

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



П.Е. Баланов, И.В. Смотраева

ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург

2014

УДК 663.42

Баланов П.Е., Смотраева И.В. Технология солода: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 82 с.

Приведены основные положения, связанные с комплексом работ по производству солода различных типов. Даны основные типы оборудования. Рассмотрены процессы хранения, мойки, замачивания, проращивания и сушки солода, а также различные технологические схемы, используемые в солодовенной промышленности.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 260100 Продукты питания из растительного сырья.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. Т.П. Арсеньева

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Института холода и биотехнологий



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Баланов П.Е., Смотраева И.В., 2014

ВВЕДЕНИЕ

Современная солодовенная промышленность – сложный многофункциональный комплекс, зачастую высокотехнологичный. При производстве решаются разнообразные технологические и инженерные задачи. Это микробиология, биохимия, различные процессы и аппараты, пожаро- и взрывобезопасность и многое другое. Однако основным стержнем, вокруг которого и происходит вся деятельность, является технология, т. е. ведение процесса в заданных исходной целью условиях.

Целью данного пособия является ознакомление студентов с основными задачами солодовенного производства. Представлены также некоторые типы часто встречаемого оборудования, причём упор сделан на технику, которая вводится в эксплуатацию в последние годы (например, башенные солодовни).

1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Солод – это зерна злаков (обычно ячменя), проросшие в искусственных (оптимальных) условиях при определенной температуре и влажности. Процесс искусственного проращивания зерна *называется солодоращением*. Основная цель солодоращения – накопление в зерне максимального количества активных ферментов, главным образом амилолитических, а также разрыхление зерна.

Кроме амилолитических в солоде накапливаются также протеолитические, цитолитические и другие ферменты.

В пивоваренном производстве солод является не только осаживающим средством, но и основным полуфабрикатом для приготовления пива. Аромат, вкус, цвет, стойкость и качество пены пива в значительной степени зависят от свойств перерабатываемого солода.

Технология солодоращения подразделяется на следующие процессы: очистку и сортирование зерна; мойку, дезинфекцию и увлажнение зерна; проращивание зерна; подвяливание и сушку зеленого солода; полировку солода; хранение солода.

На рис. 1 и 2 показаны принципиальные схемы переработки зерна, поступающего на предприятия.

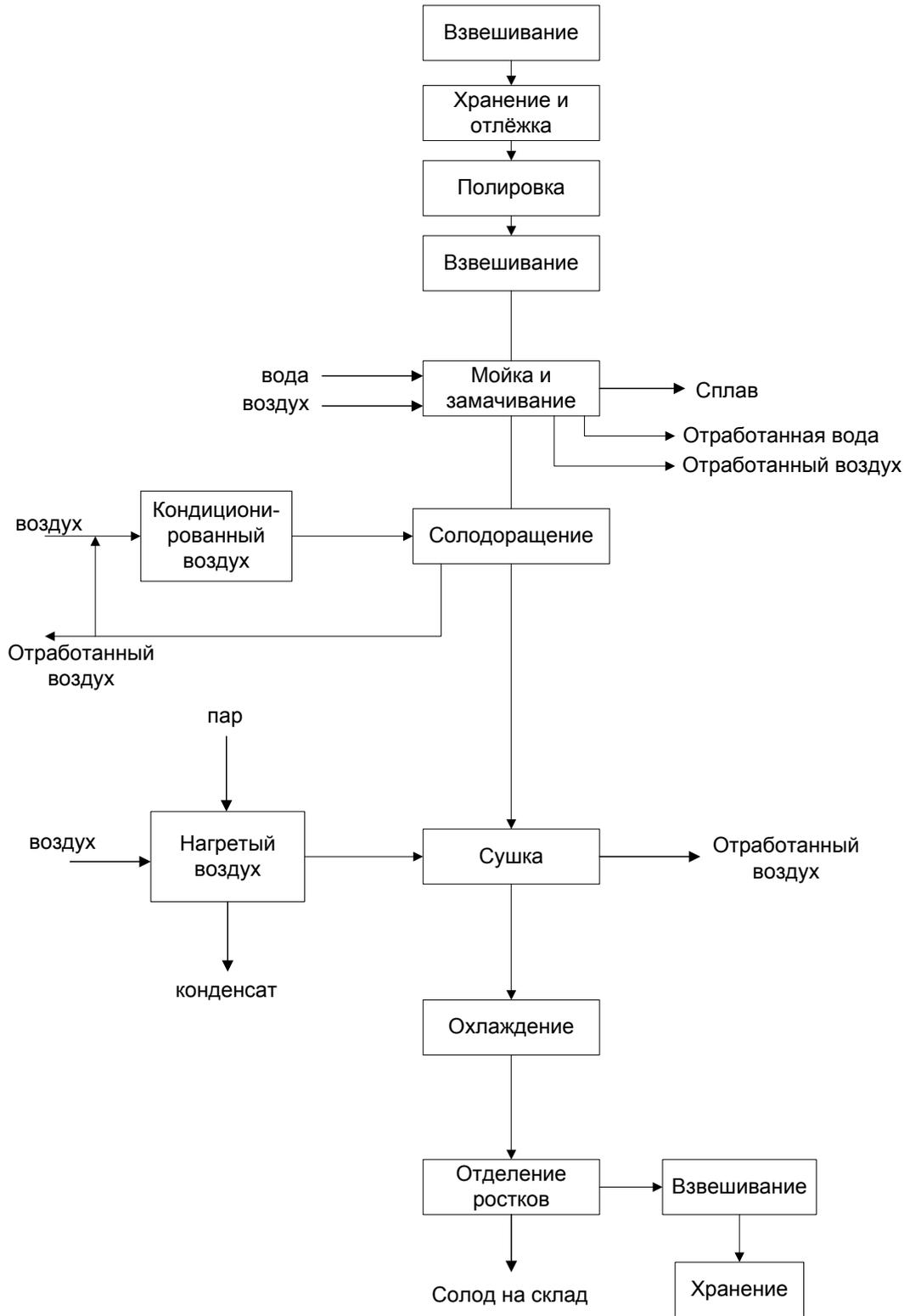


Рис. 2. Принципиальная схема производства солода

2. ПРИЁМКА ЯЧМЕНЯ

На солодовенные предприятия ячмень поступает в короткий послеуборочный период – с конца лета до середины осени в количестве, необходимом для выполнения предприятием годовой программы производства. В связи с этим приемные устройства и зерноочистительные машины должны иметь достаточную производительность, а зернохранилища – достаточную вместимость.

Очистка зернового сырья на солодовенном предприятии включает две стадии:

- первичную (предварительную) очистку;
- вторичную (основную) очистку.

Первичная очистка

Цель – удаление пыли, а также сорных и вредных примесей, которые могут вызвать порчу ячменя во время хранения, снизить его качество и увеличить потери.

Осуществляют первичную очистку ячменя в относительно короткий период времени (менее суток) непосредственно перед закладкой его на длительное хранение.

При осуществлении первичной очистки выполняют следующие задачи:

- взвешивание;
- транспортирование;
- очистку от примесей.

При повышенной влажности поступающего на хранение зерна его предварительно подвергают подсушиванию до 12–14 % влажности. При влажности выше критического значения, которое для ячменя составляет 14,5 %, в зерне интенсивно протекают физиологические процессы (дыхание зерна), вследствие которых в межзерновое пространство выделяется значительное количество влаги и теплоты. Это, в свою очередь, приводит к следующим негативным последствиям:

- постепенному повышению температуры зерна (самосогревание);
- увеличению потери сухих веществ ячменя;
- ухудшению качества ячменя (появление затхлого запаха);

– увеличению риска развития болезнетворных микроорганизмов, которые могут ухудшить всхожесть и качество зерна.

При первичной очистке сортировку ячменя не проводят.

Вторичная очистка

Цель – удаление из зерна оставшихся в нём после первичной очистки примесей, повреждённых зёрен, зёрен других злаков и сортирование зерна. Сортирование зерна необходимо для равномерного замачивания и проращивания ячменя.

Вторичную очистку осуществляют равномерно в течение всего года, непосредственно перед подачей ячменя в солодовенное производство. Производительность зерноочистительных машин на стадии вторичной очистки ниже (примерно в 3–4 раза), чем при первичной очистке, но при этом степень очистки выше.

Для вторичной очистки ячменя используют воздушно-ситовые и магнитные сепараторы, триеры, а очищенный ячмень разделяют по фракциям (фракционируют) на сортирующих машинах. При производстве солода используют ячмень только I и II классов.

3. ХРАНЕНИЕ ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Интенсивные процессы обмена веществ происходят во время роста и накопления питательных веществ в растении. Поэтому в растущем растении содержится большое количество влаги. По мере созревания влажность уменьшается, зерно подсыхает. Постепенно зерно переходит в состояние покоя. Этому состоянию соответствует влажность 14–15 %, которая называется критической.

В клетках всех живых организмов вода находится в двух состояниях – свободном и связанном. Вещества в зерне в основном находятся в лиофильном состоянии и являются хорошо впитывающими воду коллоидами, которые обладают способностью связывать большое количество воды. Эта связанная вода, в отличие от свободной, имеет свойство твердого тела и очень низкую диэлектрическую постоянную, не замерзает при 0 °С и не обладает свойствами растворителя. При нормальных условиях хранения связанная вода не оказывает неблагоприятного действия и не нарушает состояния покоя. Однако ткани клеток обладают гигроскопичностью и в случае избыточной влажности окружающего воздуха способны поглощать воду.

Процесс поглощения влаги из воздуха происходит до тех пор, пока влажность зерна не достигнет равновесия с влажностью окружающего воздуха. Эта влажность называется равновесной влажностью.

Быстрее всего воду поглощает зародыш, затем оболочка зерна, а потом эндосперм. Зерно очень быстро поглощает влагу из различных примесей – семян сорняков, обломков стеблей (у них влажность всегда больше, чем у зерна), поэтому необходимо зерно ячменя очищать перед хранением.

Повышение температуры воздуха в обычных условиях влечет за собой усиление дыхания зерна, о чем судят по количеству выделяемого зерном диоксида углерода (CO_2).

Количество выделяемого зерном диоксида углерода при постоянной влажности 14–15 % на 1 кг ячменя за 24 ч составляет:

при $t = 18\text{ }^\circ\text{C}$ 1,4 мг;

при $t = 30\text{ }^\circ\text{C}$ 7,5 мг;

при $t = 40\text{ }^\circ\text{C}$ 20 мг;

при $t = 52\text{ }^\circ\text{C}$ 249 мг.

При $t = 18\text{ }^\circ\text{C}$ 1 кг выделяет CO_2 , мг/сут:

при влажности 11 % – 0,3;

при влажности 14,5 % – 1,4;

при влажности 17 % – 100;

при влажности 20 % – 125;

при влажности 30 % – 2000.

На поверхности зерен находится большое количество микроорганизмов (бактерий и плесневых грибов), которые появляются еще в период роста и созревания на земле. Термофильные бактерии повышают температуру зерна при своем развитии. Процесс самосогревания зерна начинается с деятельности ферментов (дыхания), а развитие микроорганизмов является следствием физиологических процессов, происходящих в зерне. Температура зерна при самосогревании может повышаться до $50\text{ }^\circ\text{C}$ и выше.

В начале процесс протекает в аэробных условиях, появляется слабый солодовый запах, усиливающийся по мере повышения температуры. Когда в межзерновом пространстве накапливается CO_2 , дыхание аэробных бактерий и плесеней прекращается и создаются условия, благоприятные для анаэробных бактерий и смены микрофлоры.

В результате самосогревания в зерне растет кислотность, происходит глубокий распад белков с накоплением аминокислот и NH_3 . При распаде белков образуются плохо пахнущие продукты распада – сероводород и меркаптан.

Из углеводов в результате распада образуются сахара и органические кислоты, из жиров – альдегиды, кетоны, которые распадаются дальше. Начинается процесс меланидообразования: зерно приобретает сначала красноватый оттенок, потом бурый, потом темно-коричневый до обугленного (черного). К образующемуся в начале хлебному запаху примешивается спиртовой, далее сменяется затхлым, плесневым и гнилостным, зерно как биологический организм погибает.

