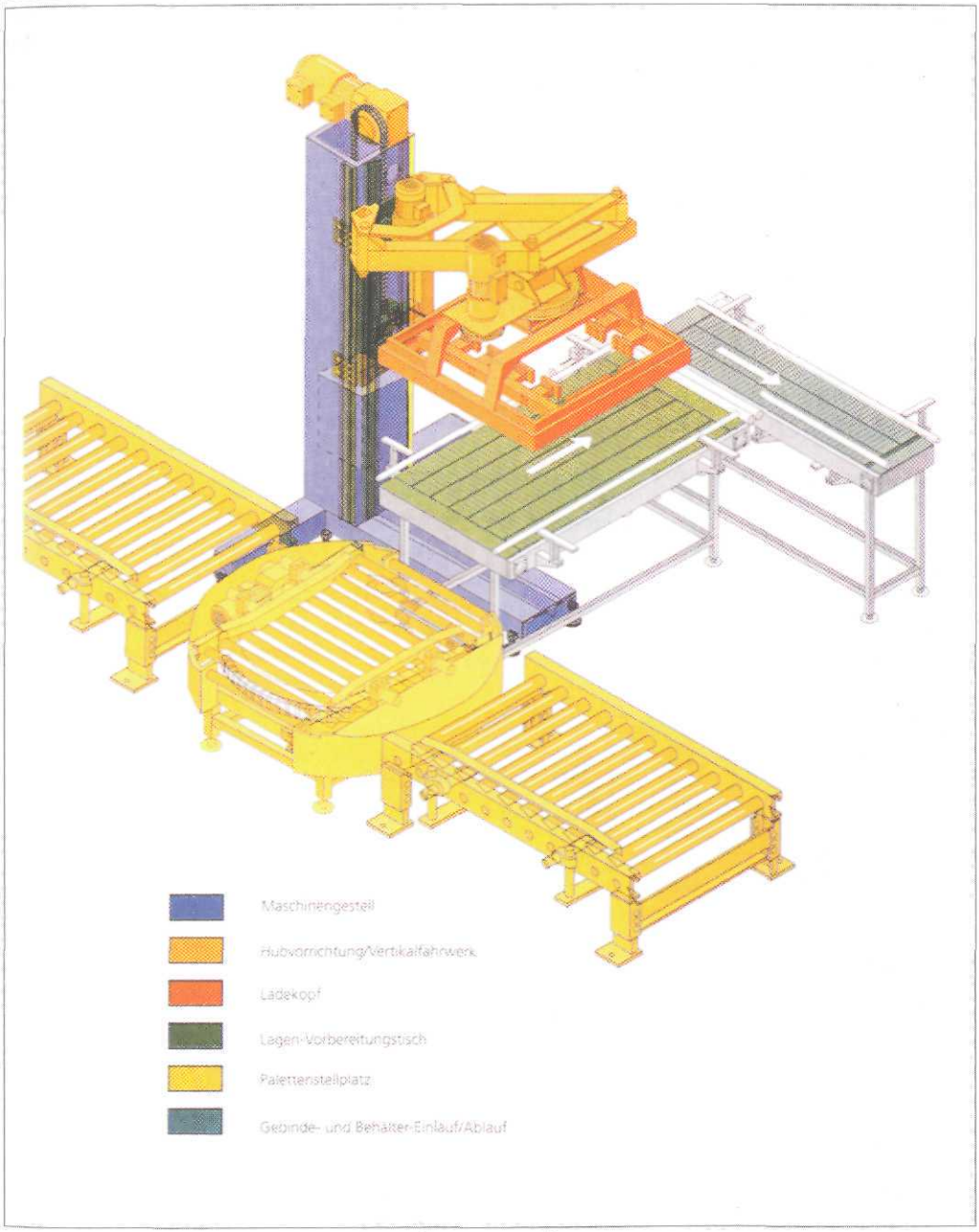


Рис. 5.110. Пакеторазборщик, работающий по принципу захвата и переноса слоя упаковочных единиц (общий вид):

Maschinengestell — рама; Hubvorrictung/Vertikalfahrwerk — подъемное устройство/вертикальный подъемник; Ladekopf — захватная головка; Lagen-Vorbereitungstisch — стол формирования слоев упаковок; Palettenstellplatz — зона прохождения поддонов; Gebinde- und Behälter-Einlauf/Ablauf — подача и отвод упаковочных единиц со стеклотарой

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

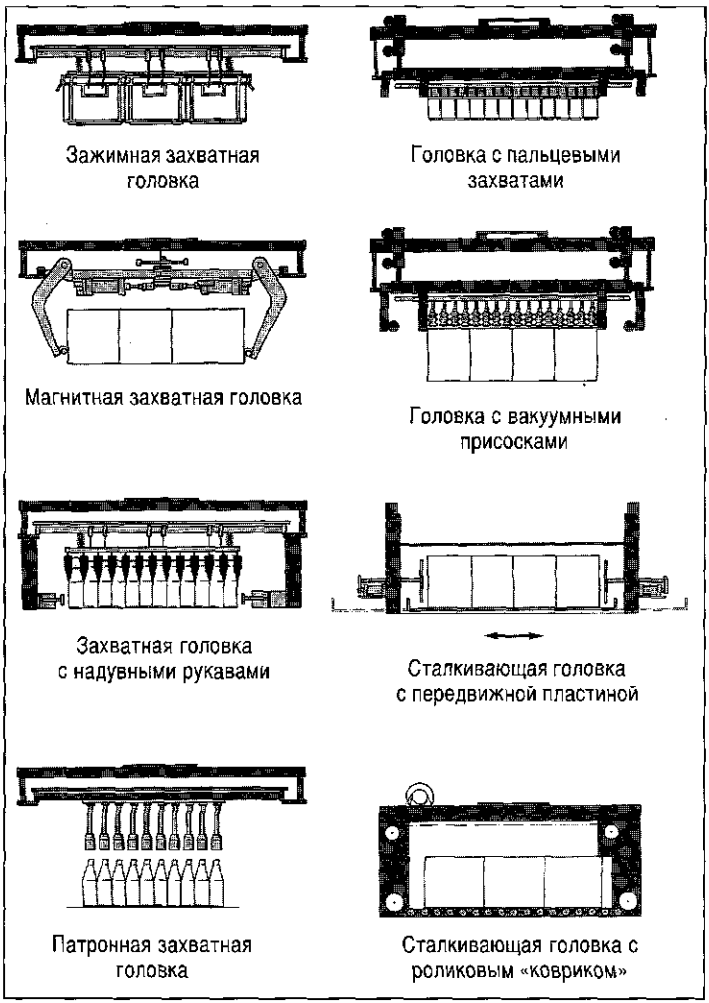


Рис. 5.111. 8 типов захватных головок, используемых в машинах для сборки/разборки пакетов-поддонов

колодкам с резиновым покрытием. При этом для надежности захвата груза головка может быть выполнена с двусторонним или четырехсторонним зажимом.

Патронные захватные головки

Если слоями должны перемещаться бутылки, то применяются патронные захватные головки (с индивидуальными захватными устройствами), причем они могут иметь столько индивидуальных захватов, что способны поднять сразу целый слой бутылок и работают фактически как очень большой укладчик. Они применяются для формирования укрупненных грузовых единиц (пакетов-поддонов) без использования ящиков и картонных коробок.

Захватные головки с надувными рукавами

Захватные головки с надувными рукавами служат (как и патронные захватные головки) для послойного перемещения бутылок с захватом сверху, только в данном случае горлышки бутылок зажимаются надувными рукавами и затем могут быть перенесены. Распределение рукавов при помощи шаблона может быть настроено на любую схему расположения бутылок, если диаметр бутылки, ее форма

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

и взаимное размещение бутылок позволяют захватывать их рядным способом.

Головки с вакуумными присосками

Для сборки и разборки пакетов картонных упаковок зачастую применяют головки с вакуумными присосками. Путем использования целого ряда присосок можно послойно поднимать закрытые упаковки (например, ряд картонных коробок или других крупных грузов).

Магнитные головки

Для подъема и перемещения грузов, изготовленных из стальной жести, применяют магнитные головки. Этот способ применим и для стальных банок, так как создает щадящий режим их перемещения — ведь пустые стальные банки из-за тонкости их стенок очень уязвимы.

Захватные головки для кегов

Кеги также нужно устанавливать на поддоны и снимать с них. В машине с захватными головками для кегов подготовленная группа кегов захватывается боковыми подвижными планками, поворачивающимися вниз, осуществляя при этом геометрическое замыкание. Несущий поддон может быть захвачен при помощи отдельно управляемого вилочного захвата. Эти операции возможно как в случае вертикальной, так и горизонтальной укладки кегов. Существуют различные системы захватов для кегов в зависимости от потребности конкретных производственных процессов.

5.7.5.3. Штабелирование загруженных пакетов-поддонов

Автопогрузчики забирают пакеты-поддоны с продукцией и отвозят их на склад готовой продукции, где их составляют в штабели. Транспортировка порожней ящичной тары происходит в обратном направлении. Загруженные пакеты-поддоны при помощи автоматического укладчика пакетов-поддонов можно ставить в два или три яруса. При этом загруженные пакеты-поддоны скатываются до уровня пола к вилочному захвату укладчика по рольгангу или подаются к нему с помощью наклонной секции пластинчатого конвейера. Подъемная рама с храповыми механизмами, расположенными с обеих сторон, опускается и берет пакет-поддон, после чего подъемный механизм приподнимает ее и опускает на следующий пакет-поддон, который тем временем въехал в укладчик. При штабелировании в три яруса этот процесс повторяется еще один раз. Штабель пакетов-поддонов отводится по рольгангу или наклонной секции пластинчатого конвейера.

При разгрузке штабелей указанные процессы повторяют в обратной последовательности.

5.7.5.4. Транспортные средства для механизации погрузочно-разгрузочных работ с пакетами-поддонами

Груженые и порожние поддоны транспортируют вилочными авто- и электропогрузчиками к месту ожидания дальнейшей обработки. Оттуда поддоны при помощи подводящих устройств выводятся на нужную позицию.

5.7.5.5. Складирование поддонов

Авто- и электропогрузчики устанавливают поддоны на рабочую высоту их дальнейшей обработки. Так как на различных производствах условия и требования очень различаются, могут потребоваться и самые разные подъемно-транспортные устройства для поддонов.

Поддоны складируют слоями так, чтобы

- имеющееся складское помещение использовалось максимально полно,
- достигался принцип «first in – first out (первой загружена – первой выгружена)» и
- обеспечивался хороший доступ к поддонам.

Для складирования поддонов штабелями обычно используют:

- склад со штабельными блоками;
- склад с высокими стеллажами;
- сквозной склад и др.

5.7.5.6. Устройства для подачи и отвода пакетов-поддонов

Упорядоченному и бесперебойному подводу и отводу упаковок к сборщикам/разборщикам пакетов придается большое значение. В соот-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

ветствии с почасовой производительностью осуществляется подвод или отвод упаковок в одну, две или три линии. Система управления встроенными в линию или отдельно стоящими машинами для переворачивания упаковочных единиц, их разделения с промежутками и переориентирования программируется в зависимости от компоновки оборудования упаковочной линии.

Также и технологическая схема может быть реализована в различных вариантах. В настоящее время при транспортировке упаковочных единиц все шире применяются полимерные конвейерные цепи.

5.7.5.7. Промежуточное хранение поддонов

Как и при работе с ящиками, необходимо промежуточное хранение поддонов в магазине поддонов, то есть до тех пор, пока ящики снова не поступят на формирование пакетов.

В таком магазине поддонов в виде штабеля может быть уложено до 15 пустых поддонов. При штабелировании поддоны поступают на подъемно-опускающее устройство, при этом уже находящиеся в нем пустые поддоны поднимаются и опускаются на вновь поступившие. Этот процесс повторяется до тех пор, пока сенсор не ограничит максимальную высоту штабеля.

5.7.5.8. Контроль поддонов

Важнейшим условием сохранности грузов является ровная поверхность поддона. Однако доски верхнего настила несут очень большую нагрузку и могут быть ослаблены — особенно при наличии отверстий от сучков и скрытых дефектов, что может привести к повреждению груза при транспортировке. Поэтому доски и расположенные по периметру поддона брусчатые прокладки следует проверять на функциональную способность, целостность и прочность. Этот контроль осуществляется при помощи контрольных роликов или давлением пуансона.

Контроль поддонов при помощи роликов

При подобном контроле ролики прокатывают вдоль досок, и повреждения устанавливаются контрольным рычагом. Кроме того, проверяются расположенные по периметру поддона брусчатые прокладки, высота и длина поддонов, и таким образом отбраковываются нестандартные поддоны.

Контроль поддонов давлением

При таком способе контроля повреждения поддонов обнаруживаются при помощи пуансонов, оказывающих давление на доски поддона. При этом проверяются также расположенные по периметру поддона брусчатые прокладки и габаритные размеры поддонов.

5.7.5.9. Крепление груза на поддонах

С увеличением высоты пакета снижается его устойчивость, особенно если упаковочные единицы не имеют зацепов, как это бывает в случае с картонными коробками. Хотя ящики и стабилизируются в пакете благодаря тому, что дно ящика входит в открытый паз стоящего ниже ящика, они не закреплены в горизонтальной плоскости. Получается, что стоящие рядом «колонны» из ящиков относительно друг друга не стабилизированы. Укрепляют загруженные поддоны следующими способами:

- натягивают прочную, не растягивающуюся полимерную ленту или шнур в верхней части пакета вокруг всего слоя упаковочных единиц или
- обматывают пакеты-поддоны растягивающейся или термоусадочной пленкой.

Обматывание растягивающейся пленкой особенно распространено при поставках нового стекла или пустых банок, а также для крепления пакетов-поддонов с подносами и другими легкосдвигающимися видами упаковки. Пленка также обеспечивает хорошую защиту от пыли, поэтому в случае необходимости она применяется и для укрепления пакетов ящиков. Для обеспечения надежного крепления пакетов используют растягивающуюся или усадочную пленку. Картонные коробки иногда закрепляют с помощью специального напыления против скольжения.

5.8. Комплектная линия розлива

Линия розлива с необходимыми конвейерами и оборудованными складскими помещениями является, пожалуй, самой большой, трудозат-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

ратной и наиболее дорогостоящей частью оборудования на всем пивоваренном производстве (рис. 5.112 и 5.113). Ее бесперебойная работа зависит от конструкции и компоновки отдельных машин и конвейеров. Интегрированные в эту линию механизмы должны быть логично связаны между собой, и их производительность должна быть четко согласована так, чтобы обеспечить нормальный производственный процесс даже при иногда возникающих сбоях.

В рамках этой книги нас особенно интересуют:

- возможные варианты компоновки машин;
- производительность отдельных машин в линии розлива;
- правила и рекомендации по монтажу и эксплуатации линий розлива.

Возможные варианты компоновки машин

Для линии розлива характерно наличие трех основных замкнутых производственных циклов (рис. 5.114).

Поддоны подаются со склада, пакеты-поддоны расформировываются, пустые поддоны проверяются и хранятся в «магазине», пока не пойдут снова на загрузку и через склад готовой продукции — в торговлю.

Ящики после разборки пакета моют и хранят в «магазине» до новой загрузки, контроля и сборки пакета-поддона.

Бутылки после выемки из ящиков идут на мойку, контроль, в блок розлива и укупоривания. Затем, после этикетирования, они проверяются и снова укладываются в ящики.

Путь бутылок — самый длинный, так как они должны пройти через все стадии обработки. Движение же поддонов может быть ограничено лишь участком между разборщиком и сборщиком пакетов ящиков. В этом секторе все перемещаемые грузы являются твердыми телами, и эту часть линии розлива называют ***«сухой»***, в отличие от всей остальной, большей части, где работают с жидкостями и которую поэтому называют ***«мокрой»***. Сухую и мокрую части линии розлива стараются по возможности разделить.

Расположение конвейеров для перемещения ящиков и бутылок в значительной степени зависит от расположения отдельных машин в линии розлива. По типу размещения машин различают:

- ***прямолинейное размещение***, при котором машины располагаются в порядке их использования в одну линию (такая компоновка встречается крайне редко);
- ***размещение в виде гребня***, при котором машины располагаются одна возле другой образуя построение, напоминающее гребень и соединяются между собой буферными участками (накопителями); такой вид размещения отдельных машин в линии розлива распространен достаточно широко;
- ***размещение в виде арены***, при котором машины располагаются по кругу с существенной экономией занимаемой площади.

При определении места расположения машин особое внимание уделяется тому, чтобы

- машины располагались так, чтобы обслуживающий персонал имел хороший обзор и возможность своевременно реагировать на происходящее, чтобы в случае необходимости можно было оказаться в нужном месте и чтобы проходы не были устроены под или над конвейерами;
- иметь хороший доступ к машинам для проведения ремонтных и профилактических работ;
- конвейеры между машинами были бы спроектированы так, чтобы обеспечить беспрепятственную подачу и отвод бутылок с каждой машины.

Все это требует согласования производительности машин.

Согласование производительности пропускной способности машин в линии розлива

Чтобы обеспечить оптимальную разгрузку линии, машины должны иметь различную производительность.

Основными машинами в линии являются автоматы для розлива и укупоривания. Их оптимальная производительность обеспечивается бесперебойной подачей и отводом разливаемого продукта. Это означает, что для обеспечения подачи и отвода бутылок или банок даже после кратковременных остановок механизмы перед ними и после них должны работать с более высокой производительностью. Для этого необходимо учитывать следующие соотношения производительности машин линии розлива (диаграмма проф. Берга),

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 06 - 04 Haute couture

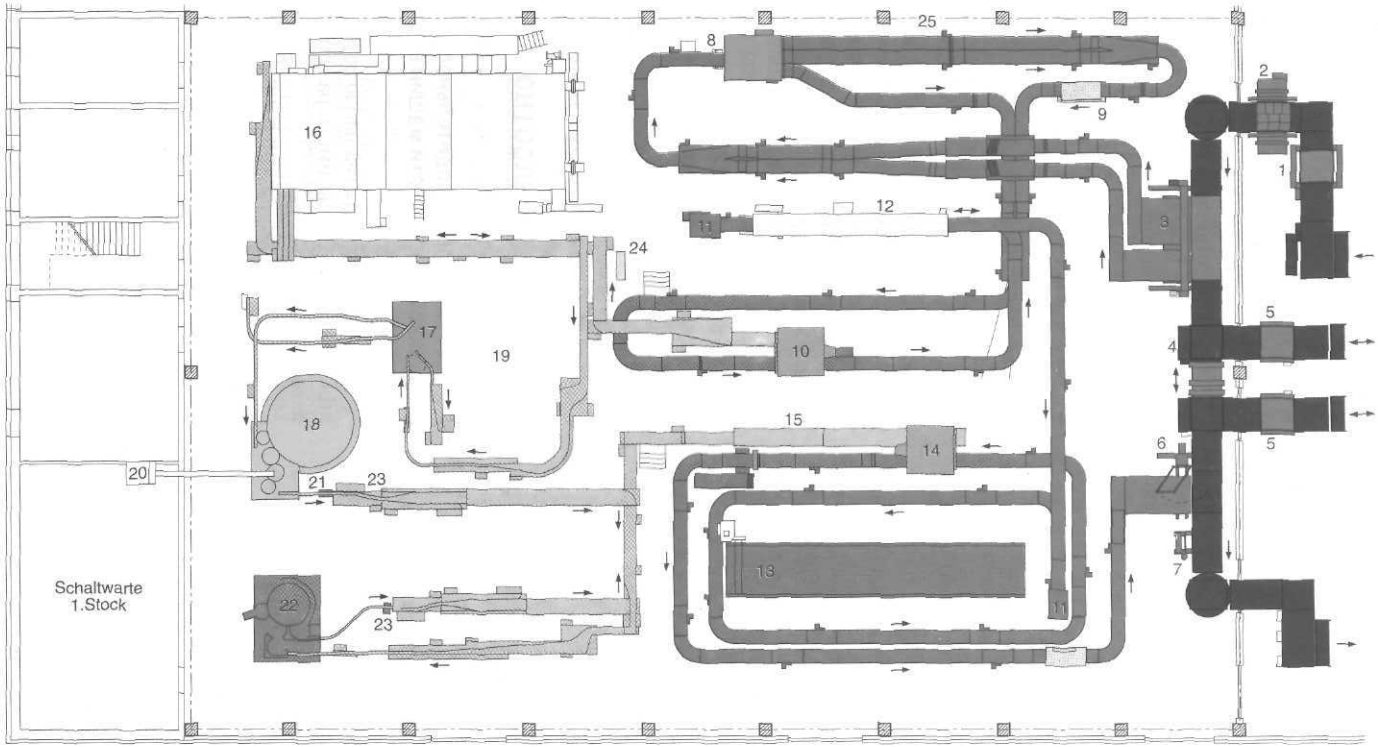


Рис. 5.112. Линия розлива в бутылки производительностью в 50 000 бутылок в час емкостью 0,5 л (фирма KHS, г. Дортмунд):

1 — устройства для выравнивания поддонов; 2 — машина для снятия крепления пакетов-поддонов; 3 —разборщик пакетов ящиков; 4 — контроль поддонов; 5 — магазин пустых поддонов; 6 — сборщик пакетов ящиков; 7 —машина для укрепления пакетов-поддонов; 8 — контроль порожней стеклотары; 9 — устройство для отвинчивания пробок; 10 — выемщик бутылок; 11 — опрокидыватель ящиков; 12 — мойка ящиков; 13 — магазин пустых ящиков; 14 — укладчик бутылок; 15 — контроль наполненной стеклотары; 16 — мойка бутылок; 17 — инспекционная машина для пустых бутылок; 18 — моноблок розлива и укупоривания; 19 — место для пастеризатора и станции CIP; 20 — подача кронен-пробок; 21 — орошение бутылок; 22 — этикетировочный автомат; 23 — контроль уровня наполнения; укупоривания; положения этикетки; 24 — смазка конвейерных цепей

в процентах от производительности разливочного автомата:

Разборщик пакетов-поддонов	135–140%
Выемщик бутылок	120–125%
Бутылкомоечная машина	110–115%
Инспекционная машина	110–115%
Блок розлива	**100%**
Этикетировочный автомат	110–120%
Укладчик бутылок	120–125%
Сборщик пакетов-поддонов	135–140%

Это не означает, что, например, разборщик пакетов-поддонов постоянно должен давать 135–140% производительности блока розлива (что очень скоро привело бы к затору); это означает лишь то, что он должен быть рассчитан на такую производительность, чтобы в случае необходимости иметь возможность заполнять конвейеры-накопители.

*Для бесперебойной работы линии розлива необходимо предусмотреть наличие между машинами (особенно перед блоком розлива и укупоривания) многоручьевых **буферных участков*** (накопителей бутылок) с примыкающим к ним ***участком разделения бутылок*** на отдельные ручьи. При кратковременных сбоях это дает возможность бесперебойно работать следующей машине. Разделение бутылок осуществляется прежде всего путем свободного, без сдавливания, их выстраивания на конвейере.

Накопители работают со степенью накопления примерно в 50%, так что при кратковременных сбоях они позволяют не останавливать работу предыдущей и следующей машин.

Степень наполнения этих буферных участков (накопителей) может быть использована для автоматического регулирования производительности отдельных машин в линии.

В ходе процессов движения бутылок следует сделать так, чтобы они не вращались и чтобы взаимное трение было как можно меньше, так как это ведет к скаффингу — образованию колец механического износа.

Два интересных примера комплексных линий розлива представлены на рисунках 5.112 и 5.113.

К линии розлива относятся склад тары и склад готовой продукции. Склад тары должен иметь достаточные размеры для обеспечения беспроблемной выдачи на линию соответствующей тары (ящиков с одинаковым логотипом, бутылок одного типа и т. п.).

К складу готовой продукции предъявляются дополнительно следующие требования:

- загруженные поддоны должны храниться в защищенном от мороза в месте рассортированными по сортам продукта;
- на складе может храниться 2–3-хдневный запас продукции (в зависимости от потребностей);
- раньше поступившие поддоны должны отгружаться в первую очередь (принцип «first in – first out»);
- имеющееся помещение должно использоваться оптимальным образом (штабелирование пакетов-поддонов один на другой).

Перемещение и штабелирование поддонов осуществляется при помощи вилочных автопогрузчиков. Как правило, склады поддонов бывают ***блочного типа***. Поскольку вилочным автопогрузчикам требуется для маневров определенное пространство, то имеющаяся в распоряжении площадь склада может быть использована под блоки штабелей (сложенные штабелями поддоны) только на 50–60%. Чтобы лучше использовать имеющиеся площади, прибегают и к другим формам складирования (например, к высоким стеллажам, которые также позволяют реализовать принцип «first in – first out»).

Стандарты DIN и другие рекомендации

Относительно монтажа и ввода в эксплуатацию линий розлива действуют целый ряд стандартов, имеются практические наработки, рекомендации и результаты исследований. (В немецком оригинале приводится перечень нормативов ФРГ. – *Прим. ред.*)

Соблюдение нормативных актов и правил обязательно и для других цехов и подразделений пивоваренных и солодовенных предприятий!

5.9. Потери пива

Из 100 гл пивного сусла получается, естественно, не 100 гл пива, а несколько меньше.

Под потерями по жидкой фазе подразумевается разность между объемом горя-

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 293-96-94 Haute couture

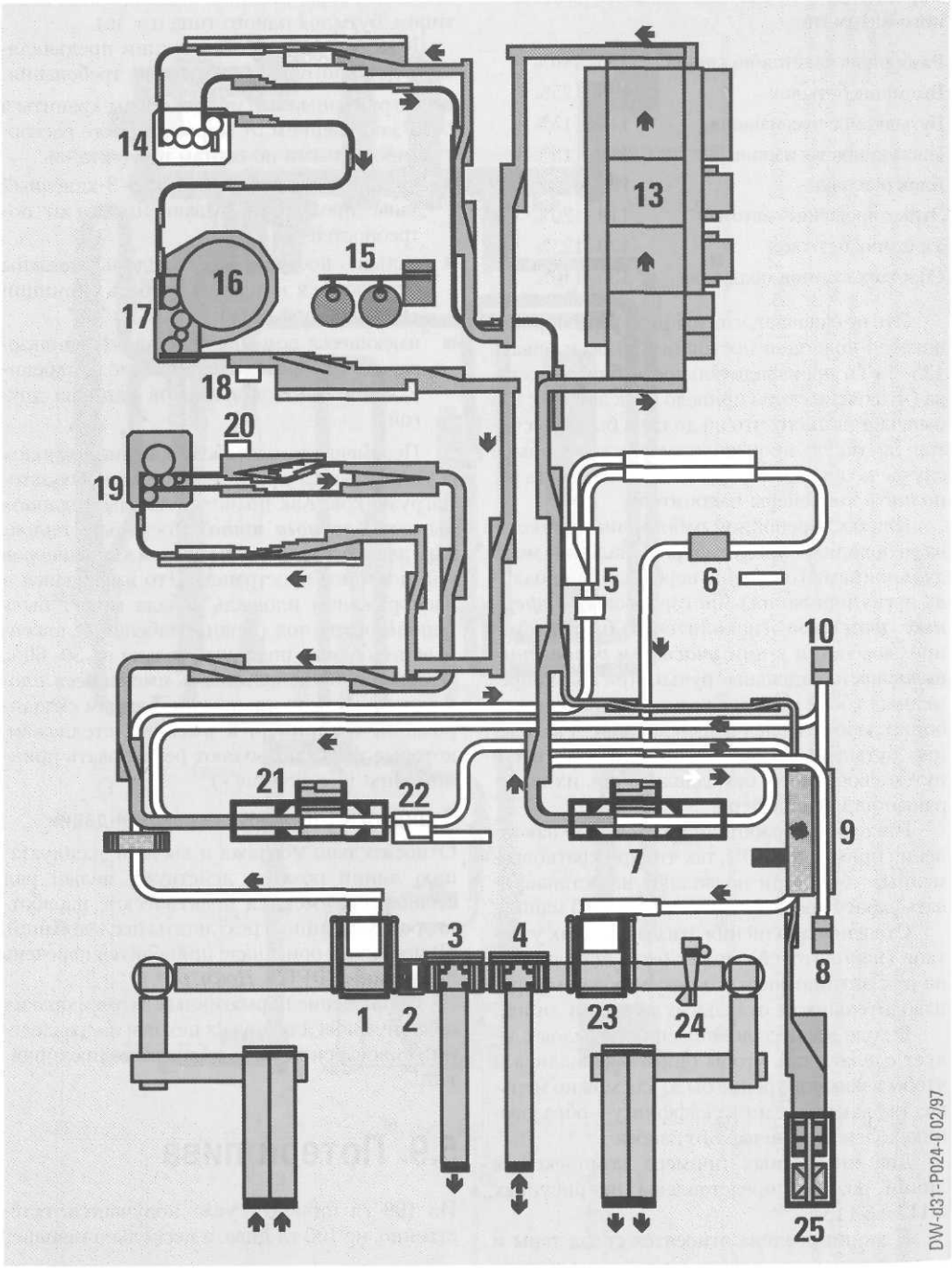


Рис. 5.113. Линия розлива производительностью 45000 бут./ч; стеклянные бутылки 0,5 л типа NRW многоразового использования (фирма «Krones», г. Нойтраублинг):

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04
Полиграфоформления

1 — разборщик пакетов ящиков; 2 — контроль пустых поддонов; 3 — магазин пустых бракованных поддонов; 4 — магазин пустых хороших поддонов; 5 — контроль порожней стеклотары; 6 — устройство для удаления пробок; 7 — распаковщик; 8 — 1-й опрокидыватель ящиков; 9 — мойка ящиков; 10 — 2-й опрокидыватель ящиков; 11 — подача новых бутылок; 12 — магазин пустых поддонов; 13 — моечная машина; 14 — инспекционная машина для пустых бутылок; 15 — Станция CIP; 16 — автомат для розлива в бутылки; 17 — автомат для укупоривания; 18 — контроль уровня наполнения; 19 — этикетировочный автомат; 20 — контроль уровня наполнения и этикетирования; 21 — упаковщик; 22 — контроль загруженных ящиков; 23 — сборщик пакетов ящиков; 24 — станция крепления пакетов-поддонов; 25 — сталкиватель новых бутылок

чего охмеленного сусла и полученным товарным пивом. Потери исчисляются в процентах; это важный внутрипроизводственный показатель, по которому можно судить, хорошо или плохо работало предприятие.

Точно проследить объем варки от варочного цеха до розлива в бутылки или кеги невозможно, так как вследствие повторяющихся в процессе производства смешиваний объем отдельных варок уже невозможно выделить.

Поэтому потери определяются в пределах некоторого отрезка времени (обычно это месяц) по сортам пива. На современных предприятиях необходимые данные можно учесть и в любой момент получить с помощью ЭВМ. В этом случае расчет производится *ежедневно* по сортам. Основной принцип, однако, остается тем же, что и в приводимом ниже примере, в котором использовался помесячный учет.

На конкретном пивоваренном предприятии показатели за месяц фиксируются в отчетах варочного цеха раздельно по сортам. На крупных пивоваренных компаниях производится расчет (разумеется, на компьютере), описанный ниже.

Для лучшего понимания необходимо привести некоторые дополнительные соображения, касающиеся расчета объема товарного пива.

5.9.1. Расчет объема товарного пива

Если мы хотим определить объем произведенной товарной продукции за отчетный месяц, например, за май, то

расчет выглядит следующим образом:

проданное в мае пиво (включая пиво, отпускаемое бесплатно сотрудникам пивзавода),

+ остатки майского пива на конец текущего месяца,

– остатки пива на конец апреля (предыдущий месяц).

Пример:	
Остаток (на 31 мая)	9478,55 гл
+ количество, проданное в отчетном месяце мае 30 718,55 гл	21 240,00 гл
– остаток на момент последнего отчета (30 апреля)	8640,55 гл
Итого: за отчетный месяц было произведено товарного пива	22 078,00 гл

Чтобы иметь возможность производить расчет по такой схеме, всегда следует производить расчет остатка на конец каждого месяца.

5.9.2. Снятие остатков и пересчет на товарное пиво

Снятие остатков состоит в том, чтобы определить количество имеющегося продукта по сортам.

Определение остатков производится отдельно по цехам:

- в бродильном отделении (или в ЦКТ);
- в отделении дображивания;
- на складе готовой продукции (в бочках и в бутылках).

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

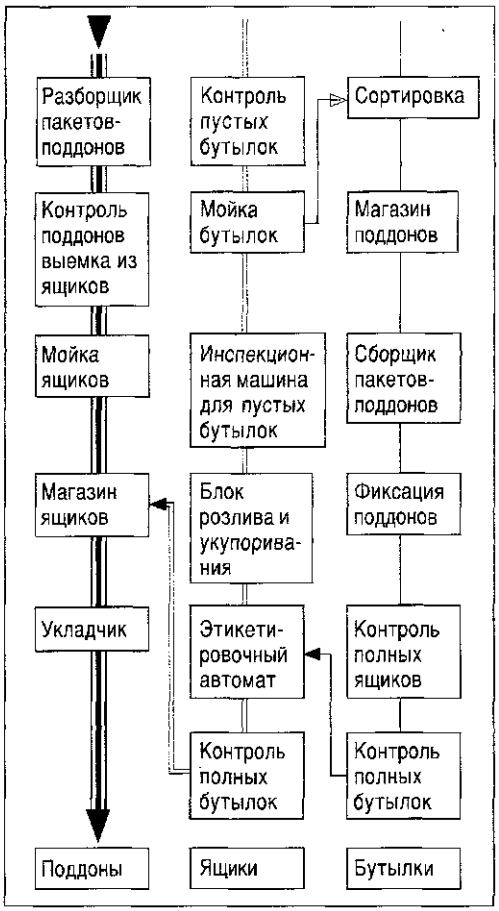


Рис. 5.114

Учтенные объемы пива должны быть пересчитаны на товарное пиво. Пересчет происходит на основе потерь согласно данным по конкретному предприятию.

Общие потери складываются из потерь в каждом цехе или отделении, которые рассчитываются по отдельности для каждого сорта пива.

Пример:

на одном из пивзаводов потери одного сорта пива составляют:

общие потери 10,3%,

часть потерь, начиная с варочного отделения вплоть до отделения дображивания 8,6%.

Снятие остатков пива этого сорта в отделении дображивания дало результат 2430 гл. Какому количеству товарного пива это соответствует?

Было бы неправильно из 2430 гл пива, находящихся в отделении дображивания, вычитать 10,3%–8,6%=1,7%, так как эти 1,7% не относятся к 2430 гл как к базовой величине. Правильный ход рассуждений выглядит следующим образом:

из 100 гл сусла при упомянутых потерях получается

91,4 гл пива в отделении дображивания и отсюда

89,7 гл товарного пива.

Следовательно, установленный в цехе дображивания остаток (2430 гл) был произведен из

$$\frac{2430\ \text{гл} \times 100\%}{91{,}4\%} = 2658{,}6\ \text{гл горячего охмеленного сусла.}$$

Из этого количества при таких потерях получается

$$\frac{2658{,}6\ \text{гл} \times 89{,}7\%}{100\%} = 2384{,}8\ \text{гл товарного пива.}$$

В соответствии с этим пересчет может идти по такой формуле:

$$\frac{2430\ \text{гл} \times 89{,}7\%}{91{,}4\%} = 2384{,}8\ \text{гл товарного пива.}$$

Аналогично производится пересчет остатка в бродильном цехе на товарное пиво, причем естественно используются соответствующие внутризаводские нормативы потерь.

В общем виде имеет место формула

$$\text{Количество товарного пива} = \frac{\text{Остаток} \times (100\% - \text{общие потери})}{100\% - \text{частичные потери по отделениям}}$$

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

Это можно проиллюстрировать на следующем примере: учет состояния на одном из пивзаводов показал следующие остатки пива:

в бродильном отделении	1420,00 гл
в отделении дображивания	8174,00 гл
на складе бочек с пивом	210,00 гл
на складе бутылочного пива	32,00 гл

Для данного сорта пива опытные показатели потерь были следующими:

Масса	Потери в варочном отделении (%)	Пересчет на массу отпускного пива
Количество горячего охмеленного сусла	0	Количество горячего охмеленного сусла × 89,7% / 100%
Количество начального сусла	6,5	Количество начального сусла × 89,7% / 93,5%
Количество в отделении дображивания	8,6	Количество в отделении дображивания × 89,7% / 91,4%
Товарное пиво	10,3	Товарное пиво × 89,7% / 89,7%

В соответствии с этим пересчет выглядит следующим образом:

Подразделение	Объем остатка в гл	Расчетная формула	Товарное пиво в гл
Бродильное отделение	1420	$\frac{1430 \times 89{,}7\%}{93{,}5\%}$	1371,9
Отделение дображивания	8174	$\frac{8174 \times 89{,}7\%}{91{,}4\%}$	8021,9
Склад бочек	210	—	210,0
Склад бутылок	865	—	865,0
Итого, в пересчете на товарное пиво			= 10 468,8 гл

5.9.3. Расчет потерь по жидкой фазе

Из разности количества горячего охмеленного сусла за отчетный период и количества произведенного отпускного продукта рассчитываются потери по жидкой фазе (в процентном отношении к объему горячего охмеленного сусла).

Например:

горячее охмеленное сусло в апреле 11 692,0 гл

– произведенное товарное пиво 10 468,8 гл

= потери в количественном выражении 1223,2 гл

потери в процентном выражении 10,46%

Но как мы ранее условились, наш основанный на опыте показатель потерь для данного сорта составляет примерно 10,3%. Если в каком-то месяце получилось 10,46%, то это означает, что где-то что-то не в порядке. Что и где — необходимо установить.

Одна из возможностей состоит в том, чтобы из разности количества начального сусла за отчетный месяц и количества горячего охмеленного сусла рассчитать отдельно часть потерь по жидкой фазе, относящуюся к варочному и бродильному цехам, которые также выражаются в %:

если в апреле у нас были
горячее охмеленное сусло 11 692,0 гл и
начальное сусло 10 913,9 гл,
то получаются
потери на этом этапе в количественном выражении 778,1 гл и тем самым
потери в варочном и бродильных отделениях в процентном выражении 6,65%.

Таким образом получается:

	Общие потери по жидкой фазе	Частичные потери в варочном и бродильном отделениях
Показатели по опыту прошлых периодов	10,30%	6,5%
Апрельские показатели	10,46%	6,65%
Сверхнормативные потери	0,16%	0,15%

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Haute couture

Тем самым предположительно причину увеличения потерь следует искать на участке охлаждения сусла, так как он находится между горячим суслом и начальным суслом.

Постоянная проверка потерь имеет очень большое значение для внутрипроизводственного контроля, так как только таким путем можно быстро обнаружить и устранить ошибку. Кроме того, потерями интересуются фискальные органы как основанием для определения подконтрольных количеств пива.

В среднем потери пива по жидкой фазе составляют от 8 до 10% [50].

Следует иметь в виду, что благодаря объемному сжатию горячего сусла при охлаждении объем сусла, не вызванный действительными потерями, уменьшается ровно на 4,0%.

При открытом охлаждении испаряется примерно 2,5–3,0%;

В бродильном отделении потери составляют около 1,3–1,7%;

В отделении дображивания потери составляют около 0,6–0,8%;

В фильтрационном потери составляют около 0,8–1,0%;

В цехе розлива потери составляют около 0,2–0,8%.

5.9.4. Расчет расхода солода в кг на гл пива

Выше было показано, что потери являются внутрипроизводственным показателем, который легко поддается изменению при усовершенствовании технологических процессов. Дело обстоит иначе, если соотносят массу засыпи солода с конечным продуктом (товарным пивом). Итак, если массу засыпи разделить на количество произведенного товарного пива, то для конкретного сорта пива получится ***расход солода на единицу товарного пива в кг/гл.***

Например:

Израсходованное количество солода в апреле 383 460 кг

Количество товарного пива за апрель 22 078 гл

$$\text{Расход солода} = \frac{383\,460 \text{ кг}}{22\,078 \text{ гл}} = 17{,}4 \text{ кг солода/гл пива}$$

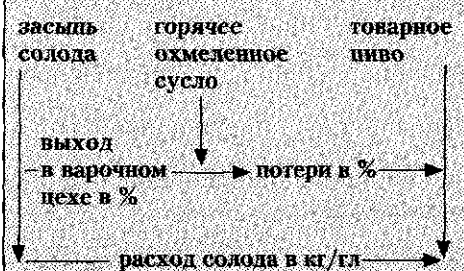
Этот показатель очень важен и им нельзя манипулировать.

Можно исходить из того, что на 1 гл товарного пива может понадобиться

При экстрактивности начального сусла 6%	9 кг солода;
При экстрактивности начального сусла 11%	17 кг солода;
При экстрактивности начального сусла 16%	26 кг солода.

Другими словами:

для количественного контроля на пивоваренном производстве имеются независимые одна от другой системы контроля, которые можно применить:



Выход экстракта в варочном цехе включает в себя показатели работы пивзавода, начиная от участка подработки и дробления зернопродуктов до горячего охмеленного сусла, сдаваемого в отделение охлаждения; потери по жидкой фазе характеризуют показатели работы пивзавода, начиная от стадии горячего охмеленного сусла до товарного пива.

Расход солода связывают обе системы внутрипроизводственного контроля и дает объективную картину работы всего пивоваренного производства.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 303 - 96 - 04 Полиграфоформления

Бессмысленно, да и невозможно, пытаться суммировать процентные показатели выхода экстракта в варочном цехе и потерь по жидкой фазе. Это не имеет смысла!

5.9.5. Оценка потерь и возможности их снижения

Важнейшей задачей каждого пивовара является сделать все возможное, чтобы по возможности свести потери к минимуму. Даже небольшие источники потерь с течением времени дают большие убытки!

Общие места образования потерь

Потери возникают из-за смачивания стенок рабочих емкостей. Наличие большого количества небольших емкостей в силу увеличения общей площади поверхности предопределяет более высокие потери.

Кроме того, сусло остается в трубопроводах, и чем они длиннее, тем больше потери.

Источниками потерь являются все места утечек.

На пивоваренном производстве имеются места с утечками сусла или пива. Если в одном месте каждую секунду падает одна-единственная капля (0,05 мл), то в течение года эта утечка превращается в 0,05 · 60 · 60 · 24 · 365 = = 1 576 800 мл = 15 761 л = 15,76 гл. Поэтому своевременно заменять уплотнения и ликвидировать все протечки очень важно.

Хмелевая дробина удерживает в себе сусло.

В хмелеотделителе содержащее экстракт сусло отделяется от хмелевой дробины не полностью. Частично потери сусла в хмелевой дробине можно уменьшить путем промывки ее небольшим количеством воды. Поэтому в настоящее время применяют гранулы хмеля или хмелевой экстракт. Если также перерабатывается натуральный хмель, то его размалывают и после использования собирают в виде взвесей горячего сусла.

Взвеси горячего сусла содержат остатки сусла.

Отделение сусла от взвесей происходит не полностью. Путем возврата взвесей в фильтрчан можно почти без потерь получить сусло из взвесей.

Дека, образующаяся в бродильных чанах, содержит экстракт.

Ненужные потери возникают и при наполнении чанов так, что завитки пены перетекают через край. Пиво содержится и в снятой деке. При неосторожном снятии деки теряется примерно от 10 до 20 л на 100 гл. На некоторых предприятиях снятую деку сначала вносят в специальный резервуар, где происходит отстаивание захваченного пива.

Пиво удерживают и остающиеся после брожения съемные дрожжи. Эти потери тем больше, чем менее плотно дрожжи оседают.

Если в следующую варку дрожжи добавляются без промежуточной промывки водой, то потери уменьшаются, так как удерживаемое ими пиво в этом случае не теряется. В связи с этим дрожжи по возможности следует задавать без промежуточной промывки водой. О способах рекуперации пива из дрожжей см. раздел 4.4.6.

При фильтровании на намывных рамных фильтр-прессах наблюдаются потери от 0,4 до 0,8%. У цилиндрических намывных фильтров потери меньше (примерно 0,3%), так как в них можно выдувать остатки пива и создавать противодавление при помощи CO_2.

Потери пива в современных линиях бутылочного розлива в настоящее время ниже, чем на более старом оборудовании, и составляют от 0,2 до 0,4%.

ЭТИКЕТКИ ОТ (812) 202 Haute couture

6. Мойка и дезинфекция

При оценке качества пива очень большое значение придается тому, чтобы пиво сохраняло свои показатели качества в течение длительного времени. К подобным показателям относятся вкус и аромат пива, пеностойкость, а также прозрачность (если, разумеется, не идет речь о типах пива с естественной мутностью).

Сохранение указанных выше показателей не может быть достигнуто лишь с помощью фильтрования – следует учитывать все факторы, обеспечивающие чистоту на производстве. Постоянное поддержание в чистоте всех производственных цехов и помещений, емкостей и трубопроводов, регулярное и полное удаление всех возникающих загрязнений – это непрелож-ные условия работы всех производственных цехов и участков.

Для уяснения задач и проблем, связанных с мойкой и дезинфекцией, рассмотрим

- материалы, из которых изготовлены емкости и трубопроводы, и их свойства;
- моющие и дезинфицирующие средства и
- некоторые способы мойки и дезинфекции в системе CIP, а также другие методы.

6.1. Материалы, используемые для изготовления емкостей и трубопроводов, и их устойчивость по отношению к моющим средствам

Иногда встречающиеся на пивоваренных предприятиях старые емкости изготовлены в большинстве случаев из стали и покрыты пивной смолкой или синтетическими покрытиями, защищающими их от контакта с пивом. Эти покрытия нейтральны и, как правило, их можно подвергать обработке обычными моющими средствами. Недостатком является то, что эти покрытия время от времени необходимо обновлять, так как их повреждения могут приводить к образованию очагов загрязнения.

Без специального покрытия применяются лишь алюминиевые емкости, так как они сразу же покрываются стойким окисленным слоем, который и защищает их от коррозии.

Вместе с тем существуют некоторые особенности в обращении с теми или иными материалами, прежде всего:

- с емкостями из алюминия;
- с емкостями и трубопроводами из нержавеющей стали;
- с емкостями и трубопроводами из других материалов.

6.1.1. Емкости из алюминия

Алюминий является сравнительно дешевым материалом, используемым для изготовления чанов и танков; он химически нейтрален, не выделяет вкусовых веществ и не требует поэтому никакого дополнительного покрытия. В этом смысле алюминий практически идеален, но:

- **алюминий восприимчив к щелочным средствам и быстро разрушается; в щелочной среде гладкая поверхность алюминия сильно изменяется – появляются очаги разъедания (из-за этого возникает опасность образования очагов загрязнения), и стенки емкости постепенно разрушаются;**
- **алюминий находится в конце ряда электрохимического потенциала элементов; если он входит в соприкосно-**

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

вение с другими металлами (например, при использовании медных трубчатых холодильников, устанавливаемых в алюминиевых чанах), то со временем алюминий разрушится, и поэтому необходимо предусмотреть, чтобы он был изолирован от других металлов;

- **алюминий чувствителен к сильным кислотам и при их использовании для мойки быстро разрушается; в связи с этим он применим только при высокой чистоте (> 99,9% Al);**
- **алюминий очень мягок и, следовательно, восприимчив к воздействию вакуума; даже при небольшом разрежении в лагерном танке существует опасность, что танк может деформироваться!**

В связи с вышеизложенным на пивоваренных предприятиях алюминий применяется все реже.

6.1.2. Емкости и трубопроводы из нержавеющей стали

Зачастую на пивоваренных предприятиях не имеют четкого представления о свойствах нержавеющей стали.

Нержавеющая сталь в отличие от черной (ржавеющей) стали является легированной сталью с добавкой хрома, никеля, молибдена и других материалов, защищающих от коррозии (окисления) и делающих ее устойчивой к внешнему воздействию.

В Германии стали по своему составу стандартизованы по DIN 17006 и 17007 и снабжены номером материала, гарантирующим их состав. Интересующие нас типы нержавеющей стали, из которых изготавливается большинство емкостей варочного цеха, ЦКТ, насосов, трубопроводов и т. д., представлены в приведенной ниже таблице.

Из таблицы видно, что обозначения V2A, V4A и т. д. (фирменные обозначения одного из изготовителей) относятся к целому ряду различных видов сталей, которые различаются как по своим свойствам, так и по сферам применения.

В настоящее время употребляются обозначения: нержавеющая (= легированная) сталь, хромо-никелевая сталь (Cr-Ni-сталь) или, для повышения точности обозначения, дается название с упоминанием номера материала.

Особо следует указать на то, что именно хромо-никелевая сталь неустойчива против хлоридсодержащих моющих и дезинфицирующих средств. Применяя содержащие гипохлорит моющие средства, следует избегать смешивания их с кислотными моющими средствами, так как в противном случае довольно скоро возникнет сквозная коррозия материала. Моющие растворы, содержащие активный хлор, также не должны храниться в хромо-никелевых емкостях.

На пивоваренном производстве большинство емкостей и трубопроводов изготовлены из

- Cr-Ni-сталей 1.4301 или 1.4541 или
- Cr-Ni-Mo-сталей 1.4401, 1.4404 или 1.4571.

Следовательно, при использовании моющих и дезинфицирующих средств для предотвращения возможного ущерба необходимо точно проверить состав этих средств и устойчивость к ним различных материалов.

При температурах выше 30 °C уже при выборе материала следует учитывать возможное содержание ионов хлора (> 50 мг/л). Поскольку нержавеющая сталь не нуждается в дополнительном покрытии и не придает продукту постороннего привкуса, то существенных ограничений на ее применение не наблюдается. Главное преимущество заключается в том, что благодаря ее невосприимчивости к кислотам и щелочам такая сталь очень хорошо подходит для мойки в системах CIP, и поэтому из нее изготавливается большинство современных агрегатов. При этом важно, чтобы внутренняя поверхность емкостей была по возможности гладкой (с малой глубиной шероховатости), что позволит производить тщательную мойку и устранять все места скопления бактерий. В первую очередь это касается необходимости следующих видов обработки:

- шлифовки сварных швов;
- полировки (электрическим методом) внутренней поверхности,

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

№ материала по DIN 17007	Сокращенное наименование по DIN 17006	Свойства и сферы применения	Устаревшее обозначение
1.4301 1.4306 1.4541 1.4550	X 5 CrNi 18 10 X 2 CrNi 19 11 X 6 CrNiTi 18 10 X 6 CrNiNb 18 10	Для воды и мало загрязненных сточных вод, пищевых продуктов и органических кислот, до величины pH в среде, равной примерно 4,5, – общее применение; может использоваться в агрессивных средах с низким содержанием хлоридов. При использовании содержащих гипохлориты моющих средств при значениях pH ниже 9,0 существует опасность сквозной коррозии	V2A
1.4401 1.4404 1.4571 1.4580	X 5 CrNiMo 17 12 2 X 2 CrNiMo 17 13 2 X 6 CrNiMoTi 17 12 2 X 6 CrNiMoNb 17 12 2	Повышенная общая коррозионная устойчивость по сравнению с сталями группы V2A. Предпочтительно применение для химического машиностроения; повышенная коррозионная устойчивость при высоком содержании хлоридов	V4A
1.4436 1.4435 1.4438	X 5 CrNiMo 17 13 3 X 2 CrNiMo 18 14 3 X 2 CrNiMo 18 16 4	Повышенная по сравнению с группой V4A коррозионная устойчивость против неокисляющих кислот и хлоридсодержащих агрессивных сред	V44A Supra V18A Supra NK
1.4439	X 2 CrNiMoN 17 13 5	Высокая коррозионная устойчивость против неокисляющих кислот и хлоридсодержащих сред (например, морская вода, гипохлорит натрия)	ASN 5 W Novonox AS 175h
1.4506	X 4 NiCrMoCuTi 20 18 2	Повышенная коррозионная устойчивость против серной и фосфорной кислот; применяется в химической промышленности	V16A Extra

Это особенно важно для всех емкостей, фильтров, насосов и трубопроводов в области низких температур, начиная с момента брожения (см. раздел 4.4.1.1). Легированные стали достигают своей коррозийной устойчивости лишь в том случае, если их поверхность металлически чиста и может образовать пассивный слой. Поэтому после аргонной сварки окисленный слой или окрашенные натеки должны быть тщательно удалены механически (при помощи щеток или шлифовальной ленты) или химически (при помощи протравливания).

Нержавеющая сталь не должна соприкасаться с другими железосодержащими материалами, поскольку ионы железа могут привести к коррозии.

6.1.3. Шланги и уплотнения

Большинство шлангов изготавливается из резины. Резиновые шланги представляют определенную инфекционную опасность, так как люди всегда склонны по внешнему виду шланга судить о его внутреннем состоянии, и зачастую это приводит к большим заблуждениям.

Резиновые шланги внутри подвергаются значительно большим загрязнениям и плохо промываются (шланговая ванна). Обнаружение внутренних трещин и дефектов резиновых шлангов связано с определенными затруднениями.

Резиновые шланги можно промывать только слабощелочным раствором. Окисляющие кислоты (например, азотная) и ионы меди ускоряют старение резины. В связи с этим следует следить за тем, чтобы в одном цикле никогда не промывались резиновые шланги и, например, трубопроводы из меди.

Качество резины может быть довольно разным. Некоторые резиновые шлаги выделяют в пиво вкусовые вещества – особенно при наличии внутренних повреждений или старе-

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

нии резины. В связи с этим резиновые шланги следует проверять на их совместимость с продуктом.

Во избежание опасности микробиологического загрязнения пива от шлангов и поглощения кислорода, на пивоваренных предприятиях резиновые шланги постепенно вытесняются жесткой обвязкой трубопроводами.

Такими же проблематичными, как резиновые шланги, являются ***уплотнительные материалы***, которыми снабжены соединения и арматура. Поскольку они входят в соприкосновения с пивом, то должны иметь предписанную законодательством степень чистоты и ни в коем случае не передавать в пиво вкусовые вещества.

Уплотнения изготавливаются из резиноподобных эластичных материалов, различающихся по своей твердости, прочности на растяжение и на разрыв, по устойчивости к температурному воздействию, а также по степени набухания.

К основным резиноподобным материалам с относительно высокой степенью устойчивости к воздействию химикатов и температуры относятся эластомеры на основе:

- NBR — (акрил)–нитрил–бутадиен–каучука;
- силиконовой резины;
- PTFE — политетрафторэтилена;
- EPDM — этилен–пропилен–диен–смешанного полимеризата.

Повышенной устойчивостью обладают также фтор-эластомеры.

Поскольку в циркуляционной мойке CIP со средами соприкасаются и уплотнения, то содержащиеся в моющих и дезинфицирующих средствах реагенты разъедают материал уплотнений по-разному (см. таблицу на следующей странице).

6.2. Моющие средства

В ходе мойки с поверхностей емкостей и т. п. удаляются

остатки продукта и отложения — такие, как белковые вещества, смолы, масла, органические и неорганические соли,

микроорганизмы.

В ходе дезинфекции при помощи химического воздействия, а при стерилизации при помощи термического воздействия должна быть достигнута стерильность поверхности.

Различаются следующие виды загрязнений:

растворимые вещества, которые удаляются в ходе процесса мойки;

вещества, склонные к эмульгированию, но не растворимые; эти вещества следует эмульгировать;

неэмульгируемые и нерастворимые вещества, которые должны быть сэмульгированы после смачивания.

	Сокращенное обозначение по ISO R 1629	Характерный цвет	Защищенная торговая марка
Резиноподобные эластичные материалы			
Акрилнитрил–бутадиен–каучук	NBR	синий	Пербунан®
Хлорбутадиен–каучук	CR		
Фтор–каучук	FPM		Неопрен®
Этилен–пропилен–диен–каучук	EPDM	черный	Витон®
Винил–метил–полисилоксан	MPQ	красный	Буна АП (Buna AP®)
Термопластичные материалы			Силиконовый каучук
Политетрафторэтилен	PTFE		
Поливинилхлорид	PVC		Тефлон®
Полиамид	PA		Нейлон®

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Тип продукта	Концентрация	Температура, °C	Подходящий резиново-подобный эластичный материал
На основе щелочи (жидкий или порошкообразный)	1,5–4%	до 140 °C	EPDM
На основе едкой щелочи с содержанием активного хлора (жидкий)	2,5–5%	до 70 °C	(NBR), EPDM
На основе фосфорной кислоты	2,5–5%	до 90 °C	(NBR), EPDM
На основе азотной кислоты	2,5–5%	до 50 °C	EPDM
На основе азотной кислоты	2,5%	до 90 °C	EPDM, с ограничениями
На основе азотной кислоты	5%	до 90 °C	–
Активный хлор (жидкий)	0,5%	до 60 °C	NBR, CR, EPDM
Надуксусная кислота/H_2O_2	0,2–1%	до 90 °C	NBR, EPDM

Простейшим и беспроблемным моющим средством является вода.

При мойке вручную успешно применяется вода в сочетании со всевозможными щетками и швабрами различного вида и размера. Однако в настоящее время вымыть все имеющееся на предприятии оборудование таким образом уже не удается, хотя и забывать о ручном способе мойки не следует. Мойка водой под давлением, которая обычно производится при помощи струйных насадок, в первую очередь важна для основательной очистки внутренних поверхностей аппаратов и отдельных элементов установок, которые не подключены к станции CIP и не могут быть подвергнуты обработке в щелочной ванне.

К моющим средствам предъявляются следующие требования:

- хорошая растворимость в воде;
- хорошая моющая способность;
- эффективность действия при низких температурах;
- хорошая смачивающая способность;
- хорошая удерживающая способность по отношению к загрязнениям;
- отсутствие пенообразования;
- хорошая смываемость, неспособность к образованию отложений;
- отсутствие реакций с солями, содержащимися в воде;
- отсутствие коррозионной активности;
- простота обращения с моющим средством;
- невысокая стоимость;
- небольшая нагрузка на сточные воды.

В настоящее время моющие средства предлагаются в различных формах (порошок, паста, жидкость). Обычно предпочтение отдают жидкой форме, так как в этом случае с моющим средством легче обращаться и проще его дозировать.

Все выпускаемые моющие средства содержат два компонента:

- **основное вещество** (едкий натр или кислота);
- **действующие вещества** (стабилизаторы, растворители, детергенты).

По величине pH различают:

- щелочные, кислые и нейтральные *моющие* средства;
- кислотные, нейтральные и щелочные *дезинфицирующие* средства.

Щелочные моющие средства изготавливают преимущественно на основе 60–80%-ного едкого натра с добавлением соды, метасиликата, полифосфатов, тринатрийфосфата, смачивающих средств и ингибиторов.

Кислотные моющие средства содержат фосфорную, серную, азотную, глюконовую или лимонную кислоты, а также ингибиторы, добавляемые к основе.

Говоря об эффективности мойки, следует учитывать еще одно обстоятельство: в любой точке емкости, соприкасающейся с пивом, неизбежно образуется растущее со временем отложение ***пивного камня***. Его шероховатая поверхность образует прекрасное «убежище» для загрязняющей микрофлоры, и поэтому удалять пивной камень следует регулярно.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Лучшим средством для этого по-прежнему остается разбавленная ***азотная кислота***.

Большинство моющих средств изготавливаются на базе едкого натра. Они хорошо очищают поверхности и обладают антибактериальным действием. Благодаря добавкам можно существенно увеличить эффективность мойки, и одной из таких групп добавок являются поверхностно-активные вещества (ПАВ).

ПАВ, также называемые тензидами — это водорастворимые, активно моющие соединения. Их добавляют в моющие средства для снижения поверхностного натяжения воды и для растворения загрязнений.

В Германии действующее законодательство предписывает как минимум 80%-ную расщепляемость тензидов. В каталогах моющих средств всегда указывается, содержит ли данное средство ПАВ или нет.

При ополаскивании оборудования после мойки ПАВ должны полностью смываться, так как они способны разрушать пену пива (см. также раздел 5.1.2.3.1).

6.3. Дезинфицирующие средства

К дезинфицирующим средствам предъявляются те же требования, что и к моющим средствам, только вместо понятия моющего эффекта к ним применимо понятие «дезинфицирующий эффект» (по возможности — широкого спектра действия), который является решающим фактором.

В качестве дезинфицирующих средств преимущественно используются:

- галогенсодержащие средства (например, NaOCl — *гипохлорит натрия*, ClO_2 — хлордиоксид, Cl_2 — хлор (газообразный));
- окислители (H_2O_2, надуксусная кислота);
- четвертичные аммонийные соединения;
- амфотензиды.

Хлорсодержащие дезинфицирующие средства образуют хлорноватую кислоту, из которой отщепляется атомарный кислород. Именно он оказывает токсическое действие на микроорганизмы.

Четвертичные аммонийные соединения присутствуют во многих дезинфицирующих средствах и являются нейтрально реагирующими катион-активными ПАВ, обладающими хорошим бактерицидным действием. Они имеют очень высокую поверхностную активность, благодаря чему обеспечивается хорошее смачивание. К их недостаткам можно отнести затруднения при смывании (проблемы с остаточным содержанием).

Надуксусная кислота применяется в 0,01–0,1%-ной концентрации. Действие этого дезинфицирующего средства основано на отщеплении атомарного кислорода, который оказывает дезинфицирующее действие, а после перехода в молекулярную форму исчезает из раствора. В этом отношении надуксусная кислота является идеальным дезинфицирующим средством, поскольку после ее применения нет необходимости удалять остатки дезинфектанта.

Однако в общем случае при мойке и дезинфекции не следует забывать о том, что применяющиеся средства переходят в сточные воды, очистка которых может представлять серьезную экономическую проблему.

Проблема особого рода для отработанной воды состоит в применении ***хлорсодержащих моющих средств*** [71]. Хлорсодержащие средства образуют адсорбируемые органические галогенные соединения (AOX — Adsorbierbare organische Halogenverbindungen), которые попадают в сточные воды (см. раздел 9.2.1) и существенно увеличивают стоимость их очистки.

В рамках данной книги невозможно перечислить все имеющиеся моющие и дезинфицирующие средства с указанием их состава и применяемой концентрации. Для этого пришлось бы сослаться на действующие на определенных предприятиях правила их применения и накопленный производственный опыт. Тем не менее следует основательно ознакомиться с каталогами предлагаемых моющих и дезинфицирующих средств, в частности для уяснения того,

- для каких целей должно применяться данное средство;
- какие рекомендуются его концентрации;
- какова совместимость материалов и какие существуют ограничения по их применению.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

6.4. Проведение мойки и дезинфекции в системе CIP

На небольших производствах и при работе с небольшими установками господствуют щетки и швабры, и в ближайшем будущем там не приходится ожидать существенных изменений. Однако с увеличением объема резервуаров и размеров аппаратов ручная мойка и дезинфекция становятся все менее рациональными, а затем и вовсе невозможными. Подобное развитие ведет к необходимости организации двухфункциональных производственных узлов, а именно станций мойки и дезинфекции, которые осуществляют мойку на месте при помощи стационарной установки в CIP-режиме (cleaning-in-place, то есть безразборной мойки), сокращенно — CIP. При соответствующей автоматизации установок тем самым экономится драгоценное рабочее время.

В настоящее время в пивоварении все машины и установки изначально проектируются таким образом, чтобы они были приспособлены к CIP, то есть были бы включены в циклы CIP. Тем самым современное оборудование пивоваренного производства полностью исключает мойку вручную — от варочного цеха до линии розлива. Независимо от подобного решения на каждом пивоваренном предприятии присутствуют такие элементы установок, как изгибы труб, муфты, клапаны и т. п., которые не могут быть включены в циркуляционный контур. Чтобы иметь возможность в достаточной степени мыть и дезинфицировать и эти детали, существуют специальные ванны с дезинфицирующим раствором, куда можно помещать подобные элементы. На некоторых предприятиях встречаются также удлиненные ***ванны для дезинфекции и обеззараживания шлангов***.

Важно, чтобы концентрация растворов в этих ваннах постоянно проверялась, так как их дезинфицирующая сила со временем уменьшается, и в конце концов они могут стать питательной средой для вредной микрофлоры. Дезинфицирующие средства время от времени следует менять, чтобы предотвратить возможность приспособления (резистентности) контаминантов к какому-либо средству (это в особенности относится к четвертичным аммонийным соединениям).

Для заполнения подобных удлиненных ванн не подходит надуксусная кислота, так как она со временем разъедает резину.

Элементы дезинфекционных ванн следует располагать так, чтобы жидкостью могли быть охвачены все поверхности. Возможность образования воздушных пузырей должна быть исключена.

Станция CIP включает в себя следующие емкости (рис. 6.1):

- один танк (накопительный) для свежей воды (*1*);
- один танк для оборотной воды (*2*);
- один танк для дезинфицирующего раствора или горячей воды (*3*);
- один танк для раствора кислоты (*4*);
- один танк для щелочного раствора (*5*);
- один циркуляционный насос (*6*);
- одну станцию нагрева (*7*)
- а также многочисленные трубопроводы, вентили и насосы.

Из этой системы танков при помощи автоматического управления поток сред под напором закачивается в емкости и трубопроводы циркуляционной системы. Продолжительность, объем, температуры и т. п. определяются на основе производственного опыта. В качестве примера можно привести следующую последовательность операций:

- Первичное ополаскивание водой. В этих целях применяется хранящаяся в танке оборотной воды промывочная вода (ополосы) от предыдущего цикла 3–5 мин.
- Вытекание воды 1–3 мин.
- Мойка щелочным моющим раствором в режиме циркуляции при концентрации 1–2% и температуре 70 °С 30–50 мин.
- Вытекание раствора щелочи 1–3 мин.
- Промежуточное ополаскивание водой 4–5 мин.
- Вытекание воды 1–3 мин.
- Мойка 1–2%-ным раствором азотной кислоты 10–15 мин.
- Вытекание раствора кислоты 1–3 мин.
- Промежуточное ополаскивание водой 2–3 мин.
- Вытекание воды 1–3 мин.
- Промывка дезинфицирующим средством 15–20 мин.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

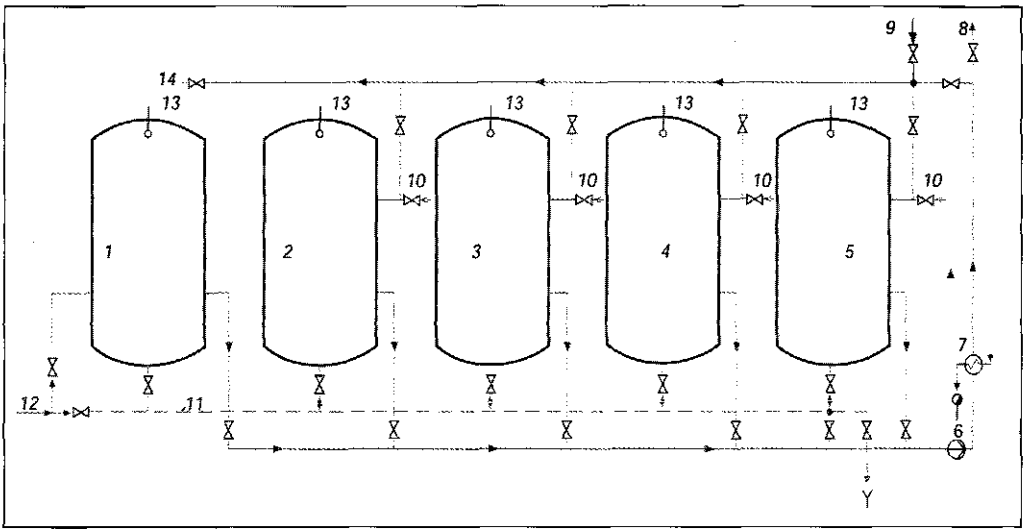


Рис. 6.1. Станция CIP (описание позиций 1–7 см. в тексте):

8 — циркуляционный трубопровод; 9 — трубопровод линии возврата; 10 — трубопровод заполнения танков для растворов средств мойки и дезинфекции R + D (R — мойка, D — дезинфекция); 11 — опорожнение; 12 — подача свежей воды; 13 — мойка танков системы CIP; 14 — возврат моющих и дезинфицирующих растворов

- Вытекание раствора дезинфицирующего средства 1–3 мин.
- Ополаскивание свежей водой 3–5 мин.
- Вытекание воды 1–3 мин.

Таким образом вся программа длится 1–2 ч.

К описанию установки CIP следует добавить также, что

- *танки CIP* должны быть оснащены всеми элементами, обеспечивающими их бесперебойную работу, такими, как перелив, люк обслуживания, указатель уровня наполнения, приспособления для взятия проб, внутренней мойки, вытяжки испарений и теплоизоляции (у обогреваемых резервуаров);
- *насосы, трубопроводы и арматура* должны быть подобраны так, чтобы не могла возникнуть кавитация (см. раздел 10.5.1.3); следует исключить возможность ошибочного смешивания сред (с помощью соответствующей системы блокировки);
- *прием и хранение химикатов* должны осуществляться в соответствии с действующими предписаниями, исключая возможность нанесения ущерба, так как в данном случае речь идет о больших объемах жидкого продукта, следовательно, необходима особая осторожность;
- *измерительная техника и система управления* установкой CIP должны обеспечивать бесперебойную работу в определенной последовательности; важнейшими измеряемыми величинами при этом являются проводимость отдельных сред, температура и объемный расход.

При проведении безразборной мойки следует обеспечить недопустимость попадания загрязнений из одного отделения (цеха) в другие. Поэтому используются локальные станции CIP, при помощи которых может осуществляться независимая обработка отдельных агрегатов. Так, например, некоторые участки производства всегда подвергаются горячей обработке, а другие — лишь иногда. Возможное распределение локальных установок CIP [146] может выглядеть следующим образом:

- установки для мойки варочного цеха и линии перекачки сусла;
- установки для мойки трубопроводов нефильтрованного продукта;

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

- установки для танков с нефильтрованным пивом;
- установки для участка фильтрованного пива и цеха розлива.

Установки для мойки варочного цеха и линии перекачки сусла обычно включают:

- танки с горячей щелочью (для мойки варочных аппаратов);
- танки с горячей щелочью (для мойки линии перекачки сусла) (они разделены из-за сильной загрязненности щелочных растворов после мойки варочных аппаратов);
- танки с раствором кислоты;
- танки с дезинфицирующими средствами (для обработки линии перекачки сусла);
- танки со свежей и оборотной водой.

Мойка аппаратов варочного цеха осуществляется в настоящее время при ограниченной концентрации щелочи (2–3%-ный раствор NaOH) и с использованием окислителей в виде добавок, которые значительно ускоряют процесс мойки и повышают ее эффективность. Благодаря последующей кратковременной промывке кислотой остатки моющего средства нейтрализуются, и емкости или трубопроводы промываются затем свежей водой.

Установки для мойки трубопроводов линии нефильтрованного пива состоят из:

- танков с горячей щелочью;
- танков с кислотой;
- танков со свежей водой (которая может также браться непосредственно из водопроводной сети);
- танков с оборотной водой;
- танков с дезинфицирующими растворами.

Трубопроводы, как и варочные аппараты, подвергаются, как правило, горячей обработке, нейтрализуются кислотой и основательно промываются свежей водой. Очень важна заключительная дезинфекция раствором надуксусной кислоты или раствором диоксида хлора.

Для мойки ***танков с нефильтрованным продуктом (ЦКТ)*** имеется несколько возможностей.

Щелочная горячая мойка

Щелочная горячая мойка является широко распространенным способом мойки танков. При этом танк промывается определенным количеством раствора щелочи (раствор едкого натра или моющего средства на базе NaOH).

Проблемы:

- NaOH в реакции с CO_2 образует нерастворимый гидрокарбонат натрия ($NaHCO_3$), который выделяется из раствора и делает щелочной раствор неэффективным. Следовательно, чтобы исключить потери щелочи, сначала нужно удалить CO_2. С другой стороны, инертный CO_2 важен для производства, поскольку он препятствует окислению продукта. Для удаления CO_2 предлагаются два варианта:

  Вариант 1

  Содержимое танка полностью вытесняется воздухом (время опорожнения < 12 ч). Подушка CO_2 надежно защищает пиво от воздействия кислорода. Если освободиться должна только часть танка, то сначала следует применить CO_2 для создания противодавления. После опорожнения давление в танке сбрасывается через конус: сначала выходит CO_2, затем воздух! После этого танк свободен от CO_2.

  Вариант 2

  Пустой танк продувается воздухом (путем подачи его сверху) или, что с энергетической точки зрения выгоднее, CO_2 отсасывается или вытесняется воздухом. Для этого может быть использован вентилятор высокого давления.
- В последнее время делаются попытки с помощью чистого азота (99,9%) полностью удалить из танка кислород, однако получение дешевого азота с достаточной степенью чистоты – дело будущего.
- Если закрыт вакуумный клапан, то при впрыскивании холодной воды внутри танка может возникнуть разрежение (вакуум) и танк может быстро деформироваться. Поэтому на практике прибегают обычно к образованию избыточного давления, которое затем на стадии охлаждения снижается, или к контролю уровня давления с помощью системы управления, когда в случае необходимости добавляют газ.
- Горячая обработка возможна при температуре до 90 °C и более, но лишь при условии, что танк рассчитан на такую температуру. Как правило, это не так, и поэтому

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

зачастую мойку ЦКТ производят при умеренных температурах (не выше 35 °С).

Имеется также возможность проводить щелочную холодную обработку танка, что, впрочем, не дает достаточного эффекта. Предпочтительнее в этом случае сочетать щелочную и кислотную мойку.

Кислотная одностадийная мойка

Мойка в течение длительного времени только кислотными средствами не будет давать желаемого результата, так как удаление частичек загрязнений будет недостаточным, а моющий раствор будет все больше загрязняться. Преимуществом в данном случае является то, что при кислотной промывке не мешает присутствие атмосферы диоксида углерода, и тем самым отпадает необходимость предварительного устранения CO_2, что позволяет уменьшить затраты. Новейшие разработки кислотных моющих средств на базе азотной и фосфорной кислот, а также (частично) глюконовой кислоты, в сочетании с ПАВ и антивспенивателями позволили обеспечить основательное растворение загрязнений в танке путем кислотной мойки, а также проводить дезинфекцию в более короткие сроки. Такой вид мойки все шире внедряется для мойки форфасов. При этом для осуществления операций требуется следующее время:

- первое ополаскивание 10 мин;
- обработка кислотным раствором 60 мин;
- промежуточное ополаскивание 5 мин;
- обработка дезинфицирующим раствором 15 мин;
- ополаскивание свежей водой 10 мин.

Установки для мойки оборудования линии фильтрованного пива

К ним относится фильтр, трубопроводы, расположенные за фильтром, форфасное отделение и трубопроводы, ведущие на розлив.

Предусмотрены:

- танк для щелочного моющего средства;
- танк для кислотного моющего средства;
- танк для горячей воды (подкисленной);
- танк для воды;
- танк для дезинфицирующего средства.

Данный участок производства особенно уязвим, поскольку образующаяся здесь контаминация пива не поддается устранению и оказывает вредное влияние на качество пива.

В ходе рассмотрения проблем мойки блока розлива и укупоривания уже указывалось на необходимость их интенсивной мойки. Во избежание закрепления очагов микрофлоры на загрузочном столе и карусели блока розлива был даже разработан «микробиологический» загрузочный стол (рис. 6.2).

Пенная обработка

Особым видом мойки является пенная обработка, применяемая чаще всего для наружной очистки емкостей и установок. С ее помощью стремятся избежать недостатков других методов мойки, например:

- струя, направленная под давлением до 200 бар, попадает не только на очаги заражения, но и в шарикоподшипники, электроустройства и подвижные детали; вследствие этого туда попадает вода и стимулирует коррозию;
- с каплями разбрызгиваемой воды бактерии переносятся и обнаруживаются в других местах;
- жидкие моющие средства быстро стекают по вертикальным поверхностям и не оказывают должного воздействия (или оказывают его кратковременно).

При нанесении соответствующего средства с пеной эти недостатки устраняются. Моющая пена образуется циркуляционным насосом с давлением в 12–25 бар при помощи добавления воздуха и наносится на подлежащие очистке поверхности слоем толщиной примерно 2 мм. Иногда для образования пены бывает достаточно даже простого распыления (давление < 3 бар).

Пена распределяется и постепенно заполняет углубления и выемки. Размокшие частицы загрязнений улавливаются пеной и затем могут быть легко смыты. При этом бактерии не распыляются в окружающем пространстве, а смываются вместе с пеной. Пена хорошо видна, и ее остатки свидетельствует о недостаточном ополаскивании.

Пенная обработка хорошо себя зарекомендовала на практике.

Современное пивоваренное предприятие должно быть чистым, как дом из стекла, без грязных уголков — только в таком

DÖHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

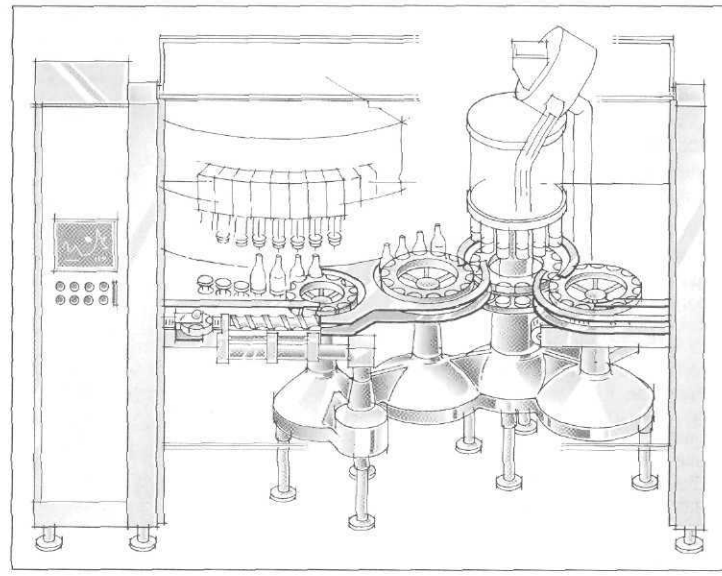


Рис. 6.2. «Микробиологический» загрузочный стол (фирма KHS, г. Дортмунд)

состоянии его можно показывать посетителям, которые ждут от производителя пива идеальной чистоты. Такая идеальная, «открытая для всех» чистота должна стать наистрожайшим правилом для всех цехов!

В CIP-установке моющий раствор в ходе использования вбирает в себя загрязнения и поэтому применение его ограничено. Существуют две возможности:

- моющий раствор используется только дважды: один раз для окончательной мойки, второй — для первичной мойки; после этого щелочь *либо выбрасывают, либо*
- очищают так же, как щелочь для мойки бутылок (см. раздел 5.2.1.6.3) — путем отстаивания с последующим фильтрованием или иной обработкой.

Применение бывшего в употреблении моющего и дезинфицирующего растворов допустимо и целесообразно лишь в ограниченной степени. В настоящее время растет интерес к такому исполнению установок, чтобы можно было сочетать и ***оборотную, и потерянную мойку*** (рис. 6.3).

При помощи подобной установки можно:

- брать моющий раствор из оборотного танка или в обход его готовить свежий раствор непосредственно из концентрата;
- использовать моющее средство повторно или слить его (*потерянная мойка*);
- довести моющий раствор до нужной температуры;
- установить требуемую концентрацию моющего средства; повышение концентрации *производится с помощью* станции дозирования (*5*); в оборотном танке в этом случае содержится лишь самая слабая необходимая концентрация.

Своеобразная высокая и узкая форма буферной емкости (*4*) позволяет при минимальном наполнении получить высокое напорное давление воды, а также постоянство давления в системе мойки.

6.5. Процесс мойки

Мойка емкостей осуществляется путем разбрызгивания моющих средств. При этом применяются два способа — разбрызгивание при низком избыточном давлении или разбрызгивание при высоком давлении.

DÖHLER ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

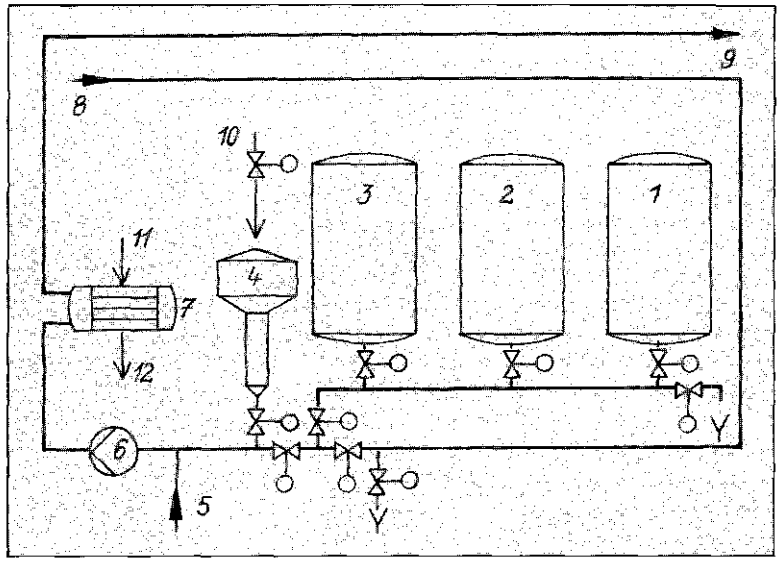


Рис. 6.3. Комбинированная установка для оборотной и потеряной мойки:

1 — оборотный танк для моющего раствора; 2 — оборотный танк для дезинфицирующего средства; 3 — танк для воды; 4 — буферная емкость для свежей воды; 5 — дозирование химикатов (щелочи, кислоты, дезинфицирующих средств); 6 — насос; 7 — узел нагрева; 8 — возврат; 9 — подача; 10 — свежая вода; 11 — пар; 12 — конденсат

При высоком избыточном давлении используется острая струя с давлением до 60 бар — преимущественно для механической очистки поверхностей.

При низком избыточном давлении (до 6 бар) на стенки емкости подают значительно больший объем жидкости (20–75 м^3/ч), и благодаря этому происходит преимущественно химическое воздействие. В настоящее время предпочитают в основном мойку при низком избыточном давлении. Цель состоит в том, чтобы соответствующие моющие головки и струйные насадки так расположить внутри емкости, чтобы все ее детали, даже расположенные в периферийных зонах, были всегда доступны для моющего средства. На рынке имеется широкий спектр моющих головок и струйных насадок, однако следует обращать внимание на то, чтобы все моющие головки имели небольшое нижнее отверстие, достаточное для стока всех остатков моющего средства.

В каждой установке CIP имеется два насоса — один закачивает моющий раствор в моющие головки через систему трубопроводов, а второй откачивает стекающий моющий раствор обратно. Для исключения скапливания моющего раствора в резервуарах этот второй насос должен иметь производительность на 25% больше первого.

Установка CIP работает бесперебойно только в том случае, если ведется постоянный контроль следующих аспектов:

- соблюдение логической и бесперебойной последовательности запрограммированных операций;
- правильности определения характеристик насосов;
- тщательности контроля моющих головок и концентрации растворов;
- исправности клапанов, датчиков и измерительных устройств;
- благоприятной для мойки конструкции всех элементов, соприкасающихся с продуктом;
- регулярности мойки самой станции CIP.

При помощи измерений на линии контролируют:

- объемную скорость потока;
- температуру;
- электрическую проводимость (тем самым — концентрацию) моющего раствора и таким образом — все данные о процессе мойки.

При промывке трубопроводов зачастую встречаются ошибки, причину которых не всегда удается сразу распознать.

ЛЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

Некоторые из подобных причин показаны на рис. 6.4 [51].

6.6. Механическая мойка

Даже если емкости внутри чистые, необходимо мыть соединительные элементы (такие, как калачи, заглушки, клапаны, соединительные патрубки и т. п.). Их мойка осуществляется обычно в ванне с моющим раствором, однако неподвижные наружные соединительные элементы (патрубки и т. п.) необходимо мыть механически. Для этого обычно применяют небольшие передвижные **моющие струйные аппараты высокого давления**. Для выполнения тщательной и полной мойки оборудования на предприятии должна существовать четкая программа.