Особенно сильное влияние самосогревание оказывает на всхожесть зерна. Уже при $t = 23\text{ }^\circ\text{C}$ проращаемость с 93 % снижается до 65 %. При повышении температуры до $40\text{ }^\circ\text{C}$ всхожесть падает до 50 %. Переход аэробного дыхания в анаэробное сопровождается накоплением продуктов, токсичных для аэробного организма (зерна). Жизнеспособность зародыша ослабевает, а затем исчезает.

Для сохранения нормального качества ячменя необходима низкая температура хранения – $10\text{--}12\text{ }^\circ\text{C}$. Высокий слой зерна (элеватор) требует аэрирования зерна (принудительной вентиляции). Сохранение жизнеспособности ячменя (проращение) является самым важным показателем ячменя для солода. Низкая температура хранения ($10\text{--}12\text{ }^\circ\text{C}$), низкая влажность ($12\text{--}13\text{ }%$) гарантируют сохранение физиологических свойств ячменя.

Однако ячмень во время хранения живет и дышит, хотя при этом все его жизненные процессы сведены к минимуму. Но на дыхание расходуется крахмал, и чем меньше крахмала будет израсходовано при дыхании ячменя, тем меньше будет потерь при производстве солода и тем рентабельнее будет работать предприятие.

Если во время дыхания хранящегося ячменя не отводить теплоту и влагу, то начинается цепная реакция: при дыхании образуются теплота и влага, которые, в свою очередь, усиливают дыхание, в результате чего влажность ячменя возрастает, он нагревается, иногда даже образуется плесень, а ячмень теряет свою ценность.

Различают три стадии самосогревания:

1-я стадия: температура повышается с 24 до 30 °С; отпотевания и посторонних запахов еще нет; цвет зерна не изменяется, сыпучесть сохраняется.

2-я стадия: через 3–7 суток температура становится 35–38 °С; зерно отпотевают, сыпучесть его понижается, происходит потемнение пленок, нарастает кислотность, начинается спиртовое брожение – процесс денатурации белков (гниение). Такое зерно еще пригодно на корм скоту и на приготовление спирта.

3-я стадия: температура 50–65 °С, сыпучесть резко уменьшается, появляется резкий гнилостный и плесневый запах, цвет становится темно-коричневым, оболочки чернеют. Такое зерно можно использовать только при специальной обработке в спиртовой промышленности. На корм скоту оно не годится.

Способы и режимы хранения

Существует два основных способа хранения ячменя – напольный в закромах и силосный.

Зернохранилища напольного типа имеются на небольших заводах. Они представляют собой отдельные закрома, в которых зерно хранится на полу при высоте слоя не более 2,5 м, чтобы иметь возможность перерабатывать ячмень по партиям. Для аэрации ячмень перекачивают из одного склада на другой. В некоторых солодовнях имеются самотечные этажные зернохранилища, размещенные на нескольких этажах друг над другом.

Этот способ имеет следующие недостатки:

– затрудняется механизация погрузочных и разгрузочных работ;

– в нижних слоях повышается влажность;

– неэкономично используется производственная площадь;

– повышается загрязненность зерна;

– зерно более доступно грызунам.

На больших заводах зерно хранится в элеваторах силосного типа. Такой элеватор состоит из приемного помещения, рабочей башни, блока силосов (рис. 3).

Силосы бывают круглые, квадратные или примыкающие друг к другу в виде шестиугольных сот, металлические либо железобетон-

ные (чаще всего сечением 6х6 м, высотой 10–40 м), расположенные в несколько рядов.

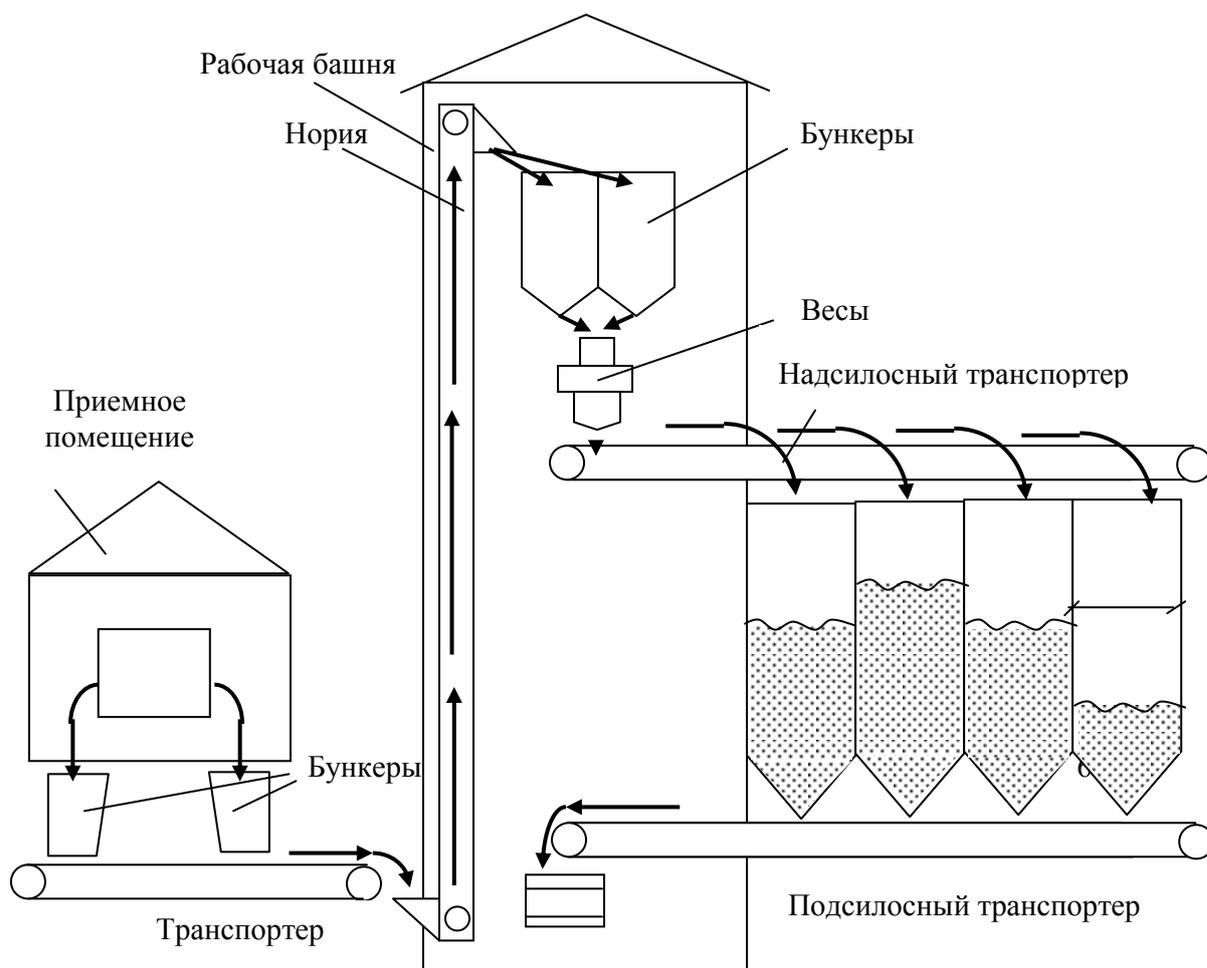


Рис. 3. Схема элеватора силосного типа

Склад – это одноэтажное сооружение с наклонным полом и двумя транспортными галереями – верхней и нижней. Внутреннее помещение склада разделено на отсеки, оснащенные системой принудительной вентиляции

Рабочая башня – многоэтажное здание, в котором размещаются оборудование для очистки и сортирования ячменя, а также весы, бункеры и пр. Вместимость механизированных зернохранилищ не превышает 5000 т ячменя.

Элеваторы состоят из рабочей башни и силосного корпуса с железобетонными, примыкающими друг к другу силосами, сечение которых может быть круглым или прямоугольным.

В подсилосных и надсилосных помещениях высотой 3,5–4 м размещается оборудование для транспортировки зерна. Элеваторы снабжены термо- и влагорегулирующими приборами, установками для приготовления дезинфицирующих растворов для обработки силосов. Элеваторы характеризуются вместимостью зерна от 8000 т и более.

Силос – это вертикальная ёмкость круглого, квадратного или прямоугольного сечения, предназначенная для хранения сыпучих материалов. Данные конструкции получили самое широкое распространение.

Силосы характеризуются рядом признаков:

1. Материал, из которого они изготовлены, – железобетон, металл и пр.

2. Способ изготовления: для железобетонных силосов – сборные (из железобетонных панелей, колец и других элементов), монолитные, а для металлических силосов – сварные и сборные (из панелей или гофрированной листовой стали).

3. Форма корпуса – цилиндрическая и призматическая.

4. Форма днища – конус, пирамида, наклонная или горизонтальная плоскость.

5. Способ загрузки зерна – через верхний штуцер или с применением специальной внутренней самотечной трубы

6. Способ выгрузки – гравитационная (без дополнительных устройств – под действием сил тяжести), механизированная или комбинированная выгрузка.

7. Степень подвижности разгрузочных механических устройств – стационарные или подвижные разгрузочные устройства.

8. Организация аэрации зерна – без специальной системы аэрации, со стационарной или мобильной системой для принудительной вентиляции зерна.

Силосы из стального листа дешевле и легче в монтаже, однако сталь обладает высокой теплопроводностью. Это приводит к тому, что расположенные около стенок зерна начинают быстро отпотевать, из-за чего может начаться конденсация воды.

В силосах всех типов следует предусмотреть аэрацию и регулярную пересыпку ячменя.

Поступающее автотранспортом или железнодорожным транспортом зерно разгрузчиками разгружается в бункеры, откуда транспортером подается в норию, которой поднимается в верхнюю часть рабочей башни и направляется в промежуточные бункеры, а затем через весы надсилосным транспортером в силосы.

При необходимости проветривать зерно его перемещают из одного силоса в другой.

Во время хранения регулярно контролируют температуру и влажность зерна. Наблюдение необходимо вести на разных по высоте уровнях силоса. При напольном хранении влажность должна быть меньше или равна 14 %, а при силосном – 13 %. Если зерно нагревается, его проветривают активным вентилированием, т. е. вводят вентиляционный шланг и под давлением подают сухой воздух или перекачивают из одного силоса в другой, по пути его можно пропускать через очистительные машины.

Общий объем силосов в солодовенном заводе должен быть рассчитан на прием 80–100 % зерна, перерабатываемого за уборочную кампанию.

В ходе хранения влажность окружающего воздуха влияет на влажность ячменя, который становится более сухим или влажным (табл. 1).

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 и 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.

Воздух для сушки должен быть более холодным, чем хранящийся ячмень. Если воздух будет теплее, то он должен иметь меньшую влажность.

Таблица 1

**Равновесная влажность ячменя при разной относительной
влажности воздуха**

Влажность ячменя, %	Относительная влажность воздуха, %	Влажность ячменя, %	Относительная влажность воздуха, %
13,5	60	17,0	80
14,0	65	19,0	85
15,0	70	21,0	90
16,0	75		

Высота засыпки в хранилище зависит от допустимой нагрузки на перекрытие и влажности ячменя (табл. 2). Чем выше влажность ячменя, тем меньше должна быть высота его слоя.

Таблица 2

**Максимальная высота засыпки ячменя
при различной влажности**

Влажность ячменя, %	Максимальная высота засыпки, м
До 15,5	3
15,5–17,0	2,25
Свыше 17,0	1

Для свежееубранного обмолоченного ячменя высота засыпки должна быть существенно ниже, поскольку дозревание и процесс отпотевания легко приводят к повышению температуры, а значит, и к снижению качества зерна.

Потери при хранении ячменя

В процессе нормального хранения зерно теряет воду, при этом уменьшается в объеме, а также в течение года на дыхание уходит часть СВ.

В 1-й четверти года теряется $\approx 1,3\%$;
во 2 четверти года теряется $\approx 0,9\%$;
в 3 четверти года теряется $\approx 0,5\%$;
в 4 четверти года теряется $0,3\%$ сухих веществ.