Все элементы, которые не могут быть охвачены циклом CIP, следует мыть вручную щетками соответствующих форм и размеров и затем дезинфицировать. Одного механического воздействия струи жидкости здесь недостаточно. К подобным элементам относятся, например, пробковые краны, шаровые краны, задвижки, клапанные вентили со шпиндельвинтом, пробоотборные краны, которые следует вручную демонтировать, промыть, смазать силиконовой смазкой и заново смонтировать.

Даже после мойки всех емкостей в системе CIP чистота и порядок достигаются от-

Недостаток	Способ устранения
1. «Застойные зоны» для воды	Установить двойной угловой или тройниковый клапан вместо проходного
2. Воздушный мешок, образующийся из-за тупикового участка трубопровода, направленного вверх	Демонтаж
3. Воздушный мешок, образующийся в трубопроводе пружинного манометра	Использовать мембранный манометр
4. Воздушный мешок, образующийся в связи с тем, что из высшей точки трубопровода не вышел воздух. Такая же опасность присутствует, если у трубопровода имеется поворот вверх (4а)	Вытеснить воздух и исключить подобные сгибы труб
5. Остатки жидкости, образующиеся в повороте трубопровода, направленном вниз, если в этом месте не предусмотрен слив. Эта опасность всегда присутствует в самой нижней точке трубопровода (5а)	Исключить повороты трубопровода вниз. Предусмотреть возможность опорожнения трубопровода
6. Остатки жидкости в клапане	Использовать клапаны, которые при условии их соответствующей установки опорожняются без остатка
7. Застой жидкости в прогибах трубопровода	Проложить трубопроводы ровно с плавным уклоном и хорошо их закрепить
8.Застой жидкости в местах расширения или сужения трубопровода	Применять одинаковый условный проход по всему трубопроводу, переходники располагать на вертикальных участках труб, применять эксцентричный способ монтажа редуцирующих переходников
9. Применение трехходового крана или клапана, требующих разборки для мойки	Применять арматуру, подходящую для циркуляционной мойки
10. Резьбовое соединение сливного патрубка танка с находящимся внутри уплотнением	Применять сварные соединения для крепления патрубков к емкости.

Рис. 6.4. Наиболее часто встречающиеся причины недостатков при циркуляционной мойке

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

нюдь не полностью. Необходимо также, чтобы

- полы и канализационные лотки были вымыты щетками;
- емкости были чистыми снаружи;
- стены помещений были побелены или покрашены;
- спускные отверстия канализации и сливные желобы были вычищены и вымыты.

Но даже после того, как эти участки были приведены в порядок, следует не забыть провести грубую механическую уборку

- полов в дробильном отделении (они должны очищены от пыли, желательно пылесосом);
- заводского двора, который должен быть подметен так, чтобы на всем пивоваренном предприятии невозможно было бы найти грязного уголка.

6.7. Контроль мойки и дезинфекции

Результаты мойки и дезинфекции отражаются на степени загрязнения пива контаминантами. Наблюдение за всем этим осуществляет микробиологическая лаборатория (см. раздел 7.4.2), которая с помощью различных методов устанавливает время и место возникновения очага загрязнения и разрабатывает необходимые мероприятия.

6.8. Меры безопасности при проведении мойки и дезинфекции

При обращении с моющими и дезинфицирующими средствами основным условием является безопасность занятых этим работников. Большинство применяющихся средств может разъедать человеческую кожу или оставлять на ней следы ожогов. При работе с подобными веществами следует тщательно защищать руки и лицо (особенно глаза). При работе с моющими и дезинфицирующими средствами необходимо:

- соблюдать требования по технике безопасности;
- при смешивании химикатов всегда соблюдать последовательность «кислота–щелочь–вода»; при несоблюдении этого требования возможны самые неблагоприятные последствия;
- для предохранения глаз надевать защитные очки;
- использовать соответствующую рабочую одежду;
- выполнять предписания, например, неподалеку должны находиться приспособления для промывки глаз водой, душевые устройства и т. п.

ДЁЛЕР - 100%-ная КОНЦЕНТРАЦИЯ КАЧЕСТВА! Тел.(095) 9167411

7. Готовое пиво

Конечным результатом пивоваренных процессов является розлитое пиво. Решающей предпосылкой для сохранения круга имеющихся и приобретения новых клиентов остается всегда одинаково хорошее его качество.

Постоянная гарантия хорошего качества предполагает знание взаимосвязанных факторов, о которых и пойдет речь в этой главе. К ним относятся:

- основные компоненты пива, их значение;
- вкус и пена пива как важнейшие критерии его качества;
- сорта пива, их своеобразие и свойства;
- контроль качества пива.

7.1. Химический состав пива

Вода составляет большую (порядка 91–92%), но не важнейшую часть пива, и очень скоро потребитель это замечает.

Потребность человека в жидкости составляет 2–3 л в день. Она может удовлетворяться в разнообразных формах, но особенно хорошо утоляет жажду вода в пиве — в сочетании с растворенными минеральными веществами, CO_2 и низкой температурой ее потребления.

Важнейшим компонентом пива является спирт, и его доля составляет около 5% об. Он усваивается организмом непосредственно, превращаясь в энергию, что можно быстро заметить по изменению поведения некоторых людей.

Чем медленнее пиво пьют, тем ниже будет уровень алкоголя в крови, причем этот уровень будет еще ниже, если в желудке находится пища.

Действие небольших доз алкоголя обнаруживается по уменьшению психического торможения, возрастанию чувства удовольствия, повышению общительности и добродушия. Большие дозы алкоголя приводят к опьянению, и на него люди реагирует по-разному. Для каждого пивовара, ежедневно имеющего дело с пивом, постоянно владеть собой очень важно.

Хорошим пивоваром считается не тот, кто может варить очень много пива, а тот, кто может приготовить его наилучшим образом. Пивовар, который «лучший клиент» сам для себя, находится не на своем месте.

Данные о содержании в пиве спирта приводятся обычно в объемных процентах (% об.) и в массовых процентах (% масс.). Значения их существенно отличаются, так как при смешивании с водой спирт «прячется в ней» (то есть при смешивании 1 л воды и 1 л спирта не получается в сумме двух литров).

7.1.1. Компоненты пива

Ниже приведены данные о среднем содержании спирта в некоторых типах пива [93]:

Типы пива	Содержание спирта	% масс.	Содержание спирта	% об.
Хелль (светлое цельное, helles Vollbier)	3,8	3,3–4,5	4,9	4,3–5,8
Экспорт Хелль (Export Hell)	4,3	3,7–4,6	5,4	4,4–5,9
Мерцен (Märzen)	4,3	3,7–4,6	5,5	4,7–5,9
Пилзнер (Pilsner)	3,9	3,4–4,5	5,0	4,4–5,7
Бок (Bockbier)	5,0	4,2–5,9	6,4	5,5–7,5
Диетическое (Diätbier)	3,8	3,7–4,1	4,8	4,7–5,1
Безалкогольное (Alkoholfreies)	0,3	0,0–0,5	0,4	0,0–0,6
Легкое (Leicht)	2,2	1,6–2,8	2,8	2,0–3,6
Вайцен фолль (Weizenvoll)	4,0	3,5–4,6	5,2	4,5–5,9

Алкоголь содержится в пиве не только в виде этилового спирта. Он всегда присутствует совместно с другими высшими алифатическими спиртами, которые образуются благодаря обмену веществ дрожжей при брожении. Эти высшие спирты называют также сивушными маслами, и в больших количе-

ствах они могут приводить к головной боли, дрожанию век, к изменениям реакции, даже к отравлению, а также вызывать похмельный синдром.

Большие количества таких сивушных масел содержатся чаще всего в пиве с высоким содержанием алкоголя; пиво с небольшим содержанием алкоголя содержит меньше высших спиртов и потому существенно легче.

В пиве содержатся следующие высшие спирты:

Спирт	Концентрация, мг/л
n-пропанол	9,8
изобутанол	9,6
амиловые спирты	60,1
2-фенилэтанол	19,8

Эти спирты образуются дрожжами, причем они отнимают аминогруппы у аминокислот, содержащихся в сусле, и замещают их группой — ОН спиртов (см. раздел 1.4.2.2). При этом очень важную роль играет избыток или недостаток тех или иных аминокислот. Если, например, отсутствует валин, то образуется больше изобутанола, если отсутствует лейцин, то образуется больше 3-метилбутанола и т. д.

В этой связи еще раз важно указать на то, чтобы для образования возможно меньшего количества высших спиртов путем принятия соответствующих мер при затирании (см. раздел 3.2.1.5) образовалось бы как мишимум 20 мг аминного азота в 100 мл сусла. Это необходимо для нормальной жизнедеятельности дрожжей, при которой образуется минимальное количество высших спиртов.

Экстракт пива состоит примерно на 75–80% из углеводов, особенно декстринов (мальтотетраозы, мальтопентаозы) и, возможно, из мальтотриозы, на 6–9% из белковых веществ, на 4–5% из глицерина (глицерола), а также β-глюканов, минеральных, дубильных и горьких веществ, органических кислот и ряда соединений, которые оказывают на качество пива большое влияние, несмотря на то, что они присутствуют в весьма малых количествах.

Важное значение в составе экстракта имеют белковые вещества. Нормальными можно считать следующие значения:

общий азот в пиве	600–1100 мг/л
коагулируемый азот	18–20 мг/л
азот, осаждаемый $MgSO_4$	130–160 мг/л
α-аминный азот (FAN)	80–120 мг/л
формольный азот	160–210 мг/л

Эти белковые вещества на 80–85% поступают из солода и на 10–15% — из дрожжей. Их влияние на пеностойкость, полноту вкуса и стойкость пива хорошо известно.

Глицерин содержится в светлом пиве в количестве 500–1600 мг/л; он получается как побочный продукт при спиртовом брожении и участвует в формировании полноты и округленности вкуса пива.

На качество пива влияют также **минеральные вещества**, которые поступают в пиво большей частью из солода:

Минеральное вещество	Количество в пиве, мг/л	Физиологическое воздействие на человека
Натрий	30–32	Незначительное
Калий	500–600	При суточном потреблении около 250 мг способствует профилактике инфаркта миокарда; высокое содержание калия обладает диуретическим (мочегонным) действием
Кальций	35–40	Может предотвращать сердечно-сосудистые заболевания
Магний	100–110	Снижает уровень холестерина в крови, положительно сказывается на сердечной деятельности
Фосфаты	300–400	Являются важной составной частью костей и зубов; участвуют в накоплении и передаче энергии
Сульфаты	150–200	Несущественное
Хлориды	150–200	Суточная потребность человека около 2,5 г

Минеральное вещество	Количество в пиве, мг/л	Физиологическое воздействие на человека
Нитраты	10–80	Нитраты могут превращаться во вредные для здоровья нитриты. Количество нитратов в пиве значительно ниже предельного значения для питьевой воды (50 мг/л)

К другим экстрактивным веществам с незначительной концентрацией, но с существенным влиянием на качество пива относятся:

- β-глюканы 220–400 мг/л
- антоцианогены 5–50 мг/л

Содержащиеся в пиве фенольные соединения, особенно антоцианогены, действуют прежде всего как низкомолекулярные вещества. Они:

- обладают бактерицидным действием,
- стимулируют сердечную деятельность,
- предупреждают спазмы в желудке,
- участвуют в ресорбции железа и магния,
- обладают сильной редуцирующей способностью и
- препятствуют окислительным процессам в организме.

Разброс имеющихся данных свидетельствует, насколько велико различие в содержании экстрактивных веществ в разных типах и сортах пива.

Говоря о содержании экстракта, следует различать видимые и действительные значения экстрактивности, тем более что они сильно отличаются друг от друга. Видимое значение определяется непосредственно в пиве, а действительное — лишь после удаления спирта.

Примеры содержания экстракта в различных сортах пива [93]:

Типы пива	Видимый экстракт, %			Действительный экстракт, %		
	в ср.	от	до	в ср.	от	до
Светлое цельное (helle Vollbiere)	2,4	1,5	3,4	4,2	3,4	5,0
Экспорт Хелль (Export Hell)	2,7	2,0	3,9	4,6	2,7	6,0
Мерцен (Märzen)	3,3	2,5	4,3	5,2	4,6	6,1
Пилзнер (Pilsner)	2,3	1,5	3,7	4,1	2,9	5,6
Бок (Bock)	4,1	3,4	6,8	6,5	5,8	8,7
Диетическое (Diät)	−0,1	−1,2	−0,3	1,9	1,6	2,1
Безалкогольное (Alkoholfreies)	5,3	2,0	7,6	5,5	2,9	7,6
Вайцен фолль Пшеничное (Weizenvoll)	2,4	1,8	3,7	4,3	3,7	5,3

Следует представлять себе, что в пиве содержится существенно больше экстрактивных веществ, чем можно было бы предположить, основываясь на значениях конечной степени сбраживания 80–85%!

Должны приниматься во внимание также и другие вещества, содержащиеся в незначительной концентрации.

Вязкость пива составляет приблизительно 1,40–1,60 мПа · с. Более высокая вязкость затрудняет фильтрование пива.

Максимальное содержание вицинальных дикетонов (диацетила), измеряемое в конце дображивания, обычно составляет не более 0,1 мг/л; следует стремиться к тому, чтобы эта величина не превышала бы 0,1 мг/л.

Значение pH пива составляет 4,3–4,7; у пшеничного пива оно несколько ниже — 4,3–4,5.

Питательное и физиологическое значение пива очень велико. Если вынести за скобки бытовые представления о действии алкоголя, то обоснований для популярности пива может быть довольно много.

Пиво лучше других напитков утоляет жажду, то есть удовлетворяет потребность организма в жидкости.

Пиво возбуждает аппетит — вкус пива также побуждает пьющего к его дальнейшему употреблению.

Пиво стимулирует пищеварение. Это объясняется тем, что под действием небольшого количества алкоголя, а также выделяющейся двуокиси углерода усиливается дея-

тельность пищеварительных ферментов. Это стимулирующее действие пива имеет большое значение.

Пиво оказывает сильное мочегонное действие. Причину этого следует искать в компонентах хмеля и солях калия. Диурез может быть существенным и иногда ощущаться как неудобство. Диуретические свойства пива зачастую используются урологами для «промывания» почек и выведения почечных камней.

От пива не полнеют. При умеренном потреблении пива масса тела не изменяется.

Пиво обладает снотворным действием. Небольшие количества алкоголя через короткое время оказывают успокаивающее действие. В малых количествах пиво не вызывает усталости, а расслабляет, устраняя нервное напряжение. Если человек утомлен, снотворное действие алкоголя возрастает. Хмелевые смолы не оказывают влияния на усталость.

Хотя дрожжи при брожении извлекают из сусла почти весь ***витамин B_1***, в пиве все равно содержатся ценные витамины, прежде всего группы B (B_1 и B_2) и много витамина PP (никотиновой кислоты). Так как дрожжи в значительной степени еще насыщены ценным витамином B_1, то для здоровья полезнее пить нефильтрованное, богатое дрожжами пиво. Однако этому желанию противостоит совершенно обоснованное стремление пить отфильтрованное с блеском пиво. В состав готового пива типа «Пилзнер» входят [169]:

Спирт	4,8–5,1 % об. (мл/100 мл)
Экстракт	3,9–4,1 г/100 г
Вода	920 г/кг
Физиологическая калорийность пива	400–440 кДж/кг
Углеводы (> 40)*	27–30 г/л
Белки и аминокислоты (> 30)*	4,3 г/л
Минеральные вещества и микроэлементы (> 40)*	1500–1700 мг/л
в том числе:	
натрий	40–45 мг/л
витамины (> 14)*	200–220 мг/л
Органические и жирные кислоты (> 100)*	630–680 мг/л
Фенольные вещества (> 50)*	150–155 мг/л
Хмелевые вещества (> 130)*	250–500 мг/л
Двуокись углерода	0,50 г/100 г
Двуокись серы	3 мг/л
Нуклеиновые вещества (> 25)*	300 мг/л
Амины, амиды, пиразины (> 50)*	70 мг/л
Побочные продукты брожения (> 300)*	1500–1800 мг/л
Балластные вещества	1520–1530 мг/л
Нитраты	25–33 мг/л
Оксалаты	12–13 мг/л

7.1.2. Пиво и здоровье

В настоящее время постоянно раздаются призывы приравнять потребление пива к употреблению крепких алкогольных напитков и, соответственно, о его вреде для здоровья. Следует сказать, что это не соответствует действительности. Как видно из приведенных выше данных, в пиве содержатся многие хорошо усвояемые и полезные для здоровья вещества, и, кроме того, пиво оказывает успокаивающее и гармонизирующее действие на организм. Однако очевидно, что чрезмерное потребление пива в течение длительного времени вредит здоровью и может привести к возникновению алкогольной зависимости.

Поэтому следует различать [207]:

- ***умеренное потребление алкоголя,*** от которого не страдают ни личность, ни общество,
- ***злоупотребление алкоголем,*** под которым понимают избыточное употребление алкоголя, выходящее за пределы принятых общественных норм; сюда можно отнести, например, и потребление алкоголя за рулем или на рабочем месте;
- ***алкогольную зависимость,*** означающую, что человек во избежание плохого самочувствия испытывает непреодолимое желание пить регулярно; при этом страдает

* Указанные в скобках числа обозначают общее число отдельных соединений, объединенных в составе той или иной группы веществ.

физическое и духовное здоровье, разрушаются межличностные, общественные и хозяйственные отношения.

Исследования последних лет ясно показывают, что умеренное потребление пива не только не вредно, а наоборот, может оказывать положительное действие на здоровье человека [169, 207]. В пользу этого можно привести следующие соображения.

- Пиво не приводит к полноте, ведь люди испытывают тягу к еде не из-за пива. При умеренном употреблении пива масса тела не меняется или, если общее поступление энергии в организм остается постоянным, даже уменьшается.
- Умеренное потребление пива способствует уменьшению отложения жиров, так как алкоголь тормозит жировой обмен. Кроме того, умеренное потребление пива благоприятно влияет на свертываемость крови и регулирование артериального давления.
- Умеренное потребление пива положительно влияет на защитное действие холестерина (HDL). Одновременно оно снижает содержание той части холестерина (LDL), которая способствует атеросклерозу. Тем самым умеренное потребление пива уменьшает опасность возникновения инфаркта миокарда.
- Существуют доказательства того, что люди, потребляющие небольшое количество алкоголя, меньше страдают от сердечно-сосудистых заболеваний, чем те, кто вообще его не употребляют. В то же время наблюдается повышенная смертность среди сильно пьющих людей.
- При умеренном потреблении пива понижается уровень сахара в крови, что ведет к возрастанию количества инсулина и улучшению реакции на инсулин. От этого зависит не только содержание сахара в крови, но и жиров.
- У людей, умеренно потребляющих пиво, артериальное давление обычно ниже, чем у тех, кто его вообще не пьет. Благодаря этому наблюдаются положительные изменения в гормональном, водном и электролитическом обмене.
- Пиво способствует выделению мочи; при этом выходит больше поваренной соли, а вывод калия и магния тормозится. При высоком потреблении алкоголя наблюдается противоположный эффект.
- Умеренное потребление пива не приводит к дефициту в организме магния и калия. В последнее время активно исследуется особое защитное действие так называемых антиоксидантов (полифенолов). Эти вещества не только защищают сосудистую систему, но и уменьшают опасность развития онкологических заболеваний и инфаркта миокарда.

В целом исследования подтверждают, что у умеренно потребляющего пиво человека по сравнению с непьющим или сильно пьющим уменьшается риск возникновения инфаркта миокарда и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Обширные исследования [169] показали, что смертность и общее количество заболеваний сердечно-сосудистой системы минимальны у людей, потребляющих ежедневно от 20 до 40 г чистого алкоголя, что соответствует потреблению до двух бутылок пива в сутки. По результатам проводившихся ежегодно статистических исследований было установлено, что среди умерших вдвое больше трезвенников, чем людей, умеренно пьющих. Среди людей, употребляющих более 40 г алкоголя в сутки, число смертей всегда было выше.

В количественном выражении потребление от одной до трех бутылок легкого алкогольного напитка (в среднем — две) в сутки (что соответствует 13–39 г алкоголя (в среднем — 26 г) следует рассматривать как умеренное [207]. В пересчете на пиво это составляет от 1 до 3 бутылок по 0,33 л (в среднем — две бутылки по 0,33 л) с содержанием алкоголя до 40 г (или 50 мл) на литр.

Здесь можно привести ставшее в Германии крылатым выражение проф. Пендля (Piendl): «Одно пиво лучше, чем вообще без пива. Два пива лучше, чем одно. Однако четыре пива отнюдь не вдвое лучше, чем два».

7.2. Органолептические показатели пива

Органолептические показатели пива — важнейшие критерии его качества, значение которых во многом зависит от типа и сорта пива,

а также от страны его изготовления (в отечественном пивоварении понятие «органолептические показатели» включает в себя вкус, аромат (запах), цвет, прозрачность, высоту и стойкость пены, определяемые посредством дегустации. – *Прим. ред.*). Эти критерии качества следует рассмотреть подробнее.

7.2.1. Аромат и вкус пива

Решающим показателем качества пива является аромат и вкус, которые должны соответствовать типу пива, а иногда дополняться местными или определяемыми модой особенностями. Несмотря на свои особенности, аромат и вкус должны совпадать с ожиданиями клиента, что призвано обеспечивать конкурентоспособность предлагаемого пива.

С первого глотка вкусовые ощущения формируются благодаря

- ***аромату, полноте вкуса*** и дополняются
- ***игристостью пива (освежающим вкусом)***; на последнем глотке вкус закрепляется
- ***горечью пива***.

В результате все эти ощущения переходят друг в друга и придают определенную гармоничность аромату и вкусу пива.

7.2.1.1. Аромат пива

Аромат пива формируется в зависимости от:

- ***расы дрожжей*** и образуемых ими побочных продуктов брожения;
- ***сорта хмеля*** и вносимого его количества;
- ***органических сернистых соединений***.

Расы дрожжей сильно отличаются по образованию **побочных продуктов брожения**, особенно высших спиртов и сложных эфиров, а также по соотношению содержания эфиров с цветочным запахом и высших (алифатических) спиртов. Соотношение высших (алифатических) спиртов и сложных эфиров составляет:

- при «нормальном» брожении – от 2,5 до 3 : 1; это соотношение может при определенных условиях меняться, а именно
- при работе с частыми доливами сусла и, следовательно, при длительной стадии начала брожения – от 4 до 5 : 1;
- при быстром заполнении танка после введения дрожжей в сочетании с интенсивной аэрацией – от 11 – до 12 : 1.

Такое пиво имеет пустой и грубый аромат и теряет округленность вкуса [143].

Чтобы предотвратить появление этих недостатков, следует создать для дрожжей максимально равные условия, для чего рекомендуется равномерное их внесение при заполнении танка частями и двойная аэрация. Форма танка также влияет на соотношение содержания высших спиртов и сложных эфиров, причем наиболее благоприятным признается отношение диаметра танка к высоте 1 : 2 (до 1 : 3).

Дрожжи верхового брожения образуют существенно больше эфиров и высших спиртов, чем дрожжи низового брожения, что обусловлено:

- более высокими температурами для верхового брожения, тогда как
- использование противодавления несколько снижает их образование.

«Эфирная нота» желательна для крепкого пива (типа «Бок», «Фест») и округляет его аромат и вкус, тогда как у пива низового брожения, особенно у пива типа Пилзнер, образование высших спиртов и сложных эфиров стремятся уменьшить.

Хмелевой аромат особенно выражен и желателен у пива типа Пилзнер. Этот аромат образуется прежде всего хмелевыми эфирными маслами; при этом важную роль играет не столько количество, сколько состав хмелевых эфирных масел. Здесь имеет значение характер задаваемого материала (шишковой хмель, гранулы, экстракт) и момент его внесения.

Из шишкового и гранулированного хмеля эфирные масла лучше переводятся в растворимую форму, чем из экстракта хмеля. При внесении хмеля в первое сусло существенная часть эфирных масел переходит в растворимую форму, и поэтому горький хмель в виде экстракта вносится к началу кипячения, чтобы его относительно менее ценные хмелевые масла можно было удалить с водяным паром.

Чтобы в пиве полностью мог проявиться аромат хмеля, следует добавлять лучший по своему качеству хмель (который обычно самый дорогой!) в последнюю очередь, например, при длительности кипячения сусла 1 ч добавляют [143]:

25% – в начале кипячения;

25% — за 40 мин до его конца;
25% — за 20 мин;
25% — за 5 мин до конца кипячения.

Чистота хмелевого аромата зависит от

- качества исходного хмеля и приготовленного из него хмелепродуктов;
- поглощения кислорода воздуха горячим суслом (всасывание воздуха, образование пробок), приводящее к образованию изовалериановой кислоты (обладает сырным запахом);
- возможности проведения розлива при полном (или частичном) исключении доступа кислорода.

Хмелевой аромат влияет также на стойкость аромата и вкуса пива.

Органические сернистые соединения влияют на аромат и вкус пива через образование двуокиси серы. Двуокись серы оказывает в целом положительное влияние на вкусовые характеристики пива, и особенно на стойкость аромата и вкуса [144]. Для защиты пива от нежелательного старения вследствие окисления в некоторых странах двуокись серы часто добавляют при розливе дополнительно в форме сульфитов (однако по немецкому Закону о чистоте пивоварение это не допускается).

Образование SO_2 зависит от

- расы дрожжей и
- условий аэрации.

Аромат пива зависит также от влияния большого числа летучих соединений серы, которые могут придавать очень светлому мягкому пиву «сернисто-дрожжевой» тон, обусловленный присутствием сульфидов и меркаптанов. Этот характер пива может быть вызван:

- применением недостаточно высушенного солода;
- поглощением кислорода в небольших количествах при производстве сусла;
- биологическим подкислением затора и сусла;
- ускоренным главным брожением и дображиванием.

Кроме того, если сусло при высокой температуре подверглось действию касательных напряжений, аромат может измениться в сторону «лукового», что может вызвать недовольство потребителей.

К летучим сернистым соединениям относят также **диметилсульфид (ДМС)**, придающий пиву «овощной» запах. **ДМС** действует отрицательно на аромат пива с несоложенным сырьем при его содержании около 60 мкг/л, а для пива, приготавливаемого только из солода, это влияние начинает сказываться при 100–130 мкг/л.

Нам, однако, известно (см. разделы 2.4.1.3.4, 2.5.1.4 и 3.4.1.9), что в солоде уже содержатся такие предшественники **ДМС**, как *S-метилметионин* (СММ) и *диметилсульфоксид* (**ДМС-О**), ранее обозначавшийся, как **ДМС-П**. Следовало бы напомнить о том, что при сушке очень трудно удержать содержание СММ на предельном уровне 7 мг /кг солода, так как при повышенных температурах сушки образуются многочисленные летучие ароматические вещества, которые, попадая в пиво, отрицательно влияют на его вкус.

При относительно коротком времени кипячения сусла расщепление предшественника СММ недостаточно, так что снова может образоваться свободный **ДМС**, который может перейти в готовое пиво.

Поэтому кипячение сусла не должно быть слишком коротким по времени или быть недостаточно интенсивным.

7.2.1.2. Полнота вкуса

Полнота вкуса пива должна проявиться таким образом, чтобы у потребителя оставалось о нем благоприятное впечатление. Основным фактором, определяющим полноту вкуса пива, является экстрактивность начального сусла, а именно:

> *чем выше массовая доля сухих веществ в начальном сусле (%), тем больше полнота вкуса пива, определяющаяся содержанием спирта и остаточного экстракта.*

Однако от этого основного правила отступают, если

- речь идет о производстве «стройного» пива типа Пилзнер, когда полнота вкуса не должна быть так сильно выражена;
- когда производят легкое пиво; при этом стремятся несколько повысить полноту вкуса путем добавления темного, хорошо высушенного солода.

Кроме того, в образовании полноты вкуса участвуют высокомолекулярные продукты расщепления белка (молекулярная масса 10 000–100 000).

Положительно оцениваются следующие показатели солода (см. раздел 2.8.3):

Содержание белка	10,5–11%
Степень растворения белка	39–41%
Разность экстрактивности в тонком и грубом помоле	1,7–2%
Вязкость	1,54–1,57 мПа· с

Цветность солода/цветность лабораторного сусла после кипячения 2,5/5,5 ед. EBC.

Слишком сильно растворенный солод дает «притупленный» запах и вкус и не обеспечивает полноты вкуса. Для приготовления пива с применением до 20% несоложеного сырья (риса или кукурузы) используемый солод должен иметь следующие параметры:

Степень растворения белка	до 42%
Разность экстрактивности в тонком и грубом помоле	1,5–1,7%
Вязкость	1,50–1,55 мПа · с

На мягкость и полноту вкуса пива положительно действует внесение в пивоваренную воду гипса или хлористого кальция; наличие остаточной щелочности и подкисление увеличивают полноту вкуса и мягкость пива.

Расщепление белка ведут в настоящее время только до такой степени, чтобы содержание свободного аминного азота в сусле составляло 21–22% от содержания общего азота. Поэтому при использовании обычного хорошо растворенного солода возможно

- провести начало затирания при 60–62 °C и
- при 62 °C отобрать первый густой затор (см. ускоренный способ затирания с короткими отварками).

Длинные паузы при 45–50 °C приводят к ухудшению пенистости пива, формированию пустого, грубого и не освежающего вкуса.

7.2.1.3. Игристость

Под игристостью (в отечественном пивоварении понятие «игристость» не выделяется в отдельно рассматриваемый параметр, но оно входит в виде составной части в понятие «пенистость». – *Прим. ред.*) понимают способность пива к выделению пузырьков CO_2 при потреблении. Пиво, которое перестает игриться, скоро становится безвкусным. Игристость зависит от

- содержания в пиве ***диоксида углерода*** и
- ***величины pH***.

Игристость проявляется благодаря CO_2, который медленно выделяется из пива в кружке или бокале. Длительность выделения CO_2 зависит:

- от способа наполнения бокала (например, наполнение с большой высоты с образованием высокой пены или осторожно, в наклоненный бокал);
- от длительности выделения CO_2 в бокале;
- от состояния внутренней поверхности бокала (шероховатости поверхности).

Поэтому рекомендуется:

- наливать пиво в бокал осторожно, чтобы CO_2 не выделился раньше времени (см. ниже раздел «Пенистость и пеностойкость пива»);
- наполнять и выпивать бокал следует недолго (контрольное время 3 мин);
- лучше наливать пиво в небольшие бокалы, но чаще.

На игристость независимо от содержания CO_2 влияет pH пива. Более низкая величина pH дает более игристое пиво. Принято, что

- для пива, приготовленного полностью из солода, величина pH должна составлять 4,35–4,40;
- для пива, приготовленного с использованием несоложеного сырья – 4,0–4,2.

7.2.1.4. Горечь пива

Горечь пива образуется

- в первую очередь ***благодаря хмелю***, но наряду с хмелевой в пиве образуется также
- *горечь от дубильных веществ*,
- *белковая горечь* и
- *дрожжевая горечь*.

Хмелевая горечь вызывается, естественно, прежде всего горькими веществами хмеля. При этом наиболее сильное действие горечи приписывают когумулону. Для достижения округленности хмелевой горечи играет свою

роль и взаимодействие горьких веществ с эфирными маслами хмеля. Сначала в сусловарочный котел вносятся горькие сорта хмеля с наименее ценными эфирными маслами хмеля, чтобы эти масла удалились вместе с водяным паром. Таким образом, существует четкая взаимосвязь между используемым сортом хмеля и горечью пива.

Сорта хмеля можно расположить по возрастанию горечи и грубости аромата следующим образом [144]:

- Hersbrucker/Perle-Hüller;
- Bitter-Record, Northern Brewer;
- новые американские сорта хмеля типа Super-α;
- Brewers Gold, Nugget и Magnum.

Горечь дубильных веществ особенно сильно проявляется, если

- повторно применяется последняя промывная вода или вода после отжима дробины;
- очень значителен объем промывных вод при высокоплотном первом сусле;
- дубильные вещества сильно окислены из-за попадания воздуха в сусло или образования в трубопроводах воздушных пробок;
- дубильные вещества хмеля сильнее вышелачиваются водой, имеющей высокую карбонатную жесткость.

Белковая горечь может появиться при

- недостаточно растворенном солоде или
- слишком интенсивном затирании.

Дрожжевая горечь ощутима тогда, когда

- используемые дрожжи находятся в плохом физиологическом состоянии;
- они повторно использовались слишком много раз;
- слишком велико содержание дрожжей в молодом пиве при его перекачке на дображивание.

При оценке пива клиентом в конце концов решающим аргументом становится вкус пива, складывающийся из множества отдельных факторов. Поэтому надо предусмотреть все возможное, чтобы исключить любые непредусмотренные изменения и колебания вкуса пива. Отклонения от желаемого вкуса и степень их влияния на качество пива должны своевременно отмечаться пивоварами, чтобы при необходимости у них оставалась возможность вмешаться в процесс и обеспечить постоянное высокое качество пива.

7.2.2. Пенистость и пеностойкость пива

Пенистость

Пена образуется при наполнении бокала пивом за счет выделения пузырьков CO_2, который улетучивается вследствие падения давления. Пузырьки CO_2, поднимаясь, обволакиваются пленкой из поверхностно-активных веществ. Эти вещества обладают низким поверхностном натяжением; это означает, что они в состоянии увеличивать размеры своей поверхности до определенных пределов, и после подъема пузырьков образовывать вокруг них упругую пленку.

Чем больше в пиве содержится растворенного CO_2, тем больше образуется пены, но «высота пены» — понятие, не идентичное понятию «стойкость пены»: пена обладает стойкостью только благодаря присутствию указанных поверхностно-активных веществ.

В бокале минеральной воды стойкой пены образоваться не может, поскольку в ней не содержатся поверхностно-активные вещества.

В связи с этим всегда следует отличать пенистость (высоту пены) от пеностойкости. Наиболее важным показателем считается стойкость пены.

Распад пены

Распад пены начинается непосредственно после ее образования, но скорость распада может быть весьма различной. Распад начинается с того, что пузырек лопается и образующая его пленка стекает вниз, при этом стимулируются процессы испарения, и пена в верхнем слое уплотняется. Благодаря этому становится возможным через относительно короткое время (порядка одной минуты) доливать пиво в бокал; при этом уплотнившаяся пена выглядывает из бокала в виде шапки. При однократном наполнении бокала пивом этого не происходит.

Дальнейшее уплотнение пены можно проследить по кольцам, которые при каждом глотке появляются на стенках бокала.

Факторы, влияющие на пеностойкость

Следует четко различать вещества, положительно действующие на пеностойкость (пенообразователи) и на вещества, влияющие на нее отрицательно.

Положительно действуют на пену прежде всего высокомолекулярные продукты расщепления белка с молекулярной массой 10 000–60 000, а также горькие компоненты хмеля. Поэтому от сильно охмеленного пива следует ожидать и более стойкой пены. Дубильные вещества и антоцианогены также могут улучшать пену, но только если они не находятся в окисленном и конденсированном состоянии.

Отрицательно действует на пену прежде всего спирт и многочисленные побочные продукты брожения, а также повышенное содержание антоцианогенов и аминокислот.

Параметры влияния на пеностойкость поэтому весьма различны. Данные приводятся в баллах по Россу и Кларку (Ross и Clark) [142].

Параметры	Изменение влияющих параметров на	Вызывают изменение пеностойкости на
Коагулируемый азот	+0,1 мг/100 мл	+1,0 балла
Высокомолекулярный азот	+1 мг/100 мл	+0,9 балла
Вязкость	+0,1 сР	+2,6 балла
Горькие вещества	+1 мг/л	+0,5 балла
Низкомолекулярные продукты расщепления белка	+0,1 мг/100 мл	–0,3 балла
Антоцианогены	+1 мг/л	–0,2 балла
Спирт	+0,1%	–1,4 балла

Из этого можно сделать определенные выводы относительно проведения технологического процесса.

Влияние **солодоращения**, особенно влияние повышенного растворения солода, не является однозначным, но образованию пены безусловно способствует повышенная температура сушки.

Напротив, влияние **затирания** на пену весьма значительно: все паузы, способствующие расщеплению протеинов и глюканов, одновременно уменьшают пеностойкость. Длительные паузы при температурах 50–60° С безусловно приводят к снижению пеностойкости.

Следует стремиться к повышенным температурам в начале затирания (62–65° С) и удлиненной паузе при 70–72° С и pH 5,2–5,3. При **брожении** и **созревании** негативное влияние дрожжей на пену обусловлено ухудшением их состояния из-за неправильного хранения, слишком позднего съема или недостаточного размножения. При продолжительном хранении в тепле или слишком высоком давлении дрожжи в повышенном количестве вырабатывают продукты распада, которые могут проявить свойства разрушения пены.

Факторы, влияющие на пеностойкость при реализации готового пива

Вне зависимости от технологических мероприятий на производстве пеностойкость может впоследствии изменяться в худшую сторону. При этом наиболее вредным фактором является разрушающее действие **масел и жиров**, попадающих на стенки пивных бокалов от потребляемых блюд и могущих в течение нескольких секунд разрушить пену. Одним из обязательных условий для сохранения пены являются чистые бокалы без малейших следов жировой пленки, замена использованных бокалов с жирными краями, использование только чистых полотенец. Вредны даже минимальные следы жира! Для сохранения качества пива необходима также большая разъяснительная работа с руководителями ресторанов, а также с конечным потребителем.

Кроме того, пеностойкость уменьшается также из-за слишком низкого давления в системе трубопроводов ресторана, недостаточно чистые пивопроводы, неисправные разливочные устройства и неподходящие средства для мойки бокалов.

На повышение стойкости пены способны повлиять и некоторые позитивные факторы. К ним относится прежде всего газ, образующий пену. Выше было показано, что образование пены происходит благодаря формированию пленки жидкости вокруг пузырька газа. Такой газ может раствориться в жидкостной пленке и вызвать лопанье пузырька. Однако растворимость газов в жид-

кости весьма различна. Трудно растворяющиеся в жидкости газы образуют более стойкую пену, чем легкорастворимые. Углекислый газ растворяется сравнительно легко и образует не столь хорошую пену, как воздух, который растворяется хуже и может давать более стойкую пену.

Несравненно хуже в пузырьках газа растворяется **чистый азот** (N_2), который поэтому является идеальным газом для получения тонкопористой и очень стойкой пены, которая однако не уплотняется (см. раздел 5.5.8 «Виджеты»). В связи с этим во многих странах для продажи пива в кегах все в большей степени находит применение азот, причем во избежание потерь CO_2 следует иметь в виду условия насыщения под давлением обоих газов (CO_2 и N_2). С использованием азота вкус пива изменяется в сторону «смягчения», «острота» вкуса, придаваемая пиву CO_2 и игристость пива при этом во многом теряются.

Другая возможность улучшить пеностойкость состоит в **добавке солей и стабилизаторов пены**. К ним относятся в первую очередь соли железа (0,6 г/гл) в соединении с средствами, обладающими восстановительными свойствами и препятствующими появлению у пены коричневатого оттенка. В качестве стабилизаторов пены могут быть использованы соли железа, никеля, цинка вместе с высокомолекулярными соединениями белка.

Пеностойкость улучшается также благодаря применению альгинатов, ксантанов и гуммиарабика, причем следует пользоваться дозировками, предлагаемыми соответствующими фирмами. Однако необходимо иметь в виду, что применение указанных добавок (не разрешенных согласно немецкому Закону о чистоте пивоварения) всегда изменяет вкус, большей частью в направлении «смягчения».

Насколько катастрофическим может быть доморощенное изобретательство и дозирование, можно продемонстрировать на примере одной канадской пивоварни. Несколько десятилетий тому назад довольно большое число постоянных клиентов получили тяжелые повреждения сердечной мышцы, во многих случаях со смертельным исходом. Расследование показало, что для улучшения пены в пиво добавлялись соли кобальта, которые не выводятся из человеческого организма, и вследствие накопления они приводили к названным негативным последствиям.

Следует указать и на то, что в большинстве случаев добавка стабилизаторов пены сказывается и на вкусе пива.

Одна из возможностей увеличения высоты пены и ее стойкости связана с **формой пивных бокалов**. В украшениях, декоративных крышках и т. д. выражается и характер сорта пива — с учетом фирменной философии конкретного пивоваренного предприятия. Чтобы показать заполнение пеной, пенное пиво (например, пшеничное) всегда разливается в очень высокие бокалы.

От пива типа Пилзнер следует ожидать высокой и стабильной пены, оцениваемой в 120–130 с по Россу и Кларку (Ross и Clark) или 220–290 с по NIBEM (см. раздел 7.4.3.6).

Такая пена лучше всего смотрится при наливе пива в узких высоких бокалах, причем предпочтение отдается небольшим бокалам (0,3 и 0,4 л; лучше два маленьких, чем один большой). Здесь особенно большое значение придается способу наполнения бокала, которое должно длиться 3 минуты (налив без образования пены в наклоненный бокал и после успокоения и уплотнения верхнего слоя пены — долив); при этом шапка пены стабильно выступает из бокала. Пиво типа Пилзнер не может быть налито в бокал за один раз!

Кружки и другие сосуды под пиво (когда не делается такая высокая ставка на пену), делают более широкими и вместимыми (иногда до 1 литра, как, например, на знаменитом пивном празднике «Октоберфест»).

7.3. Типы пива и их особенности

Существуют тысячи различных марок пива, и каждое предприятие пытается выйти на рынок с собственными марками, чтобы как можно полнее удовлетворить вкусу потребителей и добиться хорошего оборота. Существующие многочисленные марки пива позволили выделить определенные типы пива, сформировавшиеся в отдельных странах и регионах с течением времени.

В зависимости от применявшихся дрожжей и, соответственно, способов брожения можно выделить две большие группы типов пива, а именно

- типы пива верхового брожения;
- типы пива низового брожения.

В последующем мы остановимся на некоторых существенных типах пива и их особенностях, а также на некоторых тенденциях развития.