Эти величины зависят от влажности, температуры хранения, размера зерна, степени очистки ячменя. Высокая степень спелости для солодоращения наблюдается с января по март, а затем медленно убывает.

Борьба с вредителями ячменя

Наряду с потерями от высокой влажности и температуры ячмень подвержен также повреждениям от вредителей, которые относятся к представителям животного и растительного мира.

Насекомые-вредители. Из вредителей наибольшую опасность представляют амбарный долгоносик и амбарная зерновая моль, мучные и зерновые клещи, а также ряд микроскопических грибов.

Амбарный долгоносик имеет длину 3–4 мм и очень быстро размножается. Самка долгоносика откладывает яйца по одному в предварительно поврежденное зерно. 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 зерну может быть нанесен большой вред. Если своевременно повреждения не будут обнаружены, то 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 и др.)

Таким же образом уничтожают зерновую амбарную моль, которая съеденные зерна и свои собственные выделения обволакивает паутиной в клубочки.

Плесени. Микроскопические грибы, относящиеся к видам *Rhizopus*, *Stemphylium* и *Fusarium*, образуют токсины. При солодоращении токсины могут исчезать. Так, в готовом пиве, полученном из сильно инфицированного ячменя, подвергнутого солодоращению с добавлением ферментов, было обнаружено лишь 10% исходных токсинов. Токсин фузариум может снижать α -амилазную активность и препятствовать развитию зародыша листа и корешка.

Борьбу с крысами и мышами проводят известными средствами.

Профилактические мероприятия по борьбе с вредителями

К ним можно отнести:

а) полное освобождение от зерна хранилищ, их тщательную очистку и проветривание, периодическую очистку стен, полов и потолков от пыли;

б) проверку прибывающего ячменя на поражение долгоносиком, тщательную очистку и обеспыливание зерна перед закладкой на хранение; контроль отходов очистки и в случае необходимости их уничтожение;

в) контроль транспортных средств и тары на поражение долгоносиком;

г) контроль хранящегося зерна на разогрев;

д) нагревание пораженного зерна (долгоносик погибает при нагревании до температуры 50 °С в течение 10–15 мин), охлаждение зерна (при температуре 8 °С прекращается поедание зерна и размножение долгоносика, а при длительном воздействии нулевой температуры он может погибнуть);

е) перемещение и вентилирование зерна. Хороший эффект по отсортировке долгоносика достигается при предварительной очистке, перелопачивании и пропускании зерна через сита. Как показывает опыт, вентилируемые хранилища и склады, в которых применяют пересыпание зерна, поражаются паразитами в меньшей степени. Ячмень, зараженный долгоносиком, на предприятие не принимают;

ж) применение окуривания (окись этилена).

4. ОЧИСТКА И СОРТИРОВКА ЗЕРНА

Ячмень на солодовенное предприятие поступает неочищенным и содержит примеси двух видов – сорные и зерновые.

К сорным примесям относят:

– минеральные (комочки земли, камешки, песок, пыль и др.);
– органические (колоски, солома, мякина, семена дикорастущих растений и др.);

– случайные посторонние предметы (окалина, проволока и пр.).

К зерновым примесям относят:

– зёрна прочих злаков (например, кукурузу);
– зёрна ячменя с различными дефектами – битые, недоразвитые, давленные, заплесневелые и пр.

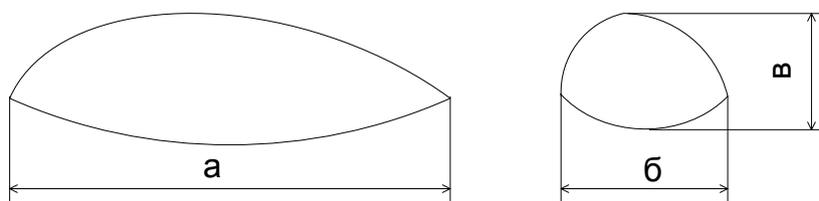
В основе используемых принципов очистки и сортирования зерна лежат следующие:

1. Различия в физико-механических свойствах зерна и примесей, а именно:

- в линейных размерах (рис. 4);
- в плотности;
- в аэродинамичности (способность тела воспринимать давление воздушного потока).

2. Различия в ферромагнитных свойствах (различная способность тела реагировать на магнитное поле).

Габариты зерна



а - длина зерна б - ширина зерна в - высота зерна

Рис. 4. Геометрия зерна

Существуют различные способы разделения.

Разделение по ширине осуществляется в зерноочистительных машинах на ситах с круглыми или квадратными отверстиями, через которые может пройти только зерно, ширина которого меньше диаметра отверстий, при этом другие размеры (длина и толщина) на разделение не влияют.

Разделение по толщине осуществляют в сортирующих машинах на ситах с продолговатыми (щелевыми) отверстиями; частицы, толщина которых больше ширины отверстий, задерживаются на поверхности сита.

При этом должны быть обеспечены следующие условия:

- возможность поворота зерна на ребро;
- зерна должны быть ориентированы вдоль отверстий;
- отверстия должны иметь большую длину по сравнению с длиной зерна.

Разделение по длине осуществляют в зерноочистительных машинах с триерными (ячеистыми) поверхностями. Если на ячеистую поверхность положить две частицы – короткую, которая полностью укладывается в ячейке, и длинную, которая лишь частично заполняет ячейку, а затем наклонить эту поверхность, то с неё скатится вначале длинное зерно, а затем, при большем наклоне, из ячейки выпадет короткое зерно. На этом основан принцип разделения зёрен по длине.

Разделение по аэродинамическим свойствам осуществляют в воздушных сепараторах при относительном движении частиц зерновой смеси и воздуха. Частицы, встречающие со стороны воздушной среды большее сопротивление, будут двигаться относительно воздуха медленнее, по сравнению с частицами, которые встречают меньшее сопротивление. На этом основан принцип разделения зёрен по аэродинамическим свойствам.

Разделение по ферромагнитным свойствам осуществляют на магнитных сепараторах. Частицы, обладающие ферромагнитными свойствами, притягиваются магнитным полем и отводятся из зернового потока, а частицы, не обладающие ферромагнитными свойствами, остаются в зерне.

Разделение по плотности в зависимости от природы выделяемых частиц осуществляют на различных видах оборудования:

1. Тяжелые минеральные примеси отделяют от зерна в камнеотделительных машинах.

2. Лёгкие примеси, так называемый слав, отделяют в моечных и замочных аппаратах.

Принцип вибропневматического выделения из зерновой смеси тяжелых минеральных примесей основан на явлении самосепарирования в условиях псевдооживления, благодаря продуванию слоя зерна восходящим потоком воздуха, в сочетании с колебательными движениями сортирующей поверхности. Этот принцип положен в основу работы камнеотделительных машин.

Явление псевдооживления на примере зерна заключается в следующем. Если зерно положить на ситчатую поверхность, а со стороны дна сита пропускать воздух, то зерно будет по-разному себя вести в зависимости от силы потока воздуха, проходящего через зерно. Если поток будет слабым, то на зерно это никак не повлияет. По мере усиления потока зерно начнет колебаться на сите, далее – слегка подпрыгивать и обратно падать. Если еще больше увеличить силу пото-

ка, то зерно оторвется от поверхности сита, но обратно уже не упадет, т. е. сила потока такова, что зерно уже не упадет на сито, но улететь вместе с потоком пока не сможет. Если силу потока еще больше увеличить, то зерно улетит.

По причине того, что у камней плотность намного больше, чем у зерна, то, когда зерно находится в псевдооживленном состоянии, камни лежат на поверхности, т. е. сила потока слишком слаба, чтобы воздействовать на камни.

Принцип гидравлического отделения лёгких примесей от зерна заключается в следующем: если частицу с плотностью ρ_t погрузить в жидкость с плотностью $\rho_{ж}$, то в зависимости от значения плотности твёрдого и жидкого тел частица будет либо тонуть ($\rho_t > \rho_{ж}$), либо всплывать ($\rho_t < \rho_{ж}$), либо оставаться в равновесии ($\rho_t = \rho_{ж}$). Таким образом, в процессе мойки и замачивания осуществляют очистку зерна от лёгких примесей: полноценное зерно, плотность которого больше плотности воды, осаждается на дно аппарата, а лёгкие примеси (сплав), обладающие меньшей плотностью по сравнению с водой, всплывают и удаляются из моечных или замочных аппаратов с отводимой замочной водой.

На рис. 5 показана технологическая схема подготовки ячменя к солодоращению.

Доставка ячменя осуществляется рельсовым, автомобильным или водным транспортом. На приемку ячмень поступает в мешках или навалом. Если поступает навалом рельсовым транспортом, то, как правило, он поступает в саморазгружающихся вагонах-зерновозах грузоподъемностью до 64 т.

Если зерно поступает автомобильным транспортом, то разгрузку осуществляют автомобилеразгрузчиками, обеспечивающими наклон автомашины на задние борта. Под транспортными устройствами располагают бункеры, обеспечивающие вместимость, по крайней мере, одной транспортной единицы. Боковые стенки приемного бункера должны иметь такой уклон, чтобы ячмень стекал полностью. Крупные посторонние предметы задерживаются защитной решеткой, расположенной в верхней части бункера. При разгрузке образуется пыль, которую необходимо аспирировать.

Под бункером располагается ленточный транспортер, которым ячмень подается на дальнейшую переработку.

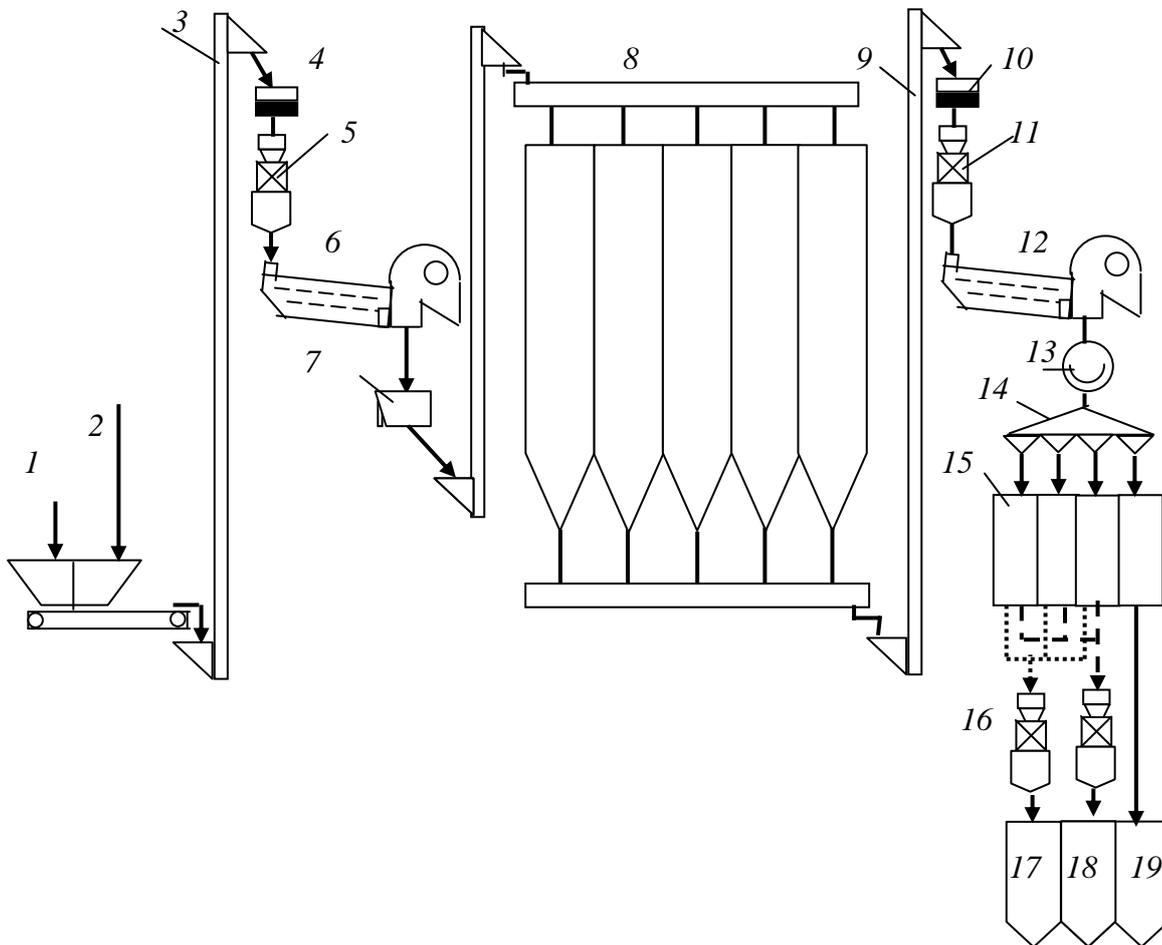


Рис. 5. Схема очистки и хранения семян:

1 – поступление рельсовым транспортом; 2 – поступление автомобильным транспортом; 3, 9 – норрии; 4, 10 – магнитные сепараторы; 5, 11, 16 – весы автоматические; 6, 12 – воздушно-ситовые сепараторы; 7 – пробоотборник; 8 – хранение в силосах; 13 – триер; 14 – распределитель; 15 – планзихер; 17 – бункер для 1-го сорта; 18 – бункер для 2-го сорта; 19 – бункер для 3-го сорта (на корм скоту)

Технология очистки и сортирования зернопродуктов

Разделение на составные части твёрдых и жидких смесей называют сепарацией (от лат. *SEPARATIO* – отделение). Машины, применяемые для разделения смесей, называют сепараторами.