7.3.1. Пиво верхового брожения

Верховое брожение является наиболее древним способом приготовления пива. Низовое брожение впервые упоминается лишь в конце XV в. и приобретает распространение во второй половине XIX в. Еще 100 лет назад три четверти всего объема производившегося пива варилось по верховому типу.

Пиво верхового брожения развивалось особенно:

- в Германии — Вайцен, Вайс, Альт и пиво «Кельш» (Weizenbier, Wießbier, Altbier, Kölsch);
- в Великобритании — Эль, Портер и Стаут (Ale, Porter, Stout);
- в Бельгии — Ламбик, Гёз, Траппистен, Вит (Lambic, Gueuze, Trappisten, Witbier) и др.

Пиво верхового брожения отличается от низового важными особенностями поведения дрожжей, а также продуктами их обмена веществ, придающими пиву совершенно своеобразный характер. Прежде чем перейти к отдельным типам пива верхового брожения, следует обсудить некоторые особенности верхового брожения по сравнению с низовым.

7.3.1.1. Особенности верхового брожения

Дрожжи верхового брожения отличаются ростом в виде крупных разветвленных колоний, распадающихся лишь после окончания брожения. Эти крупные взаимосвязанные колонии поднимаются вверх вместе с углекислотой, образующейся при брожении, так что дрожжи скапливаются в деке и могут быть вместе с ней сняты.

Физиологические отличия верховых дрожжей от низовых

Сбраживание рафинозы

Существенный отличительный признак — это степень сбраживаемости трисахарида рафинозы, которая может полностью потребляться низовыми дрожжами и только на одну треть — верховыми.

Способность к спорообразованию

Большинство верховых дрожжей образуют споры уже через 48 часов; низовые же дрожжи имеют очень незначительную способность к спорообразованию.

Побочные продукты брожения

Верховые дрожжи образуют повышенное количество побочных продуктов брожения — высших спиртов и сложных эфиров. Кроме того, дрожжи пшеничного пива обладают способностью образовывать

- 4-винилгваяколь (0,5–3,0 мг/кг) и
- 4-винилфенол (0,1–0,7 мг/кг),

придающие пшеничному пиву типичный вкус и запах пряной гвоздики.

Ведение верхового брожения

Для понимания особенностей верхового брожения в первую очередь важно следующее:

- бродильные емкости для верхового брожения;
- особенности состава сусла;
- внесение дрожжей;
- ход главного брожения;
- изменения, происходящие в сусле;
- процесс дображивания;
- обработка верховых дрожжей.

Бродильные емкости для верхового брожения

Так как при верховом брожении дрожжи покрываются декой, то бродильные емкости сверху открыты или как минимум снабжены переливным устройством (рис. 7.1).

Дрожжи сдвигают черпаком или доской в перелив и собирают в ванне. Кроме того, существуют горизонтальные бродильные чаны с перекрываемым выпуском для дрожжей,

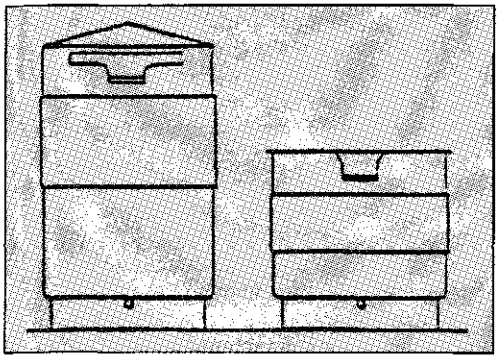


Рис. 7.1. Открытая и закрытая емкости с переливами для верхового брожения

нижний край которого находится на уровне поверхности бродящего пива.

В последнее время все шире применяются цилиндроконические танки для верхового брожения, однако здесь дрожжи осаждаются в нижнем конусе танка и могут там быть собраны. При использовании ЦКТ требуется приблизительно 50% свободного пространства для подъема пены.

Особенности состава сусла

При переработке только ячменного солода никаких особенностей не наблюдается, однако при переработке большого количества пшеничного солода (50–70%) следует считаться с тем, что в сусле получится существенно меньше ассимилируемого дрожжами азота, и состав сусла нужно будет выравнивать с использованием хорошо растворенного ячменного солода.

Внесение дрожжей

Внесение дрожжей осуществляется при температуре 12–16° С в количестве 0,24–0,5 л дрожжей на 1 гл сусла. Аэрация проводится с помощью обычных аэрационных установок до содержания кислорода от 5 до 8 мг/л.

Ход главного брожения

При верховом брожении можно различать только 2 стадии:

- подъем взвесей и
- подъем дрожжей.

Подъем взвесей начинается приблизительно через 8–12 часов после внесения дрожжей и длится 12–24 часа. При этом в деке наряду с дрожжами выделяются прежде всего хмелевые смолы, выделившиеся из раствора из-за снижения pH, а также частички взвесей и комплексные соединения белков с дубильными веществами. Эти поднявшиеся взвеси удаляют, чтобы оставить в сусле чистые дрожжи. В образующейся затем на стадии высоких завитков деке поднимающиеся дрожжи накапливаются во все возрастающей степени.

Подъем дрожжей начинается приблизительно через сутки (максимум через 1,5 суток) после их внесения, и дрожжи затем часто снимают (лучше всего — через каждые 3–6 часов). Температура повышается до 18–22° С, причем брожение идет очень интенсивно, так что через 48–60 часов в бродильном цехе достигается необходимая степень сбраживания.

Изменения в сусле

Из-за более высоких температур брожения, и, особенно, из-за других свойств верховых дрожжей, появляется ряд изменений в сравнении с низовым брожением, например:

- из-за более активного размножения дрожжей при более высокой температуре и интенсивном забраживании величина pH сусла (5,4–5,7) быстро понижается (до 4,0–4,2);
- благодаря сильному понижению величины pH и интенсивному образованию CO_2 горькие вещества хмеля усиленно выделяются;
- среди побочных продуктов брожения образуется больше высших (алифатических) спиртов и сложных эфиров; их количество может быть на 50% больше, чем при низовом брожении.

Специфическим для пшеничного пива является свойство дрожжей декарбоксилизовать имеющуюся в сусле феруловую кислоту в 4-винилгваяколь. Феруловая кислота выделяется при расщеплении пентозанов. Этот процесс при затирании можно поддержать с помощью паузы при 35–40° С, величины pH 5,7–5,8 и включением в состав засыпи ячменного солода в количестве как минимум 40%. 4-винилгваяколь при температурах 22–24° С придает пшеничному пиву типичный для этого пива вкус, однако расчетное соотношение содержания 4-винилгваяколя (1,2–1,7 мкг/л) и содержания эфиров и высших спиртов яв-

ляется определяющим фактором для достижения гармоничного вкуса пшеничного пива. Форма и объем бродильных емкостей также оказывают на него существенное влияние.

Так, многократное использование одних и тех же дрожжей в ЦКТ приводит к уменьшению образования 4-винилгваяколя, а длительное пребывание дрожжей в сброженном пиве, напротив, повышает его содержание.

Дображивание

В современных технологиях проводится принципиальное различие между стадиями созревания и дображивания. На стадии созревания сначала происходит расщепление диацетила, и в конце охлаждают пиво приблизительно до 7° С, отделяют дрожжи и затем охлаждают пиво до –1° С. Эти процессы можно провести в одном танке («однотанковый способ») или охлаждать пиво с использованием выносного холодильника во время перекачки пива в танк для холодной выдержки. Отделение дрожжей зачастую проводят с помощью сепаратора. В любом случае дрожжи следует полностью удалить, так как иначе из-за автолиза начнет возрастать pH, а продукты автолиза попадут в пиво. Об особенностях получения дрожжей для пшеничного пива см. следующий раздел.

Обработка верховых дрожжей

Очистка выращенных пивных дрожжей при необходимости может производиться через сито. Краткосрочное хранение дрожжей (до 4 суток) может осуществляться под пивом при 3–4 °С, при хранении же до 10 суток рекомендуется их содержание под водой. Число генераций может быть значительно больше, чем при низовом брожении. Обычно используются от 5 до 15 генераций, но существуют и предприятия, успешно использующие одни и те же дрожжи (при хорошем контроле) в течение года без обновления генераций.

Дрожжи для пшеничного пива после двух–трех генераций могут постепенно терять способность к образованию 4-винилгваяколя, и поэтому необходимо своевременное обновление таких дрожжей.

Технология использования дрожжей верхового брожения в принципе не отличается от той, которая применяется для дрожжей низового брожения.

7.3.1.2. Пшеничное пиво типа Вайцен

Пшеничное пиво типа Вайцен — это большая группа типов и сортов пива верхового брожения. Его приготовляют с использованием как минимум 50% пшеничного солода при массовой доле сухих веществ в начальном сусле — как минимум 11%.

Характер дрожжевого пшеничного пива

Благодаря характерным ароматическим компонентам, которые образуются дрожжами, пшеничное пиво обладает типичным ароматом, существенно отличающимся от аромата других типов пива верхового брожения [201]. На аромат пшеничного пива влияет, в первую очередь, 4-винилгваяколь (0,2–3,2 мг/л, в среднем 1,5–2 мг/л), который по его влиянию на аромат и вкус следует поставить в один ряд с высшими спиртами и сложными эфирами.

Образованию 4-винилгваяколя благоприятствуют:

- низкие температуры начала затирания;
- значения pH затора порядка 5,7–5,8;
- содержание ячменного солода в засыпи минимум 40%;
- правильный подбор расы дрожжей;
- температуры брожения порядка 20–24 °С;
- использование одной-двух генераций дрожжей;
- ранний съем дрожжей.

Многократное использование семенных дрожжей в ЦКТ дает нейтральное пиво с яблочным эфирным ароматом. Такое пиво имеет вкус, напоминающий пиво низового брожения: 4-винилгваяколь здесь практически незаметен.

Длительное время созревания при повышенных температурах до съема дрожжей существенно ухудшает вкус пшеничного пива.

Среди ***сложных эфиров*** особенно сильный ароматический оттенок пиву придают этиловый эфир уксусной кислоты и изобутиловый эфир, при этом обычное содержание этих соединений в пиве 35–40 мг/л. Их количество зависит также от расы дрожжей, их обработки и хода брожения.

Среди ***высших спиртов*** (их нормальное содержание в пиве около 150–160 мг/л) вы-

деляются прежде всего пропанол и метилпропанол; если их соотношение к сложным эфирам составляет около 3–4 : 1, то достигается гармоничный вкус.

Повышенное содержание ***жирных кислот*** (более 0,7 мг/л) и связанное с этим повышенное содержание свободного аминного азота (> 12 мг/100 мл), а также увеличение pH являются признаками дрожжевых выделений, которые негативно воздействуют на вкус и на пеностойкость. Дрожжи в данном случае выделяют ферменты, расщепляющие белки, что может сильно ухудшить пеностойкость.

Особой проблемой является ***дрожжевой запах***, в особенности для пшеничного пива типа «Хефетрюбе Вайцен» (Hefetrübe Weizen) с высоким остаточным содержанием дрожжей, которые находятся в инактивированном состоянии. Содержание мертвых дрожжевых клеток в таком пиве может составлять до 100%. От этого пива ожидают нейтрального или приятного едва уловимого дрожжевого аромата, а не сернистого, сильно-дрожжевого или затхлого запаха, и тем более не привкуса автолиза. Неприятно ощущается также связанная с этим остающаяся горечь.

Приготовление хорошего пшеничного пива с остающимися дрожжами требует большого опыта работы в данной области. По содержанию дрожжевых клеток, остающихся в пшеничном пиве, различают следующие разновидности пшеничного пива с дрожжами:

- ***«Хефевайцен» (Hefeweizen) — дрожжевое пшеничное пиво,*** содержащее как минимум 1 млн дрожжевых клеток/мл;
- ***«Хефетрюбе Вайцен» (Hefetrübe Weizen) — дрожжевое мутное пшеничное пиво,*** содержащее 10 млн дрожжевых клеток/мл.

В 1997 году в Германии пшеничное пиво стояло по сбыту на третьем месте (5,2% от общего объема).

Причины его популярности заключаются:

- **высокое содержание диоксида углерода (от 6 до 10 г/л), который оказывает освежающее и бодрящее действие;**
- **типичный для пшеничного пива аромат, который отмечается благодаря высокому содержанию сложных эфиров, высших спиртов и специфических фенольных соединений (4-винилгваякол).**

Различают два основных типа пшеничного пива:

- **пшеничное пиво с дрожжами (Хефевайцен и Хефетрюбе Вайцен);** у этого пива степень дображивания в бутылке устанавливается путем точного установления остаточной экстрактивности и концентрации дрожжевых клеток непосредственно перед розливом, что требует большой точности;
- **пшеничное пиво без дрожжей (Кристалвайцен);** это фильтрованное до блеска прозрачное пшеничное пиво, совершенно не содержащее дрожжей.

Производство пшеничного дрожжевого пива

Производится большое количество сортов пшеничного дрожжевого пива, значительно различающихся по цветности, которая колеблется в пределах 8–14 EBC у светлых сортов и 25–60 EBC — у темных.

Содержание сухого вещества составляет обычно 11–12%, но может достигать и 13%. Содержание пшеничного солода в засыпи находится в пределах от 50 до 100%. Цветность достигается добавлением темного солода или темного карамельного солода, а также пшеничного темного солода (см. раздел 2.9.10).

С учетом несколько затрудненного расщепления белка применяется двух- или одноотварочный способ затирания с температурой начала затирания 35–37 °C. Время кипячения затора составляет 20–25 мин, гидромодуль затирания устанавливают 1 : 2,8–3. Конечная степень сбраживания составляет 78–85%.

Дрожжи (от 0,3 до 1 л на гл) вносят в сусло при температуре около 12 °C; главное брожение протекает очень интенсивно в течение 3–4 суток при 13–21 °C до достижения конечной степени сбраживания. Затем производят съем дрожжей (в чане — после их подъема, в ЦКТ — путем сбора в конусе).

Чтобы обеспечить при дображивании образование достаточного количество CO_2, сле-

дует снова добавить к молодому пиву содержащее экстрактивные вещества сусло. Здесь имеются следующие возможности:

- добавляют **«подкормку»**. Под подкормкой понимают точно дозированное количество (порядка 6–7%) первого сусла, которое всегда должно быть предварительно простерилизовано. Этим создается разница между актуальной степенью сбраживания и конечной степенью сбраживания, составляющая в норме около 12%, и путем брожения добавленного экстракта достигается требуемое насыщение CO_2;
- добавляется готовое охмеленное сусло или
- в смесительный чан добавляется пиво низового брожения на стадии завитков с видимой степенью сбраживания 9–10%, и пиво далее сбраживают под давлением.

В двух первых вариантах для дображивания необходимо снова добавлять дрожжи, причем обычно используют низовые дрожжи.

При введении сусла после окончания главного брожения необходимо исключить возможность попадания кислорода.

Отличительной особенностью пшеничного пива с дрожжами (Хефевайцен) является брожение в бутылках.

Различают

- **брожение в бутылках без промежуточной выдержки в танке и**
- **брожение в бутылках с промежуточной выдержкой в танке.**

Брожение в бутылках без промежуточной выдержки в танке

Молодое пиво с введенными «подкормкой» и дрожжами разливается в бутылки и дображивается в две стадии:

- 1-я стадия: 3–7 суток при 12–20 °С; по окончании этой стадии видимый экстракт составляет 0,1–0,2% и уменьшается содержание диацетила. Избыточное давление в бутылке повышается до 1,5–2 бар.
- 2-я стадия: 14–21 суток при 5 °С; избыточное давление остается равным около 2 бар.

Брожение в бутылках с промежуточной выдержкой в танке

В этом случае пиво после быстрого забраживания сбраживается до КСС в танках (сначала 6 суток — в первом танке при теплом режиме, затем 14 суток — в охлаждаемом танке при 1 °С), и при этом пиво созревает. Затем пиво дображивается в бутылках.

Пшеничное пиво Фолль (Weizenvollbier) (с дображиванием в бутылках) имеет следующие средние показатели [200]:

Экстрактивность начального сусла	12,20%
Видимый экстракт	2,33%
Действительный экстракт	4,22%
Содержание спирта	4,12% масс.
Содержание спирта	5,26% об.
Конечная степень сбраживания	81,60%
Величина pH	4,32
Цветность, светлое пиво	10,9 ед. EBC
Цветность, темное пиво	36 ед. EBC
Единицы горечи	17 ед. BE
Пеностойкость по Россу и Кларку (R&C)	126 с

Производство пшеничного пива без дрожжей (Кристалвайцен)

Это пиво обычно выпускается с экстрактивностью начального сусла 12,5–13% и имеет цветность 8–12 ед. EBC. Засыпь состоит на 50–70% из светлого пшеничного солода с добавкой специального красящего солода. Способ затирания такой же, как у дрожжевого пшеничного пива. Обработка сусла и молодого пива до окончания главного брожения протекает как обычно, но непосредственно после главного брожения молодое пиво без охлаждения при степени сбраживания около 12% ниже конечной степени сбраживания перекачивается в теплый танк. В теплом танке оно шпунтуется с образованием избыточного давления 4–5 бар и в течение 3–7 суток снова охлаждается приблизительно до 8° С.

В заключение пиво перекачивают с добавлением дрожжей или завитков в охлаждаемый танк и охлаждают в течение 10 суток до 0° С при избыточном давлении 5 бар. За неделю до фильтрования его охлаждают до −2° С и выдерживают эту температуру до розлива.

Наряду с нормальным дрожжевым пшеничным пивом типа Хефевайцен зачастую

способом брожения в бутылках производят следующие типы пива (как темные, так и светлые):

- пшеничное пиво экспортное (Export) с экстрактивностью начального сусла 12–13%;
- пшеничное пиво крепкое с экстрактивностью начального сусла 16%;
- пшеничное пиво легкое с экстрактивностью начального сусла 7–8%.

В обозначении этих типов и сортов пива нет единства даже в Германии. В различных регионах его называют по-разному. Так, в Баварии пшеничное пиво типа «Вайцен» (Weizen) называют «белым» пивом «Вайсе» (Weiße).

7.3.1.3. «Белое» пиво типа Вайсе (Weiße)

Белое пиво — это светлое, естественно мутное пиво, приготовленное с использованием 35–50% пшеничного солода, с экстрактивностью начального сусла 7,5%, содержанием спирта — около 2,7–2,8% об. и CO_2 — 0,7%. Сбраживание ведут смешанной культурой из верховых дрожжей и живущих в симбиозе молочно-кислых бактерий. Поэтому пиво в конце брожения приобретает кислый вкус при величине pH 3,2–3,4. На некоторых предприятиях, приготовляющих белое пиво, в него повторно вводят дрожжи и сусло и проводят дображивание в бутылках. Образующаяся молочная кислота делает пиво стойким, так что оно может сохраняться в бутылках годами, причем вкус пива продолжает совершенствоваться благодаря медленному расщеплению кислоты с образованием целого букета веществ. При производстве белого пива сусло не кипятят, а выдерживают 25–30 минут при температуре 95° С; небольшую дозу хмеля (20–30 г/гл) вводят в затор.

Наиболее известным среди сортов белого пива является ***«Берлинер Вайсе (Berliner Weiße)»***, которое наливают в широкие кружки. Игристый напиток с цветочным вкусом очень хорошо утоляет жажду. Чтобы смягчить кисловатый привкус, многие клиенты пьют белое пиво «с порцией», то есть с добавлением красного малинового сиропа или весной — с добавлением зеленого сиропа ясменника, в связи с чем пиво может иметь различный цвет. В последнее время смешанное с сиропом ***Берлинер Вайсе*** разливают в бутылки в виде, уже готовом к употреблению. Иногда это пиво варят также с повышенной экстрактивностью начального сусла. Наряду с ***Берлинер Вайсе*** за пределы местной популярности выходят лишь несколько сортов белого пива — среди них следует упомянуть Лейпцигер Госэ (***Leipziger Gose***) (первоначальное происхождение этого пива — г. Гослар), молочно-кислое пиво, которое пьют из специальных узких и высоких стеклянных бокалов и путем добавления соли и кориандра в сочетании с его кислым вкусом придают напитку своеобразие.

7.3.1.4. «Старое» пиво типа Альт (Alt)

Альт или «старое» пиво — это пиво верхового брожения, приготовленное «по старинным рецептам» с использованием ячменного и пшеничного солода. Оно имеет цвет темного янтаря, вкус — горький, крепкий, в «деревенском» стиле.

«Старое» пиво характеризуется экстрактивностью начального сусла 11,5–12% и содержанием спирта — 4,8–5,0% об. Цветность — 30–38 ед. EBC, горечь — 30–40 ед. горечи (BE).

Изготавливающие это пиво предприятия расположены почти исключительно в районе Нижнего Рейна, но несмотря на это, такое пиво потребляется по всей Германии. В 1997 г. потребление Старого пива в общем обороте составило 3,2%, причем 11,5% его выпивается в земле Северный Рейн-Вестфалия.

Засыпь состоит из смеси различных видов солода:

- 99% светлого солода и 1% жженого солода;
- 90% темного солода и 10% светлого солода;
- 70% венского солода, 20% мюнхенского солода и 10% пшеничного солода (см. раздел 2.9.10).

Способы затирания не отличаются от общепринятых; норма внесения хмеля разделяется на 3–5 порций; к качеству хмеля всегда предъявляются повышенные требования.

Обычно вносят дрожжи следующими способами:

- 0,5 л дрожжей/гл вносят при 12 °С (максимальная температура внесения 16 °С);

- обычную порцию дрожжей вносят при 18 °С (максимальная температура внесения – 20° С).

После охлаждения до 14–16° С часть дрожжей снимают и проводят выдержку для расщепления диацетила; затем пиво охлаждают до 0° С и в течение 1–2 недель осуществляют холодную выдержку.

7.3.1.5. Пиво Кёльш (Kölsch)

Кёльш – это терпкое светлое пиво, которое может производиться только в Кельне (по Кельнской конвенции). Кёльш варят с экстрактивностью начального сусла 11,2–11,5%, цветность 7–10 ед. EBC, горечь 16–35 ед. горечи (BE), и содержание спирта 4,6–5,1% об. В 1996 г. средние показатели пива сорта Кёльш были следующими: [200]:

Экстрактивность начального сусла	11,28%
Видимый экстракт	2,27%
Действительный экстракт	4,01%
Содержание спирта	3,74 % масс.
Содержание спирта	4,77 % об.
Видимая степень сбраживания	80,6%
Величина pH	4,44
Цветность	8 ед. EBC
Пеностойкость по Россу и Кларку (R&C)	120 с

Пиво Кёльш занимает 2,1% немецкого рынка продаж, ограничиваясь исключительно регионом вокруг г. Кельн. Для его приготовления применяют большей частью венский солод с добавлением пшеничного солода в количестве до 20% в целях достижения полноты и округленности вкуса. Затирание производят инфузионным или одноотварочным способом. Главное брожение ведут 3–4 суток при температуре 14–18 °С, затем молодое пиво охлаждают до 8–10 °С и перекачивают с определенным содержанием остаточного экстракта. Холодная выдержка длится:

- при температурах 4–5 °С – в течение 40–60 суток;
- при 0–1 °С – в течение 14–40 суток с соблюдением предварительной стадии созревания.

7.3.1.6. Эль

Эль – это собирательный термин для многих английских типов и сортов пива (большей частью темных сортов, но в любом случае это всегда пиво верхового брожения). Для производства эля используют хорошо растворенный солод. Сусло готовят инфузионным способом, иногда – способами со скачкообразным нагреванием отварок или с доливом горячей воды при затирании. Обычно для производства эля используют несоложеное сырье, но для некоторых типов пива применяют только сырье, соответствующее немецкому Закону о чистоте пивоварения.

Содержание спирта в эле может варьироваться от 3 до 10%; в зависимости от этого его обозначают как «легкий», «тяжелый», «экспортный» или «крепкий». Многие специальные сорта эля производятся в определенные моменты времени (например, в течение 1–2 месяцев) с добавлением меда, имбиря или апельсиновых корок. Делаются также попытки восстановить эль, известный под названием **India Pale Ale («Индийский бледный эль»)**, который в оригинале изготовлялся с высоким содержанием спирта и сильным охмелением – таким образом он имел высокую стойкость и мог долго переносить перевозки морским путем.

Пиво «Пейл эль» (**«Pale Ale», «бледный эль»**) – это эль медного-красного цвета, большей частью с экстрактивностью начального сусла 11%, с содержанием спирта 4,5–5,0% об. Цветность составляет 15–30 EBC; горечь – 20–25 BE. Бледный эль обычно поступает в продажу в виде бутылочного пива.

Пиво «Биттер эль» (**«Bitter Ale», «горький эль»**), напротив, представляет собой более темное пиво каштанового цвета с горечью 25–40 BE, с сильным охмелением и сухим вкусом. Обычно он поступает в продажу как бочковое пиво. Горький эль считается базовым типом среди множества сортов пива верхового брожения. Экстрактивность начального сусла в нем – от 9 до 13%; содержание спирта – от 4,0 до 5,5% об.

Пиво «Майлд эль» (**«Mild Ale», «умеренный эль»**) – более сладкий и темный эль, так как при его изготовлении применяется карамельный солод с добавлением в сусловарочный котел карамелизованного сахара. **Умеренный** эль обычно имеет более низкое содержание спирта – около 3,0–3,5% об. Цветность его очень высока (40–50 EBC), а хмелевая горечь невысокая – порядка 20–25 BE.

В прошлом под названием «Умеренный эль» понимали относительно молодое, не выб-

роженное до конца пиво, которое в больших количествах потребляли люди, занятые тяжелым физическим трудом. Сегодня предпочитают типы и сорта менее сладкие, но с более высоким содержанием спирта, такие как Биттер (Bitter), Пейл (Pale) или Лагер (Lager).

Пиво «Скотч эль» (**«Scotch Ale», «Шотландский эль»**) производится с применением ароматного солода, в связи с чем оно обладает сильным солодовым тоном. Цветность его — 20–25 EBC, горечь — 30–50 BE.

Название «Шотландский эль» используют иногда для обозначения очень темного и крепкого специального пива с солодовым привкусом:

- «тяжелый эль» с экстрактивностью начального сусла 8,5–9,5%;
- «экспортный эль» с экстрактивностью начального сусла 10–11%.

Пиво «Браун эль» (**«Brown Ale», «Коричневый эль»**) является 14%-ным солодовым элем с содержанием спирта до 6% об. Цветность — весьма высокая, 60–120 EBC, горечь — 20–35 BE.

7.3.1.7. Стаут (Stout)

Стаут (Stout) имеет цветность до 200 EBC и является черным пивом верхового брожения, производимым из смеси очень хорошо растворенного светлого солода и 10–20% сильно красящего солода — такого, как жженый или карамельный солод. Пивоваренная компания Гиннес (Guinness), еще остающаяся крупнейшим производителем пива стаут, применяет для его приготовления 10% обжаренного ячменя. Норма внесения дрожжей — очень высокая, 600–700 г/гл (40–50 BE). Кроме того, в котел добавляют карамелизованный сахар.

Из-за этих добавок пиво типа «стаут» обладает сильным «жженым» вкусом и высокой горечью. Производимый фирмой Гиннес стаут менее сладок и не имеет остаточной горечи. Благодаря применению газообразного азота для продажи пива в банках или в розлив из кегов получают очень обильную мелкодисперсную пену. Другие изготовители пива типа «стаут» также перешли на использование азота для налива, и поэтому компания Гиннес уже не занимает здесь монопольного положения.

Экстрактивность начального сусла в готовом сусле составляет 11%, содержание спирта — 4,5–5,0% об.

Под названием «Свит стаут» (**«Sweet Stout», «сладкий стаут»**) понимают тот же тип пива, что и сухой стаут. Экстрактивность начального сусла в нем составляет 10,5–11,5%, а содержание спирта — около 4% об., но благодаря добавке лактозы и витаминов вкус у него получается более мягким, не столь резким.

7.3.1.8. Портер (Porter)

Портер — очень темное пиво. Некогда в Англии портер был одним из наиболее распространенных типов пива, но теперь он практически полностью вытеснен пивом типов стаут («Stout») и биттер («Bitter»). Портер, производимый в настоящее время, представляет собой темное (около 300 EBC) и горькое (около 40 BE) пиво с экстрактивностью начального сусла 13–14% и содержанием спирта 4,5–5,0% об.

Долгое время портер производился как очень крепкое и темное пиво. Несколько пивоваренных предприятий все еще производят в небольших количествах портер с 9% об. спирта. При этом иногда, как и в прошлом, для дображивания применяются дрожжи Brettanomyces с типичными вытянутыми клетками, придающие пиву фруктовый вкус. Эти дрожжи работают очень медленно, однако годами сохраняют свою жизнеспособность.

7.3.1.9. Бельгийские типы пива

Бельгийское пиво в своем вкусовом многообразии противоречиво и весьма интересно. Многие типы пива сбраживаются с применением особых дрожжей и, частично, с применением специальных дображивающих дрожжей; иногда применяют брожение с включением кислотообразующих бактерий. Образованные ими кислоты в ходе дображивания заглушаются и могут ощущаться по своеобразным мягким вкусовым оттенкам.

С точки зрения примечательных особенностей кратко рассмотрим следующие типы.

Пиво Траппистен (Trappistenbier)

Это пиво производят в одноименных монастырских пивоварнях [170], пять из которых

расположены в Бельгии, а один — в Нидерландах.

Пиво варят с применением 10–15% карамельного солода инфузионным способом, охмеляют главным образом шишковым хмелем и добавляют в сусло жидкий леденцовый сахар. Брожение проводят монастырскими верховыми дрожжами при 20–25° С, а дозревание ведут при 0–5° С. Перед розливом в бутылки добавляют сахар и дрожжи, и бутылки подвергают теплому созреванию в течение 3–6 недель в климатизированных лагерных помещениях при 25° С. Пиво сохраняет стойкость до 5 лет. Благодаря повторному добавлению сахара достигается высокое, а иногда даже очень высокое содержание спирта. Образующиеся при этом многочисленные побочные продукты брожения придают пиву *Траппистен* интересные вкусовые оттенки.

Такое пиво производят:

пивоваренный завод Рошфор (Rochefort)

Rochefort 6	с 7,5% об. спирта,
Rochefort 8	с 9,2% об. спирта,
Rochefort 10	с 11,3% об. спирта,

пивоваренный завод д'Орваль (d'Orval)

Trappiste Orval	с 6,2% об. спирта,

пивоваренный завод Шимей (Chimay)

Chimay Capsule Rouge (красное)	с 7% об. спирта,
Chimay Capsule Blanche (белое)	с 8% об. спирта,
Chimay Capsule Bleue (голубое)	с 9% об. спирта,

пивоваренный завод Вествлетерен (Westvleteren)

Westvleteren 6 (красное)	с 6,2% об. спирта,
Westvleteren 8 (голубое)	с 8% об. спирта,
Westvleteren 12 (коричневое)	с 11% об. спирта,

пивоваренный завод Вестмалле (Westmalle)

Westmalle Dubbel (двойное)	с 7% об. спирта,
Westmalle Tripel (тройное)	с 9% об. спирта.

Пиво Ламбик (Lambic)

Ламбик — необычное бельгийское пиво с чрезвычайно широкой вкусовой палитрой. Это пиво распространено прежде всего в Брюсселе, в окрестностях которого его готовят также в многочисленных небольших пивоварнях. *Ламбик* — это спонтанно бродящее пиво, приготавливаемое с использованием 30–40% пшеницы. Ячмень лишь слегка подвергается солодоращению, а пшеницу перерабатывают в виде несоложеного сырья. Сусло очень долго кипятят с натуральным хмелем, который предварительно подвергался сильному окислению. Брожение происходит спонтанно, и затем полученное натурально-кислое пиво доображивают полгода, а иногда и дольше (до трех лет), при этом формируется характерный для этого пива интересный вкус.

Экстрактивность начального сусла составляет 11,5–13,5%, содержание спирта — 4,5–5% об.

Зачастую пиво *Ламбик* служит основой для получения фруктового пива (сортов «***Kriek***» и «***Framboise***»). **Kriek** — это вариация пива Ламбик, заключающаяся в том, что в бочку закладываются ягоды черешни. При добавлении малины это пиво называют ***Framboise***.

Пиво Гёз (Gueuze)

Гёз (Gueuze) — это темное нефильтрованное пиво с сильным яблочным тоном, но очень кислое, наподобие Берлинер Вайсе. Его производят в различных вариантах, зачастую с использованием метода доображивания в бутылках, а также путем смешивания с нормальным пивом или фруктовым соком. Для приготовления пива типа *Гёз* единых рекомендаций не существует. Под пивом типа «***Faro***» следует понимать более сладкую разновидность пива «*Ламбик*» с содержанием спирта 4–6% об.

Пиво Дювель (Duvel)

Пиво типа «*Дювель*» (*«Duvel»*, «дьявол») по виду светлое, наподобие пива типа Пилзнер, и обладает мягким и пряным вкусом. Оно имеет плотную стойкую пену и очень высокое содержание спирта — 8,2% об. Характерный вкус этого пива обусловлен используемыми для его приготовления дрожжами.

Бельгийское пшеничное пиво Вит (Wit)

Такое пиво получают с применением 50% и более несоложеной пшеницы, и с добавлением высушенных и размолотых апельсиновых корок и кориандра. Оно имеет экстрактив-

ность начального сусла 12% и является светлым пивом верхового брожения; содержание спирта — около 5% об. Вкус пива характеризуется как сладкотерпкий.

7.3.2. Типы и сорта пива низового брожения

Существующие светлые типы пива низового брожения получили свое развитие лишь в XIX веке, что было обусловлено:

- изобретением холодильной машины Линде (1871), когда стало возможным поддерживать низкие температуры при брожении и дображивании пива независимо от погодных условий;
- открытием механического стеклянного дутья, когда стало возможным дешевое производство бутылок и бокалов, пришедших на смену употреблявшимся ранее глиняным кружкам; благодаря этому стало возможным видеть содержимое стеклянной посуды,
- изобретением Лоренцом Энцингером (1878) фильтрования пива через фильтр-массу, что дало возможность фильтровать пиво до полной прозрачности, ставшей с тех пор важным критерием его качества.

До конца XIX века в Центральной Европе пили в основном пиво низового брожения, почти полностью сваренное «на баварский манер»; эти виды пива, называвшиеся также «мюнхенскими», были темными, слабо охмеленными, очень приятными на вкус; пили их, как правило, из глиняных кружек. Поворот произошел с появлением светлого пива, сваренного «по-богемски» (по-чешски). Ведущая роль в этом принадлежала Пльзенской пивоварне, ставшей известной позднее как Pilsner Urguell (пиво Plzenský Prazdroj). В Пльзене в 1842 году был получен старейший тип пива Пилзнер, который благодаря своему вкусу, игристости и легкой усвояемости вызвал поворот в истории производства пива от верхового к низовому способу брожения.

7.3.2.1. Пиво типа Пилзнер (Pilsner)

Пиво типа Пилзнер в Германии является, бесспорно, наиболее потребляемым пивом, занимая 67,9% рынка сбыта (1997) [213]. При этом наблюдается четкое различие между севером и востоком страны (земля Шлезвиг-Гольштейн, Гамбург — 85,0%, земля Саксония-Ангальт — 82,3%, Берлин — 81,8%, с одной стороны, и Баден-Вюртемберг — 48,7%, Бавария — 31,7%, с другой).

Пиво типа Пилзнер в Германии характеризуется средней экстрактивностью начального сусла 11,6%, которая изменяется обычно в пределах — от 11,3% до 12,2%.

В 1996 году в центральной лаборатории немецкого института пивоварения (VLB, Берлин) было проведено исследование 383 образцов немецкого пива типа Пилзнер. Были получены следующие средние показатели [200] (выборочно):

Экстрактивность начального сусла	11,59%
Видимый экстракт	2,21%
Действительный экстракт	3,98%
Содержание спирта	3,93 % масс.
Содержание спирта	4,99% об.
Конечная степень сбраживания	81,8%
Степень сбраживания готового пива	81,6%
PH	4,51
Цветность	7,4
Горечь	30,3 BE (21–41)
Пеностойкость (R&C)	119 с
Пеностойкость (NIBEM)	270 с
Вязкость	1,64 мПа · с
Антоцианогены	43 мг/л
общие фенолы	167 мг/л
Мутность при 20 °C	0,4 EBC
Форсированный тест (теплых суток)	> 2
Воздух в горлышке	0,23 мл (0,1–0,5)
β-глюканы	368 мг/л
Декстрины	1–3%
Усвояемые углеводы	2,6–3,3 г/100 мл
Калорийность	40 ккал/100 мл = 168 кДж/100 мл
Показатель тиобарбитуровой кислоты (ПТК)	40–45
Диацетил	0,08 мг/л

Разные сорта пива типа Пилзнер имеют существенные различия по цветности. На многих предприятиях делают ставку на очень

светлое пиво Пилзнер с цветностью 4,5–7 ЕВС, тогда как на других — на более темное с цветностью 8–10 ЕВС. Основное направление развития связано с очень светлым, утонченным характером пива типа Пилзнер.

Особо ценится хмелевая горечь пива Пилзнер, которая должна придавать пиву приятный тонко-терпкий вкус. В связи с этим приобретает совершенно особое значение выбор вносимого сорта хмеля, а также момент его внесения. Для пива Пильзнер, характеризующегося сильным, чистым, свежим и терпким хмелевым вкусом и ароматом, прослеживается четкая тенденция к снижению вкусовой горечи при движении с севера на юг Германии.

Исследованные образцы пива Пилзнер показали существенные изменения по горечи — от 21 до 42, что отражает различные вкусы потребителя относительно горечи (между пивом «терпким по-фрисландски» и «только слегка горьким»). В целом в отношении горечи пива Пилзнер в последние годы произошел сдвиг в сторону менее горького пива.

В противоположность немецкому пиву типа Пилзнер, в производстве чешского пива, представленного пивом ***Пилзнер Урквелл*** (Pilsner Urquell, Plzenský Prazdroj) отдается предпочтение всем факторам, обусловливающим «ядреный» вкус и несколько более высокую цветность (интенсивное трехотварочное затирание, кипячение сусла в течение более двух часов и многое другое). Поэтому без преувеличения можно разделить любителей пива типа Пилзнер (которых в Центральной Европе среди пьющих пиво большинство) на два «лагеря» — любителей очень светлого и тонкого немецкого «Пилзнер» и любителей чешского пильзенского пива с более высокой цветностью, представленного сортом «Пильзнер Урквелл».

7.3.2.2. Пиво типа Лагер (Lager)/ Фолль (Voll)

Лагерное пиво — это такой его тип, которому невозможно дать точного определения. К лагерному относят 80–90% из всего пива низового брожения, распространенного в мире, а также пиво, называемое в Германии «*Фолль*» или «цельное» (*«Vollbiere»*, по аналогии с «цельным» молоком — «*Vollmilch*». Под этим подразумевается пиво со средней экстрактивностью начального сусла, то есть 11–14%. — *Прим. ред.*]. По существу, все сорта пива, которым не присвоена конкретная марка, являются лагерными или цельными (Vollbier). Им не присваивают обозначения сорта, а дают рекламное название, связанное с названием местности или конкретного пивоваренного предприятия.

В **лагерном пиве** экстрактивность начального сусла составляет 10,5–12,5%, содержание спирта — 4,7–5,3% об. Горечь сравнительно небольшая, 18–23 ВЕ.

Типичным представителем немецкого лагерного пива является тип ***Фольбир***. Это пиво варится большей частью в светлом варианте. В Германии в 1997 г. пиво типа Фольбир занимало 3,6% рынка с большим разбросом по регионам; при этом лишь в Баварии это пиво занимало 26,1% [213].

Фольбир характеризуется следующим средним составом [200]:

Экстрактивность начального сусла	11,65%
Видимый экстракт	2,28%
Действительный экстракт	4,05%
Содержание спирта	3,91 % масс.
Содержание спирта	4,99% об.
Конечная степень сбраживания	81,4%
Степень сбраживания готового пива	81,1%
PH	4,58
Цветность	7,8 ЕВС
Горечь	21 ВЕ
Пеностойкость (R&C)	117 с

Темные сорта **лагерного пива и пива Фолль** часто производят с несколько большей экстрактивностью начального сусла, порядка 12,5% (11,8–13,0%), содержание спирта в пиве выше, оно составляет 5,0–5,2% об., у него меньше хмелевая горечь — 18–20 ВЕ, а цветность заметно выше — 30–40 ЕВС. Темное лагерное пиво благодаря применению специальных видов солода (мюнхенский тип) обладает более сильным солодовым ароматом (см. раздел 2.9.10). Более сильно выраженным представителем этого направления является черное пиво. Средний состав **темного пива типа Фолль** [200] составляет:

Экстрактивность начального сусла	12,18%
Видимый экстракт	3,03%
Действительный экстракт	4,76%
Содержание спирта	3,83 масс. %

Содержание спирта	4,90% об.
Конечная степень сбраживания	76,0%
Цветность	60 EBC
Горечь	22 BE

7.3.2.3. Пиво типа «Export»

Под этим названием понимают пиво, которое производят с несколько большей экстрактивностью начального сусла. Название «Экспорт», то есть «экспортное», несколько вводит в заблуждение, так как это пиво совсем не экспортируется. Пиво типа «Export» так же, как относящееся к этой же категории **«Edel» (Эдель, «благородное»)** и **«Spezial» (Шпециаль, «специальное»)**, занимают в Германии 8,8% общего рынка (1997), занимая второе место среди видов пива низового брожения. Этот тип пива соответствует прежнему типу «Dortmunder» (Дортмундское).

Пиво типа «Export» — это большей частью светлое пиво с экстрактивностью начального сусла 12,5–13,5%; оно заметно крепче, чем Пилзнер, со средним содержанием спирта 5,5% об. (4,8–5,9) = 4,3 % мас. (3,7–4,6).

У него менее подчеркнутый хмелевый тон, чем у пива типа Пилзнер (горечь 20–25 BE), однако горечь более заметно выражена, чем у типа Хелль (светлое), ощущается полнота вкуса, пиво мягкое, ароматное. Цветность пива «Export» выше, чем пива типа Пилзнер (8–15 EBC).