Ситовые сепараторы. Они предназначены:

– для отделения примесей, отличающихся от зерна шириной и толщиной;

– для фракционирования (сортирования) по толщине.

Основным рабочим органом ситовых сепараторов являются подвижные сита. Фракцию, которая проходит через сито, называют проходом, а задерживаемую ситом и сходящую с него через край, – сходом.

Ситовая сепарация зерновой смеси складывается из двух одновременно протекающих процессов – самосортирования (расслаивания) и просеивания. При самосортировании более тяжелые и мелкие частицы осаждаются в нижние слои, а более крупные и лёгкие – концентрируются в верхних слоях.

Воздушные сепараторы. Назначение воздушных сепараторов (аспираторов) – отделение от зерна примесей, отличающихся от него аэродинамическими свойствами. Воздушные сепараторы устанавливают, например, для очистки солода, отводимого от росткоотбойной машины.

Воздушные сепараторы могут оснащаться собственным, встроенным вентилятором или присоединяться к внешнему вентилятору аспирационной системы.

Воздушно-ситовые сепараторы. Для удаления примесей, отличающихся от зёрен ячменя линейными размерами и аэродинамическими свойствами, применяют воздушно-ситовые сепараторы (рис. 6). Их основные органы – сита и вентиляторы. На ситах от зерновой массы остаются крупные и мелкие примеси (камни, комья земли, колосья, солома, семена сорных и культурных растений, песок и пр.), а при продувке зерна воздухом – лёгкие примеси (пыль, мякина, ость и др.).

Пыль уносится воздухом через канал 4. В аспирационной части 3 из-за увеличения сечения скорость воздуха уменьшается, пыль оседает вниз и удаляется по вибрирующим лоткам 11. Удаление более грубых частиц осуществляется затем через вибросита, расположенные в нижней части машины

Триеры (рис. 7). Для отделения от зерна примесей, отличающихся длиной, что невозможно осуществить на ситах, применяют ячеистые очистительные машины – триеры (от французского *TRIER* – отбирать).

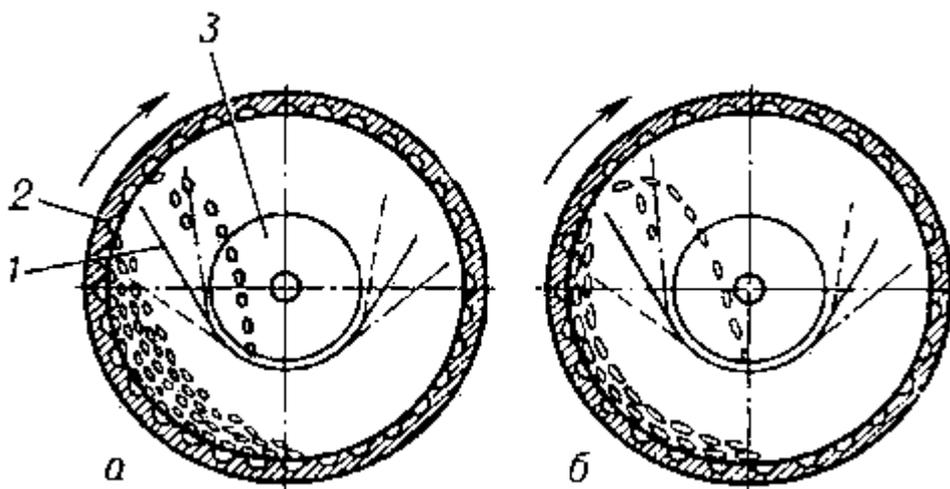


Рис. 7. Триеры:
 а – куколеотборочные; б – овсюгоотборочные;
 1 – регулировочная пластина; 2 – ячеистый цилиндр;
 3 – приёмник отсортированного сырья

Принцип очистки зерна на триерной поверхности таков, что из зерновой примеси всегда отбирают более короткую фракцию: в куколеотборочном триере – короткие примеси, а в овсюгоотборочном – основное зерно (ячмень). Поэтому при одинаковых габаритах производительность куколеотборочного триера существенно выше, чем овсюгоотборочного, поскольку в первом случае от основной массы отбирают лишь около 5 % коротких примесей, а во втором – около 95 % основного зерна.

По конструктивному признаку триеры подразделяются на дисковые и цилиндрические.

Камнеотделительные машины. Камнеотделительные вибропневматические машины предназначены для выделения из зерновой смеси камней и других минеральных примесей, предварительно не удалённых на ситах, поскольку их размеры близки к размерам зерна. Однако по сравнению с зерном эти примеси обладают более высокой плотностью (1,9–2,7 г/см²), т. е. разделение происходит исключительно по аэродинамическим свойствам.

Магнитные сепараторы (рис. 8). Назначение магнитных сепараторов – отделение от зерна ферромагнитных примесей (металлических, притягиваемых магнитом), способных:

– повредить рабочие органы транспортирующих и технологических машин, ускорить их износ;

- вызвать искрение при транспортировке и переработке зерна, которое может привести к воспламенению или взрыву;
- вызвать заклинивание и повышенное трение вращающихся элементов оборудования.

Область применения магнитных сепараторов – первичная и вторичная очистка ячменя в солодовенном производстве, очистка солода в пивоваренном производстве.

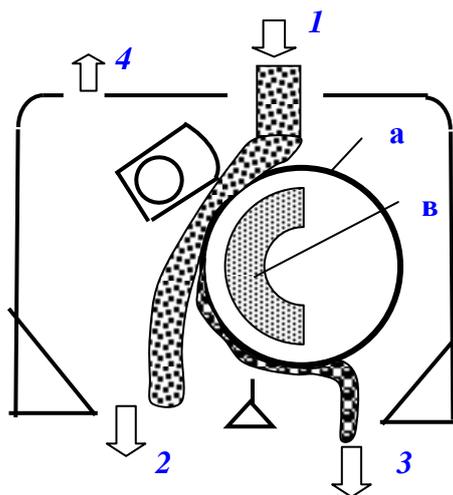


Рис. 8. Магнитный сепаратор:
 а – вращающийся барабан; в – блок магнита;
 1 – впуск ячменя; 2 – выпуск ячменя; 3 – металлические предметы;
 4 – аспирация пыли

Комбинированные очистительно-сортировочные агрегаты. Наряду с отдельными машинами в солодовенном производстве применяют агрегаты, в которых осуществляются одновременно в определённой последовательности несколько операций очистки и сортировки зернопродуктов.

Важным аспектом подготовки является также сортирование ячменя.

Мелкие зерна при замачивании поглощают воду быстрее, чем крупные, и если их не отделять, то получится солод неравномерного качества. Поэтому ячмень сортируют через сита с отверстиями размерами 2,2 и 2,5 мм.

С помощью двух сит ячмень разделяют на три 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 наибольший выход и который является наилучшим для производства солода и пива. Фракция полного ячменя должна быть наибольшей, что является важнейшим признаком качества ячменя, по данному фактору 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 фракции 2 должно быть как можно меньше. Эта фракция перерабатывается отдельно.

Отходы сортировки – все, что проходит через сита с отверстиями 2,2 мм. Они состоят из малоценных плоских зерен, не пригодных для производства солода, но представляющих собой ценный корм для скота. Максимальное количество отходов не должно превышать 2,5 %.

Для сортировки используют устройства с плоскими листами и сортировочные цилиндры.

Сортировочный цилиндр. Состоит из вращающегося, слегка наклоненного цилиндрического каркаса Ø 600 мм и длиной 2–3 м, на который прикреплены сита со щелевидными отверстиями длиной ≈ 25 мм. На передних ситах (по ходу движения ячменя) прорезы имеют ширину 2,2 мм, а во второй половине цилиндра – ширину 2,5 мм. В установках повышенной производительности для каждого сорта используют отдельные цилиндры.

Поверхность сит используется не более чем на 25 %, так как верхняя часть цилиндра не соприкасается с ячменем. В современных высокопроизводительных сортировочных цилиндрах поверхность сит используется почти на 50 % благодаря встроенным внутри цилиндра вращающимся лопастям, которые разбрасывают зерно по направлению к ситам, чем исключают вероятность того, что часть зерна из середины слоя вообще не попадет на наружную поверхность сита.

Производительность сортировочного цилиндра составляет от 1 до 6 т/ч.

Планзихтер. Это сортировочная машина, состоящая из 20–28 рам с горизонтальными ситами, расположенными друг под другом в общем корпусе. Он подвешен на канатах или стекловолоконных стержнях и приводится в круговое движение с помощью эксцентрикового

привода. Сортируемые зерна ячменя распределяются по всей поверхности сит, постоянно изменяют свое положение и направление движения.

Для подачи и удаления ячменя используют гибкие рукава, так как из-за кругового движения жесткое соединение невозможно. При частоте вращения 220 об/мин амплитуда вращения составляет ≈ 74 мм. Ситовые рамы состоят из сортировочных листов с перекрестно расположенными по отношению друг к другу прорезями, под которыми на некотором расстоянии расположено крупноячеистое сито. Между сортировочным листом и крупноячеистым ситом помещают резиновые шарики, которые благодаря вращательному движению находятся во взвешенном состоянии и препятствуют застреванию зерен в сортирующих прорезях, размеры которых совпадают с шириной прорезей.

В настоящее время планзихтеры выполняются в виде шкафа с короткими выдвижными ящиками. При этом сортировочные элементы располагают рядом и друг над другом так, чтобы все элементы были равномерно загружены. С этой целью при подаче в аппарат общий поток зерна делится на несколько потоков и в соответствии с соотношением первого и второго сортов ячменя распределяется по ситам. Этим способом достигается достаточно хорошее сортирование.

Сортировочные установки с хорошим качеством сортировки в настоящее время выпускаются производительностью 15 т/ч и более.

Основные принципы очистки и сортировки зерна сведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные принципы очистки и сортирования зерна

Характеристика зерновой массы (зерно + примеси)	Отличительный признак	Способ отделения примеси от зерна, или сортирования
Крупные и мелкие	Ширина	Ситовая сепарация
Короткие и длинные	Длина	Ячеистая сепарация

Характеристика зерновой массы (зерно + примеси)	Отличительный признак	Способ отделения примеси от зерна, или сортирования
Ферромагнитные	Чувствительность к магнитному полю	Магнитная сепарация
Тяжёлые (минеральные), лёгкие (зерночастицы)	Плотность	Вибропневматическая сепарация
Лёгкие (аспирационные)	Аэродинамичность (парусность)	Пневматическая сепарация
Лёгкие (сплавные)	Плотность	Гидравлическая сепарация
Полные и щуплые (применительно к зерну)	Толщина	Ситовое фракционирование

5. МОЙКА И ЗАМАЧИВАНИЕ ЯЧМЕНЯ

На стадии мойки и замачивания выполняются следующие задачи: мойка ячменя (наибольший эффект достигается при соприкосновении зерен с друг другом при работающем эрлифте), дезинфекция ячменя, вымывание избытка полифенолов (горьких веществ) из ячменя и, самое главное, достижение необходимой влажности и др.

При использовании определенных технологических режимов (интенсификация) на стадии мойки и замачивания начинается проращивание (наклеивается корешок).

Замачивание ячменя

Замачивание ячменя – искусственное насыщение зерна водой – осуществляют с целью активизации в нём ферментных систем, способствующих проращиванию.

Степень замачивания

Жизнедеятельность зерна активизируется с появлением в нем свободной влаги. При этом роль воды сводится к обеспечению следующих процессов:

1) перехода растворимых питательных веществ в растворимое состояние и дальнейшей их транспортировки к зародышу, который

и потребляет питательные вещества (без воды, в сухом состоянии, питательные вещества не могут двигаться);

2) создания условий для проникновения в эндосперм ферментов (в сухом состоянии ферменты не могут передвигаться). После того как ферменты проникли в эндосперм, они переводят резервные вещества зерна из нерастворимого состояния в растворимое. В растворимом состоянии эти вещества могут усваиваться зародышем.

Влажность зерна до мойки и замачивания обычно не превышает 14,5 %, а после замачивания достигает 42–48 %. Конечную влажность замоченного зерна называют степенью замачивания.

Степень замачивания контролируют в лабораторных условиях. Ориентировочно о завершении замачивания можно судить и по состоянию зерна, оно должно сгибаться с характерным потрескиванием при сдавливании пальцами в продольном направлении, но не раскалываться.

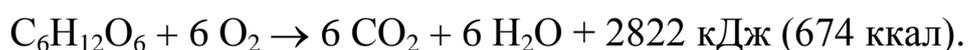
На эффективность замачивания ячменя влияют следующие факторы:

- однородность зерна;
- степень аэрации зерна;
- содержание двуокиси углерода;
- температурный режим.

Ячмень должен быть однородно замочен, только благодаря этому все процессы при проращивании будут протекать равномерно. Если процессы будут протекать неравномерно, то это негативно скажется на дальнейшей его переработке в процессе пивопроизводства. Однородность зерна обеспечивается предварительной классификацией ячменя на стадии вторичной очистки. На замачивание подают зерно одного класса.

Дыхание зерна при замачивании

При дыхании зерна выделяются диоксид углерода и водяной пар:



С повышением влажности интенсивность дыхания (потребления кислорода) зерна существенно возрастает, что, в свою очередь, требует обеспечения зерна в процессе замачивания достаточным количеством кислородом. Поэтому при замачивании зерна необходимо обеспечить его искусственную аэрацию (насыщением воздухом).

Если будет недостаток кислорода на начальном этапе проращивания, то зародыш не сможет нормально развиваться и, соответственно, все процессы будут заторможены. Таким образом, увеличится продолжительность процесса, что нежелательно. Кроме того, воздушные паузы ускоряют процесс замачивания; если их не проводить, то время замачивания увеличивается.

В результате дыхания скапливается также диоксид углерода, оказывающий негативное влияние на развитие зерна, поэтому необходимо обеспечить его удаление из аппарата.

Для мойки и замачивания ячменя необходимо использовать чистую воду с температурой 12–14 °С. При температуре воды ниже 10 °С замедляются физиологические процессы в зерне, а при температуре выше 18 °С обильно развивается гнилостная микрофлора, что недопустимо. Воду накапливают в специально предназначенном для этого резервуаре и при необходимости, например в зимний период, подогревают до требуемой температуры.

Применение стимуляторов при замачивании

Некоторые химические вещества, добавляемые в замочную воду, оказывают стимулирующее действие на последующее проращивание зерна. Применение этих веществ улучшает технико-экономические показатели. К таким веществам, в частности, относят:

- пероксид водорода;
- перманганат калия;
- хлорид марганца;
- хлорное железо;
- цитолитические ферменты.

Наиболее эффективным стимулятором роста является гибберелловая (иначе – гиббереллиновая) кислота, которую относят к группе гиббереллинов – биологически активных веществ (фитогормонов), стимулирующих рост и развитие растений, способствующих прорастанию семян, сокращая период покоя зародыша ячменя.

Дезинфицирование зерна

Дезинфекция – это обработка зерна для предотвращения развития микрофлоры и (или) её уничтожения.

В качестве дезинфицирующих веществ при замачивании ячменя используют:

- гашёную известь;
- формальдегид;
- перманганат калия;
- пероксид водорода и др.

Внесение 1,0–1,5 кг формальдегида на 1 т ячменя способствует очищающему и дезинфицирующему действию, снижает потери солода и способствует его меньшему растворению вследствие блокирования ферментных систем.

Пероксид водорода не только улучшает очистку ячменя, действуя как окислитель, но и способствует его лучшему прорастанию. Пероксид водорода проявляет себя с двух сторон: во-первых, производит дезинфекцию; во-вторых, очищает от грязи поверхность зерна. Однако этот метод сравнительно дорог, поскольку требует добавления пероксида водорода в 30 %-й концентрации в количестве 3 л на 1 м³ замочной воды.

Хлорную известь в качестве дезинфектанта использовать не рекомендуется, поскольку это приводит к ухудшению вкуса солода.

Технология мойки и замачивания зерна

Наибольшее распространение в солодовенном производстве получили моечные и замочные аппараты с цилиндрическим корпусом и коническим днищем (рис. 9). Оптимальная вместительность таких аппаратов составляет обычно 35–65 т зерна. По этой причине в крупных солодовенных производствах при одновременном замачивании ячменя более 70 т используют группы замочных аппаратов. При этом суммарная вместимость каждой группы замочных аппаратов по ячменю должна соответствовать загрузке одного солодорастильного аппарата.

На рис. 10 показана верхняя часть замочного аппарата (отбойник выполнен в виде конуса), а на рис. 11 – коническая (нижняя) часть аппарата для замачивания.

Мойку ячменя от пыли и грязи осуществляют путем энергичного перемешивания ячменя с водой. При этом легкая зерновая и незерновая примеси всплывают на поверхность воды и удаляются. Удаляемые примеси называют сплавом. Сплав снимают, высушивают и направляют на корм скоту.

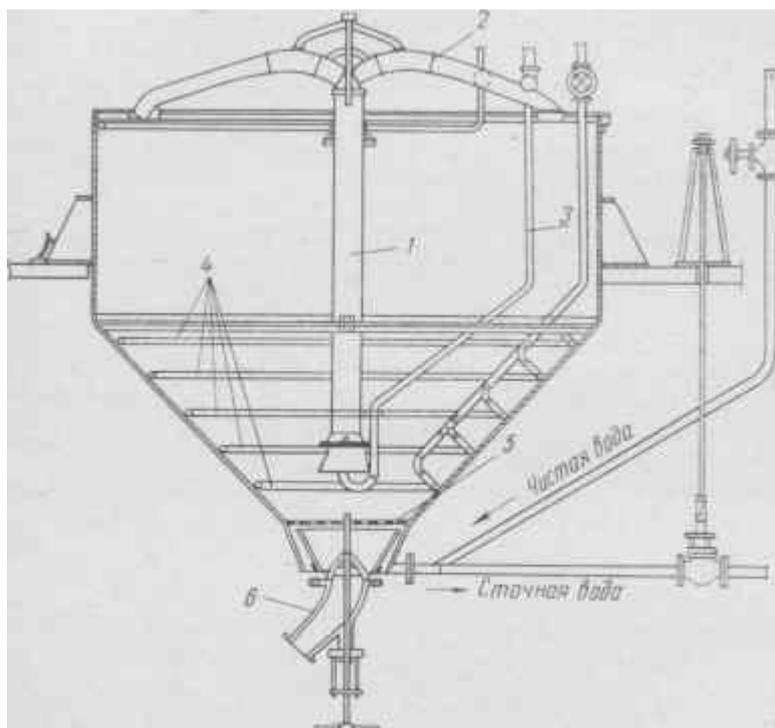


Рис. 9. Комбинированный аппарат для мойки и замачивания зерна:
 1 – эрлифтная труба; 2 – отбойник для зерна (может быть выполнен в виде конуса или сегнера колеса); 3 – подача сжатого воздуха в эрлифтную трубу; 4 – подача сжатого воздуха в концентрический барботёр; 5 – ситчатая перегородка; 6 – отвод замоченного зерна



Рис. 10. Верхняя часть замочного аппарата



Рис. 11. Нижняя часть замочного аппарата

Мойку ячменя при любом способе замачивания производят следующим образом:

1. Чистый замочный аппарат (чан) частично заполняют водой.
2. Тонкой струей засыпают в него ячмень.
3. Доливают чан водой с таким расчетом, чтобы уровень ее был выше зерна.
4. Воду и зерно интенсивно перемешивают воздухом.
5. Первую грязную воду, предназначенную для промывки зерна, вытесняют снизу чистой. В первой воде ячмень находится 1–1,5 ч.
6. После промывки ячменя в воду добавляют дезинфицирующее средство и оставляют на 2–3 ч.

Иногда для мойки ячменя применяют специальные моечные чаны, по конструкции схожие с чанами для замачивания; они позволяют перемешивать зерно с водой очень интенсивно и тем самым способствуют хорошему удалению загрязнения (рис. 12).

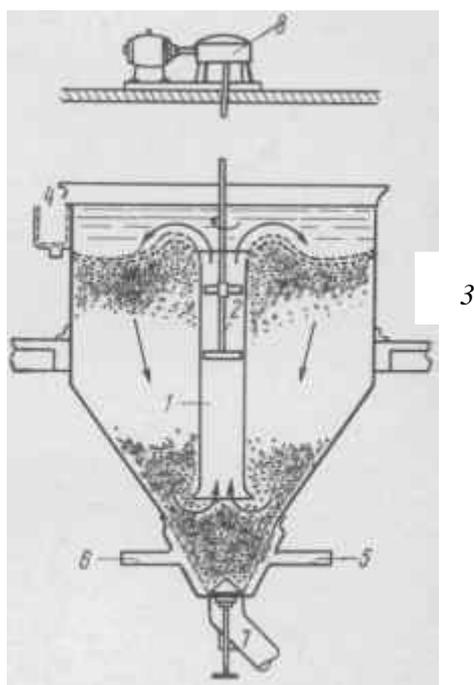


Рис. 12. Моечный чан:

1 – труба для перемешивания зерна; 2 – перемешивающее лопастное устройство; 3 – междуэтажное перекрытие; 4 – устройство для сбора сплава;
 5 – подача воды; 6 – отвод воды; 7 – отвод мытого зерна;
 8 – привод электродвигателя

Системы аэрации

Аэрацию зерна в моечных и замочных аппаратах осуществляют различными способами:

- с применением эрлифта, при котором воздух в аппарат нагнетают через одно или несколько сопел, расположенных в нижней конической части аппарата под центральной трубой; при этом ячмень вместе с водой поднимается с помощью системы эрлифта по центральной трубе вверх и распределяется посредством специального отбойника или сегнерова колеса к стенкам аппарата и опускается вниз; таким образом, осуществляется циркуляция зерна в аппарате, при которой обеспечиваются хорошее поглощение кислорода и достаточно эффективная мойка зерна;

- с помощью барботёров – колец различных диаметров из перфорированных труб, расположенных на разных уровнях в конической части аппарата. К каждому барботёру подводится сжатый воз-

дух, который, поднимаясь вверх, распределяется по всей массе замачиваемого зерна;

Часто используют технологию, называемую, воздушно-водяным замачиванием.

Сначала замочный чан наполняют водой на 2/3 его объема. Затем при продолжении поступления воды засыпают зерно и начинают перемешивать воздухом. Набор воды прекращают, когда она покрывает зерно слоем 100–150 мм.

Первой стадией замачивания является мойка зерна. После 1–2 ч пребывания зерна под водой удаляют слав, а затем тщательно промывают зерно продувкой воздухом. После мойки зерно оставляют без воды при открытом вентиле для удаления диоксида углерода.