Светлое пиво типа «Export» имеет следующий средний состав [200]:

Экстрактивность начального сусла	12,47%
Видимый экстракт	2,42%
Действительный экстракт	4,32%
Содержание спирта	4,22 % масс.
Содержание спирта	5,38% об.
Степень сбраживания готового пива	81,3%
PH	4,61
Цветность	8,2 EBC
Горечь	23,2 BE
Пеностойкость (R&C)	118 с

Темное пиво типа «Export», цветность которого составляет 45–100 EBC — очень темное пиво, причем зачастую наблюдается тенденция готовить его более плотным (экстрактивность начального сусла 13%) для получения требуемой полноты вкуса.

7.3.2.4. Пиво типа «Шварц» (Schwarzbiere, Черное пиво)

Черное пиво при экстрактивности начального сусла 11,5–11,8% отличается особенно темным цветом (цветность 100–150 ед. EBC) и относительно высоким содержанием спирта 4,8–5% об. Солод, применяемый для его приготовления, придает пиву вкус поджаренной хлебной корочки (но не подгорелой), что делает пиво Шварц с учетом содержания спирта действительно приятным. Горечь у него зачастую выше, чем у пива типа «Export». Пиво Шварц отличается выборочно высокой местной популярностью.

7.3.2.5. Пиво типа Фест (Festbiere, «Праздничное пиво»)

Пиво типа Фест является сезонным, его варят по случаю особых празднеств. В соответствии с характером праздника это большей частью светлое, реже — темное пиво с экстрактивностью начального сусла как минимум 12,0–12,5%. Оно характеризуется полным и приятным вкусом.

Пиво типа Фест к мюнхенскому осеннему празднику пива «Октоберфест» готовится с экстрактивностью начального сусла 13,5–14% и зачастую оказывает «сногсшибательное» действие.

7.3.2.6. Пиво Айс (Eisbier, Ледяное пиво)

Ледяное пиво не является особым сортом, хотя и предлагается как таковой. Название его восходит к способу приготовления (см. раздел 4.9.2); при этом способе отделяются белковые и дубильные вещества, и вкус пива при несколько повышенном содержании спирта становится мягче, менее выразительным.

Кроме того, пиво по возможности сильно охлаждается и разливается в предварительно охлажденные бокалы, что особенно рас-

пространено в Северной Америке. При таком способе употребления сначала ощущается именно охлаждение; вкус самого пива проявляется лишь при более высоких температурах (8–10° С).

7.3.2.7. Пиво типа Мерцен (Märzen)

Название «Мерцен» происходит от того, что прежде в некоторых пивоварнях весной, а именно в марте (Marz), варили более крепкое пиво, и оно пользовалось большой популярностью.

Пиво «Мерцен» при экстрактивности начального сусла **13–14%** относится к плотным типам пива, а по цветности занимает промежуточное положение между темным и светлым пивом. В настоящее время обычно варят **два варианта пива типа «Мерцен»:**

- **светлый** тип (цветность в среднем 11–12 ед. EBC, разброс значений — 9–19 ед.);
- **темный** тип (цветность 40–60 ед. EBC).

Из-за повышенной экстрактивности начального сусла и высокой степени сбраживания (80% и выше) содержание спирта сравнительно высокое, 5,7% об. (4,7–5,9). «Мерцен» — это тип пива, который производится в небольших количествах. Его продажа должна ограничиваться небольшим промежутком времени. Средние показатели пива типа «Мерцен» в Германии составляют (по данным 1996 г. [200]):

Экстрактивность начального сусла	13,31%
Видимый экстракт	2,83%
Действительный экстракт	4,81%
Содержание спирта	4,42 % масс.
Содержание спирта	5,65% об.
Степень сбраживания готового пива	79,6%
pH	4,53
Пеностойкость (R&C)	125 с

7.3.2.8. Пиво типа Бок (Bockbier)

Название «бок» восходит к пиву из нижнесаксонского города **Айнбек (Einbeck)**, где еще около 500 лет назад варили пиво, пользовавшееся большой известностью наряду с брауншвейгским «Мумме» (Mumme). Айнбекское пиво распространилось также в Баварии, где его название превратилось сначала в «Оамбок», а затем в «Бок».

Пиво «Бок» при **экстрактивности начального сусла 16–17%** является сильно сброженным пивом, которое появляется в продаже большей частью посезонно («Весенний Бок», «Осенний Бок», «Рождественский Бок»), и редко — круглый год. Приготовление пива «Бок» требует большого мастерства, так как путем длительного брожения и дображивания должен образоваться более богатый букет веществ, которые более или менее явно формируют аромат и вкус пива, причем каждое из этих веществ действует в своем направлении. Так, не каждый год это пиво удается приготовить одинаковым, следует также дифференцировать «Бок» по сезонам, например:

- майский «Бок» несколько светлее, тоньше и обладает большей горечью;
- рождественский «Бок» полнее, светлее и мягче [114].

При производстве пива типа «Бок» следует особо обращать внимание на то, что каждое пиво имеет свою «кульминационную» точку, до которой при дображивании в лагерном подвале пиво прибавляет в качестве. Если для оживления дображивания «Бок» выдерживается в очень холодном подвале после введения низких завитков, длительность такой выдержки может составлять 3–4 месяца. Чтобы не допустить автолиза дрожжей и вместе с тем ухудшения качества пива, требуется тщательный контроль. Весьма велика опасность, что «Бок» раньше времени приобретет аромат и вкус старения.

«Бок» варят светлым (8–13 EBC) или темным (45–100 EBC). Несмотря на пониженную степень сбраживания (65–75%), **содержание спирта высокое, порядка 7% об.** (от 6 до 7,5).

«Бок» обладает следующими средними показателями [200]:

Экстрактивность начального сусла	16,18%
Видимый экстракт	4,50%
Действительный экстракт	6,73%
Содержание спирта	4,99 % масс.
Содержание спирта	6,42% об.
Степень сбраживания готового пива	73,5%

7.3.2.9. Пиво Двойной Бок (Doppelbock)

При **экстрактивности начального сусла 18–30%** «Двойной Бок» — наиболее плотно приготовленное пиво. Содержание спирта в нем — 7–12% об., то есть очень высокое. Число потребителей пива типа «Двойной Бок» ограничено, так как его физиологическая ценность в больших количествах имеет свои ограничения. Следует указать главным образом на то, что приготовленное крепким пиво всегда содержит больше высших спиртов и сложных эфиров, которые при потреблении в большом количестве на следующее утро вызывают головную боль.

«Двойной Бок» готовят и продают как сезонное пиво. Его приготовление в течение всего года не практикуется, так как оно связано с большой опасностью старения, а значит и ухудшения аромата и вкуса пива.

7.3.2.10. Безалкогольное пиво

В разделе 4.9.3 уже были рассмотрены способы полного или частичного удаления из пива спирта либо способы предотвращения его образования. Потребители безалкогольного пива относятся к категории людей, которые не хотят или не могут потреблять алкоголя. Зачастую потребление безалкогольного пива связано также с надеждой, что оно имеет меньшую калорийность или в нем меньше углеводов. Однако это верно не во всех случаях и зависит от способа приготовления. В большинстве случаев в безалкогольном пиве содержится сравнительно много углеводов.

В Германии, где для безалкогольных напитков допускается максимальное содержание спирта 0,5% об., производят безалкогольное пиво в среднем

- с экстрактивностью начального сусла от 5 до 6%,
- с содержанием усвояемых углеводов 2–5 г/100 мл (для сравнения: в пиве типа Пилзнер — 2–4 г/100 мл),
- с калорийностью 10–23 ккал/100 мл (для сравнения: в пиве типа Пилзнер — 35–50 ккал/100 мл),
- с содержанием декстринов 2–2,5% (для сравнения: в пиве типа Пилзнер — 0,3–2,0%).

Безалкогольное пиво имеет следующие средние показатели (данные 1996 г. [200]):

Экстрактивность начального сусла	5,22%
Видимый экстракт	4,48%
Действительный экстракт	4,61%
Содержание спирта	0,31 % масс.
Содержание спирта	0,40% об.
Степень сбраживания	14,7%
Пеностойкость (R&C)	118 с
Горечь	23,7 BE
Декстрины	2,21%
Усвояемые углеводы	2,26 г/100 мл
Калорийность	14 ккал/100 мл

Существенным носителем вкуса является спирт! При его удалении из пива неизбежно уходят и другие летучие вещества, поэтому безалкогольное пиво всегда имеет иной вкус, чем аналогичное пиво, но с наличием алкоголя. Из-за этого непосредственное сравнение не имеет смысла. Безалкогольное пиво может вполне успешно производиться из пива верхового брожения. Рынок сбыта безалкогольного пива в 1997 г. составлял в Германии 2,8%.

7.3.2.11. Диетическое пиво

Такое пиво производится для потребителей, которые хотят или вынуждены принимать низкокалорийную пищу (например, для диабетиков).

В некоторых странах в связи с этим действуют законодательные акты относительно производства и потребления диетических продуктов питания. При обычном производстве пива крахмал полностью расщепляется, но часть его не превращается в сахар и не сбраживается, а расщепляется только до не окрашивающих йодный раствор декстринов, которые остаются в пиве несброженными и вносят свой вклад в то, что потребитель пива в больших количествах постепенно полнеет.

Чтобы получить диетическое пиво, следует и эти декстрины расщепить до сахаров и сбродить в спирт. Поэтому в диетическом пиве автоматически получается большее содержание спирта (которое в некоторых странах огра-

ничено законом и поэтому в свою очередь должно снижаться).

Полное расщепление крахмала в сбраживаемые сахара

При обычных способах затирания расщепление крахмала происходит до величины конечной степени сбраживания в сусле порядка не более 80–85%; для расщепления оставшихся декстринов недостаточно времени и еще имеющегося потенциала ферментов (происходит равновесная реакция).

Чтобы получить конечную степень сбраживания в 90–92%, следует проводить очень длительное (3,5–4 часа) и очень интенсивное затирание [73]:

- начало затирания при 50° С с паузой в течение 30 мин;
- паузы при 62° С и при 65° С по 45 мин;
- паузы при 68° С и при 70° С по 30 мин;
- пауза при 72° С – 15 мин;
- перекачка в фильтрационный аппарат при 73–74° С.

Несмотря на такой длительный режим, этого недостаточно, чтобы расщепить все углеводы и достигнуть требуемой КСС 100% (видимая конечная степень сбраживания должна быть при этом выше 100%). Поэтому для полного расщепления углеводов обычно в начале брожения добавляют **солодовую вытяжку** (2–3%) или **муку солода** (2 × 300 г/гл) и хорошо их перемешивают с бродящим суслом; имеющиеся β-амилазы и предельные декстриназы расщепляют остаточные декстрины медленно и последовательно, таким образом, чтобы образующиеся при этом сахара были сбраживаемыми. В результате получается пиво с высоким содержанием спирта.

Но при этом, однако, возникают проблемы:

- с солодовой мукой или вытяжкой в пиво, естественно, попадают микроорганизмы, которые могут снизить его биологическую стойкость;
- с солодовой вытяжкой в пиво попадают также протеолитические ферменты, которые медленно расщепляют высокомолекулярные пенообразующие протеины и заметно ухудшают пену.

Обойти вторую проблему можно с помощью следующих технологических приемов:

- 2–3% солодового затора специально начинают затирать при температуре выше 60 °С, и эту часть затора не кипятят и после охлаждения добавляют в бродильный аппарат. При 60 °С (и выше) пептидазы уже инактивируются, так что дальнейшего расщепления пенообразователей происходить не может. С другой стороны, остатки декстриназы еще сохраняют свою активность, и во время брожения и созревания они еще могут расщеплять α-1,6-связи, обеспечивая тем самым полное расщепление крахмала.
- Затор после клейстеризации и разжижения при 62° С еще раз охлаждают до 50° С, чтобы дать возможность остаточной декстриназе полностью расщепить крахмал. Этим способом достигается видимая конечная степень сбраживания 88–92%.
- Для пивоваренных предприятий, которые не обязаны соблюдать немецкий Закон о чистоте пивоварения, существует беспроблемный путь – добавление ферментных препаратов (см. раздел 3.2.4.3.5.6) во время затирания или в бродильном отделении, причем достигается полное расщепление до сбраживаемой мальтозы и глюкозы (конечная степень сбраживания – выше 100%).

Во многих странах диетическое пиво одновременно должно соответствовать требованиям к диабетическому пиву. Поэтому необходимо всегда учитывать действующие в той или иной стране нормативные документы относительно

- содержания усвояемых углеводов,
- калорийности и
- содержания спирта.

Снижение в данном пиве содержания спирта связано с повышенными расходами. Некоторые предприятия находят выход в том, что часть сброженного пива перекачивают еще раз в сусловарочный котел и удаляют спирт путем кипячения. Это, естественно, существенно дешевле, чем частичное удаление спирта обычными способами. Проблемой среди прочих остается поглощение кислорода.

В Германии диетическое пиво имеет следующие средние показатели [200]:

Экстрактивность начального сусла	9,48%

Видимый экстракт	0,25%
Действительный экстракт	2,02%
Содержание спирта	3,80 % масс.
Содержание спирта	4,80% об.
Степень сбраживания	97,4%
Декстрины	0,66 % масс.
Усвояемые углеводы	0,77 г/100 мл
Калорийность 33 ккал/100 мл=139 кДж/100 мл	

7.3.2.12. Легкое пиво (Leicht, Light)

Легкое пиво производится светлым или темным, верхового или низового брожения, в кегах или в бутылках. Единого мнения, каким оно должно быть, не существует. Благодаря меньшему содержанию алкоголя и других веществ (таких, как декстрины), легкое пиво может использоваться прежде всего в качестве напитка, утоляющего жажду.

Легкое пиво зачастую выпускается со значительно сильно пониженной калорийностью; иногда его физиологическую ценность увеличивают путем частичного удаления спирта.

В 1997 г. в Германии легкое пиво занимало 0,9% рынка с тенденцией к убыванию. Оно характеризуется следующими средними показателями:

Экстрактивность начального сусла	6,5–8,0%
Содержание спирта	2,5–4,0% об.
Содержание декстринов	1,0%
Усвояемые углеводы	2,0 г/100 мл
Калорийность	25–30 ккал/100 мл

Производство легкого пива

Казалось бы, легкое пиво можно получить путем разбавления нормального пива, но что за вкус тогда у него будет!

Хорошее легкое пиво должно отличаться своим собственным тоном и вкусовым оттенком, лучше выражающим его характер. Для его приготовления необходимо [72]:

- применение более темного, хорошо высушенного солода;
- применение специальных способов затирания для получения особо низкой или, наоборот, более высокой конечной степени сбраживания;
- более сильное охмеление и интенсивное кипячение;
- сбраживание при более высокой температуре с интенсивным расщеплением диацетила,
- учет недостатка аминокислот, цинка при сбраживании легкого пива;
- регулирование разницы между степенью сбраживания готового пива и конечной степенью сбраживания.

Если в Германии легкое пиво не особенно распространено, то в Северной Америке, например, оно захватило существенную часть пивного рынка.

7.3.2.13. Солодовый напиток («солодовое пиво»)

В Баварии до сегодняшнего дня запрещено производить «солодовое пиво» с добавлением сахара (после имевшей место в 1960 г. так называемой «сладкопивной войны»). В результате многочисленных процессов Федеральный суд предписал называть «солодовое пиво» в Германии в будущем «солодовым напитком».

Под ним понимают напиток темно-янтарного цвета с МДСВ 11,7–12%. Сусло готовят с экстрактивностью 7–8% и лишь после фильтрования в пиво добавляют столько сахара, чтобы получить 11,5–12,0% СВ. Содержание спирта в пиве составляет, подобно безалкогольному, 0,5%. Поэтому солодовые напитки потребляются в соответствии с их названием — как утоляющие жажду напитки с высоким содержанием питательных веществ.

Приготовление

Обычным порядком затирают 65–75% мюнхенского солода и 3–5% темного карамельного солода (остальное — солод пильзенского типа), затор фильтруют и кипятят сусло 60–70 мин с небольшим количеством хмеля (15–20 мг α-кислоты/1 л сусла). Начало брожения производят при 10 °С верховыми дрожжами и прерывают брожение уже через несколько часов путем охлаждения пива до 0–1 °С, чтобы сохранить содержание спирта на уровне ниже 0,5%. Верховые дрожжи, естественно, в столь короткое время не могут образовать продукты обмена веществ, но добавлять следует именно верховые дрожжи, так как по законодательному определению это пиво верхового брожения.

После дображивания при температуре от 0° до 1 °С в пиво вносят сахар для восполнения еще недостающей экстрактивности 4–5% (4–5 кг/100 кг сусла). Сахар задают в виде карамелизованного пивоваренного сахара (80%-ного), сахарного сиропа или инвертного сахара и все перемешивают. Перемешивание здесь иногда представляет собой проблему, так как сахар не всегда полностью растворяется, и перемешивание двух жидкостей различной плотности в больших емкостях без мешалки получается неполным.

В заключение напиток карбонизируют, разливают в бутылки и пастеризуют. Обработка в поточном пастеризаторе очень ненадежна, так как по пути транспортировки до розлива существует большая вероятность повторного попадания в пиво микроорганизмов, особенно дрожжевых клеток, которые могут вызвать брожение пива благодаря повышенному содержанию в нем сахара. Из-за повышения давления бутылки могут разрываться и вызывать травмы людей и повреждения в помещениях.

Калорийность солодового пива, составляющая 44–46 ккал/100 мл (185–193 кДж/100 мл), лишь несколько больше, чем калорийность, например, пива типа Пилзнер (40 ккал/100 мл), однако в нем много усвояемых углеводов (в среднем – 10,5%).

Солодовое пиво – идеальный поставщик энергии, и его всегда можно рекомендовать детям, а также спортсменам из-за отсутствия в нем спирта и наличия полезных углеводов, белка и витаминов.

Хотя немецким Законом о чистоте пивоварения это запрещено, в других странах добавление сахара является обычным технологическим приемом, используемым для легкого подслащивания низового темного или черного пива с содержанием спирта до 5% об. Благодаря этому такое пиво имеет легкий приятный оттенок, что гарантирует ему хороший сбыт, особенно среди женщин.

Аналогичным образом можно производить подслащенное карамельное солодовое пиво низового брожения «Двойное карамельное солодовое пиво» (в Германии в связи с Законом о чистоте пивоварения это не разрешено). Добавление сахара в любом виде (лучше всего карамелизованного пивоваренного сахара) всегда связано с необходимостью пастеризовать пиво в бутылках или банках. Чтобы улучшить пенообразование, можно использовать способ возбуждения брожения до или непосредственно перед пастеризацией путем выдерживания паузы при 30–35° С. Для этого требуется предварительное введение в нефильтрованное пиво небольшого количества дрожжей. При этом необходима основательная пастеризация, так как иначе начавшееся брожение разорвет любую бутылку или банку (см. выше).

7.3.2.14. Типы пива, производимые в незначительных количествах

Пиво Келлербир (Kellerbier, «подвальное» пиво)

В последнее время под названием «Kellerbier» стало продаваться пиво типа Фолль, но нефильтрованное. Это пиво с легким помутнением характеризуется средним значением экстрактивности начального сусла 11,66% и степенью сбраживания в 77,1% (данные 1997 г.). Это пиво не является отдельным типом или сортом пива.

Пиво Раухбир (Rauchbier, «копченое» пиво)

Под копченым пивом понимают пиво, приготовленное с использованием копченого солода. Этот солод получают, направляя при сушке протукты сгорания (топочные газы) непосредственно через солод. Чтобы придать солоду, а значит и пиву, совершенно своеобразный острый дымный вкус, сжигают буковые дрова, что и создало этому пиву известность. Копченое пиво выпускается небольшим количеством предприятий.

Пиво Штайн (Steinbier, «каменное» пиво)

В данном случае имеется в виду пиво, для приготовления которого затор или сусло нагревают путем погружения раскаленных камней. При контакте с горячими камнями происходит карамелизация, придающая пиву более определенный аромат. Этот способ применяется очень редко и только в очень маленьких пивоварнях.

7.3.2.15. Смешанные напитки на основе пива

В Германии подобные напитки давно известны — по просьбе клиентов иногда бармены смешивают коктейли из пива и лимонада. Благодаря специфическому вкусу и небольшому содержанию спирта они оказывают хорошее жаждоутоляющее действие.

Такие напитки производят в настоящее время в готовом к употреблению виде с соотношением смеси 1 : 1 из пива, сваренного согласно Закону о чистоте пивоварения, и лимонада или колы, а также других напитков с содержанием спирта от 1 до 2,7%. Разливаются они преимущественно в банки.

Традиционными смешанными напитками на основе пива являются, например:

Радлер (Radler)	смесь из светлого пива и лимонного лимонада,
Альстервассер (Alsterwasser)	смесь из светлого пива и лимонного лимонада,
Руссн (Russn)	смесь из пива «Kristallweizen» и лимонного лимонада,
Дизель (Diesel)	смесь из пшеничного пива и колы,
Турбодизель (Turbodiesel)	смесь из пшеничного пива, колы и добавок.

Смешанные напитки являются главным образом сезонными для теплого времени года. По опыту потребность в утоляющих жажду напитках с низким содержанием алкоголя к лету возрастает скачкообразно, и эти напитки тогда пользуются повышенным спросом.

В других странах в последние годы также возрос спрос на смешанные с пивом напитки, причем основная тенденция направлена в сторону слабоалкогольных (1–3%) напитков с ярко выраженным вкусом.

7.3.3. Тенденции развития типов пива, приготовляемых без учета немецкого Закона о чистоте пивоварения

Приготовление пива согласно немецкому Закону о чистоте пивоварения предъявляет к пивоварам определенные повышенные требования. В рамках этого Закона имеется еще много возможностей для изменения вкусовых нюансов, например, путем применения различных штаммов дрожжей, которые через продукты своего обмена веществ влияют на образование вкуса и аромата.

Известно, что во многих странах из экономических соображений часть ячменного солода заменяют другими, более дешевыми натуральными продуктами. Имеется также возможность заменить часть ячменного солода таким натуральным сырьем, которое влияет главным образом на ***формирование аромата*** пива.

Наряду с производством традиционных типов пива, которые занимают большую долю рынка, существует ряд тенденций развития новых типов пива, которое особенно стимулируется благодаря появлению во многих странах мини-пивзаводов производственного типа и при ресторанах.

В тех странах и на тех предприятиях, которые не обязаны соблюдать требования Закона о чистоте пивоварения, в пиво все больше добавляют ароматизирующие вещества из натуральных фруктов или частей растений, чтобы таким путем получить интересные компоненты вкуса и аромата, удовлетворяющие разнообразные запросы потребителей. Такое пиво часто привлекает клиентов не столько своим запахом, сколько привычкой потребления, в котором они не хотят себе отказывать. Для такого рода инноваций имеется почти бесконечное множество возможностей благодаря разнообразию фруктов, пряностей и растений, неисчерпаемой инициативе и разнообразию вкусов отдельных потребителей.

Так, на ряде пивоваренных предприятий, большей частью склонных к экспериментам, на мини-пивзаводах при пивных барах и ресторанах добавляют следующие натуральные компоненты (по отдельности или в их сочетании): кожуру апельсинов, их цветы, цветы бузины, шалфей, ромашку, кориандр, имбирь, корицу, гвоздику, ежевику, землянику, черешню, тыкву, орехи, полевые цветы, гречиху и многое другое.

Особым «криком» моды является ***пиво с добавлением конопли.*** При этом цветками конопли заменяется лишь часть хмеля. Чтобы обеспечить проявление типичного фруктового или комбинированного вкуса, внесе-

ние хмеля у всех типов пива, которые производятся с добавлением фруктов или частей растений, как правило уменьшают.

При использовании добавок не следует, естественно, упускать представления в рекламе и на этикетках тех или иных оздоравливающих эффектов. Так, зверобой помогает при бессоннице и нервных расстройствах и т. д. В любом случае большое значение имеет правильное перемешивание, дающее единый вкус. О добавлении сахара в качестве подсластителя готового пива см. раздел 1.5.7.

Медовое пиво

В некоторых странах все большее значение приобретает переработка меда. Мед производится пчелами, которые собирают нектар или другие сладкие соки из живых частей растений, обогащают и изменяют их веществом собственного организма, запасают в сотах и оставляют там созревать. При этом нектар сгущается и инвертируется полученными от пчел кислотами и ферментами. Витамины, минеральные и ароматические вещества концентрируются здесь до содержания воды от 16 до 19% массы меда, и при сборе мед центрифугируется из свежеизвлеченных из улья сот.

Такой мед содержит в среднем

28,2% фруктозы,
31,3% глюкозы,
7,3% мальтозы,
1,3% сахарозы,
1,5% высших сахаров,
0,04% азота,
0,17% минеральных веществ и многое другое.

В соответствии с этим содержание белка в меде чрезвычайно низкое, и это же касается минеральных веществ, причем в темном меде, как правило, больше минеральных веществ. Величина pH меда составляет около 3,9. Мед содержит достаточно много органических кислот (0,57%), главным образом глюконовую кислоту.

Значение меда состоит прежде всего в высоком содержании легко усваиваемых углеводов и в содержании ароматических веществ, которые с давних времен позволили меду приобрести особое значение. Здесь следует также вспомнить о медовом вине («медовухе») наших предков.

Аромат меда образуется более чем 300 летучими соединениями, из которых более двухсот идентифицированы. Речь идет о сложных эфирах алифатических и ароматических кислот, альдегидах, кетонах и спиртах.

По месту главного сбора, наличию растений (медосбора) различают

- цветочный мед и
- падевый мед.

Цветочный мед (например, вересковый, липовый, акациевый, клеверный, рапсовый, люцерновый, гречишный, цветочный фруктовый) в свежем виде выглядит тягучим и текучим, со временем густея и кристаллизуясь. Цвет меда, как и аромат, зависит от места сбора. Так, цвет бывает

- у кленового меда — светло-желтый;
- у верескового меда — темно-красноватый;
- у клеверного меда — светло-желтого до красноватого;
- у меда из луговых трав — желтый, до коричневого.

Вкус и аромат меда — сладкий и ароматичный, частично сильно ароматный. Некоторые сорта, а именно вересковые или гречишные, обладают иногда несколько более острым ароматом, чем другие.

Падевый мед (пихтовый, еловый и др.) загустевает с трудом. Он менее сладок, несколько темнее и обнаруживает пряный и смолистый вкус и запах.

Выбор меда

Решающее значение для приготовления пива приобретает выбор меда, так как даже в небольших количествах мед сильно влияет на аромат. По этой причине выбирать мед из предложенных сортов следует осторожно. Сильно ароматный или отличающийся острым ароматом мед обычно не следует рассматривать как возможную добавку для приготовления пива. Мед должен привносить в пиво остаточную сладость с приятно мягким, но не пронзительным медовым вкусом. Поэтому выбору меда следует уделять большое внимание.

Время добавления и количество добавляемого меда

Из-за высокого содержания сбраживаемых сахаров и ароматических веществ мед служит

непосредственной добавкой при производстве пива. При этом можно выбирать разнообразные варианты между двумя крайними.

1-й крайний вариант: мед добавляется в качестве поставщика экстракта в варочном цехе незадолго до перекачки горячего охмеленного сусла и далее оно как обычно перерабатывается. При этом находящиеся в меде микроорганизмы наверняка будут уничтожены, но вместе с ними будут потеряны и некоторые ценные летучие ароматические соединения, формирующие вкус. Пиво в этом случае после сбраживания не будет иметь остаточной сладости. Добавку меда можно проводить непосредственно перед перекачкой сусла, так как микроорганизмы при 100° С в сусловарочном котле гибнут за очень короткое время, а высокие температуры во время пребывания сусла в вирпуле дополнительно гарантируют стерильность.

Мед сбраживаем почти на 100%, и он действительно сбраживается! Однако как поставщик экстракта мед слишком дорог и, перебродив, не дает особых преимуществ, к тому же ароматические вещества из него почти полностью улетучиваются.

2-й крайний вариант: мед добавляется лишь перед розливом. Тогда сладость и весь аромат сохраняются. Для этого, однако, требуются:

- хорошо работающая дозирующая установка (или перемешивание путем рециркуляции пива);
- устройство для дополнительной карбонизации;
- пастеризационная установка для обеспечения стойкости и предотвращения нежелательного брожения.

Это, конечно, дорогостоящий способ, к тому же и мед не дешев, но все же такой метод представляется лучшим.

Следует остерегаться получения слишком сладкого напитка. Сочетание остаточной сладости, легкого медового аромата и легкой хмелевой горечи делают напиток очень интересным.

Как правило, перед фильтрованием добавляют 1–3% меда (в разбавленном виде) и пастеризуют пиво в бутылках. Мед придает пиву столько остаточной сладости, что в сочетании со слабым медовым ароматом получается действительно приятный «дамский напиток». Чтобы благодаря повышенному содержанию спирта и эфиров подчеркнуть винный характер медового пива, рекомендуется это пиво, которое в этом случае должно охмеляться слабее, готовить с несколько более высокой экстрактивностью начального сусла (до 13–14%).

Повышенная из-за добавления меда себестоимость может быть уравновешена существенно большей ценой продажи медового пива, что к тому же привлечет совершенно новых потребителей. Чтобы вызвать у потребителей интерес к продукту, зачастую достаточно уже одного указания на применение меда, которое сулит, что продукт будет иметь обещанный вкус.

В любом случае на этикетке следует декларировать применение меда или другого натурального продукта. Это важно особенно потому, что потребитель пива, даже если оно сварено не по немецкому закону о чистоте пивоварения, ожидает получить чистый, натуральный продукт. В Германии, естественно, запрещено продавать этот напиток, называя его пивом.

Другие варианты

Одним из довольно интересных вариантов является производимое в Японии **пиво с хреном**. Если вести сбраживание вместе с зеленым хреном, то получается зеленоватое пиво с пряным, ароматным вкусом. Интересным напиток делают совершенно своеобразный цвет и характер вкуса. Хрен, в противоположность меду, не вносит сбраживаемого экстракта и должен рассматриваться только как пряность, причем очень сильная. Этот несколько экстравагантный пример показывает, что палитра возможностей еще далеко не исчерпана, что существуют еще много путей ее обогащения. Однако при экспериментировании не следует забывать точно описывать все добавки (количество, происхождение, температуру при переработке, время внесения добавки и т. д.). Бывает очень неприятно, если найденную оптимальную смесь не удастся воспроизвести, поскольку ее составление производилось «кое-как».

Вообще же следует ясно представлять, что эти напитки — независимо от того, называются ли они в той или иной стране пивом или нет — всегда занимают лишь небольшую долю рынка и не в состоянии вытеснить «раскрученные» марки и привычные типы пива.

7.4. Контроль качества

Контроль качества готового пива проводится тремя основными методами:

- путем ***дегустации пива***;
- путем ***микробиологического контроля;***
- путем ***техно-химического контроля.***

7.4.1. Дегустация пива

Многие компоненты пива, а также его свойства можно количественно измерить, например:

- высоту и стойкость пены,
- цветность пива или
- мутность пива.

Однако чистота напитка, запах пива, игристость или тонкость горечи — все это факторы, которые нельзя оценить аналитически, но именно они в первую очередь интересуют потребителя. Пиво ему должно понравиться настолько, чтобы он захотел его взять еще раз.

Для оценки различных критериев качества пиво следует дегустировать. Если при этом хотят прийти к конкретным выводам, то следует проводить дегустацию в соответствии с установленным порядком, а прежде отобрать и научить дегустаторов.

Для дегустации требуются люди с очень тонкими способностями различать вкус и запах, и на оценку дегустаторам предлагают предварительно пиво, в котором

- 10% пива заменено деаэрированной водой (***тест на разбавление***);
- добавлено 4 г/л сахара (***тест на сладость***);
- растворено 4 мг изо-α-кислоты (***тест на горечь***).

Опытные образцы бутылочного пива опять укупоривают в соответствии с установленным порядком, переворачивают вверх дном и одну ночь хранят в холодильнике вместе с контрольными образцами. Затем производится дегустация

- методом ***двойного испытания***, когда определяется и обосновывается разница двух проб,
- методом ***тройного испытания***, когда дегустатор пробы пива (A или B) получает всего три образца, из которых два одинаковы (AAB, BBA, ABA, ABB и т. д.); дегустатор должен найти и обосновать выбор отличающихся проб.

Если подобный отбор направлен на внутрипроизводственный выбор дегустаторов, которые со временем и на основании их опыта смогут делать все более точные заключения, то с другой стороны, большой интерес представляет, насколько отдельные продукты нравятся потребителям. Для этого проводят ***проверку популярности***. Так как в данном случае речь идет о непрофессионалах и необученном персонале, то обращаются к простейшим методам проверки.

Для этого предлагают дегустаторам зашифрованные образцы собственного пива и пива конкурентов. Испытуемый получает лист бумаги с двумя горизонтальными линиями на расстоянии 10 см друг от друга. Верхняя линия обозначает предполагаемый лучший, а нижняя — предполагаемый худший результат. Дегустатор отмечает на листе выше или ниже определенный знак в зависимости от того, как он оценивает дегустируемое пиво. При этом очень интересно, как будет оценено одно и то же пиво, продегустированное вначале и еще раз в конце?!

Для проведения дегустации существуют совершенно конкретные указания. Так, пиво наливают без образования пены в темные 200-мл дегустационные бокалы, дегустация производится при заданной температуре — от 8 до 14° C, причем данная температура должна быть достигнута пивом в предыдущую ночь. Для получения независимых результатов помещение, его температура, размещение дегустаторов и т. д. — все должно быть точно определено. Образцы всегда должны быть зашифрованными (закрытая дегустация).

Для дегустируемых образцов существуют различные шкалы оценок. Ниже приводится одна из шкал, по которой осуществляется ***оценка качества пива по DLG:***

Оцениваемые признаки	Полученный балл	Описание
Запах	5	Чистый
	4	Условно чистый
	3	Легкая погрешность запаха (по диацетилу, окисленности)
	2	Явная погрешность запаха (резко эфирный)
	1	Сильная погрешность запаха (затхлый, дрожжевой)
Чистота вкуса	5	Чистый
	4	Условно чистый
	3	Легкая погрешность вкуса (по диацетилу, окисленности)
	2	Явная погрешность вкуса (резко эфирный)
	1	Сильная погрешность вкуса (затхлый, металлический привкус, засвеченный привкус)
Полнота вкуса	5	Полный вкус, округленный
	4	Полный вкус
	3	Недостаточная полнота вкуса
	2	Не округленный, разлаженный
	1	Тяжелый
Игристость	5	Приятно игристое
	4	Игристое
	3	Мало игристое
	2	Выдохшееся
	1	Очень выдохшееся
Качество горечи	5	Очень тонкая
	4	Тонкая
	3	Несколько остающаяся
	2	Остающаяся
	1	Сильно остающаяся

Так как дегустации всегда проводятся большим числом дегустаторов, то из среднестатистических результатов проверки образцов можно сделать необходимое заключение. Чтобы объективно установить, с какого момента могут происходить изменения вкуса, ***на подобных дегустациях должны также испытываться более старые образцы***. Дегустация является одним из важнейших критериев оценки качества пива.

Следует также указать на то, что пиво является повседневным напитком, на вкус которого люди ориентируются. Пиво, которое пьют повседневно, нравится данному потребителю больше всего потому, что оно имеет вполне определенный вкус. Как говорят, «пиву нужна родина», и именно поэтому процветают многие сотни малых пивоварен, которые — особенно в северных землях Германии — все еще продают свое пиво, как говорится, «вокруг церковной колокольни».

7.4.2. Микробиологическое исследование

Не исключено, что по ходу приготовления сусла и пива вплоть до получения готовой продукции в них попадают посторонние микроорганизмы (контаминанты). Если эти микроорганизмы размножаются, то из-за образования несвойственных пиву продуктов обмена веществ в пиве образуется легкий донный осадок, затем пиво мутнеет и изменяет свой вкус, вкус пива ухудшается и оно становится вообще непригодным к употреблению.

Поэтому следует сделать все возможное, чтобы как можно раньше обнаружить присутствие посторонних микроорганизмов, найти места, *откуда они попадают в сусло или пиво*, и принять меры, предупреждающие их размножение. Все это является задачей микробиологического производственного контроля.

Однако не все микроорганизмы, которые тем или иным путем попадают в сусло или пиво, являются вредными. По «степени вредности» для пивоваренного производства их разделяют на три группы:

- безвредная для пива сопутствующая микрофлора,
- потенциально вредные для пива микроорганизмы и
- безусловно вредные для пива микроорганизмы.

К **безвредной для пива сопутствующей микрофлоре** относятся споры плесневых грибов и многие штаммы бактерий и дрожжей. Они не могут размножаться в пиве и погибают, но их наличие в пиве иногда указывает на присутствие вредных для пива микроорганизмов.

Потенциально вредные для пива микроорганизмы могут размножаться в готовом пиве лишь тогда, когда для них возникают благоприятные условия. Например:

- если в пиве повышено содержание кислорода или
- если относительно велика величина pH (4,7–4,8) или
- если недостаточно высоким является содержание горьких веществ хмеля.

К потенциальным вредителям пивоваренного производства относятся бактерии, например:

- Lactobacillus casei,
- Streptococcus lactis,
- Enterobacteriaceen.

Часть этих бактерий, таких как Streptococcus lactis, производят молочную кислоту, а также придают пиву неприятный привкус.

Наиболее отрицательное влияние оказывают безусловно вредные для пивоваренного производства микроорганизмы. К ним относятся прежде всего

- **Pectinatus cerevisiiphilus и**
- ***Megasphaera cerevisiae.***

Эти штаммы бактерий являются анаэробами, т. е. они могут размножаться только при полном отсутствии воздуха. Так как пивовары делают все возможное для удаления из пива кислорода, тем самым одновременно для них улучшаются условия жизнедеятельности (отсутствие воздуха, низкое значение pH).

Это означает, что бактерии могут размножаться в розлитом пиве, не содержащем кислорода. Образуемые ими продукты обмена веществ вызывают неприятный гнилостный запах и вкус и могут сделать пиво полностью непригодным к употреблению. Поэтому своевременная борьба с такими бактериями чрезвычайно важна. Выше (см. раздел 5.2.2.5) было показано, что эти не переносящие кислород бактерии обитают в защитных слоях из слизи, образуемой вездесущими уксуснокислыми бактериями и там накапливаются, чтобы в нужный момент начать действовать.

Наряду с ними свою вредную роль путем образования нежелательных побочных продуктов играют и другие микроорганизмы. К ним прежде всего относятся:

- **Lactobacillus brevis,**
- **Lactobacillus lindneri,**
- **Lactobacillus frigidus и**
- **Pediococcus damnosus.**

Эти микроорганизмы требуют воздуха (они аэробны), но факультативно (условно) они могут существовать и в анаэробных условиях.

Вредить пиву могут и дрожжи, что проявляется в нарушениях брожения или неконтролируемых процессах брожения. Дрожжами-вредителями пивоваренного производства являются:

- любые дрожжевые клетки, содержащиеся в пиве после фильтрования,
- дикие дрожжи рода Saccharomyces; они родственны культурным дрожжам, но в любом случае нежелательны, так как приводят к появлению донного осадка, помутнению и ухудшению вкуса; к ним относятся:
  - Saccharomyces diastaticus,
  - Saccharomyces pastorianus и
  - Saccharomyces ellipsoideus.

- дикие дрожжи, не относящиеся к роду Saccharomyces:
  - Brettanomyces;
  - Torulopsis;
  - Hansenula;
  - Candida.

Во всех остальных случаях дикие дрожжи при размножении образуют донный осадок и помутнение пива; кроме того, через размножение и свой обмен веществ они приводят к нехватке питательных веществ для жизнедеятельности культурных дрожжей.

Задача производственного микробиологического контроля состоит в том, чтобы в как можно большем числе мест и как можно чаще проверять, где и как микроорганизмы проникают в сусло и пиво. Подобные посторонние, чуждые пиву микроорганизмы объединяют под понятием «контаминанты» (от лат. contamino — портить).

Отбор проб осуществляют по утвержденному производственному плану, причем их отбирают из сусла и пива в различных местах; особенно следует контролировать те участки, которые затруднительно полностью промыть с помощью системы CIP. Сюда относятся, например:

- измерительные устройства с их тонкими, зачастую сложно изогнутыми трубопроводами;
- насосы;
- клапаны с уплотнениями и заглушками;
- шланги и трубопроводы;
- краны для отбора проб;
- бутылкомоечные машины;
- инспекторы бутылок;
- автоматы для розлива и укупорки и многое другое.

Съемные и семенные дрожжи, вода, воздух — все это может служить источником микробиологического загрязнения и их следует контролировать. Чем интенсивнее контроль, тем больше возможности обнаружить источник загрязнения. Не следует надеяться на тщательное проведение фильтрования и поточный пастеризатор; при работе необходимо всегда педантично соблюдать чистоту!

Пробы следует отбирать в биологически безупречных условиях, то есть при отборе проб необходимо гарантировать, что в материале содержалась только проба из места отбора и ничего другого. Этот материал проб при соблюдении стерильных условий высевается на специальные жидкие и плотные питательные среды и при постоянных температурах инкубируется. При низкой концентрации клеток для концентрирования пробы может быть использовано мембранное фильтрование. В этом случае мембрану с клетками непосредственно помещают на питательную среду. При инкубации клетки контаминантов размножаются, и затем они могут быть опознаны по типичному виду колоний или под микроскопом.

Для различных материалов используют различные типы проб [94]:

- ***Проба типа I для прозрачного пива и проб смывов***

  Метод с использованием мембранного фильтра, включая инкубацию на питательном агаре или питательном бульоне.
- ***Проба типа II для проб дрожжей***

  Аммиачная бродильная проба; инкубация на агаре или бульоне.
- ***Проба типа III для проб пива с дрожжевым помутнением***

  Метод с использованием концентрата питательного бульона или проверка на стойкость.
- ***Проба типа IV для сусла***

  Метод мембранного фильтра или модифицированный метод с использованием концентрата питательного бульона.
- ***Проба типа V для воздуха***

  Чашка Петри с питательной средой, приготовленной на агаре, оставляется открытой на несколько минут.
- ***Проба типа VI для тампонной пробы***

  Обогащение пробы жидкости путем размножения микроорганизмов или фильтрования пробы через мембрану.