Далее зерно попеременно находится то под водой, то без воды. Такое чередование повторяется через 3–6 ч в зависимости от ряда факторов. Продувание воздухом производится как в период мокрого, так и сухого замачивания в течение 15 мин с перерывами в 30 мин.

Для дезинфекции во вторую замочную воду добавляют хлорную известь из расчета 300–400 г на 1 т зерна. Раствор готовят отдельно и добавляют в количестве 100 л на 200 л чистой воды, после 2–3-часового действия зерно тщательно промывают.

Концентрированную серную кислоту добавляют в количестве 200–300 мл/м³ воды.

Хорошие результаты получают при обработке зерна раствором формалина (700 г 40 %-го формалина на 1 м³ воды).

В качестве стимулирующего средства при проращивании неполноценного ячменя применяют марганцово-кислый калий (10–15 г KMnO₄ на 1 м³ воды).

Продолжительность воздушно-водяного замачивания для светлого солода составляет 48–72 ч, для темного – 72–96 ч. Замачивание ведут до достижения влажности 42–48 %.

Недомочка ячменя вызывает быстрое увядание ростков, преждевременное ослабление интенсивности проращивания и плохое растворение зерна, а также нарушение белкового и цитолитического распада.

Перемочка тоже приводит к ненормальному течению процесса солодоращения, в основном к подавлению действия ферментов, согреванию зерна и повышенным потерям. Лучше зерно недомочить, чем перемочить.

Схема воздушно-водяной замочки:

1. Наполнение чана водой – 15 мин.
2. Засыпка зерна при перемешивании сжатым воздухом – 30 мин.
3. Вытеснение грязной воды – 30 мин.
4. Зерно под водой – 2 ч.
5. Удаление сплава, промывание и спуск чистой воды – 30 мин.
6. Воздушная замочка (зерно без воды) – 4 ч.
7. Наполнение чана второй водой, добавление дезинфицирующих веществ и перемешивание зерна сжатым воздухом – 15 мин.
8. Мокрая замочка (зерно под водой) – 6 ч.
9. Спуск второй воды – 15 мин.
10. Воздушная замочка – 6 ч.
11. Наполнение чана третьей водой – 15 мин.
12. Мокрая замочка – 4 ч.
13. Спуск третьей воды – 15 мин.
14. Воздушная замочка – 6 ч.
15. Наполнение чана четвертой водой – 15 мин.
16. Мокрая замочка – 4 ч.
17. Спуск четвертой воды – 15 мин.
18. Воздушная замочка – 6 ч.
19. Выгрузка зерна – 10 мин.

Мокрая и воздушная замочка повторяется до достижения зерном необходимой степени замочки: 42–44 % воды – для светлого солода, 44–48 % – для карамельного солода.

Во время влажной фазы замачивания (когда зерно находится под водой) аэрация должна быть достаточно интенсивной, чтобы не допустить гибель зерна от недостатка кислорода. Зерно может пребывать под водой при отсутствии аэрации без негативных последствий не более 15 мин, так как именно за этот период времени в воде полностью поглощается кислород.

В настоящее время часто используются замочные чаны с плоским дном (рис. 13). Такие чаны могут применяться самостоятельно или в качестве второго чана в комбинации с цилиндроконическим.

Подобный замочный чан представляет собой цилиндрическую емкость с плоским днищем, выполненным в виде колосниковой решетки из нержавеющей стали, имеющим живое сечение 24–32 %, на котором располагается замачиваемый ячмень.

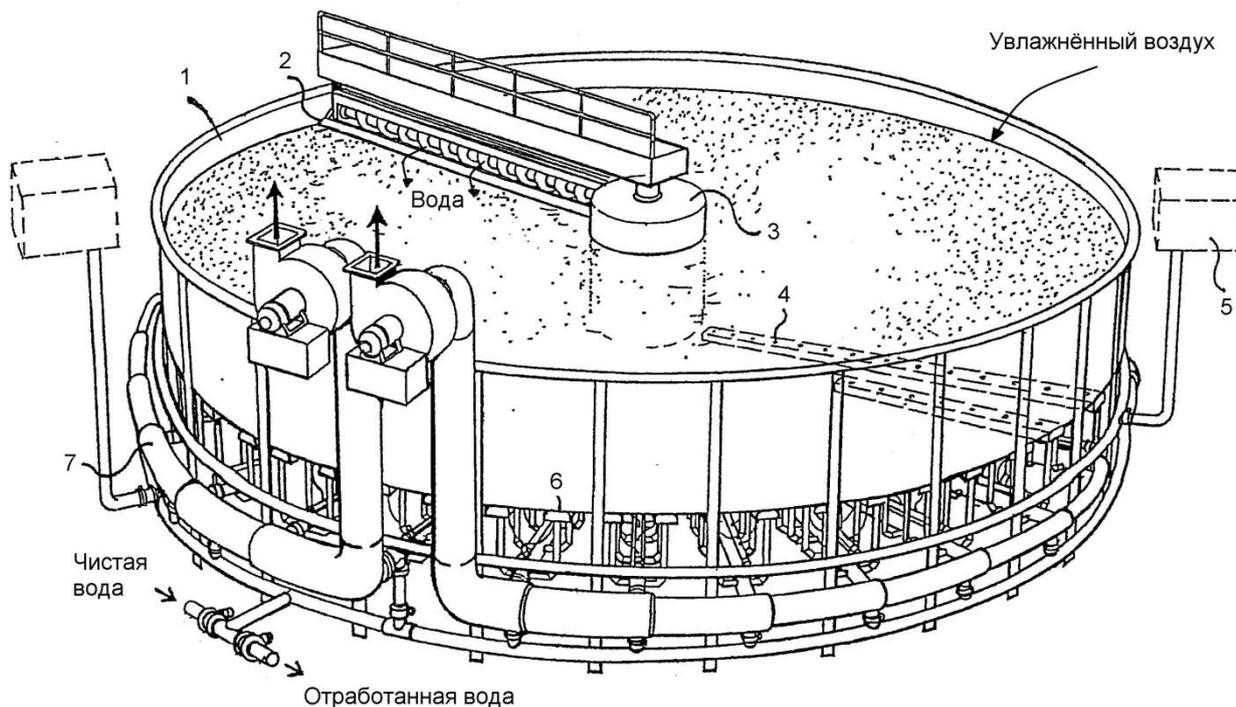


Рис. 13. Замочный чан с плоским дном:

- 1 – цилиндрический корпус аппарата; 2 – перемешивающее устройство;
 3 – вал; 4 – ситчатое дно аппарата; 5 – автоматизированный блок управления;
 6 – система для циркуляции воздуха и воды; 7 – вентиляционные устройства

Кондиционированный воздух подают в верхнюю часть чана над слоем зерна. Свежую воду на замачивание распыляют над слоем зерна. Отвод отработанного воздуха и замочной воды производят из нижней части чана. Выравнивание слоя ячменя производится с помощью лопастей ротора, который может перемещаться в осевом направлении (рис. 14). Разгрузка ячменя из чана производится по центральной трубе с помощью лопастей того же ротора, к лопастям которого могут крепиться дополнительные «весла».

Для промывки пространства под решеткой там располагаются водяные форсунки.

Чаны с плоским дном требуют несколько большего расхода воды, чем чаны с воронкой, так как пространство под решеткой нельзя уменьшать.

Чаны с плоским дном рассчитывают на загрузку больших партий зерна и обеспечивают равномерную переработку продукта. К их недостаткам относят:

- увеличение затрат на устройство колосниковой решетки настила, погрузочного и разгрузочного устройств;
- увеличенное водопотребление до 5–7 м³/т ячменя из-за неиспользуемого пространства под решеткой;
- необходимость ручной очистки пространства под решеткой.



Рис. 14. Лопастные в замочном чане с плоским дном

В целом аппараты для мойки и замачивания зерна можно разделить на категории:

- *моечные аппараты*, предназначенные для удаления грязи с поверхности зерна и ликвидации сплава;
- *моечно-дезинфицирующие аппараты*, осуществляющие помимо мойки и удаления сплава дезинфекцию зернопродуктов;
- *моечно-замочные аппараты*, комбинирующие функции, связанные с мойкой зерна и его замачиванием;
- *замочные аппараты*, используемые для доведения влажности зерна до требуемого значения.

6. ПРОРАЩИВАНИЕ ЗЕРНА

Проращивание зерна является самым главным процессом при производстве солода. Основная его цель – образование ферментов. Эти ферменты необходимы для расщепления веществ при затирании (затирание – технологическая операция, имеющая место в процессе приготовления суслу в варочном цехе). Кроме того, в процессе проращивания происходят подготовка и биохимические превращения запасных веществ эндосперма (главным образом, это клеточные стенки крахмальных гранул, состоящих в основном из β -глюкана, и белки, входящие в состав крахмальных гранул).

При солодоращении происходят сложные процессы:

1. Биологические – проращивание зародыша и синтез новых веществ, а также дыхание зерна.
2. Биохимические – гидролиз запасных веществ эндосперма.
3. Химические – взаимодействие полученных в результате гидролиза веществ и образование вкусоароматических соединений.
4. Физические – передвижение растворенных запасных веществ от эндосперма к зародышу и обратно.

Существует большое число типов солодовен: токовая, барабанная, ящичная, башенная (как разновидность ящичной солодовни), статическая солодовня, солодовня «передвижная грядка», солодовня с камерами растворения, солодовня с непрерывным методом производства.

Токовая солодовня

Процесс солодоращения в токовых солодовнях осуществляется на гладком ровном полу – току (рис. 15 и 16). Замоченное зерно распределяют равномерным слоем толщиной 200–400 мм на току и периодически перелопачивают (ворошат): первый раз – через 6 ч, затем – через каждые 12 ч.

Например, на стадии самого интенсивного роста толщину слоя уменьшают до 100 мм, площадь слоя, соответственно, увеличивается, что обеспечивает большую поверхность контакта с окружающим воздухом.

Аэрацию зерна осуществляют атмосферным воздухом за счёт естественной вентиляции, при этом она организуется таким образом, что приток холодного воздуха осуществляется сверху и вытесняет

образующийся в результате дыхания углекислый газ. Теплый, застоявшийся воздух периодически удаляется через специальные каналы.

Несмотря на непрерывное испарение с поверхности проращиваемого зерна, влажность зерна практически не изменяется – 43–45 %. Это происходит потому, что потери влаги компенсируются водой, выделяющейся при дыхании зерна.



Рис. 15. Солодоращение на току (общий вид)

Во избежание изменения цвета солода («позеленения») естественное освещение недопустимо, поэтому окна в токовых солодовнях покрываются раствором, содержащим ультрамарин (происходит блокировка ультрафиолетовых лучей).

Токовая солодовня

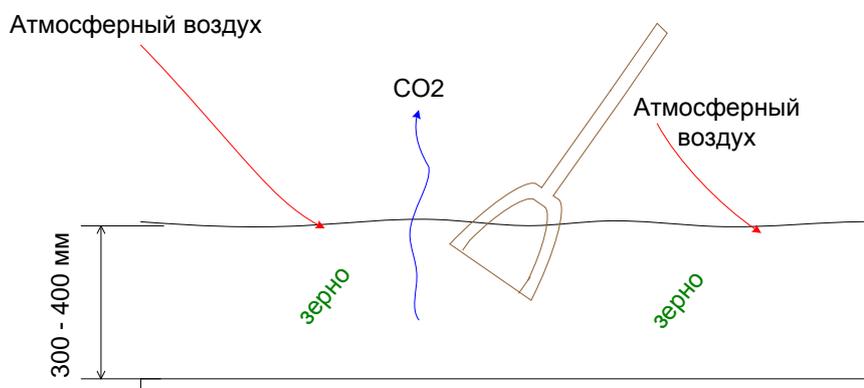


Рис. 16. Токовое солодоращение (схема)

Токовые солодовни обладают рядом существенных недостатков:

– работа в токовой солодовне очень тяжелая (солодовщик за смену должен вручную перевернуть большое количество зерна, равномерно распределить на току замоченное зерно, переместить в сушилку свежепросошенный солод и тщательно промыть освобожденные площади тока и др.);

– потребность в больших производственных площадях;

– малая удельная нагрузка на площадь поверхности тока (в среднем составляет ≈ 35 кг/м²);

– проблематично поддерживать на постоянном уровне отдельные параметры технологических режимов (так как работа на токовой солодовне зависит от климатических условий);

– невозможность внедрения автоматизированного управления.

Токовые солодовни функционируют чаще всего непосредственно при пивоваренных заводах, которые приготавливают солод для своих нужд. В настоящее время солодовни данного типа встречаются редко. Начиная с середины XX века они вытесняются более совершенными моделями.

Барабанная солодовня

Барабанные солодовни имеют две модификации, различающиеся конструктивно: барабанная солодовня с плоским дном и барабанная солодовня с ситчатыми трубами.

Барабанная солодовня с плоским дном состоит из группы (5–7) солодорастильных аппаратов и устройств для кондиционирования и нагнетания воздуха (рис. 17). В отличие от других типов здесь перемешивание происходит за счет движения барабана, а не за счет рыхлителя.

Солодорастильные устройства представляют собой стальные горизонтальные цилиндры (барабаны), которые опираются двумя бандажами на две пары опорных роликов, привод барабана во вращательное движение осуществляется с помощью червячной передачи. Барабан снабжен люками для загрузки ячменя и выгрузки солода, а также для мойки и дезинфекции.

Внутри барабана закреплено плоское сито, на поверхности которого происходит проращивание зерна.

С торцов барабана имеется две полые камеры, соединённые с концами воздухопроводов. Внутренняя боковая поверхность одного из днищ имеет перфорированную структуру.

Таким образом, в барабане образуется система из трех камер для нагнетания свежего охлажденного воздуха ($t \approx 14 \text{ }^\circ\text{C}$) и отвода углекислого газа, образующегося при дыхании зерна.

Солодовни барабанного типа

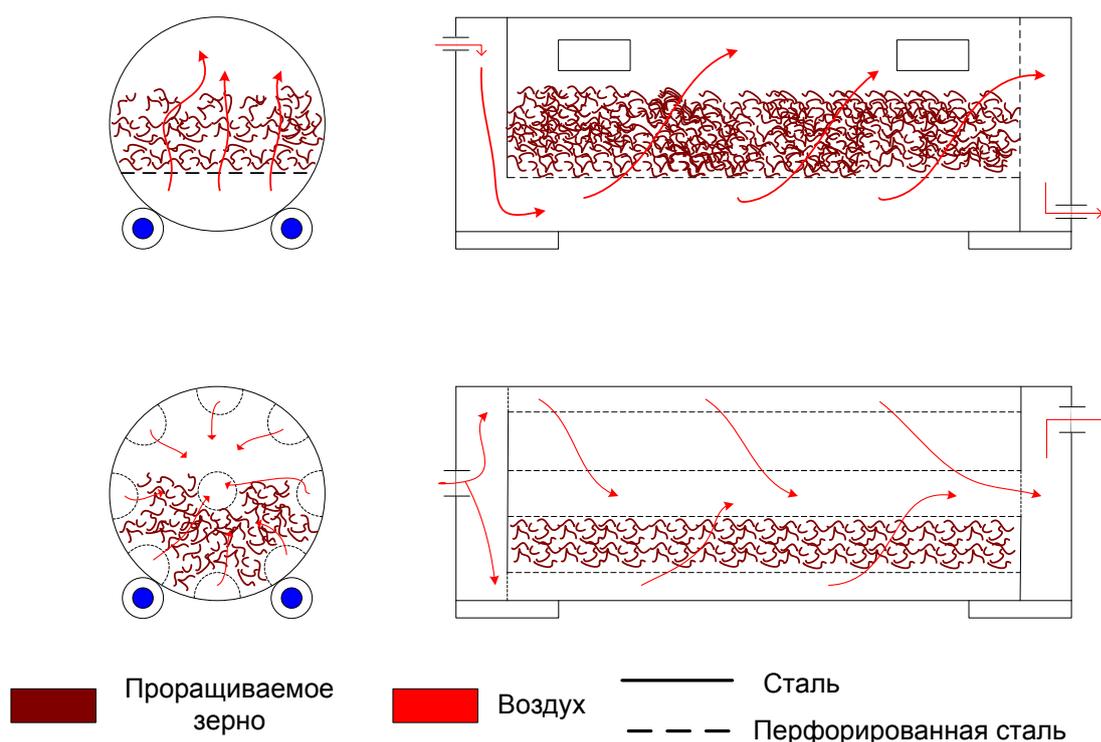


Рис. 17. Барабанные солодовни

Ращение зернопродуктов производится при неподвижном барабане и нижнем горизонтальном положении сита.

Для ворошения зерна барабан вращается со следующей периодичностью:

на 1–4 сутки ращения – через каждые 3 ч;

на 5–7 сутки ращения – через каждые 4–6 ч.

На всем протяжении ращения (кроме последнего дня) нагнетаемый воздух увлажняется.

Барабанная солодовня с ситчатыми трубами отличается от предыдущей конструкции пневмосистемой (подачей и откачиванием воздуха).

В качестве устройств для нагнетания воздуха используются ситчатые трубы, приваренные к внутренней поверхности барабана. В качестве устройства, собирающего углекислый газ, предусмотрена центральная перфорированная труба, соединенная с одним из полых днищ.

Зерно засыпается на ≈ 70 % объема барабана. Таким образом, воздух от периметра барабана проходит сквозь слой проращиваемого зерна и отводится из центральной части аппарата по трубе.

Преимущества барабанных солодорастильных аппаратов:

- обеспечение микробиологической чистоты;
- хорошее сохранение проращиваемого материала (пониженный травматизм ростков из-за более «мягкого» перемешивания);
- высокое качество получаемого солода (чистый запах, равномерность растворения).

К недостаткам данной системы можно отнести низкую производительность (≈ 20 т на барабан) по сравнению с другими типами солодовен

Ящичная солодовня (ящички Саладина)

Данная солодовня представляет собой набор из нескольких прямоугольных ящичков, разделенных стенками (рис. 18 и 19). Основное дно каждого ящичка предусматривает уклон для стока воды, образующейся в результате дыхания зерна. Над основным дном расположено второе – ситчатое. Оно изготавливается из углеродистой оцинкованной стали и имеет отверстия 2×25 мм. Живое сечение ситчатой поверхности должно быть не менее 10 %.

Снизу в подситовое пространство подается кондиционированный воздух (воздух с определенными характеристиками по влажности и по температуре).

На боковых стенках ящичка расположены рельсы, по которым движется каретка, снабженная вертикальными шнеками (передвижной ворошитель), служащая для периодического перемешивания зерна.

Перед загрузкой ящичка сита стенки тщательно чистят, а подситовое пространство обрабатывают 2 %-м раствором хлорной извести для дезинфекции.

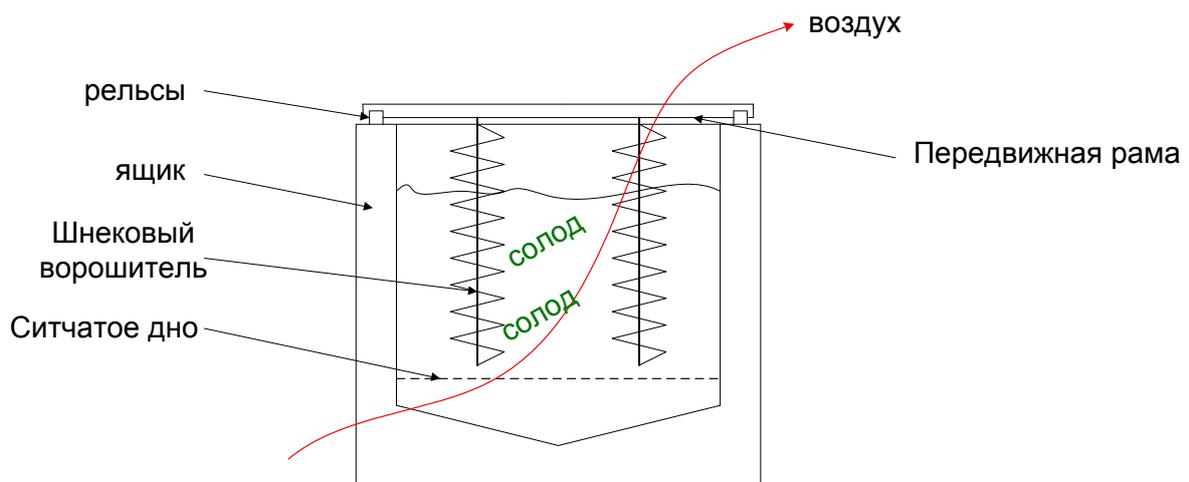


Рис. 18. Ящичная солодовня (схема)



Рис. 19. Ящичная солодовня (общий вид)

Замоченный ячмень подают на сита и с помощью шнеков разравнивают по поверхности. Итоговая величина слоя зерна достигает 0,6–1,0 м.

В начале процесса солодоращения зерно немного подсушивают неувлажненным воздухом, а затем на протяжении периода солодоращения поддерживают аэробные условия с влажностью воздуха $\approx 96\%$ и температурой проращиваемого материала $t = 14 \dots 18\text{ }^\circ\text{C}$. Следует отметить, что воздух, подаваемый на охлаждение зерна, должен быть ниже температуры проращиваемого солода на $2\text{ }^\circ\text{C}$ (аналогично и для других типов солодовен, в том числе и для башенной).

Ворошитель перемещается из одного конца ящика в другой ≈ 2 раза в сутки, при этом шнеки должны вращаться навстречу друг другу, перемешивая солод и перемещая нижние слои наверх. Скорость передвижения ворошителя по рельсам 0,8 м/мин. Обобщённо технология солодоращения в ящичной солодовне представлена в табл. 4.

Таблица 4

Температурный и ворошительный режимы работы солодовенного ящика

Сутки рашения	Число ворошений, раз/сутки	Температура, °С
1	1	12–14
2	2	14–15
3	2–3	15–16
4	2–3	16–17
5	2	15–16
6	2	15–16
7	2	14–15

Температуру зерна изменяют путем регулирования продолжительности подачи кондиционированного воздуха.

Существует модификация ящиков – круглые ящики. Они устроены по тому же принципу, что и прямоугольные. Различают два варианта исполнения:

1) ситчатое неподвижное дно покрыто зерном, а ворошитель движется радиально (по кругу);

2) ворошитель находится в зафиксированном положении, а дно, установленное на ролики, вращается вокруг своей оси.

Внешняя часть каретки всегда проходит большее расстояние, чем центральная, поэтому шнеки на периферии должны вращаться быстрее и перерабатывать большее количество солода, чем шнеки, расположенные ближе к центральной оси.

Производительность ящичных солодовен составляет 5–50 т за цикл.

Статическая солодовня

Данный тип солодовни совмещает в себе несколько процессов солодорастильного производства. Существует две модификации:

1. Совмещены три процесса в одном аппарате:
дозамачивание;
ращение;
сушка.
2. Совмещены два процесса в одном аппарате:
дозамачивание;
ращение.

Процессы происходят в прямоугольных ящиках, конструкция схожа с ящичными солодовнями.

Каждый ящик располагается в отдельном помещении. К этому помещению предъявляются следующие требования. Оно должно:

- быть термо- и влагоизолированным;
- иметь шнековый ворошитель;
- быть оборудованным для подготовки и подачи воздуха. Оборудование включает в себя: вентилятор; калорифер (для подогрева воздуха при сушке); кондиционер с оросительным устройством для воздуха, используемого при замачивании и проращивании зерна.

Для орошения зерна вдоль стенок ящика и на корпусе ворошителя устанавливаются водяные форсунки.

Ширина ящика составляет 4–6 м, а длина может варьироваться в зависимости от габаритов производственных помещений.

Технологически зерно перерабатывают следующим образом:

- 1) моют, отделяют слав и дезинфицируют в чане обычным способом;
- 2) заливают в моечном чане водой и выдерживают в течение 4–6 ч при усиленной аэрации;
- 3) зерно с влажностью 25–26 % отправляют в ящик и в нем с помощью ворошителя разравнивают, высота слоя составляет ≈ 60 см;
- 4) зерно доувлажняют до требуемого значения при помощи форсунок. Проводят интенсивную аэрацию; процесс ведут так же, как и в обычных ящичных солодовнях;
- 5) готовый «зелёный» солод сушат там же, придерживаясь рекомендаций, приведенных в табл. 5.