Применяются в основном следующие питательные среды:

- сусло-агар;
- питательные среды различного состава на основе бульона и агара;

- **VLB-S7-агар**, разработанный Берлинским институтом пивоварения, VLB):
- автолизат дрожжей;
- охмеленное сусло;
- пастеризованное пиво;
- аммиачная проба на брожение и мн. др.

От каждой розлитой партии пива отбирается **проба на стойкость,** которая хранится в воздушном термостатируемом шкафу при постоянной температуре (26° С). Проба в течение установленного минимального срока хранения не должна дать осадка и помутнения. Обычные методы микробиологического определения контаминантов имеют недостаток, заключающийся в их длительности. Оценка может быть получена частично и лишь через 5 суток, что при определенных обстоятельствах может оказаться слишком долгим сроком.

При **PCR-анализе** (Polymerase Chain Reaction) выявляются части наследственного материала (своего рода генетические «отпечатки пальцев») исследуемых организмов, а не клетки как целое. Так как в пиве может появляться ограниченный спектр вредных микроорганизмов, этим методом можно за несколько часов в один этап их определить, а также дифференцировать [212].

Данный метод позволяет за несколько часов обнаружить и одновременно определить различные вредные для пива виды Lactobacillus, а также Pediococcus, Megasphaera и Pectinatus. Тем самым на предприятии можно значительно быстрее определить как размеры опасности, так и найти причины заражения.

7.4.3. Анализ пива

Для производства хорошего пива неизменного качества следует постоянно контролировать ряд показателей. К ним прежде всего относятся:

- определение экстрактивности начального сусла, включающее в себя определение содержания действительного экстракта и спирта в пиве;
- определение величины pH;
- определение содержания кислорода в пиве;
- определение содержания диацетила;
- определение содержания горьких веществ;
- определение содержания CO_2;
- определение коллоидной стойкости

и другие анализы.

7.4.3.1. Определение содержания спирта, действительного экстракта и концентрации начального сусла

Определение экстрактивности начального сусла должно предоставить сведения о содержащихся в пиве веществах. Из имевшихся первоначально компонентов сусла в пиве остается только часть, поскольку при брожении некоторые из них исчезают. Поэтому определение экстрактивности начального сусла в готовом пиве представляет собой определенную сложность. Экстрактивность начального сусла — это массовая доля сухих веществ в охмеленном сусле (рис. 7.2). Она составляет, например, 11,5%.

Выше (см. раздел 4.1.2.1.1) было показано, что сбраживаемый экстракт при брожении делится на две почти равные части с образованием спирта и CO_2. Но части равны лишь *приблизительно*, так как из 180 г сахара получается 92 г спирта и 88 г CO_2.

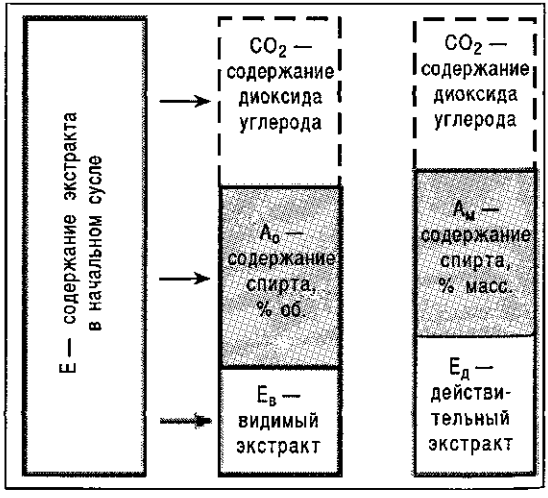


Рис. 7.2. Изменение в содержании экстракта и спирта при брожении

Если теперь измерить еще содержащийся в пиве несброженный экстракт (например, в простейшем случае с помощью сахарометра), то получится существенно меньшее значение, например, 2,3%. Совершенно очевидно, что остаток сбраживается и таким образом разлагается на почти равные массовые (весовые) части спирта и CO_2. Если измерить в пиве содержание спирта, то мы получим примерно 4,9% об., то есть в 100 мл пива содержится 4,9 мл спирта. Однако эти данные только кажутся правильными, так как более легкий по удельной массе спирт позволит нашему сахарометру погрузиться несколько глубже. Поэтому мы говорим о видимом экстракте ($E_в$). Чтобы определить действительный экстракт ($E_д$), следует удалить спирт (например, путем дистилляции). Тогда мы увидим, что экстракта содержится на 1–1,5% больше (например, 3,8 % масс.), чем показал ареометр. Если теперь измерить еще и массовый процент спирта, то получится, что эта величина примерно на 1% меньше объемного процента (например, 3,9%). Отсюда получаются следующие примерные соотношения:

$E_в$ = 2,3%
спирт = 4,9% об.
$E_д$ = 3,8%
спирт = 3,9% масс.

Но если известно, сколько в пиве массовых процентов спирта, то можно вычислить из какого количества экстракта он получен, ведь несколько меньшее массовое количество CO_2 естественным образом исчезло. Его количество рассчитывается из определенного массового процента спирта.

Теперь известны

- еще имеющийся действительный экстракт и
- содержание спирта в % масс.

Сюда добавляется еще небольшое количество экстракта, использованного дрожжами для расщепления новой клеточной субстанции. В общем, можно считать, что из 2,0665 г экстракта получают в среднем

1,0 г спирта,
0,9565 г диоксида углерода и
0,11 г дрожжей
} всего 1,0665 г

Исходя из этого расчет экстрактивности начального сусла (р) (то есть содержание экстракта перед брожением) ведется по так называемой общей ***формуле Баллинга (Balling)***.

$$p = \frac{(A \cdot 2{,}0665 + E_д) \cdot 100\%}{100 + A \cdot 1{,}0665},$$

где A — содержание спирта в % масс.
$E_д$ — действительное содержание экстракта в % масс.

По общей формуле Баллинга можно определить экстрактивность начального сусла. Этот расчет в Германии применяют, например, для расчета налога на пиво. Однако данный расчет не годится

- для пива с удаляемым спиртом (безалкогольного, легкого и диетического пива) и
- для дрожжевого пива верхового брожения (типа Хефевайцен), так как в пиве еще содержатся дрожжи.

Чтобы определить экстрактивность начального сусла, следует найти

- *содержание экстракта пива*,
- *содержание спирта*.

Сразу это сделать невозможно, поскольку содержание этих веществ может сильно отличаться, причем

- содержание экстракта повышает плотность,
- спирт, напротив, плотность понижает.

Наиболее старый и трудоемкий метод состоит в том, что спирт отделяют (методом дистилляции) и производят точные измерения в полученных

- смеси экстракта и воды и
- смеси спирта и воды,

а по ним определяют экстрактивность начального сусла.

Поэтому для любого анализа пива необходимо ***определение плотности*** с использованием

- ***пикнометра*** или
- ***прецизионного плотномера-ареометра***,

обеспечивающих большую точность измерения и позволяющих провести арбитражные анализы.

В современных приборах плотность определяют с помощью вибрационно-частотных преобразователей.

Дистилляционный метод

При анализе методом дистилляции исходят из того, что спирт имеет более низкую точку кипения, чем вода. При дистилляции отделяется спирт и часть воды. Путем взвешивания 100 г каждый раз определяют

- в дистилляте — спирт (А) и
- в остатке, долитом до метки дистиллированной водой, — действительный экстракт ($E_д$).

Точное измерение выполняют пикнометром (рис. 7.3).

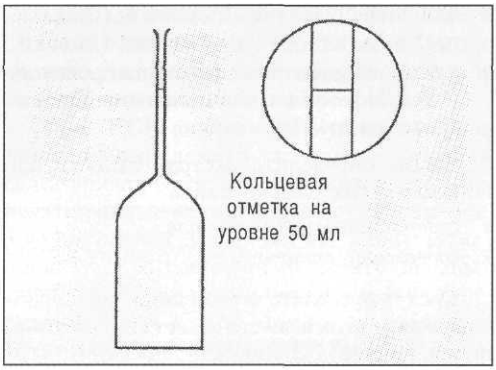


Рис. 7.3. Пикнометр

При этом с помощью маркировки на шейке сосуда точно отмеряют при 20° С 50 мл и производят взвешивание. Однако точно отмерить 50 мл довольно трудно, и поэтому измерения выполняют с приблизительным объемом 50 мл, делая поправку путем калибровки с использованием воды.

Рефрактометрический метод

Принцип рефрактометрического анализа основан на том, что луч света при переходе из оптически менее плотной в более плотную среду преломляется. Этот эффект известен по преломлению света при погружении предметов в воду.

Можно очень точно измерить преломление света на оптически менее плотном объекте испытаний (жидкости) в оптически более плотной призме (рис. 7.4).

Это преломление света, выраженное показателем преломления, является функцией концентрации (спирта, экстракта), температуры и длины волны света. Показатель преломления выражается функцией угла входа α и угла выхода β

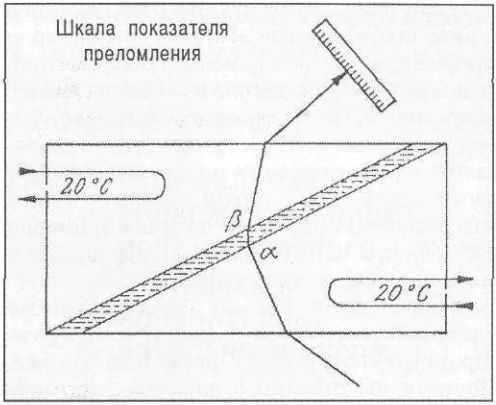


Рис. 7.4. Определение показателя преломления (рефракции)

$$\text{Угол преломления } n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}.$$

Плотность жидкости зависит от содержания спирта и содержания экстракта. Поэтому зная показатель преломления, можно определить видимую плотность и по специальным номограммам — экстрактивность начального сусла.

Видимая плотность определяется с помощью ареометра или вибрационно-частотного преобразователя, показатель преломления — с помощью погружного рефрактометра или прецизионного рефрактометра с термостатируемой призмой. Оба измерения могут выполняться совместно в автоматических анализаторах (*рис. 7.5*), *выполняющих необходимые* вычисления.

Вибрационно-частотный метод измерения плотности

Измерение показателя преломления путем рефрактометрического анализа можно заменить измерением скорости звука в исследуемом пиве. Поскольку звук в жидкости распространяется в зависимости от концентрации, а следовательно, и от содержания экстракта, на этом принципе может основываться ряд методов измерений.

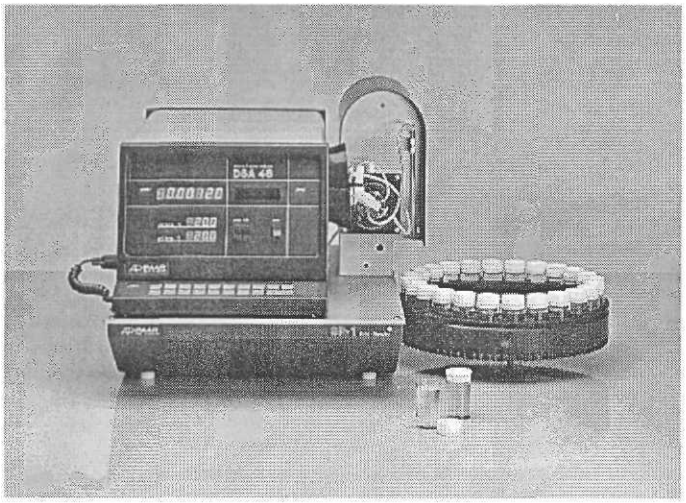


Рис. 7.5. Измерительное устройство для анализа пива (Фото: Paar/Physika Meβtechnik)

Вибрационно-частотный преобразователь (резонатор) (рис. 7.6) представляет собой U-образную изогнутую трубку, заполненную исследуемой жидкостью.

С помощью системы возбуждения, основанной на электромагнитном или пьезоэлектрическом методе, U-образная трубка начинает [механически — *прим. ред.*] колебаться. Резонансную частоту колебаний можно очень точно измерить, что дает возможность определить по ней плотность очень быстро и точно. Измерение с помощью вибрационно-частотных плотномеров отражает современный уровень техники.

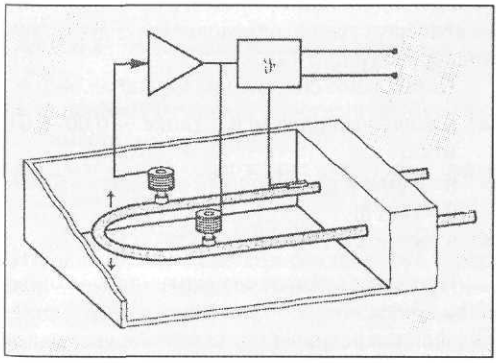


Рис. 7.6. Первичный преобразователь плотномера (резонатор)

Вибрационно-частотный преобразователь используется сегодня

- в переносных приборах,
- в стационарных лабораторных приборах или
- в контрольно-измерительных приборах, встроенных в линию для непрерывного производственного контроля.

По результатам измерений плотности и частоты ультразвуковых колебаний можно вычислить экстрактивность начального сусла.

7.4.3.2. Определение цветности пива

Определение цветности проводят визуально путем сравнения цвета пробы с эталонными цветными дисками. Цвет пробы и цветных дисков сравнивается в компараторе методом подбора до получения одинаковой цветности. Для оценки величины цветности темного пива его разбавляют водой и при расчетах учитывают степень разбавления (K). Цветность приводится в единицах шкалы EBC.

Для исключения субъективного влияния человеческого глаза возможно измерять цветность пива с помощью спектрофотометра. Измерение проводят при длине волны 430 нм и полученные показания пересчитывают в

единицы EBC при помощи специального коэффициента. При этом для различных типов и сортов пива цветность составляет:

Пилзнер	6–11 ед. EBC
Фольльбир светлое	7–12 ед. EBC
Фольльбир темное	30–40 ед. EBC
Экспорт светлое	7–15 ед. EBC
Экспорт темное	45–100 ед. EBC
Мерцен светлое	9–15 ед. EBC
Бокбир светлое	8–15 ед. EBC

7.4.3.3. Определение величины pH

При анализе пива всегда измеряют и величину pH, что очень важно, так как все ферментативные процессы, а также процессы жизнедеятельности микроорганизмов существенно зависят от pH.

Измерение величины pH выполняют с помощью

- стеклянного электрода и
- электрода сравнения.

Их обычно комбинируют, заключив оба электрода в едином стержне, где они составляют измерительную цепь, обычно помещают в защитный корпус, что обеспечивает ее применение в практических условиях.

Обычно величина pH находится в пределах:

- для горячего охмеленного сусла — 5,3–5,5 (оптимально 5,0–5,2);
- в пиве — 4,3–4,6 (оптимально 4,2–4,3).

7.4.3.4. Определение содержания кислорода в пиве

К важнейшим видам контроля при производстве пива относится наблюдение за содержанием кислорода. Его высокое содержание чрезвычайно негативно влияет на качество пива и стойкость аромата и вкуса. Измерение содержания кислорода осуществляют электрохимическим способом. Кислород при определенном (поляризационном) напряжении восстанавливается на катоде измерительного электрода. Возникающую при этом силу тока измеряют; она прямо пропорциональна парциальному давлению кислорода, а значит и его содержанию.

Для измерений используют:

- *закрытый измерительный электрод, отделенный от исследуемого раствора мембраной, либо*
- *открытый измерительный электрод (без мембраны).*

Измерение с помощью закрытого электрода

Такое измерение выполняют большей частью с помощью полярографического мембранного электрода Кларка (Clark). При этом в качестве материала для изготовления катода используют золото или платину, а в качестве материала для анода — серебро/хлористое серебро. Мембрана изготавливается из политетрафторэтилена или полиэтилена и имеет толщину 10–24 мкм.

Измерение с помощью открытого электрода

Восстановление кислорода происходит на поляризованном электроде. При этом используют электрохимический принцип измерений с помощью трех электродов, регулируемых потенциостатическим способом. В качестве электролита используется непосредственно пиво, и измерение осуществляют без использования мембраны (к примеру, прибор *Digox* фирмы «Д-р Тидиг» (Dr. Thiedig)). Измерение можно вести в условиях лаборатории или по месту с помощью переносного прибора, а также в линии в виде стационарного контрольно-измерительного прибора. В последнем случае часть потока пива отводится через байпас (объемный расход 10 л/час), и на этом участке непосредственно определяется содержание кислорода (рис. 7.7).

Нормальное содержание O_2 составляет:

- в пиве, находящемся в танке — 0,00–0,01 мг/л;
- на входе в разливочный автомат — 0,02–0,03 мг/л;
- в уже розлитом пиве — 0,10–0,15 мг/л.

При этом следует отметить: при розливе пива в бутылку оно перемещает содержащийся в ней газ вверх. И когда бутылка наполнена, то в небольшом газовом пространстве над пивом остается пенная смесь, содержащая CO_2, в которой присутствует и кислород. Для

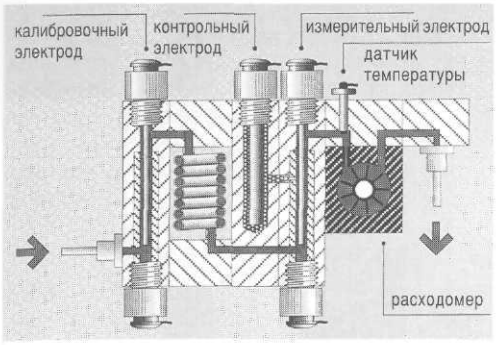


Рис. 7.7. Измерение содержания кислорода в байпасе (фирма Dr. Thiedig, Берлин)

определения кислорода в газовом пространстве бутылок используется

Метод сбора воздуха в воронке под водой (Метод подводной воронки)

Бутылка открывается под водой, и при этом газ, находящийся в горлышке бутылки, выходит и собирается в расположенной над бутылкой воронке (рис. 7.8), и медленно направляется через столб жидкости, представляющий собой раствор едкого натра, где CO_2 связывается.

Оставшийся газ – воздух, состоящий из азота и кислорода, улавливается в бюретке и по объему воздуха в ней расчетным путем определяют объем кислорода, содержащийся в газовом пространстве бутылки. Воздушный пузырек объемом 1 мл соответствует содержанию 0,28 мг O_2!

Следует еще раз указать на то, что

- растворенный в пиве кислород и
- кислород в газовом пространстве бутылки вместе
- дают общее содержание кислорода, выражаемое в мг O_2/л (см. разд. 5.2.2.4.6).

Эта величина имеет большое значение. В новых установках для розлива уже гарантируется величина этого показателя 0,10 мг O_2/л. Для достижения стабильности вкуса пива установки для розлива должны обеспечивать значения не более 0,15 мг O_2/л.

Общее содержание кислорода определяется непосредственно после розлива (для исключения влияния реакций с кислородом на результат анализа).

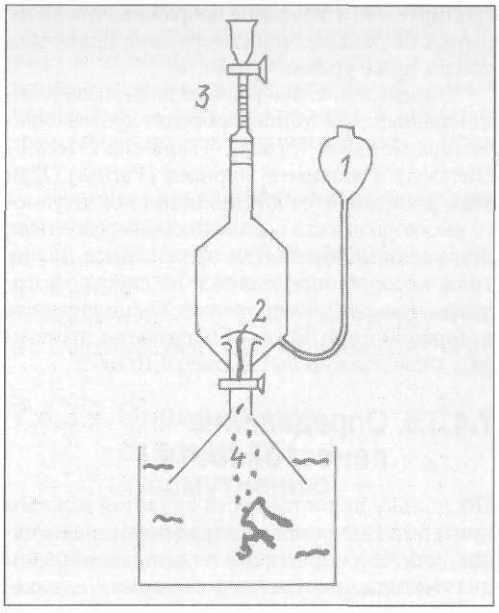


Рис. 7.8. Метод подводной воронки

1 — уравнительный сосуд; 2 — абсорбционный участок с раствором едкого натра для связывания CO_2; 3 — градуированная бюретка; 4 — стеклянная воронка, заполненная водой; 5 — воздух в газовом пространстве открытой бутылки

Относительно быстро равновесие между содержанием кислорода в пиве и в верхней части тары, которое можно измерить, устанавливается при взбалтывании. С помощью этого способа также можно определить содержание кислорода в газовом пространстве бутылки. Это проще и точнее, чем с использованием метода подводной воронки.

7.4.3.5. Определение содержания диацетила в пиве

Известно, что решающим критерием для производства является расщепление диацетила во время созревания. Поэтому на большинстве пивоваренных предприятий расщепление диацетила в фазе созревания регулярно кон-

тролируется, и холодное дображивание начинается не раньше, чем содержание диацетила упадет ниже уровня 0,10 мг/л.

Определение содержания диацетила и вицинальных дикетонов проводят фотометрическим методом Гетцеля–Гьертзена (Hetzel–Gjertsen) в аппарате Парнаса (Parnas). При этом производится дистилляция исследуемого раствора вместе с добавляемым реагентом; при реакции образуется производное диацетила, которое определяется на спектрофотометре, так как оно проявляет специфическое поглощение при 335 нм. Содержание диацетила в пиве должно быть менее 0,10 мг/л.

7.4.3.6. Определение пеностойкости

Поскольку пеностойкость является важным критерием качества, ее определяют очень часто, для чего применяют главным образом два метода, результаты которых, однако, нельзя непосредственно сравнивать друг с другом:

- пеностойкость по *Россу и Кларку* (Ross и Clark) и
- пеностойкость по NIBEM.

По методу **Росса и Кларка (R&C)** в пиве путем подачи CO_2 вызывают образование определенного объема пены. Мерой пеностойкости здесь является средняя продолжительность жизни пузырьков пены, которую определяют по времени распада пены и по соотношению объема разрушенной и оставшейся пены. Этот метод особенно используют в тех случаях, когда должно исключаться влияние содержания CO_2 в пиве на пенообразование.

Пеностойкость тем выше, чем больше время распада пены. Значения пеностойкости лежат в пределах 90–140 с (в среднем около 120 с).

По методу **NIBEM** определяется время, за которое поверхность пенной шапки (рис. 7.9, A) понизится на 10, 20 или 30 мм (B).

Измерение осуществляют с помощью системы подвижных электродов (a) с удлиненными иглами (b и c). Время измеряется в секундах. Для оценки пеностойкости можно принять:

- менее 220 с — очень плохо,
- от 260 до 280 с — хорошо и
- более 300 с — очень хорошо.

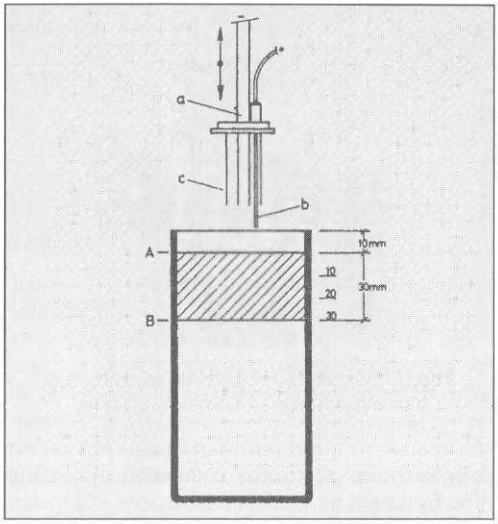


Рис. 7.9. Система электродов измерительного прибора NIBEM для определения пеностойкости

7.4.3.7. Определение содержания двуокиси углерода

Содержание в пиве растворенного CO_2 является важным критерием качества, особенно для достижения хорошей игристости пива. «Нормальным» можно считать содержание CO_2:

- 0,45–0,60 г/л у пива низового брожения и
- 0,40–1,00 г/л у пива верхового брожения.

При более низких значениях пиво начинает казаться пустым.

Для определения содержания CO_2 существует две основных группы методов:

- *манометрические методы*;
- *титрометрические методы*.

В то время как титрометрические методы имеют в качестве недостатка высокую трудоемкость, манометрические методы применимы только для анализа бутылочного пива путем определения давления внутри встряхиваемой бутылки, а также измерения температуры ее содержимого.

Метод опирается на **закон Генри–Дальтона (Henry–Dalton)**, по которому концентрация газа (идеального), растворенного в жидко-

сти при определенной температуре, пропорциональна парциальному давлению газа в газообразной фазе, пока имеет место состояние равновесия. Такое состояние достигается путем интенсивного встряхивания или постоянного вращения бутылки или электрического нагрева (рис. 7.10); давление измеряется манометром.

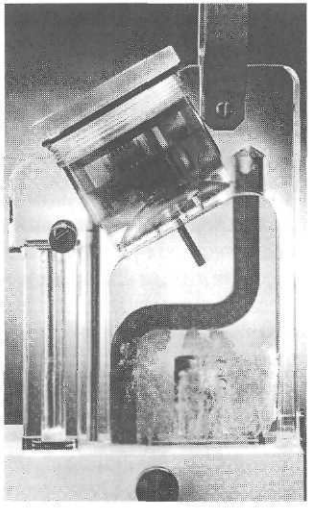


Рис. 7.10. Прибор для измерения CO_2. Цифровой измеритель содержания газа, тип DGM (фирма Haffmans, Vento, Нидерланды)

По давлению и температуре вычисляется содержание CO_2. Этот принцип измерений зачастую используется также при измерении CO_2 в потоке исследуемого продукта.

7.4.3.8. Определение содержания горьких веществ (в единицах горечи)

Определение горечи является важным, так как этот фактор существенно влияет на вкус пива. Определение содержания горьких веществ в единицах горечи (по EBC/ASBC) выполняют спектрофотометрическим методом, и здесь мы его не будем подробно рассматривать. (Первоначально горькие вещества определяли по методу Клоппера (Klopper) и результат выражали в мг изогумулона в 1 л пива, что соответствует практике, принятой до сих пор в отечественном пивоварении. Однако в дальнейшем EBC, а затем и ASBC, оставив сам метод без изменений, внесли корректуру в формулу расчета, и результат теперь оценивают в единицах горечи. — *Прим. ред.*)

У разных типов пива содержание горьких веществ составляет:

- Пилзнер 25–40 единиц горечи BE;
- Светлое Фолльбир 20–30 единиц горечи BE;
- Светлое Export 22–26 единиц горечи BE.

7.4.3.9. Определение склонности к помутнению

Очень важный метод контроля — определение склонности пива к помутнению. Отфильтрованное до прозрачного состояния пиво теряет со временем свой блеск, и в конце концов этот процесс приводит к помутнению. Поэтому очень важно как можно скорее узнать, сможет ли долго храниться либо оно склонно к помутнению. Для этого были разработаны ускоренные методы исследований, которые за несколько суток позволяют получить необходимое заключение. Важнейшим является так называемый форсированный тест. При его проведении 5 бутылок попеременно на 24 часа погружают:

- необработанное пиво в теплую (40° C) воду или стабилизированное пиво — в воду с температурой 60° C;
- затем в холодную (0° C) воду.

Этот процесс продолжают до увеличения значения мутности пива на 2 формазиновые единицы EBC или до появления визуально заметной легкой опалесценции. Путем умножения найденного времени стойкости, выраженного в «теплых» сутках, на пересчетный коэффициент получают приблизительное время, в течение которого пиво сохранит прозрачность.

7.4.3.10. Прочие методы анализа

Только крупные пивоваренные заводы могут себе позволить постоянно проводить указан-

ные выше анализы самостоятельно. Проведение нижеприведенных анализов в случае необходимости или для периодического контроля поручают специализированным исследовательским учреждениям, которые располагают для этого дорогостоящим и требующим больших трудозатрат на обслуживание оборудованием.

Ниже некоторые подобные анализы приведены вместе с нормативными показателями:

- ***Общий азот***
  в горячем охмеленном сусле — 900–1100 мг/л
  в пиве (12%) — 700–800 мг/л
- ***Формольный азот***
  в горячем охмеленном сусле — 300–350 мг/л
  в пиве (12%) — 160–210 мг/л
- ***Свободный аминный азот (FAN)***
  в горячем охмеленном сусле — 200–250 г/мл
  в пиве (12%) — 100–120 мг/л
- ***Общие полифенолы (EBC)***
  в пиве — 150–200 мг/л
- ***Антоцианогены***
  в пиве — 50–70 мг/л
- ***Нитраты***
  в пиве — 20–30 мг/л

Кроме того, могут проводиться еще очень многие уточняющие анализы, описание которых выходит за допустимые рамки этой главы.

7.5. Лабораторное оборудование и измерительная техника

Наряду с точным контролем сырья, промежуточных и готовых продуктов всегда необходимо измерять ряд параметров технологического процесса. Такой подход весьма эффективен, так как поддержание качества продукции на неизменном уровне может быть достигнуто лишь путем контроля неизменности качества промежуточных продуктов. В настоящее время это стало возможным только путем применения измерительных приборов, первичные датчики которых устанавливают непосредственно в емкостях и трубопроводах (online) в сочетании с современными системами связи.

Измерение параметров продукта производят с помощью приборов либо

- **непосредственно, в режиме «он-лайн» (online)**, когда параметры измеряют непосредственно в установке, например, в емкости или в трубопроводе, либо
- **автономно, в режиме «офф-лайн» (off-line)**, например, лабораторные приборы или сахарометр в составе сахарометрической станции, установленной в варочном цехе. Эти измерения происходят дискретно вне производственного процесса и требуют участия человека для отбора проб.

Иногда употребляемый для описания систем непосредственных измерений термин «в технологической линии», «ин-лайн» (in-line) является неправильным и в измерительной технике не используется.

В контрольно-измерительной технике появляется все больше разнообразнейших возможностей. Ниже мы кратко остановимся на следующих видах обычно определяемых параметров и технических средств для их контроля [211]:

- приборы для измерения температуры;
- расходомеры;
- измерительные преобразователи уровня;
- плотномеры;
- измерительные преобразователи мутности;
- приборы для измерения содержания кислорода;
- измерительные преобразователи величины pH;
- измерительные преобразователи удельной электрической проводимости;
- датчики сигнализации предельного уровня;
- измерительные преобразователи давления.

7.5.1. Приборы для измерения температуры

Для измерения температуры широко используются термопреобразователи электрического сопротивления (***Pt100) (российский аналог —***

100П. *— Прим. ред).* В обозначении этих датчиков Pt означает тонкую платиновую проволоку, а 100 указывает на ее сопротивление 100 Ом (при 0° С). Платиновая проволока помещена в небольшую стеклянную капсулу. Электрическое сопротивление проволоки при определенной температуре является заданным параметром. Термопреобразователь сопротивления Pt100 вставляется в защитную гильзу из нержавеющей стали и заливается синтетической смолой; прибор поступает в продажу как отдельный термопреобразователь сопротивления или в моноблочном исполнении вместе с нормирующим преобразователем. У этих приборов диапазон измерений обычно устанавливается на 50 или 100 градусов, например от 0° С до 100° С, от 0° С до 50° С; на выходе они выдают унифицированный сигнал по току или напряжению (к примеру, в диапазоне 4–20 мА, 0–10 В), который может перерабатываться системами управления с программируемым контроллером (СУПК).

7.5.2. Расходомеры

Для многих технологических процессов имеет значение расход продукта в единицу времени. В качестве расходомеров применяются

- счетчики с подвижными рабочими элементами;
- индукционные расходомеры (ИР);
- массовые расходомеры, использующие эффект Кориолиса (МР);
- импульсные ультразвуковые приборы.

У **счетчиков с подвижными рабочими элементами** (двухроторные, с овальными шестернями или с лопастным колесом) поток жидкости приводит в движение колесо или ротор специальной формы. По скорости, с которой вращается ротор или колесо, можно определить объемный расход или скорость протекающей жидкости. Такие счетчики в настоящее время на пивоваренных предприятиях почти не применяются, за исключением случаев их использования для контроля за расходом воды.

В **индукционных расходомерах (ИР)** для измерения расхода используется удельная электрическая проводимость пива. По закону индуктивности Фарадея в электрическом проводнике, движущемся в магнитном поле, индуцируется напряжение, пропорциональное скорости проводника (в нашем случае — пива). В расходомере — трубке без встроенных внутренних элементов (рис. 7.11) пиво протекает между расположенными под прямым углом электродами (N+S).

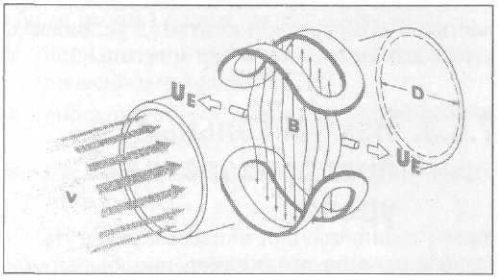


Рис. 7.11. Принцип измерения в индукционном расходомере (ИР):
U_E — измеряемое напряжение; D —диаметр (расстояние между электродами); V — скорость потока, B — магнитное поле

После соответствующей калибровки можно считывать объемный расход жидкости непосредственно со шкалы прибора. Такое измерение отличается высокой точностью и не зависит от давления, температуры, вязкости и консистенции продукта (изменения температуры можно компенсировать электронным путем). Такие расходомеры совершенно не изнашиваются и делают возможным самый точный контроль, однако результат измерения искажается пузырьками газа, которые должны быть отделены до измерения.

ИР допускают градуировку (при измерении объемного расхода холодного сусла).

Массовые расходомеры, использующие эффект Кориолиса

Принцип работы такого расходомера основан на использовании силы Кориолиса, которая действует на каждое тело, движущееся в любой вращающейся системе. При этом учитываются вращательное и прямолинейное движение. При использовании этого эффекта для измерения протекающей массы напиток направляется через систему, состоящую из двух параллельных труб или трубных петель, либо из трубной спирали. В трубах возбуждаются колебания. При этом возникает разность волно-

вых фаз в начале и в конце измерительной трубы, причем изменение резонансной частоты измеряется. Это изменение пропорционально массовому расходу. Аналогичный принцип может применяться также для измерения плотности.

Данный способ отличается высокой точностью и может использоваться в установках, аттестованных палатой мер и весов.

7.5.3. Измерительные преобразователи уровня

Особое значение имеет измерение объема, связанное с тем или иным уровнем. Во многих случаях исходят из того, что во избежание потерь максимально допустимый уровень заполнения нельзя превышать. При этом для ***сыпучих материалов*** используют три различных системы измерительных преобразователей (датчиков):

- *емкостные датчики*, которые относительно недороги, но имеют низкую разрешающую способность;
- *вилочные вибрационные датчики;* принцип работы этих датчиков основан на том, что колебания затухают, как только датчик покрывается зерном, что может быть легко определено встроенной электроникой;
- *сигнализатор уровня с вращающимся щупом;* вращаемые электродвигателем лопасти щупа останавливаются, как только засыпаемый в резервуар материал достигает определенного уровня.

Для ***жидкостей*** применяют большое число различных датчиков.

На рис. 7.12 приведено манометрическое измерение уровня наполнения, основанное на ***разности давлений*** столба жидкости и газовой среды в закрытой емкости в зависимости от уровня (Endress + Hauser).

Из разности между общим давлением, измеренным датчиком *1* и давлением CO_2, измеренным в верхней части танка датчиком *3*, получается давление, зависящее от уровеня наполнения, в котором учтено давление газовой среды. Это давление, однако, зависит также *от плотности жидкости.*

Определять объем заполнения танка в горизонтальных или вертикальных танках возможно также с помощью ***ультразвука*** (по принципу эхолота). Для этого одним датчиком измеряют диаметр танка, другим — расстояние до уровня поверхности пива (рис. 7.13).

В вычислительном блоке по этим данным производится определение объема жидкости в танке. Датчики располагают только с внешней стороны танка, так что отпадает необходимость во встраивании внутренних элементов. У горизонтальных танков результаты

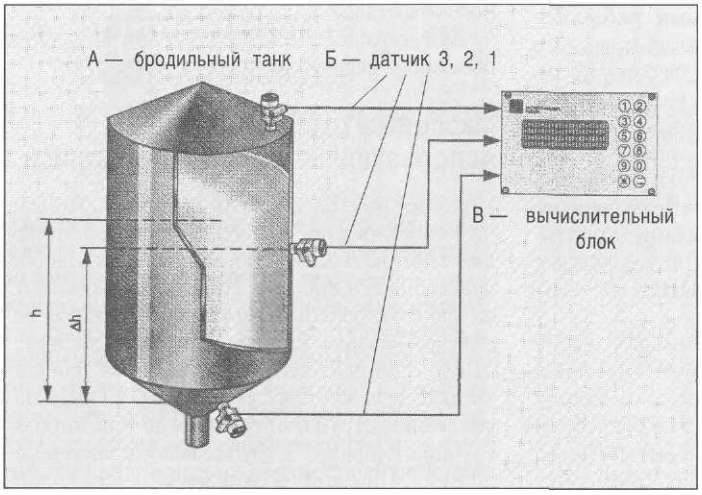


Рис. 7.12. Измерение уровня манометрическим методом

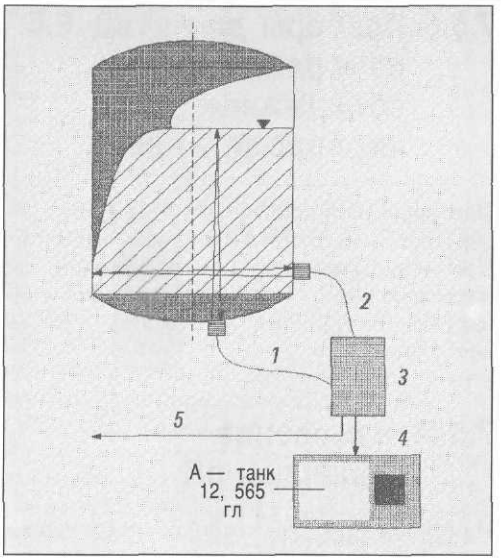


Рис. 7.13. Измерение уровня содержимого танка ультразвуковым методом (по принципу эхолота)

измерений начинают поступать только после того, как танк заполнен больше, чем наполовину. Точность данных измерений находится в пределах 1%.

Уровень содержимого танка можно также определить достаточно просто и точно путем измерения объема наполнения и выпуска с помощью индукционного расходомера.

Сигнализаторы опорожнения (кондуктометрические или вибрационные) дают сигнал загружена или опорожнена емкость.

7.5.4. Измерительные преобразователи плотности

Для измерения плотности применяются виброчастотные плотномеры и ультразвуковые датчики, а в сочетании с другими методами эти приборы используются также для определения содержания в пиве спирта. Это может быть, к примеру, сочетание вибрационно-частотного метода с ультразвуковым (Anton Paar, г. Грац, Австрия) или сочетание ультразвукового метода с массовым расходомером (основанным на применении эффекта Кориолиса) (Diessel, г. Хильдесхайм).

К измерению содержания экстракта подходят по-разному.

Плотность сусла определяют вибрационно-частотным методом с помощью ультразвука и массовых расходомеров.

Показатели пива (экстрактивность начального сусла, видимый экстракт, степень сбраживания) определяются с помощью

- вибрационно-частотного и рефрактометрического методов или
- вибрационно-частотного и ультразвукового методов, или
- массового расходомера и ультразвукового метода.

Путем применения индукционных расходомеров и ультразвуковых методов можно непрерывно измерять концентрацию сусла в режиме «он-лайн» и благодаря этому наряду с соответствующим регулированием достигать оптимизации экстрактивности начального сусла (Diessel, Хальдесхайм).

При ***ультразвуковых измерениях*** определяется разница данных во временном интервале процесса, которая для некоторых жидкостей может использоваться и для определения плотности. Эти ультразвуковые измерения (УЗИ) можно осуществлять и через тонкие стенки, так что не требуется встраивания внутренних элементов. Точность измерений с помощью УЗИ-систем достигает величины $< 0{,}2\%$ масс., и поэтому они используются, например, для получения информации об экстрактивности в сусловарочных котлах, для отделения фильтрационных остатков от кондиционного пива по плотности или для выполнения разбавлений при высокоплотном пивоварении (по способу High-gravity).

Для еще более точных измерений используют ***системы с вибрационно-частотными преобразователями***, обеспечивающие точность порядка 5×10^{-5} г/см^3. Кроме использования в лаборатории, вибрационно-частотные преобразователи используют для измерения концентрации сусла при фильтровании затора. Принцип действия вибрационно-частотных преобразователей рассмотрен в разделе 7.4.3.1.

Манометрический метод (измерение разности давлений) (Endress+Hauser) основан на корреляции гидростатического давления с уровнем (высотой) столба жидкости и плотностью среды. Два высокоточных изме-

рительных преобразователя давления измеряют гидростатическое давление на двух различных уровнях танка. При известной разности уровней можно рассчитать плотность продукта с учетом соответствующей температуры пива в танке.

7.5.5. Измерительные преобразователи мутности

Измерение мутности — очень трудоемкий процесс, поскольку необходимо учитывать вид помутнения. В настоящее время применяются большей частью приборы, учитывающие абсорбцию и рассеяние. Источник света с точно определенными характеристиками размещается перпендикулярно направлению потока жидкости (рис. 7.14, *1*), и через жидкость (*3*) пропускают сфокусированный луч света (*2*) от источника.

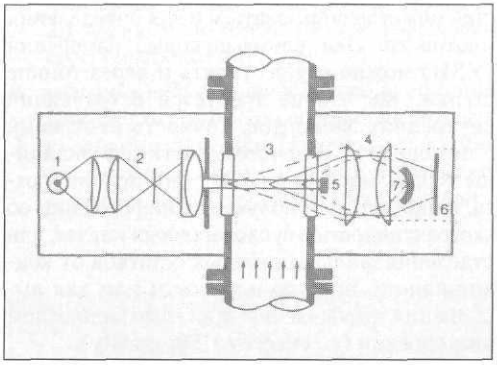


Рис. 7.14. Измерение мутности:

1 — источник света; 2 — проекционная оптика; 3 — рабочая среда; 4 — принимающая оптика; 5 — детектор проходящего света; 6 — детектор рассеянного света; 7 — световая ловушка

С противоположной стороны помещают приемник (*4*), который регистрирует абсорбцию. С помощью детектора рассеянного света (*6*) принимается и оценивается рассеянный свет. Угол охвата рассеянного света важен для оценки результатов измерения (рассеянный свет 90° или 30°).

7.5.6. Приборы для измерения содержания кислорода

Измерение содержания кислорода в пиве приобрело в последние годы особое значение. При этом используются как переносные, так и (все в большей степени) стационарно устанавливаемые приборы (см. об этом в разделе 7.4.3.4).

7.5.7. Измерение величины pH

Измерение pH очень важно, так как при производстве сусла и пива очень многие процессы зависят от величины pH. Измерения pH выполняют с помощью стеклянных электродов и электродов сравнения, которые обычно помещаются в едином стержне, образуя измерительную цепь и которые, кроме того, оборудованы температурной компенсацией. Стеклянные электроды изготовляют из очень тонкого стекла, и поэтому они очень хрупки!

Во многих случаях используют переносные измерительные приборы. Настройка приборов осуществляется с помощью буферных растворов.

7.5.8. Измерение электрической проводимости

Проводимость пропорциональна концентрации ионов в жидкости, и поэтому эту величину можно привлекать для определения концентрации водных растворов, таких, как моющие средства, растворы кислот или дезинфекцирующие растворы, а также для их автоматической дозировки.

Единицей измерения для удельной электрической проводимости является сименс (например, мС/см). Удобны индукционные датчики электрической проводимости, у которых возможные отложения на их поверхности не создают помех для измерения.

7.5.9. Датчики сигнализации предельного уровня

Эти датчики применяют для получения информации об определенном уровне наполнения или для подачи соответствующего сигнала. При этом большей частью измеряется минимальный или максимальный уровень наполнения, а при необходимости – и промежуточные уровни. Как правило, здесь требуется только информация типа «Да/Нет».

Датчики предельного уровня основаны на ёмкостных или индукционных принципах измерений. Для сигнализации предельного уровня могут оцениваться также такие данные, как электрическая проводимость, изменение плотности или механические измеряемые параметры.

7.5.10. Измерение давления

Во многих точках технологического процесса требуется измерять давление. Единица измерения давления – Паскаль (Па). Для технических измерений предпочитают использовать бар. 1 бар = 10^5 Па.

Вместе с этим для небольших давлений используют единицу «метр водяного столба (м вод. ст.), а для еще меньших давлений – мм водяного столба (мм вод. ст.). На старых манометрах иногда еще можно встретить кгс/см^2 = 1 атм ≅ 1 бар, но эти единицы измерения применять уже нельзя.

Манометр обычно показывает давление, избыточное по отношению к атмосферному. Манометрическое давление 0 бар означает поэтому абсолютное давление 1 бар. Избыточное давление обозначают $P_{изб.}$, например $P_{изб.}$ = 3 бар или P = 3 бар (изб.). Данные о давлении без индекса означают абсолютное давление.

В качестве приборов для измерения давления применяют:

- **манометр** со считыванием по месту или
- **преобразователь давления** с дистанционной передачей сигнала.

У манометров воспринимающий орган представляет собой цилиндрическую либо пластинчатую пружину или сильфон из латуни.

В преобразователе давления в качестве воспринимающего органа зачастую используются тензометрические датчики, а также датчики, действие которых основано на пьезоэлектрическом эффекте, или применяются индукционные и емкостные способы измерения.

Преобразователи давления изготавливают с погрешностью 0,6%, 1% и 1,6%. Предпочтение отдается приборам с первым из названных классов точности. Для шунтования следует использовать как минимум манометры класса 1 (во избежание превышения допустимого избыточного давления).

Контрольно-измерительные приборы за прошедшие годы были существенно усовершенствованы и дают неслыханные прежде возможности для осуществления четкого управления процессами по предварительно разработанным программам. Благодаря этому все больше исключаются источники человеческих ошибок.

8. Малые пивоваренные производства

До сих пор речь шла о производстве больших количеств пива и крупных установках. В конце концов, действительно, около 95% пива во всем мире варят на крупных пивоваренных предприятиях, которые своими марками пива завладели практически всем рынком.

Однако в настоящее время во многих странах все большее число людей стремится варить пиво самостоятельно или, сидя в ресторане, наблюдать, как получается пиво, ощущать запах пивоваренного производства и вообще познавать, что это такое — процесс пивоварения. Конечно, пиво всегда производится в той технологической последовательности, которая была описана выше, но у этих «малых пивоварен» существует ряд особенностей, на которые здесь следует обратить внимание.

При этом нужно различать две группы малых производств или мини-пивзаводов:

- «домашние мини-пивзаводы», а также «любительские мини-пивзаводы», в которых люди сами варят свое пиво и сами его потребляют;
- « ресторанные или «барные» мини-пивзаводы» и «производственные мини-пивзаводы», которые производят и продают порядка 1 000–10 000 гл пива в год.

В некоторых странах все коммерческие мини-пивзаводы, производящие до 30 000 гл пива в год, объединяют под общим названием «мини-пивзаводы». Число подобных производственных или «барных» мини-пивзаводов уже довольно велико и растет день ото дня. В Германии насчитывается около 680 подобных предприятий с годовым выпуском порядка 5000 гл, среди которых 220 — мини-пивзаводы при ресторанах, а в США в последние годы их количество превысило 1300. Появилось большое число мини-пивзаводов и в других странах.

В США среди небольших пивоваренных предприятий различают:

- *«микрорайонные» пивзаводы* с годовым выпуском более чем 17 550 гл = 15 000 амер. пивных баррелей (1 баррель равна 31 галлону, то есть 1,17348 гл) и
- *мини-пивзаводы* с годовым выпуском менее 17 550 гл = 15 000 амер. пивных баррелей.

В отличие от ресторанных, производственные мини-пивзаводы не имеют ресторанного бизнеса.

Наряду с этим в США имеются и так называемые *«пивзаводы, работающие на договоре»*, которые производят специальные сорта пива для других пивоваренных предприятий.

Чем же обусловлена разница между «барными» и производственными мини-пивзаводами?

В соответствии с действующими в той или иной стране законодательными положениями, они продают свое пиво

- в находящихся с ними на одной территории предприятиях общественного питания («барные» мини-пивзаводы или ресторанные мини-пивзаводы) или
- поставляют свое пиво (бочковое или бутылочное) в рестораны или пивные (производственные мини-пивзаводы), так как они не имеют права или не хотят продавать пиво непосредственно на территории предприятия.

8.1. Барные и ресторанные мини-пивзаводы

(Барный пивзавод — «pub brewery» — название англоязычного происхождения, ведущее свое происхождение от традиционного для этих стран потребления пива в «пабах» (пивных барах). Название же «ресторанный пив-

завод» — Gasthausbrauerei — чисто немецкое и обозначает мини-пивзавод при типичных для Германии пивных ресторанах. В Германии обозначение «Pub-Brauerei» зачастую употребляют как синоним «Gasthausbrauerei». Иногда их различают следующим образом: «Pub-Brauerei» — это очень маленький мини-пивзавод (выход сусла около 200 л), в котором варочный агрегат располагается за барной стойкой, а «Gasthausbrauerei» — несколько более крупный мини-пивзавод (выход сусла порядка 500–1500 л), устанавливаемый в зале пивного ресторана. С точки зрения техники разницы между этими мини-пивзаводами нет. — *Прим. ред*).

В таких мини-пивзаводах между процессом приготовления пива и кухней ресторана существует непосредственная связь, и поэтому возникают тесные контакты с клиентурой.

Клиенты ожидают от «своей» пивоварни, чтобы

- можно было наблюдать за процессом изготовления пива и, соответственно, ощущать запах пивоваренного производства,
- существовала возможность познакомиться со «своим» главным пивоваром и поговорить с ним,
- пиво было вкусным и хотелось бы с удовольствием пропустить кружку-другую,
- в пивной было уютно, чтобы там можно было поболтать с друзьями,
- чтобы к пиву подавались соответствующие разнообразные закуски и
- чтобы в ресторане или пивной собиралось приятное общество.

В связи с этим говорят также о ***«посещении ресторана, как о событии»*** и о гурманских переживаниях.

Барный мини-пивзавод должен оправдывать самые большие ожидания клиентов. Воплотить это в жизнь не так-то легко, о чем свидетельствуют многие подобные предприятия, потерпевшие фиаско. Здесь важны выбор помещения, положение в микрорайоне, ожидаемая местная клиентура, уровень ее платежеспособности, роль и профессиональный уровень главного пивовара, особая кухня, ее разнообразие, личность самого хозяина заведения, обслуживающий персонал и многое другое. Вряд ли стоит пояснять, насколько могут повлиять ответы на эти и другие подобные вопросы на результат.

Руководство такого мини-пивзавода с самого начала должно быть заинтересовано в том, чтобы особо рекламировать зрелищную привлекательность своего оборудования. Сюда относится, например, наличие роскошного (по возможности, с медными агрегатами) варочного цеха с эффектной обшивкой деревом, максимально приближенный к посетителям. Две главные емкости для лучшего обозрения можно было бы расположить на специальном возвышении. Можно конечно использовать и автоматику, но в таком случае куда «девать» самого мастера-пивовара с его «ручным управлением»? Из гигиенических соображений бродильное отделение должно быть представлено за стеклом, но завитки в открытых бродильных емкостях должны быть видны каждому. В варочном цехе хорошо смотрятся пальмы, желательны декоративные настенные украшения — можно придумать много интересного. Все, что видит клиент, должно действовать на него возбуждающе — привлекательными ресторан или пивную делают добротная музыка, негромко играющий пианист или небольшой ансамбль. Мастер-пивовар может рассказывать о своем пиве, об особенностях его приготовления — ведь клиентов нужно развлекать!

Здесь приводятся фотографии варочных цехов различных мини-пивзаводов (рис. 8.1).

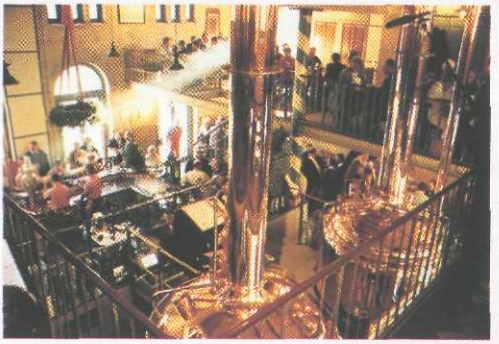
Особенно декоративны красивые длинные стойки из меди в том же стиле, плюс типичное для пивоварен украшение стен, фотографии или старинные предметы, имеющие отношение к пивоварению. Для гостей все это может быть весьма интересно, воодушевляет и радует глаз.

Большое внимание следует уделять форме и размещению помещений для гостей: популярны кабинеты, отдельные ниши.

Какое же ***оборудование*** необходимо иметь в составе мини-пивзавода и что необходимо использовать в дополнение к нему? Главным, конечно, является варочный агрегат. При рассмотрении тех или иных возможностей решения поставленной задачи следует дать ответ на следующие вопросы:

- Каков будет примерный объем пивоваренного бизнеса?
- Сколько посадочных мест в ресторане или баре (пивной) и сколько из них будет занято днем и по вечерам?

1



2

3

4

5

6

Рис. 8.1. В ресторанном мини-пивзаводе

На фото можно видеть некоторые залы ресторанов при гостиницах, объединенные с варочным цехом. Две медных (или облицованные медью) варочных емкости всегда приковывают взгляд гостя, однако их одних еще недостаточно: зачастую их располагают посередине помещения, приподнимают и во избежание возможных несчастных случаев отделяют декоративной решеткой (емкости бывают горячими или из них может выплескиваться содержимое)

Фото: (1–4) Kaspar Schulz, г. Бамберг, (5) Apparatebau, г. Нордхаузен, (6) BTE Brauereitechnik, г. Эссен

- Каков будет оборот пива (ежедневно, еженедельно, в месяц, в год)?
- Сколько раз в неделю следует варить сусло?
- Какие размеры емкостей для этого требуются?
- Каким путем можно было бы при необходимости расширить варочный цех?

Пример: С использованием *варочного агрегата* на 10 гл (10 гл готового сусла) можно изготовить около 8,5 гл пива (отходы составят около 15%). Если делать по одной варке 5 дней в неделю и варить в течение 40 недель (5 недель — отпуск, 3 недели — непредвиденные перерывы по болезни, 2 недели — ремонт), то в год можно произвести

$$8{,}5 \cdot 40 \cdot 5 = 1700 \text{ гл пива.}$$

Если принять, что ежедневно будет потребляться 6 гл пива, то при 300 рабочих днях *ресторана или пивной потребуется в год*

$$6 \cdot 300 = 1800 \text{ гл пива.}$$

Отсюда видно, что в данном случае расчет *свидетельствует о полном отсутствии* резерва.

Однако если считать, что потребление пива составит 4 гл в день, то в год нужно будет произвести

$$4 \cdot 300 = 1200 \text{ гл пива,}$$

то есть в этом случае потребность в пиве полностью покрывается, и еще остаются достаточные резервы.

Для мини-пивзавода проводить больше одной варки в сутки в принципе еще возможно, но один пивовар не сможет постоянно выдерживать столь длительную рабочую смену. При этом однако важно, чтобы проведение варки захватывало вечерние часы работы ресторана или пивной, благодаря чему ее ценность как своего рода «шоу» значительно возрастает, и клиенты могут непосредственно «участвовать» в производстве пива.

В Германии считают, что для бара (пивной) в год нужно производить 10 гл пива на одно посадочное место.

Все это пивовар в такой пивной должен сначала просчитать, и затем исходить из этого при определении размера варочных емкостей. Порядок величин на 100 кг засыпи (см. раздел 3.6.2) может быть следующим:

- Заторно- и фильтрационный чан — 6–8 гл,
- Заторно- и сусловарочный котел — 8–9 гл.

В соответствии с технологией производства пива ресторанный или барный мини-пивзавод имеет одно теплое отделение (варочный агрегат) и одно холодное (отделение для брожения и созревания), которые должны быть отделены друг от друга соответствующим образом (рис. 8.2).

Что же следует учитывать пивовару при разработке и эксплуатации мини-пивзавода?

Варочный цех

Поставка солода из-за небольшого его количества осуществляется в мешках; мешки нужно хранить в сухом помещении, так как солод гигроскопичен и со временем поглощает влагу. При силосном хранении должны предусматриваться как минимум два бункера, причем *хранят в них не очень большие партии.* Необходимы также соответствующие весы.

В ресторанных мини-пивзаводах для дробления применяет обычно простую двухвальцовую дробилку, отделенную от зала ресторана, *но установленную по возможности на виду.* Здесь следует учесть, что при дроблении образуется пыль.

Сусловарочный котел обогревают с помощью пара, получаемого в котле низкого давления. Другие виды обогрева (прямое сжигание газа или дизельного топлива, либо электрообогрев) возможны, но создают определенные проблемы. Можно обогревать котел и с помощью выносного кипятильника, но при этом следует точно рассчитать поверхности нагрева *во избежание негативных явлений.*

Большое внимание следует уделить конденсации вторичного пара, особенно если пивная расположена в густонаселенном районе. Кроме того, может быть нежелательным избыточное насыщение залов ресторана или пивной запахом. Возможна также компрессия вторичного пара, но это мероприятие требует существенных дополнительных затрат.

Чтобы исключить излишнее охлаждение небольшого количества сусла, фильтрчан *должен иметь хорошую теплоизоляцию.* Фильтрование затора должно вестись открытым способом, так как

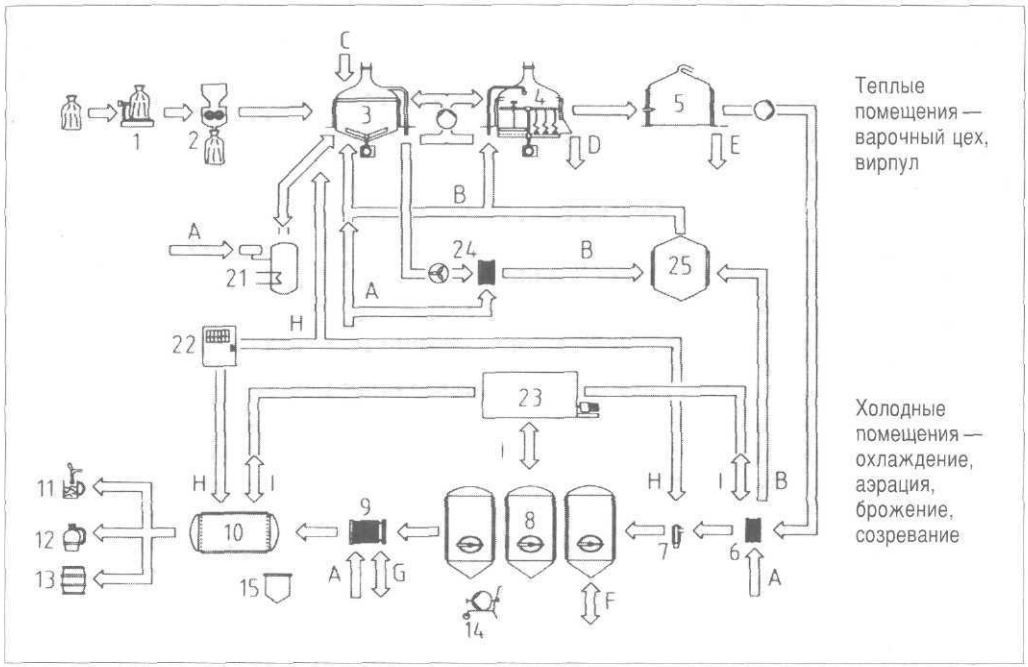


Рис. 8.2. *Схема установки оборудования* и технологического процесса ресторанного мини-пивзавода (BTE Brauerei–Technik; г. Эссен)

1 — весы для солода; 2 — солододробилка; 3 — заторный/сусловарочный котел; 4 — фильтрационный чан; 5 — вирпул; 6 — холодильник для сусла; 7 — вентилятор для сусла; 8 — бродильные и лагерные танки; 9 — фильтр для пива; 10 — напорный танк; 11 — стойка для продажи пива; 12 — наполнение сифонов; 13 — розлив пива в бочки; 14 — насос; 15 — танк CIP; 21 — выработка пара; 22 — компрессор сжатого воздуха; 23 — холодильник для производства ледяной воды; 24 — конденсатор испарений; 25 — танк горячей воды

A — холодная вода; B — горячая вода; C — хмель; D — дробина; E — труб; F — дрожжи; G — кизельгур; H — сжатый воздух; I — ледяная вода

- *все равно при столь малых объемах производства* невозможно избежать поглощения кислорода и
- при открытом фильтровании затора достигается гораздо более действенный «шоу-эффект».

Подобная «наглядность» может быть повышена, например, путем обратной перекачки мутного сусла ручным насосом или расположением на видном месте фильтрационного манометра (с соответствующим пояснением). Следует также иметь в виду проблему выгрузки дробины и ее удаления в течение всего года.

В качестве материала для трубопроводов применяют нержавеющую сталь, в качестве арматуры — прежде всего поворотные заслонки. Транспортировка осуществляется центробежными насосами с открытым рабочим колесом (производительностью до 60 гл/час) со скоростью потока во всасывающей трубе, не превышающей 1,3 м/с.

Если сам котел не проектируют и не используют в качестве котла-вирпула, то вирпул располагают вблизи сусловарочного котла. *Взвеси* вымываются вручную. Сусло охлаждают с помощью пластинчатого холодильника.

Хранение гранулированного хмеля, а также экстрактов хмеля производится в холодильном шкафу. Таким же образом хранят специальные добавки: соль, кориандр, гвоздику, цедру лимонов и апельсинов, мед и т. п.; особое внимание следует уделять сроку их сохранности, температуре хранения и возможной порче.

Большое внимание следует уделять автоматизации аппаратов. В принципе, чтобы разгрузить мастера-пивовара, следует автоматизировать практически все, однако следует предусмотреть возможность переключения на ручной режим всех процессов, представляющих на ручном производстве ценность для показа и пояснения процесса пивоварения.

Помещение для брожения и дображивания

Чтобы демонстрировать посетителям картину брожения, лучше всего применять открытые бродильные чаны, размещая их за стеклом; при большом перепаде высот можно пользоваться зеркалами. Бродильные чаны подбирают под объем варки; из-за опасности заражения следует предпочесть медленное охлаждение; бродильные емкости должны иметь рубашки охлаждения.

Особое внимание следует уделять бродильным емкостям (рубашки охлаждения). Дображивание ведут в вертикальных танках с эллиптическим днищем или в ЦКТ (рис. 8.3) из нержавеющей стали.

Рекомендуется производить жесткую обвязку трубопроводами; при использовании шлангов следует обращать внимание на их качество. При промывке и дезинфекции небольших установок лучше всего применять безвозвратную (потерянную) мойку (без емкости для сбора использованных моющих растворов).

Окончательно сброженное пиво перекачивается без фильтрования в охлаждаемые до 0 °C напорные танки. При этом следует точно соблюдать требования местной налоговой службы по учету проданного количества пива.

Желательно иметь не менее трех напорных танков, а если к продаже предлагается больше одного сорта пива — то количество таких танков следует увеличить.

Собственное разведение дрожжей из чистой культуры для мини-пивзавода не всегда выгодно — лучше покупать эти дрожжи у крупных пивоваренных производств. В любом случае после длительного перерыва (техобслуживание, отпуск, болезнь) придется получать дрожжи с крупного предприятия.

Рис. 8.3. Отделение брожения и дображивания барного мини-пивзавода

(Фото: BTE Brauerei-Techik, г. Эссен)

Стойка для продажи пива

В барном или ресторанном мини-пивзаводе между производством и продажей пива должна быть тесная связь. Поэтому пивовар заинтересован в том, чтобы согласовать давление насыщения в танке готового пива с температурой розлива при продаже и потреблении.

Температура потребления в различных странах разная и составляет, например,

- в Европе — 6–8 °C;
- в Америке — 0–4 °C.

В качестве подающего газа сейчас преимущественно применяют смесь CO_2 и N_2, которая доступна практически везде.

Естественно, что стойка для розлива пива вместе с разливочной колонкой должна быть специально и эффектно оформлена, желательно с применением фирменных декоративных бокалов особой формы, а также особых кружек и сифонов. Однако не следует забывать и о стоимостном факторе! Естественная мутность пива не отменяет необходимости ежедневной промывки разливочного аппарата — в противном случае здесь вскоре угнездятся контаминанты, которые в данном случае менее заметны, но могут очень скоро придать пиву довольно неприятный вкус и запах. За проверку разливочного аппарата был и остается ответственным эксплуатирующий его персонал.

Типы и сорта пива

Для пивовара мини-пивзавода решающее значение имеют следующие соображения: из чего варить пиво? Каким должен быть его вкус? Чего ожидает клиентура?

Бессмысленно с самого начала стремиться составить конкуренцию знаменитым маркам пива; крупные пивоваренные предприя-

тия располагают, естественно, совершенно иными возможностями по пропаганде качества своего пива. Пивовар мини-пивзавода должен ориентироваться на свою нишу и производить пусть немного, но свои, самобытные типы и сорта пива.

При создании собственных сортов следует исходить из следующих соображений:

- какое ***содержание СВ в готовом сусле*** выбрать? В дальнейшем это определяет содержание в пиве алкоголя. Вообще же следует отметить тенденцию к производству более легкого пива с содержанием СВ сусла от 10,5 до 12%. Росту потребления более крепкого пива препятствует его меньшая полезность;
- какой ***характер*** следует придать пиву? Должно ли пиво быть «легче» или тяжелее» по вкусу? Следует иметь в виду также
- ***цвет пива***, который может меняться от светлого до темного, но должен соответствовать характеру данного пива. В этой связи нужно также уяснить
- должно ли пиво иметь больше ***солодовой основы*** или больше ***хмелевой горечи***, либо
- путем введения ***добавок*** пиво должно приобрести более или менее отклоняющиеся от привычных норм более ароматические вкусовые особенности. К таким добавкам относятся, например,
  - пряности (кориандр, поваренная соль, гвоздика, корица и др.),
  - фрукты (вишня, черника или сушеные корки апельсинов, лимонов и др.),
  - травы (базилик, шалфей, ромашка); в последнее время возросло использование и такой добавки, как
  - мед.

Так как ***мед*** пчелы собирают с самых разных луговых цветов, то он в избытке содержит ароматические вещества с различными вкусовыми оттенками этих растений; эти вещества большей частью летучи. В соответствии с этим сорта меда очень сильно отличаются по своему качеству в зависимости от мест медосбора (см. об этом раздел 7.3.3).

К другим условиям, которые могут играть роль при создании собственного сорта пива, относятся:

- применение ***верховых дрожжей*** вместо или перед введением низовых дрожжей или
- применение ***дображивающих дрожжей*** с особым ароматом или
- применение ***молочнокислых бактерий***.

Подкисленное пиво может пользоваться спросом, однако если подкисление протекает бесконтрольно, то из-за повышенной кислотности пиво становится непригодным к употреблению. В таких случаях лучше заказать культурные молочнокислые бактерии в специализированной организации и поручить ей контроль; для области гастрономии в этом случае следует предусмотреть дополнение как минимум в виде тех или иных сластей. Здесь важно согласование данного сорта пива с ассортиментом предлагаемых блюд и закусок.

Энергетические установки

Пивовару подобного мини-пивзавода для производства необходимы:

- парогенератор низкого избыточного давления;
- танк горячей воды;
- холодильная установка с электроприводом и системой охлаждения пропиленгликолем;
- в качестве более простого варианта — накопители ледяной воды для охлаждения сусла и пива;
- компрессор сжатого воздуха для аэрации сусла.

Так как энергетические установки в производстве и эксплуатации относительно дороги, следует уделить большое внимание обоснованности их выбора. Особо следует обратить внимание на обеспечение приемлемой по стоимости системы снабжения горячей водой.

О нормативных актах

Ни в одной стране мира нельзя варить пиво без знания и соблюдения основных нормативных актов, и поэтому сначала следует их изучить; в большинстве стран к ним относятся:

- лицензия на право пивоварения;
- СНиП на барные и ресторанные мини-пивзаводы;
- законоположения об охране окружающей среды;
- налоговое законодательство;

- другие нормативные акты, например, о продуктах питания, о гигиене, о воде;
- законы об охране труда и пожарной безопасности.

Необходимо определить варианты, приемлемые по стоимости!

Так как ни один работающий на мини-пивзаводе пивовар самостоятельно не производит и не монтирует свои установки и агрегаты, он вынужден обращаться к поставщикам, так как у пивовара, как правило, нет лишних средств, их приходится экономить. Как можно это сделать? Дешево — это еще не означает «выгодно».

Какие же преимущества имеет пивовар на мини-пивзаводе?

- Ему не нужно фильтровать и разливать свое пиво;
- Ему не нужен внешний сбыт и договоры с торговлей.

Ему предстоят только расходы на внутренние и технологические нужды. Здесь безусловно следует учитывать:

- наличие финансирования, собственного капитала, возможность кредитов, проценты, необходимость погашение долгов, сроки;
- стоимость материалов, энергии, заработной платы и накладные расходы; сколько персонала участвует в деле, сколько им можно платить, что страхуется, а что нет; каковы допустимые пределы;
- ожидаемую прибыль, рентабельность.

8.2. Производственный мини-пивзавод

В отличие от пивовара, работающего на мини-пивзаводе при ресторане или пивном баре, пивовар производственного мини-пивзавода меньше должен заботиться о «показной стороне» своего предприятия, которое, конечно должно быть чистым и эффектным, но без присутствия клиентуры в варочном цехе каждый день. Однако чем мини-пивзавод крупнее, тем в большей степени к нему подходит все сказанное в предыдущих разделах об оборудовании и промышленных способах производства пива.

В любом случае пивовару производственного мини-пивзавода требуются установки для розлива, так как он прямо на месте пива не продает. Конечно, существуют производственные мини-пивзаводы с «прикрепленными» к ним пивными барами, так что иногда граница между производственным и барным или ресторанным мини-пивзаводом может стираться.

Для производственного мини-пивзавода прежде всего необходима установка для розлива в кеги. В соответствии с объемом производства бочкового пива пивовар применяет установку с одной и более разливочными головками. Если позволяют обстоятельства или если это необходимо, пивовар имеет на производстве также установки для розлива в бутылки, сифоны или банки.

Так как пивовар поставляет свое пиво на рынок, то перед розливом он должен его фильтровать и стабилизировать. Кроме того, он должен обратить внимание на преимущества своей продукции путем соответствующего этикетирования и рекламы — ведь он не располагает возможностями «шоу-эффектов», имеющихся у пивовара, работающего при ресторане или гостинице. Путем создания собственных типов и сортов пива с присущими только им особенностями, которые нравятся потребителям, он должен «прорваться» через распространенные марки пива и убедить свою клиентуру в особом качестве своего собственного пива.

В остальном для пивовара производственного мини-пивзавода имеет силу все, что было сказано в разделах 3–5, пусть даже его установки меньше по производительности.

8.3. Любительское пивоварение

В некоторых странах в последнее время заметно возросло число пивоваров-любителей и «домашних пивоваров». Когда это движение поддерживается многочисленными организациями, которые в некоторых странах предоставляют в своих магазинах необходимое сырье для приготовления пива в расфасованном виде, установки для получения сусла и прове-

дения брожения, а также консультационные услуги, то можно самостоятельно сварить собственное пиво при минимуме затрат.

Некоторые любители предпочитают покупать ингредиенты и с заказанными материалами экспериментировать дома, готовя таким путем свое собственное пиво.

Третья группа принципиально отказывается заказывать предварительно подготовленные экстракты и другие материалы, гордясь тем, что они варят качественное пиво с самого начала самостоятельно. Так как расходы на оборудование сравнительно велики, такие пивовары иногда объединяются в группы для поочередного производства на совместно купленном и эксплуатируемом оборудовании, чтобы потом совместно дегустировать свои произведения. Это тоже доставляет удовольствие!

Чтобы приготовить хорошее пиво даже в малом количестве, необходимо хорошее сырье.

В соответствующих торговых фирмах крупных городов можно приобрести сырье для получения солода и пива или только для приготовления пива, а именно:

- ячмень или солод — различные сорта;
- солодовый экстракт (для получения сусла путем разбавления водой);
- хмель в виде экстракта, гранул или хмелевых шишек;
- дрожжи различных рас, хранимые в холоде и стойкие при хранении, иногда — сухие дрожжи.

Дополнительно можно купить емкости, мерные цилиндры, ареометры и многое другое.

Кто не знает таких фирм или их нет поблизости, тот должен позаботиться сам о:

- ***Солоде.*** Приобрести ли его на пивоваренном предприятии или солодовне или приготовить самостоятельно?
- ***Хмеле.*** Лучше всего закупить в виде гранул в вакуумной упаковке на пивоваренном предприятии или у продавца хмеля. При этом желательно попытаться получить различные сорта хмеля в мелкой упаковке, ведь он так важен для аромата!
- ***Воде.*** Здесь может быть использована только вода из водопровода, но, внимание, — в большинстве случаев вода хлорирована, и это придаст пиву неприятный фенольный привкус! Имеет смысл использовать фильтр с активным углем или предварительно воду прокипятить.
- ***Дрожжах.*** Здесь, если мы не хотим иметь дело с сухими дрожжами, качество которых заранее невозможно оценить, следует заказать их на пивоваренном предприятии.

И еще раз о ***солоде***: можно, конечно, изготовить его самостоятельно; как это сделать, известно (см. раздел 2). Однако при производстве малых количеств солода возникают некоторые проблемы, которые будут рассмотрены ниже.

Самостоятельное приготовление солода

Сколько потребуется солода? Несколько больше, чем на крупных предприятиях, которые могут из 17 кг солода на 1 гл рационально выпускать 11%-ное пиво. Мы должны считать, что нам потребуется

на 1 гл пива (11–12%) около 20 кг солода.

Когда мы хотим самостоятельно изготовить солод, то ячменя нужно еще больше, так как от $^1/_5$ до $^1/_4$ веществ теряется при солодоращении (см. раздел 2.7). Итак, мы считаем, что на

1 гл пива требуется 25 кг ячменя

(или соответствующая часть от этого количества).

Замачивание можно произвести в простом сосуде с плоским дном. При этом считается, что количество воды должно быть меньше половины количества ячменя. Расчет производится следующим образом:

25 кг ячменя (с 15%-ной влажностью)

уже содержит 3,75 кг воды;
к нему добавляется

12 л воды = 12,00 кг воды.

Полученные 37 кг замоченного ячменя содержат 15,75 кг воды = 42,5%.

Это желаемая нами степень замачивания. Естественно, что вода поглощается не сразу, но сначала процесс идет быстро, постепенно замедляясь. Поэтому сначала добавляют меньше половины воды, порядка 5 л, затем время от

времени замачиваемый материал перемешивается до исчезновения воды на дне емкости. Затем дважды добавляем оставшееся количество воды с интервалом в 6–8 часов, не забывая при этом перемещать нижние слои ячменя наверх.

Через двое суток ячмень поглотит достаточно воды и начнется его медленное ***прорастание***, что будет хорошо видно (см. раздел. 2.4.2).

В последующие дни 2–3 раза в сутки следует очень тщательно перемешивать проращиваемый материал (*лучше всего руками*) и опрыскивать его поверхность водой во избежание подсыхания. Мы увидим, как корешки зародышей растут и медленно схватываются. Если теперь не уследить и забыть о ворошении, то наша грядка перегреется и мы получим почти монолитный «войлочный ковер»! Поэтому лучше всего держать емкость с проращиваемым материалом в холодном помещении при 14–15 °С. Теперь уже наш материал будет пахнуть почти как свежий огурец.

Когда корешки зародышей достигнут приблизительно полуторной длины зерна, следует прервать проращивание и перейти к сушке, которую нужно хорошо подготовить, иначе ничего не получится.

Известно (см. раздел 2.5.1), что ***сушка*** — это в первую очередь проблема продувки, требующей подачи большого количества теплого воздуха. Необходимо попытаться продувать через прорастающий ячмень (который называется уже свежепроросшим солодом) большое количество теплого воздуха. При этом температура воздуха не должна быть выше 50 °С, иначе существует риск получить стекловидный солод. И лишь когда солод почти высохнет, температуру можно поднять до 80 °С. Провести все это в течение одних суток не так-то просто.

Такая возможность имеется (рис. 8.4), если в нижней части закрытого ящика (*1*) с ситчатым дном (*3*) уложить свежепроросший солод (*4*).

С помощью вентилятора теплый воздух нагнетается под «решетку». В простейшем случае это может быть тепловентилятор (*2*). Но воздух пойдет через оказывающий сопротивление слой солода только в том случае, если пространство под ситчатым дном герметизировано. Поэтому емкость с самого начала должна быть хорошо герметизирована. Кроме того, чтобы не создать слишком большого сопротивления, слой свежепроросшего солода должен быть не толще 10 см. Чтобы преодолеть сопротивление воздуха и прокачивать необходимое его количество через слой свежепроросшего солода, на емкость следует установить крышку для отвода испарений (*5*) — разумеется без фильтра.

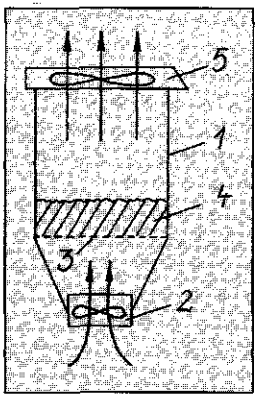


Рис. 8.4. Конструкция «домашней» сушилки солода

1 — деревянный или металлический ящик, 2 — тепловентилятор, 3 — ситчатое дно, 4 — свежепроросший солод, 5 — крышка для отвода испарений без фильтра

Сколько воздуха следует прокачать через солод? Это зависит от того, какой слой солода у нас получится, и какая для этого нужна площадь.

Масса 1 гл ячменя составляет 68–75 кг (см. раздел 1.1.5.2.3); для примера можно считать ее равной 70 кг.

Расчет:

Если 70 кг = 1,00 гл = 100 л, то 25 кг = = 0,36 гл = 36 л.

Для 36 л при высоте 10 см нужна площадь 0,36 м^2.

Слой свежепроросшего солода не должен превышать 10 см!

Из 25 кг ячменя получается объем 36 л · 1, 5 = 54 л свежепроросшего солода.

При высоте слоя 10 см необходима площадь сушилки в 0,54 м^2, то есть 0,75 м · 0,75 м.

Для сушки 25 кг солода требуется около 150 м^3 воздуха.

Если наш маленький вентилятор для ***досушивания*** (3 часа работы при 80 °С) не го-

дится, этот последний этап во избежание перегрева можно провести в закрытом сосуде, например, в кастрюле при слабом нагреве или в духовке с циркуляцией воздуха. Солод в конце должен быть совершенно сухим, иначе он очень быстро испортится. К тому же влажный солод не удастся хорошо измельчить, как это необходимо для затирания.

Другая возможность — это сушка свежепроросшего солода в хорошо завязанных полотняных мешках в ***сушилке для белья*** (с возможностью регулировки температуры). Благодаря вращению сушилки и большому количеству теплого воздуха проращиваемый материал хорошо сохнет (в зависимости от типа конструкции). Следует использовать полотняные мешки, большие по размеру, чем предполагаемый объем содержимого, чтобы зерна могли пересыпаться и влажность внутри мешков убывала равномерно.

Для досушивания имеет силу сказанное ранее.

В конце ростки следует отбить и удалить, так как в дальнейшем из-за высокого содержания белка они бесполезны и могут даже быть вредны.

Теперь у нас имеется нормальный солод, который можно использовать для варки.

Все сказанное применительно к солоду пильзенского типа касается и других типов солода, которые, разумеется, в небольших количествах могут быть изготовлены самостоятельно. К стандартному набору сырья, кроме солода пильзенского типа, принадлежат как минимум еще такие типы, как карамельный и жженый солод (приготовление в духовке).

Приготовление пива

Прежде чем начать рассмотрение вопроса приготовления пива, ради предосторожности необходимо ознакомиться с налоговым законодательством данной страны по этому вопросу: в некоторых странах количество пива, которое можно производить без уплаты налога, очень невелико. В Германии это количество составляет 200 л в год, но и его следует декларировать. Превышение нормы может привести к большим недоразумениям с налоговой или таможенной службой.

Прежде всего для изготавливаемого пива важен состав засыпи из различных вида солода (см. раздел 2.9.12).

Для измельчения солода зачастую используют конусную или ударную мельницу кухонного комбайна или кофемолку, но не следует измельчать солод очень сильно (см. раздел 3.1.2).

Лучше исходить из того, насколько велики и разнообразны наши возможности по подбору оборудования, какие приборы имеются в распоряжении. В простейшем случае это могут быть обыкновенные кухонные кастрюли, в которых придется проводить затирание. Если большего не позволяет кошелек, все сводится к изобретательности.

Затирают в соотношении 1 кг солодового помола на 3 л воды. Таким образом, после окончания затирания в процессе фильтрования затора за счет добавления воды на промывку дробины и на ополаскивание емкости (см. раздел 3.3.1) можно выйти после кипячения с хмелем (см. раздел 3.4) в сусловарочном котле на содержание СВ в горячем охмеленном сусле около 12%.

Затирать лучше всего настойным способом или способом с отварками, но, естественно, если позволяют затраты на оборудование, возможны и другие способы. Затирают при 58–60 °С и после паузы 30 мин поднимают температуру до 63–64 °С. После паузы мальтозообразования в течение последующих 30 мин температура медленно повышается до 70–72 °С, после чего ожидают время завершения осахаривания, которое проверяется йодной пробой (см. раздел 3.2.1.3). Начать затирание можно и при 60–63 °С, выдерживая температуру 60 мин, а затем поднимая ее до 70–72 °С. Если йодная проба в сусле нормальная, то температуру повышают до 75 °С и проводят фильтрование затора. Это можно сделать с помощью большого сита с мелкими отверстиями, а затем промыть оставшуюся дробину не слишком горячей водой.

Фильтрование затора зачастую вызывает проблемы, поскольку подобного сита может не быть. Другой проверенный метод состоит в следующем: перевернутый стул ставят на другой стул так, чтобы вверх торчали четыре ножки, к каждой ножке привязывают уголок проницаемого платка (грубое полотно, марля) и в полученном лотке достигают хорошего стекания сусла и удержания дробины.

Сусло мы должны слить в наш «котел», который в простейшем случае может быть большой кастрюлей (по возможности со сливным

краном). Сусло кипятится час с лишним, при этом добавляется хмель (см. разделы 3.4.3.2 и 7.2.1.1). Часть воды выкипает, и экстрактивность повышается.

Количество задаваемого хмеля при маленькой варке, естественно, невелико и корректируется в зависимости от сорта и типа пива (см. раздел 7.3).

Если мы хотим получить в пиве 25 единиц горечи (см. раздел 3.4.3.2.1), тогда следует добавить (приблизительно)

25 ВЕ = 2,5 г/гл при 30%-ном выходе = = 7,5 г/гл по α-кислоте.

В основном исходят из того, какое количество α-кислоты указано на упаковке, но об этом уже говорилось выше.

В заключение следует еще отделить сусло от взвесей, которые хорошо осядут в середине кастрюли, если по окончании варки привести содержимое во вращательное движение (эффект вирпула, см. раздел 3.8.3.1).

Благодаря этому можно затем аккуратно и чисто слить сусло из кастрюли через боковой кран. Если такого крана нет, то сливать сусло несколько сложнее.

Сусло помещается в сосуд, в котором оно должно бродить и может охлаждаться. Этот сосуд должен быть достаточно большим и иметь съемную плотно закрывающуюся крышку. В простейшем случае годится даже ведро или молочный бидон. Поскольку бродящее пиво, с одной стороны, из-за выделения диоксида углерода образует большое количество пены, а с другой, — существует опасность попадания в пиво посторонних микроорганизмов, что может изменить вкус, следует подыскать закрываемую бродильную емкость с водяным затвором, чтобы можно было выпускать CO_2, но в то же время не допускать попадания посторонних микроорганизмов. Кроме того, водяной затвор четко фиксирует окончание брожения. Емкостью подобного рода являются, например, бутыли для домашнего виноделия с водяным затвором, еще лучше — небольшие кеги для вечеринок или контейнеры для сиропа с соответствующей арматурой.

После охлаждения сусла до 6–8 °С добавляют дрожжи и интенсивно перемешивают. С окончанием кипячения возникает очень большая проблема, связанная с обеспечением биологической чистоты: с этого момента в пиво могут попадать микроорганизмы, которые мы не можем удалить, а они могут испортить пиво полностью. Молочно-кислые и уксусно-кислые бактерии имеются повсюду и могут моментально испортить наше пиво, сделав его непригодным к употреблению. Поэтому с этого момента следует делать все, чтобы удалить микроорганизмы из сусла и пива, но в условиях, имеющихся у пивовара-любителя, сделать это очень трудно.

Для *брожения и дображивания* бродильная емкость держится по возможности охлажденной (6–8 °С), и в ней пиво бродит около недели. Конец брожения характеризуется появлением грязно-коричневого слоя пены на поверхности пива, который следует осторожно снять с помощью поварской шумовки. Пиво еще не имеет полноценного вкуса, так как оно должно дозреть, но это произойдет уже после розлива.

Поскольку выпить сразу 50 или 100 л пива невозможно, необходимо его тщательно разлить по бутылкам. Чтобы путем дображивания образовался еще CO_2 и повысилось давление в бутылке, добавляют чайную ложку кипяченого сахарного сиропа на бутылку. Это должна быть, также и по соображениям качества, единственная добавка сахара за все время приготовления пива! Бутылки закрываются кронен-пробками, а лучше — пробками с хомутовым зажимом. В течение 1 недели проводится дображивание при 18 °С. Затем пиво хранят в холодных условиях и по возможности быстро употребляют.

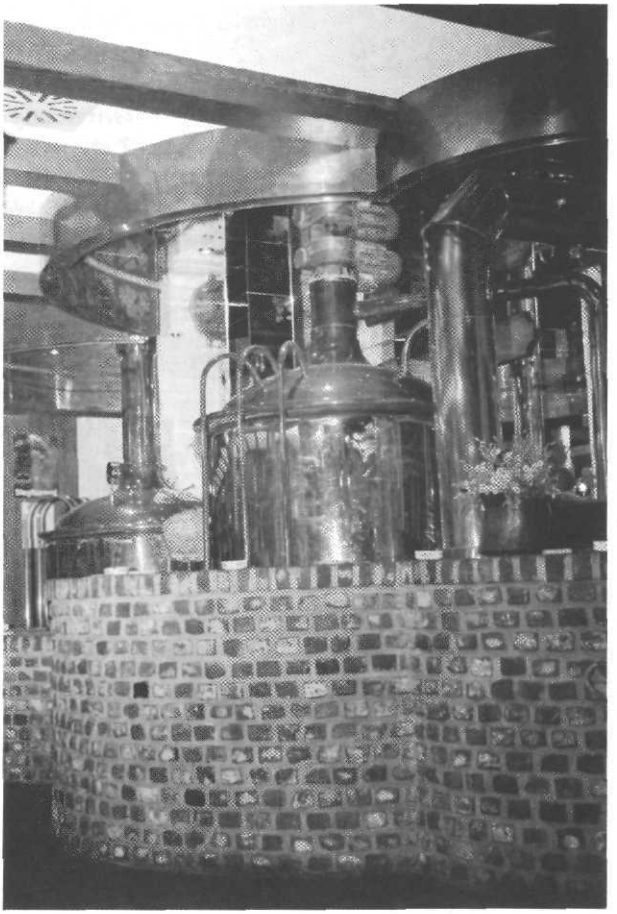
После этой «нормальной» варки можно испробовать многочисленные вариации в составе помола и возможные добавки (как и у пивовара мини-пивзавода, это доставляет большое удовольствие). Даже если иногда рецепт дает не тот вкус, следует, не теряя терпения, продолжать пробовать. Однако всегда надо записывать, что применялось и сколько, иначе удачный ход не повторить!

Больше удовольствия при экспериментировании! Большинство пивоваров-любителей начинают свои опыты варки на кухне или поблизости от нее, но длится это не очень долго, так как возникают трения с женами или матерями — ведь постоянно что-то необходимо: черпак, сито или хорошая кастрюля. «А есть у тебя?..»

Это побуждает многих пивоваров-любителей, особенно если они намерены затратить на свое хобби некоторые суммы, желание иметь оборудование получше. Теперь оно есть практически любое и любой стоимости, причем зачастую несколько друзей объединяют свои усилия, чтобы с помощью еще лучшей, еще большей, еще совершеннейшей техники варить наилучшее пиво и получать от этого еще больше радости. Подобная тенденция вырисовывается теперь во всем мире.

Приготовление пива заканчивается в этом случае дображиванием. Фильтрование и розлив при отсутствии доступа воздуха и в асептических условиях были бы при столь малом производстве слишком трудозатратны и дороги.

И если на семейном празднике нет желания разливать готовое пиво из мерной емкости, можно описанным выше способом разлить его в бутылки и, добавив сахара, дображивать с образованием CO_2.



9. Утилизация отходов и охрана окружающей среды

При производстве пива образуются отходы и вторичные продукты, которые должны быть удалены или утилизировано. Прежде всего к ним относятся:

- загрязненные сточные воды;
- пивная и хмелевая дробина;
- осадок взвесей горячего сусла (белковый отстой);
- остаточные пивные дрожжи;
- кизельгуровый шлам;
- остатки этикеток;
- бой стекла;
- вторичный пар и запахи из варочного цеха;
- продукты сгорания из паровой котельной установки;
- шум, возникающий на некоторых участках;
- пыль от перерабатываемого сырья;
- остатки упаковочных материалов и многое другое.

9.1. Законодательство об охране окружающей среды

Времена, когда можно было без проблем избавляться от этих отходов, давно прошли. В настоящее время в большинстве стран законодательно заботятся о том, чтобы эти отходы можно было удалить в соответствии с установленным порядком, если заранее не удалось избежать их образования.

Основные цели и принципы немецкого законодательства об окружающей среде состоят в том, чтобы получать как можно меньшее количество мусора и отходов и в конце концов перейти на безотходное производство (в немецком оригинале приводится перечень законодательных актов Германии, связанных с охраной окружающей среды. Список отечественных нормативных документов приведен в прил. 2. — *Прим. ред.*)

Следует отметить, что в немецком законодательстве об охране окружающей среды особенно большое внимание посвящено воде, являющейся «наиболее проблемным» вопросом.

9.2. Сточные воды

За исключением воды, непосредственно переходящей в пиво и побочные продукты или потерянной в виде испарений, все оставшееся количество воды попадает в сточные воды. Исходя из практики можно полагать, что для приготовления 1 гл готового пива расход воды без учета сточных вод составляет около 1,8–2,5 гл. Это означает, что при общем потреблении воды 6 гл на 1 гл пива образуется около 3,5–4,2 гл сточных вод/гл пива, а при более низком общем потреблении образуется соответственно меньше сточных вод.

В ходе технологического процесса в воду попадают разнообразные вещества во взвешенном или в растворенном состоянии. В сточных водах пивоваренного производства содержатся:

- остатки сусла и пива;
- промывная вода;
- стоки, содержащие взвеси;
- стоки, содержащие остатки хмеля;
- сточная вода из станций CIP;
- щелочные стоки из станций CIP;
- кислотные стоки из станций CIP;
- темные щелочные стоки из ПВПП-фильтра;
- сточная вода, содержащая кизельгур;
- щелочные ополоски;
- теплые загрязненные стоки, и прежде всего

- отработанный раствор из бутылкомоечной машины с
- нерастворенными твердыми веществами, такими как бумажная пульпа от этикеток, шлам и прочие загрязнения;
- растворимые вещества, такие как клей, едкий натр, соли металлов;
- следы масел и жиров;

- остатки пива из возвратных бутылок, бочек и кегов;
- смывы остатков пива из разливочного автомата.

В стоки попадает даже средство для смазки ленты транспортера – ничто не исчезает бесследно.

Эти вещества последовательно повышают концентрацию загрязнений сточных вод. Если умножить средневзвешенную концентрацию загрязнений на объем сточных вод, то получится общее количество загрязнений от стоков. Эти содержащиеся в сточных водах загрязнения требуют больших мощностей очистных сооружений и определяют текущую стоимость очистки в виде повышенного налога за сброс промышленных стоков. Для экономии средств требуется проведение мероприятий по снижению количеств этих загрязнений, то есть мероприятий по задержанию загрязнений, содержащихся в сточных водах, и по переходу на оборотное водоснабжение.

9.2.1. Расходы на водоочистку и водоотведение

Различные организации и муниципальные органы законодательно обязаны осуществлять весьма значительные капиталовложения в очистку сточных вод и водоотведение; дополнительно приходится вносить огромные суммы на ремонт канализационных сетей. Поэтому налоги на промышленные стоки, включая затраты на канализацию, показывают четкую тенденцию к возрастанию.

Увеличивают затраты на очистку и удаление стоков также дополнительные налоги на производства, сильно загрязняющие окружающую среду, в категорию которых попадают почти все пивоваренные предприятия.

Все приведенные причины вынуждают руководство пивоваренных производств очень серьезно работать над снижением затрат на водоотведение.

Помимо этого, некоторые применяемые вещества рассматриваются как особенно сильно загрязняющие окружающую среду, и отведение их в открытые водоемы связано со значительными финансовыми затратами.

К веществам, сильно загрязняющим окружающую среду, относятся:

- **все окисляемые вещества:** они могут разлагаться, но для этого им требуется очень много кислорода. Если они без переработки попадают в водоприемник, то из-за недостаточной аэрации эти вещества могут расщепляться не полностью и загнивать с образованием неприятного запаха, нанося вред живой природе.

  Количество окисляемых веществ приводится в единицах ХПК (химическое потребление кислорода) и $БПК_5$ (биохимическое потребление кислорода), выражаемых в мг O_2/л.

- **Фосфор в виде фосфатов**

  Соединения фосфора наряду с соединениями азота способствуют росту сине-зеленых водорослей в водоемах и относятся к загрязнителям; поэтому в последние годы были предприняты большие усилия для исключения фосфатов из числа составных компонентов бытовых моющих средств.

- **Азот в форме нитратов**

  Загрязнение окружающей среды нитратами широко известно. Проникающие в грунтовые воды и стоки нитраты все больше загрязняют почву (несмотря на это, в пивоварении в станциях CIP приходится, как и прежде, применять азотную кислоту для растворения пивного камня).

- **Органические галогенные соединения (AOX)**

  В немецком законодательстве о сточных водах указывается, что использование хлорсодержащих продуктов, таких как хлорная известь или хлорсодержащие моющие средства, приводит к образованию опасных веществ. Поэтому соединения AOX вызывают особый интерес надзорных служб по промышленным стокам.

- Особое внимание обращается также на **вещества, делающие воду непригодной к употреблению, и на опасные вещества,** так как они представляют опасность для

здоровья человека. К ним относятся соли металлов (таких, как ртуть, свинец, кадмий и хром), а также соединения AOX и галоген-углеводороды. При очистке стоков эти вещества остаются в воде в виде ила, и их попаданию в сточные воды следует препятствовать.

Опасными веществами являются также кислоты, щелочи, моющие и дезинфицирующие средства, для хранения которых предписано использовать сертифицированные емкости и так же, как и для топочного мазута, применение улавливающих ванн или резервуаров с двойными стенками.

В Германии для оценки вредности веществ и групп веществ приняты так называемые «единицы ущерба»:

Оцениваемые вредные вещества и группы вредных веществ	**Единице ущерба соответствуют следующие измеренные количества**	**Пороговые значения по концентрации и годовые количества**
Окисляемые вещества (в единицах ХПК)	50 кг O_2	20 мг/л (в год — 250 кг)
Фосфор	3 кг	0,1 мг/л (в год — 15 кг)
Азот	25 кг	5 мг/л (в год —125 кг)
Органические галогенные соединения в виде адсорбируемых органически связанных галогенов (AOX)	2 кг	100 мг/л (в год —10 кг)

Металлы и соединения		**Пороговое значение по концентрации**	**Годовое количество**
• Ртуть	20 г	1 мкг/л	100 г
• Кадмий	100 г	5 мкг/л	500 г
• Хром	500 г	50 мкг/л	2,5 кг
• Никель	500 г	50 мкг/л	2,5 кг
• Свинец	500 г	50 мкг/л	2,5 кг
• Медь	1000 г	100 мкг/л	5,0 кг
Ядовиты для рыбы			

9.2.2. Основные понятия, имеющие отношение к сточным водам

При характеристике сточных вод применяют следующие понятия:

- осаждаемые вещества;
- $БПК_5$;
- ХПК;
- степень загрязненности сточных вод;
- эквивалент среднего жителя (EGW, Einwohnergleichwert).

Осаждаемые вещества

Под осаждаемыми понимают такие вещества, которые из-за своей большей плотности относительно воды осаждаются (в России вместо этого показателя используется содержание взвешенных веществ, определяемое путем фильтрования. — *Прим. ред.*). Для определения их количества применяют конусообразный седиментационный сосуд, устанавливаемый острием вниз — воронку Имхоффа (Imhoff) высотой 40 см. В него наливают 1 л сточной воды и измеряют высоту осадка за 2 часа осаждения.

$БПК_5$

$БПК_5$ — это биохимическое потребление кислорода бактериями, содержащимися в сточной воде, за 5 суток при t = 20° C.

При определении $БПК_5$ устанавливают сначала для исследуемой пробы воды начальное содержание кислорода (8–9 мг O_2/л). Затем во второй пробе, хранившейся в закрытом виде при 20° C в течение 5 суток, определяют содержание кислорода.

Разница в содержании кислорода в пробах и есть $БПК_5$. Но так как вода очень редко бывает настолько чистой, что через 5 суток она еще содержит растворенный кислород, то к пробе сточной воды следует добавлять такое количество чистой воды, насыщенной кислородом, чтобы через 5 суток еще осталось как минимум 2 мг O_2/л (метод с разбавлением).

Ниже приведены контрольные значения концентрации $БПК_5$:

Бытовые сточные воды:	300 мг O_2/л
Сточные воды пивоваренного производства:	1200 мг O_2/л

Стоки после очистных установок:	20 мг O_2/л
Последняя промывная вода:	до 10 000 мг O_2/л
Отжим пивной дробины:	до 15 000 мг O_2/л
Пиво:	80 000 мг O_2/л

ХПК

Химическая потребность в кислороде **(ХПК)** определяется путем реакции сильного окислителя с окисляющимися органическими и неорганическими веществами сточной воды. Прежде большей частью использовали перманганат калия ($KMnO_4$) в чистом растворе. Определение выполняется быстро и легко. В Германии пробу кипятят 10 мин. В Англии обычно ставят пробу на 4 часа при 27° С. Однако этот метод дает величины, которые показывают различные значения концентрации и загрязнения для разных веществ, и вследствие этого в настоящее время он неприменим. Вместо метода с $KMnO_4$ предлагается другой метод с применением бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) в сернокислом растворе. При этом методе полностью окисляются органические вещества в соответствии с их теоретической потребностью в кислороде. Требуемое время кипячения составляет 2 ч. Этот метод применяют как стандартный метод исследования ХПК.

Степень загрязненности сточных вод

Под степенью загрязненности сточных вод понимают произведение объема сточных вод (в $м^3$) на концентрацию $БПК_5$ (в $г/м^3$).

Эквивалент среднего жителя

Эквивалент среднего жителя — сравнительный показатель, выражающий, какое количество загрязнений в сутки приходится на жителя среднего европейского города при расчетном количестве сточных вод 200 л на человека в сутки. Он формируется следующим образом:

мг/л = $г/м^3$	Минеральные загрязнения	Органические загрязнения	Всего	$БПК_5$
Осаждающиеся вещества	20	30	50	20
Неосаждающиеся (плавающие) вещества	5	10	15	10
Растворенные вещества	75	50	125	30
Итого	100	90	190	60 г/(чел.· сут.)

Таким образом, эквивалент среднего жителя составляет около 60 г $БПК_5$ на жителя в сутки, однако в разных странах этот показатель может быть различным.

9.2.3. Очистка сточных вод

В сточных водах содержится очень много веществ, которые могут разлагаться микроорганизмами. Эти микроорганизмы нуждаются в кислороде, и поэтому можно в значительной степени очищать сточные воды путем подачи воздуха. При этом образуется активный ил, насыщенный аэробными микроорганизмами. Такой способ называется аэробной очисткой воды. Так как воздух в сточные воды самостоятельно не проникает, для его введения требуется энергия.

Если проводить очистку без подачи воздуха, то сточные воды медленно очищаются гнилостными бактериями. При этом сначала путем гидролиза образуются органические кислоты, а затем в ходе метанового брожения образуется метан. Такой метод называют анаэробной очисткой воды. В отличие от аэробного способа степень очистки сточных вод от загрязнений в этом случае меньше, а соответственно, количество ила — больше. При этом образуется метан, при сжигании которого можно получить энергию.

Оба способа — аэробный и анаэробный — применяются на практике, причем более современные установки являются чаще анаэробными, с последующим подключением аэробной ступени.

9.2.3.1. Устройства и сооружения для аэробной очистки сточных вод

Существует очень много разнообразных устройств и сооружений для аэробной очистки

сточных вод, которые можно разделить на три группы.

1. Бассейны и пруды с активным илом

Эти сооружения представляют собой большие бассейны длиной до 50 м и глубиной более 3 м, в которых сточные воды с помощью аэрирующих устройств насыщаются кислородом. Одновременно эти аэраторы обеспечивают однородность стоков и препятствуют осаждению ила.

2. Специальные реакторы

Это установки, в которых сточные воды подвергают интенсивной аэрации; образующийся при этом ил удаляется с помощью соответствующих устройств (аэротанков с гидравлическим выдавливанием избыточного ила. — *Прим. ред.*).

3. Реакторы с иммобилизованной биомассой

В таких реакторах биомасса постоянно находится в контакте со сточными водами и равномерно снабжается кислородом. Типичным представителем подобного оборудования является ротационно-дисковый биореактор: на горизонтальной оси расположены на небольшом расстоянии друг от друга шероховатые пластмассовые диски диаметром от 2 до 3 м, которые примерно на 40% погружены в сточную воду и медленно механически движутся. Диски обрастают аэробной микрофлорой и медленно разлагают сточную воду. Принцип аэробного метода очистки сточных вод представлен на рис. 9.1.

9.2.3.2. Установки для анаэробной очистки сточных вод

Анаэробная очистка уже давно успешно применяется для высококонцентрированных сточных вод сахарных заводов, целлюлозных, спиртовых заводов и др. Возник интерес к ее применению также в других отраслях промышленности, в том числе в пивоварении, так как при этом способе можно получать энергию в виде горючего газа метана. К тому же не расходуется энергия для привода аэрационных устройств, которой для аэробной очистки необходимо очень много.

Устройства для анаэробной очистки состоят большей частью из больших цилиндрических или цилиндроконических биореакторов, в которых при постоянной температуре протекают процессы гниения. При этом процесс распадается на несколько фаз (рис. 9.2), в конце которых получается главным образом метан (биогаз).

При данном способе очистки сточных вод требуется равномерная загрузка оборудования и предъявляются высокие требования к квалификации и добросовестности персонала, так как анаэробные бактерии очень требовательны к своему «меню».

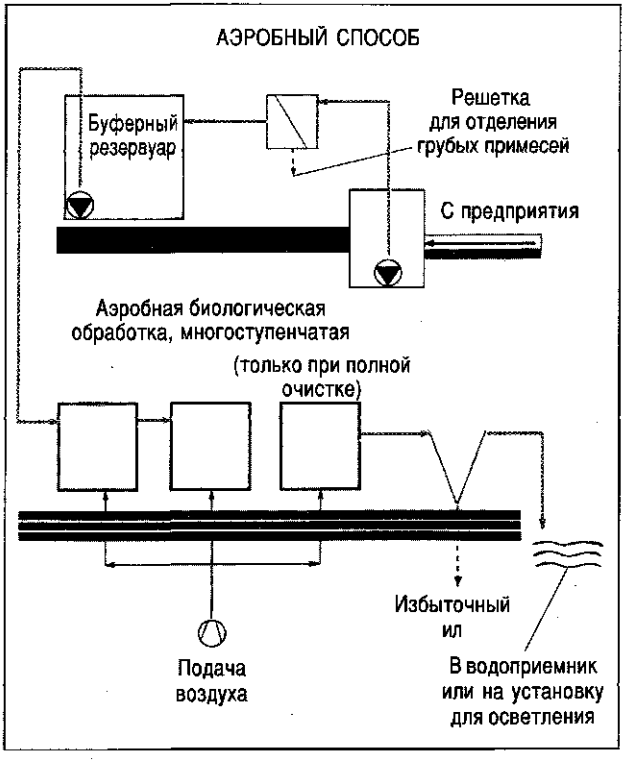


Рис. 9.1. Аэробный способ очистки воды (принцип действия)

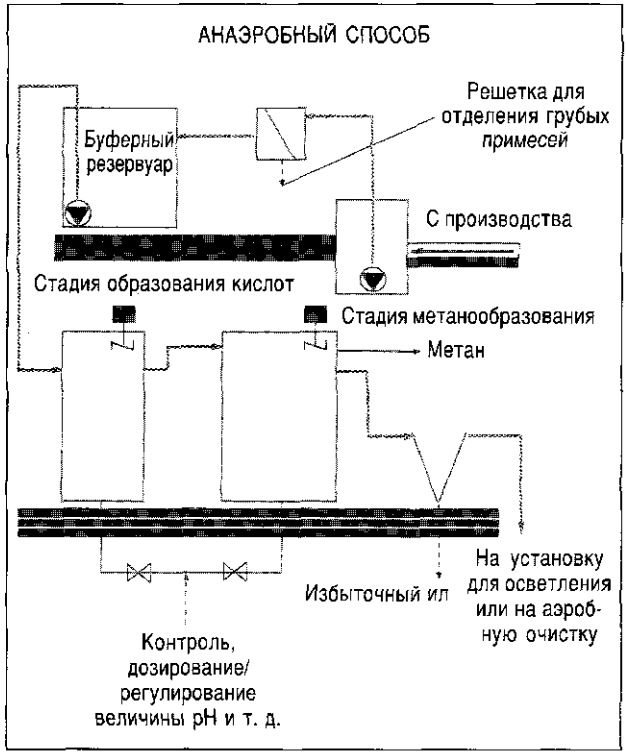


Рис. 9.2. Анаэробный способ очистки воды (принцип действия)

Углеродный баланс при анаэробном способе коренным образом отличается от аэробного способа (рис. 9.3): если при аэробном способе около 50% углерода переходит в ил и улетучивается в виде CO_2, то при анаэробном способе можно получить более 90% его в виде метана и использовать для энергетических целей.

На пивоваренных предприятиях для очистки сточных вод все большее применение находят анаэробные установки с подключением за ними аэробной ступени.

9.2.3.3. Объемы и состав промышленных стоков пивоваренного предприятия

Сточные воды с пивоваренного предприятия по своему объему и составу поступают на очистную установку очень неравномерно. Так, в определенные дни бывают пиковые моменты, а ночью или в конце недели — малые поступления. Иногда сточные воды бывают:

- очень щелочными и теплыми (если, например, опорожняются ванны с горячей водой бутылкомоечной машины);
- очень кислыми (если из станции CIP сливается использованная кислота);
- темноокрашенными и сильно щелочными (если после регенерации из ПВПП фильтра удаляется щелочь).

При работе со сточными водами невозможно застраховаться от неожиданностей (встречаются работники, считающие сбросы лучшим средством избавления от любых отходов). Если же в такой совершенно неподходящий момент нагрянет проверка, то крупных неприятностей не избежать. В стоки попадают не только случайно сброшенные крупные объемы щелочи или кислот. На производстве постоянно образуются небольшие количества лагерных осадков, взвесей, дробины или кизельгура, которые мешают навести чистоту, и их просто сливают. Загрязнения постоянно образуются и в цехе бутылочного розлива, например [83]:

Попадают в стоки	*С загрязнением в г ХПК/гл пива*
Смывы остатков пива при розливе (0,96 мл/бут.)	= 23
Остаток пива от ополаскивания бутылок (1,6–2,6 мл/бут.)	= 38,4 – 62,4
Остатки этикеток (25–37,5 мг ХПК/бут.)	= 5 – 7,5
Этикеточный клей	= 6
Итого	72,4 – 128,9 г ХПК/гл

Особенно проблематична с точки зрения образующихся стоков мойка бутылок, так как в поступающих возвратных бутылках труд-

но контролировать содержание остаточного пива.

Не принимая специальных мер для очистки сбрасываемых сточных вод, трудно удержаться на контрольном уровне образования сточных вод 4,0 гл/гл пива при максимально допустимой концентрации ХПК 600 г/гл (в Германии стараются не превысить этого значения, чтобы не платить штрафные надбавки за превышение нормы загрязненности сточных вод).

Одно из решений может состоять в том, чтобы собирать сточные воды, выравнивать их загрязненность, а при необходимости нейтрализовывать. Для этого **суточный или недельный объем** стоков собирают в аэрируемом **смесительном и распределительном бассейне.**

Преимущества такого решения заключаются в том, что:

- кислые и щелочные стоки взаимно нейтрализуются и тем исключается повышенная величина pH;
- выравниваются температуры, и не допускается их недопустимое превышение;
- очень темные стоки в значительной степени обесцвечиваются;
- объем промышленных стоков можно регулировать, выпуская их в ночные часы или в конце недели;
- путем снижения загрязненности сточной воды можно избежать штрафов за избыточное загрязнение.

В этой связи приобретает особое значение очистка сточных вод в смесительных и рапределительных бассейнах [80].

9.2.3.4. Очистка стоков с использованием смесительных и распределительных бассейнов

Смесительный и распределительный бассейн (разработка Берлинского института пивоварения VLB) состоит из

- круглого бассейна по типу силосной емкости;

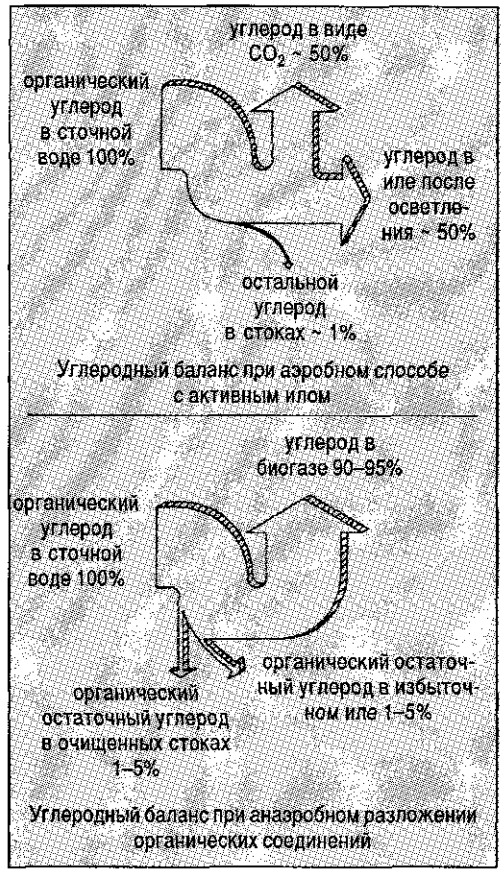


Рис. 9.3. Углеродный баланс при аэробной и анаэробной очистке

- погружного аэратора для аэрации и перемешивания;
- системы управления для проведения аэрации и очистки;
- устройств для регулирования слива.

При этом различают два основных типа установок:

Тип А — установки без возврата биомассы, которая в этом случае смывается сточной водой. На предприятии с не очень сильно загрязненными стоками при этом монтируются:

- небольшой бассейн с емкостью, рассчитанной на суточный сток;
- большой бассейн с емкостью, рассчитанной на недельный сток.

Тип В — установки с удерживанием биомассы, монтируемые в виде:

- бассейна, рассчитанного на суточный сток;
- бассейна, рассчитанного на недельный сток.

При использовании недельного распределительного бассейна типа В2 достигается

- 90–95%-ный биологический распад;
- надежная нейтрализация всех загрязнений;
- равномерная очистка сточных вод.

В распределительный бассейн типа В2 очистка осуществляется в 4 стадии (рис. 9.5).

Стадия 1: *исходное состояние* — бассейн наполнен биомассой примерно на 1,5 м; такое состояние устанавливается не раннее воскресного вечера.

Стадия 2: *выравнивание, нейтрализация и биологический распад* — с началом работы в понедельник технологические сточные воды стекают в бассейн, который медленно наполняется; аэратор включается пока периодически в соответствии с потребностью в кислороде. Происходит биологический распад органических веществ с образованием необходимой для нейтрализации углекислоты.

Стадия 3: *седиментация* — биомасса отделяется и оседает, а очищенные сточные воды остаются над ней.

Стадия 4: *отвод* — очищенная, без осадка сточная вода отводится. Для забора сверху наиболее чистой воды служит поплавковое устройство.

Стадии 3 и 4 имеют место при каждом выпуске очередной порции сточных вод, происходящем несколько раз в сутки. Количество ила в бассейне при соблюдении определенных условий возрастает лишь незначительно; после перерывов в производстве старый ил даже разлагается путем автолиза и эндогенного распада при дыхании. Образовавшиеся при разложении неорганические вещества покидают бассейн вместе с растворившимися и уже не осаждающимися веществами. **При этом не требуется удаления ила, так как проблема избыточного ила отсутствует.**

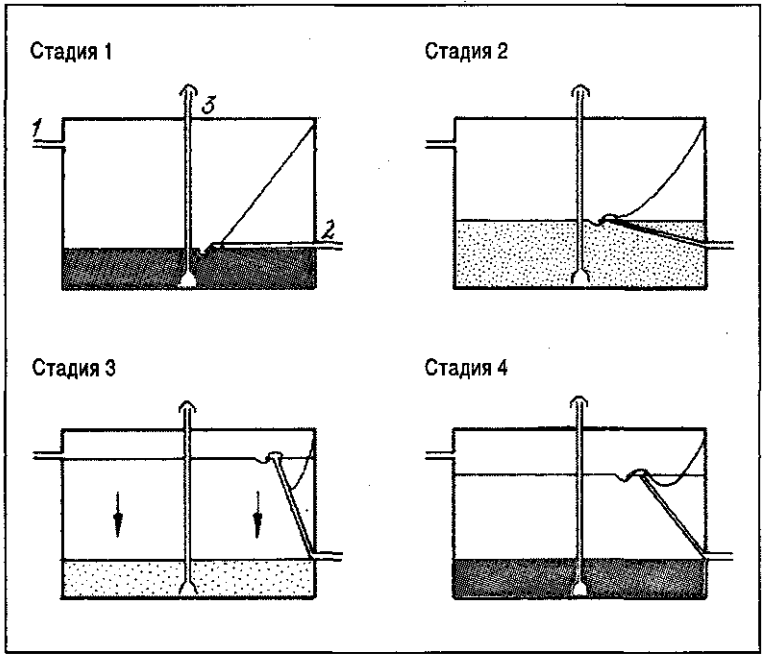


Рис. 9.4. Очистка сточных вод в смесительном и распределительном бассейне VLB по Шуманну (Dr. Schumann)

В связи с ожидаемым ростом затрат на очистку сточных вод и постоянно растущие требования к качеству очистки в ближайшие годы эти вопросы встанут перед пивоваренными предприятиями еще острее.

9.3. Остатки материалов и отходы

Удаляться должны не только сточные воды, но и другие отходы пивоваренного производства. Считается, что в среднем образуется следующее количество отходов [100]:

Вид отходов	Кг/гл товарного пива	Общее количество в 1000 т (данные по Германии, 1991)
Пивная и хмелевая дробина	18,86	2225
Остаточные дрожжи	2,64	311
Взвеси горячего сусла	1,42	168
Взвеси холодного сусла	0,22	26
Кизельгуровый шлам	0,62	73
Солодовая пыль	0,12	14
Этикетки/бумага	0,29	34
Упаковочный материал	0,04	5

Хотя многим предприятиям удается удалять некоторые из этих отходов с пока еще сравнительно низкими затратами, но постоянно растущие затраты заставляют предприятия все больше самостоятельно заниматься их утилизацией. При этом все большую роль играют анаэробные способы разложения отходов.

9.3.1. Пивная и хмелевая дробина

На 100 кг засыпи приходится около 110–130 кг дробины с 70–80%-ной влажностью, или (округленно) 20 кг/гл товарного пива (см. разд. 3.3.5).

Следовательно, можно считать, что ежегодно образуется около 200 т дробины на 10 000 гл товарного пива (4 т в неделю).

Конечно, неплохо было бы продать всю эту дробину на корм скоту. В некоторых местностях это удается, так как дробина является ценной кормовой добавкой, но существуют области, где сельское хозяйство не развито или оно не испытывает потребности в дробине. Многие фермеры не готовы ее брать, особенно летом. Сушить дробину, повышая этим ее сохраняемость, имеет смысл только в том случае, если потом можно продать дробину в 4–5 раз дороже, но это только усложняет задачу по ее сбыту.

Хмелевая дробина, напротив, уже не тема для обсуждения. Натуральный шишковый хмель в настоящее время почти не применяется, и вряд ли можно найти пивоваренное предприятие с хмелеотделителем (из-за большой трудоемкости процесса и потерь хмеля). Если все же шишковый хмель применяется, то его измельчают, и он попадает во взвеси.

Банки и мешки из фольги, в которых поставляется хмелевой экстракт или гранулы, попадают в отходы; иногда их частично возвращают поставщикам.

9.3.2. Взвеси

Взвеси чаще всего осаждаются в вирпуле в виде конуса и реже — в виде шлама из сепаратора или белкового отстоя из отстойного чана. В любом случае взвеси еще содержат сусло, которое можно извлечь. На большинстве пивоваренных предприятий взвеси, содержащие сусло, перекачивают в фильтрационный чан, чтобы получить сусло и одновременно отделить богатые белком взвеси, имеющие большую пищевую ценность для скота. При отсутствии желания извлекать из взвесей сусло, имеющее пониженное качество, эти взвеси просто добавляют к пивной дробине.

9.3.3. Остаточные дрожжи

Внесенные в сусло дрожжи дают довольно большой прирост и, следовательно, большое количество остаточных дрожжей. Остаточные дрожжи имеют ХПК порядка 0,53 кг/гл и относятся поэтому к очень мощным потребителям кислорода.

В связи с этим необходимо воспрепятствовать их проникновению в сточные воды, где они быстро вызовут процессы гниения.

Считается, что на 10 000 гл производимого пива ежегодно приходится удалять около 15–18 т остаточных дрожжей.

Наилучшим решением была бы, естественно, продажа этих богатых белком и витаминами дрожжей на корм скоту. Чтобы обеспечить их сохранность, дрожжи следует быстро пропарить, так как иначе они начнут бродить в желудке животного и вызовут колики. Кроме того, быстро начинается автолиз дрожжей с выделением газов с неприятным запахом.

Дрожжи также сушат и добавляют в комбикорма. Применяются дрожжи и в фармацевтической промышленности для производства витаминных добавок.

9.3.4. Кизельгуровый шлам

После фильтрования на 1 гл пива остается около 500 г кизельгурового шлама. Отсюда на каждые 10 000 гл продаваемого пива приходится 5 тонн кизельгурового шлама.

Возможная в принципе **подготовка кизельгура для повторного применения** очень трудоемка и дорога по сравнению с недопустимым сливом в канализацию вместе со стоками. Термическая регенерация кизельгура путем обработки шлама методом Тремониса (Tremponis) связана с большими вынужденными затратами [54], но благодаря ей становится возможным повторно применять до 50% материала, сократив тем самым потребность в новом кизельгуре.

Многим пивоваренным предприятиям остается только вывозить кизельгур на свалку. При этом многие **свалки** во избежание оползней отвалов принимают только пастообразный кизельгур с низким влагосодержанием. В отстойном бассейне или в канализационном трубопроводе кизельгур со временем может так затвердеть, что осадок по прочности не уступает цементу и удаляется с огромным трудом.

По этой причине и с учетом все возрастающих затрат на удаление кизельгурового шлама следует пытаться искать возможности его удаления по приемлемым ценам. Одной из возможностей для этого является обезвоживание кизельгурового шлама путем прессования до влажности ниже 50%, чтобы получить сыпучую структуру. В качестве прессов для кизельгура предлагаются **ленточный фильтр** (рис. 9.5) или **камерные фильтр-прессы** [141].

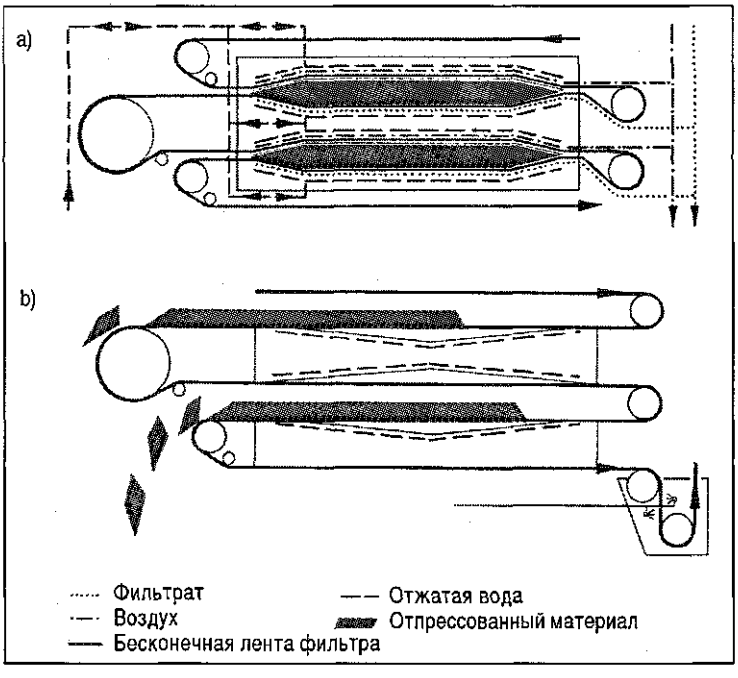


Рис. 9.5. Прессование кизельгура при помощи ленточного фильтра

a — прессование с помощью мембран;

b — выгрузка обезвоженного материала

В сыпучем состоянии кизельгур разбрасывается на полях с помощью имеющейся в сельском хозяйстве техники [101]. Использованный кизельгур с содержащимися в нем дрожжевыми клетками представляет собой ценный, богатый азотом структурообразующий материал и подкормку для растений. Кроме того, как хороший накопитель влаги он пригоден для улучшения структуры песчаных почв, не оказывая негативного влияния на грунтовые воды. Отработанный кизельгур содержит быстро автолизующиеся дрожжи, и при этом содержащийся в них белок разрушается с выделением обладающего резким запахом аммиака. При вынужденном длительном хранении кизельгура этот фактор следует учитывать.

В последнее время отработанный кизельгур служит добавкой при производстве кирпича, асфальта и бетона [88]. И все-таки из-за высокой стоимости кизельгура существует большой интерес к поиску новых более дешевых способов фильтрования пива.

9.3.5. Этикетки

На бутылкомоечной машине вместе с возвратными бутылками на 10 000 гл пива ежегодно получают около 1,5 т старых этикеток, которые должны быть удалены. В зависимости от размеров и числа используемых этикеток это количество может быть и больше.

От этикеток требуется, чтобы они полностью отклеивались и не разрывались. Алюминиевая фольга для удаления с бутылки требует повышенной концентрации щелочи в бутылкомоечной машине и более частой ее замены. Кроме того, наличие алюминиевой фольги при мойке бутылок может иметь следствием взрывы из-за выделения гремучего газа.

В бутылкомоечной машине этикетки отделяют и затем отжимают, так как они еще содержат впитанную щелочь.

Удаление старых этикеток является серьезной проблемой, поскольку их возврат в производство чрезвычайно энергоемок и дает очень небольшой выход пригодного к применению бумажного волокна. Поэтому старые этикетки просто вывозят на свалку. Утилизация этикеток сложна еще и потому, что среди них всегда находятся осколки бутылочного стекла и пробки, которые повреждают измельчительные машины и должны удаляться перед переработкой этикеток.

В последнее время появилась возможность использования старых этикеток в качестве выжигаемого материала при производстве кирпича [88].

9.3.6. Бой стекла

На пивоваренном предприятии количество стеклянного боя сильно зависит от качества стекла. Считается, что при среднем качестве стекла на 10 000 гл пива в возвратных бутылках ежегодно образуется 0,5% боя, то есть около 3,5 т боя стекла. При использовании стекла, дающего 1,5% боя, его количество может возрасти до 11 тонн.

Стеклянный бой рассортировывают по контейнерам и регулярно вывозят. Обычно бой возвращают на стекольные заводы для повторного использования.

9.3.7. Банки для пива

Пустые пивные жестебанки очень чувствительны к ударам из-за очень тонких стенок, в связи с чем следует учитывать, что 3–4% банок не наполняются, а отбраковываются. Поэтому ежегодно на пивоваренном предприятии на 10 000 гл пива образуется 380–400 кг баночных отходов; при использовании алюминиевых банок эта величина уменьшается вдвое.

Баночный брак прессуют и отправляют на переработку. С увеличением потребления баночного пива в некоторых странах возникают проблемы с сортировкой, так как некоторые граждане вместе с бумажным и прочим мусором выбрасывают и банки. Тем не менее во многих странах удалось организовать соответствующий сбор, прессование и повторное использование пустых банок.

Имеется возможность повторного использования (рециклинга) как жестяных, так и алюминиевых банок. Алюминий — единственный материал, который практически неограниченно пригоден для многократного использования (для равноценной продукции); к тому же он не загрязняет окружающую среду. Если новый алюминий требует для своего производства очень много электроэнергии, то повторная его переработка менее энергоемка. Поэтому следует стремиться к повышению доли рециклинга алюминиевых банок.