Технологический режим сушки солода в статической солодовне

Стадия сушки	Продолжительность сушки, ч	Температура воздействия в подситовом пространстве, °С	Изменение влажности в слое солода, %
1	6–9	40–50	45–20
2	8–12	60–65	20–9
3	4–6	65–70	9–7
4	2–3	70–75	7–5
5	4–6	80–85	5–3

Продолжительность всего процесса производства солода в солодовне статического типа в целом короче (из-за сокращения времени на транспортировку), чем при использовании «классических» солодорастильных ящиков. Кроме того, уменьшается расход воды и сокращается количество используемого оборудования и производственных площадей.

Однако этот тип солодовни не очень популярен из-за невысокой производительности.

**Солодовня с ежесуточным перемещением
«передвижная грядка»**

Солодовни с передвижной грядкой отличаются от обычной солодовни наличием ковшового ворошителя вместо шнекового (рис. 20).

Зерно постепенно перебрасывается ворошителем вдоль ящиков от места загрузки до выгрузки.

Передвижная грядка представляет собой ящик длиной 40–50 м, шириной 3–5 м. Ситовое пространство разделено на секции. Число секций равно или кратно числу суток ращения (если суток ращения 7, то число секций будет 7 или 14).

На боковых стенках ящика есть рельсы, по которым движется каретка с установленным на ней ковшовым ворошителем. Электропривод может обеспечить для каретки три варианта работы: вперёд (две скорости) и назад.

Ковшовый ворошитель состоит из трёх сегментов:

– жёсткой рамы;

- цепи с ковшами, снабженными резиновым скребком;
- трех звёздочек, обеспечивающих циклическое перемещение цепей.

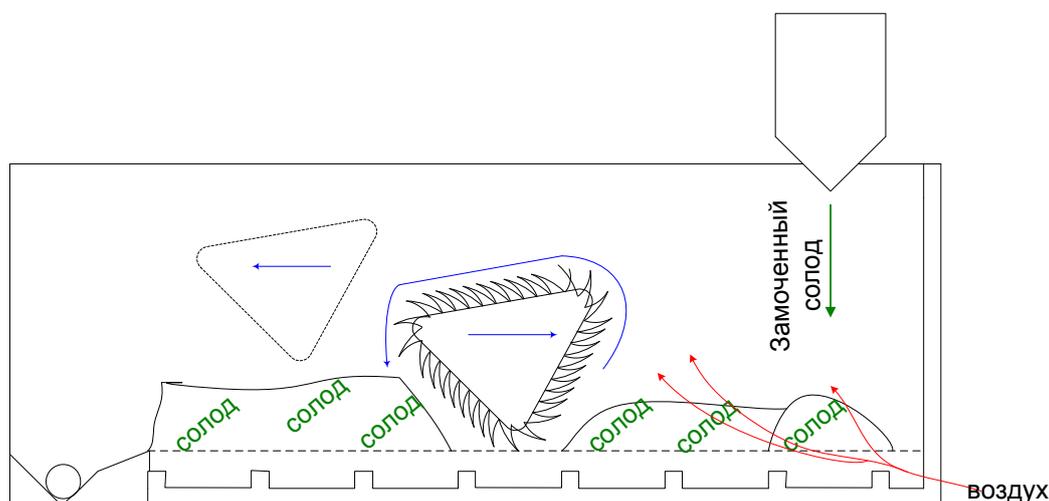


Рис. 20. Солодовня «передвижная грядка»

Рама может подниматься в крайнее верхнее положение, для обеспечения обратного хода и в нижнее положение (у поверхности сит) для рабочего хода.

Кондиционированный воздух для продувки нагнетается вентилятором в канал, проходящий под ситом. В каждом подситовом отделении напор воздуха регулируется швеллерами (задвижками).

Технология проращивания следующая:

1. Замоченное зерно из чанов выгружают на площадь сита, расположенную над 1-й и 2-й подситовыми секциями.
2. Перемещение зерна на сита последующих секций и его ворошение производят через каждые 12 или 24 ч при помощи ковшового ворошителя.
3. На освободившиеся площади загружают новое замоченное зерно. Пройдя по всей длине ящика, ворошитель перемещает ячмень на один шаг ($\approx 1,5$ м).
4. Готовый свежепроросший солод попадает в приемный бункер, а на сушку направляется шнеком или ковшовой норией.
5. Ковшовый ворошитель, дойдя до конца грядки, поднимается в крайнее верхнее положение и обратным ходом возвращается на исходную позицию.

Режим ращения и продувки такой же, как и в ящичной солодовне.

Чистка и дезинфекция сит производятся вне ящика (съёмные сита). Мойка ковшового ворошителя осуществляется вместе с обработкой сит первого дня ращения.

Солодовня типа «передвижная грядка» может обеспечивать большую производительность (благодаря более быстрой транспортировке), имеет более низкую себестоимость. Однако существует ряд существенных недостатков:

- затруднительно поддерживать температурный и аэрационный режимы по дням;

- нельзя чётко регулировать перемещение зерна, так как невозможно обеспечить чёткой границы при перемещении ковша;

- при непрерывности процесса может быть погрешность в исходных характеристиках замоченного ячменя (перемочен или недомочен), что неизбежно отразится на дальнейшем ходе процесса, т. е. нет возможности корректировать влажность и другие показатели по ходу процесса и, следовательно, необходимо чётко контролировать начальную влажность.

Как следствие, можно ожидать худшее качество солода (по сравнению с ящичными солодовнями).

Солодовня с камерами растворения (метод Кропфа)

Соложение основано на принципе разграничения процесса на две стадии:

- 1) быстрый рост, накопление ферментов при активном контакте с кислородом воздуха;

- 2) ограниченное прорастание, растворение эндосперма при ограниченном притоке воздуха.

Проращивание ячменя в конечной стадии ведут в атмосфере повышенного содержания углекислого газа. В этих условиях процесс дыхания ограничивается, а растворение мучнистого тела зерна под действием ферментов продолжается практически с той же скоростью (рис. 21).

С накоплением CO_2 в проращиваемом зерне замедляется рост корешка и листа, это относится ко всем типам солодовен, в том числе и к башенной. Происходит распад белковых веществ, накопление

аминокислот и амидов. Существуют технологические пределы (концентрация CO_2), при наступлении которых происходят негативные изменения в качестве:

– если концентрация CO_2 превышает 25 %, то появляется запах эфиров (лёгкий ацетоновый);

– если концентрация CO_2 выше 30 %, то зерно перестаёт дышать, мучнистое тело превращается в мажущуюся массу, ростки коричневеют и становятся вялыми, сильно ухудшается запах.

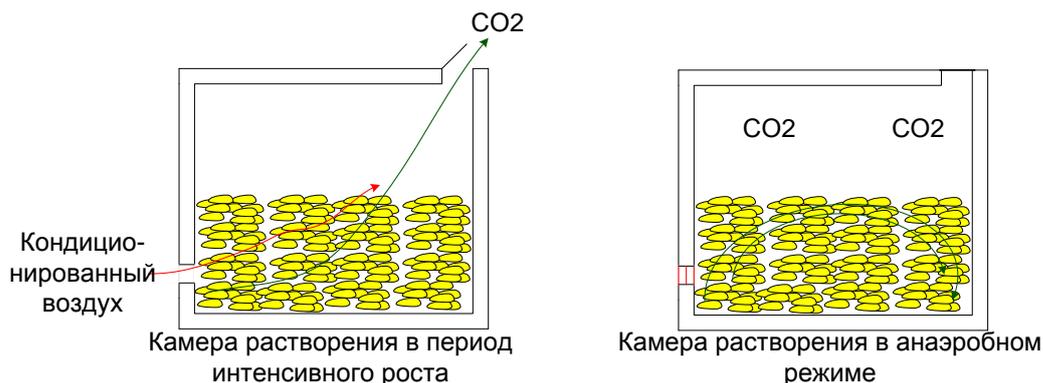


Рис. 21. Солодоращение в камерах растворения (метод Кропфа)

Солодовни такого типа отличаются от других устройством специальных ящиков – камер растворения. Они имеют прямоугольную форму и могут герметизироваться, не нарушая температурного режима.

Технология производства солода в солодовнях данного типа такая же, как и в обычных ящичных солодовнях, за исключением режима аэрации в последние два–три дня. В этот период доступ воздуха и отток углекислого газа ограничивают.

Расположение камер растворения может быть вертикальным и горизонтальным. При вертикальной компоновке ячмень передаётся самотёком по трубе с уровня на уровень сквозь специально предусмотренное отверстие в решетке и дне камеры. При горизонтальном положении перемещение зерна осуществляется пневмотранспортом.

Башенные солодовни

В башенных солодовнях соложение происходит в вертикальной плоскости.

В башне (здание) могут идти как процесс соложения, так и остальные процессы (мойка, замочка, сушка).

Изначально появились методы Клинга и Нейберта, предполагающие только процесс проращивания в вертикальной плоскости. В этом случае здание башенного типа разделено на уровни (по Клингу – 8 уровней, по Нейберту – 7 уровней). На каждом уровне расположена опрокидывающаяся решетка. Ячмень в ходе переработки передаётся с решетки на решетку путем опрокидывания. Каждому этажу соответствует свой день проращивания (рис. 22).

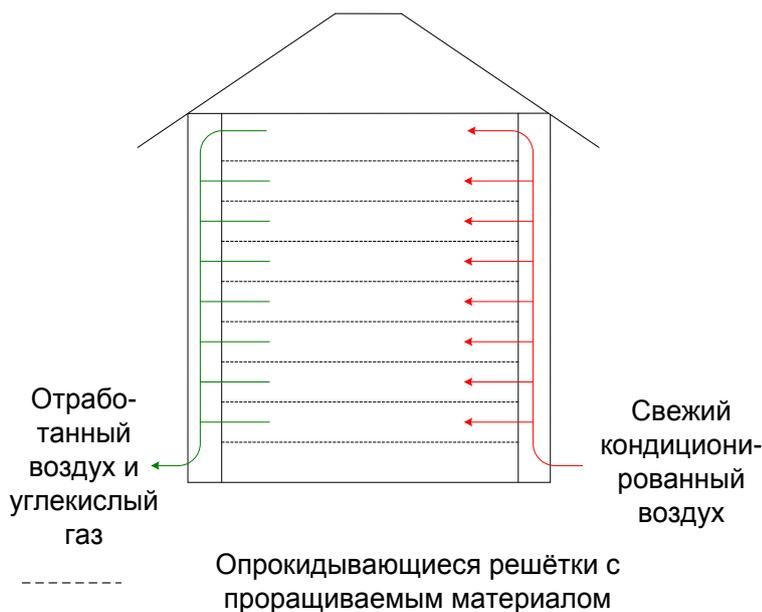


Рис. 22. Башенная солодовня (тип Клинга)

Для аэрации, охлаждения и увлажнения предусмотрены каналы в боковых стенках здания. При прохождении воздуха сверху вниз углекислый газ, накапливающийся в межзерновом пространстве здания, также перемещается сверху вниз. В результате чего в верхних областях воздух более чистый, что способствует процессам роста ростка, а в нижних – более насыщен CO_2 , что благоприятствует процессу растворения (положительный фактор).

Новые солодовенные производства, возведенные за последние 10 лет, представлены в основном солодовнями башенного типа. Солодовни такой конструкции разработаны в связи с необходимостью строительства установок, отвечающих самым современным требованиям. К ним, например, относят так называемое «сухое» замачивание, максимально возможное сокращение транспортировки влажного ячменя и свежепроросшего солода и, в первую очередь, небольшие объемы инвестиций. Этим требованиям отвечают башенные

солодовни, позволяющие на относительно ограниченном пространстве осуществить все процессы, направленные на производство солода: замачивание, проращивание и сушку (рис. 23).



Рис. 23. Современная башенная солодовня

Рассмотрим характерные черты такого рода сооружений. Оборудование для замачивания, проращивания и сушки размещается ярусами – одно под другим – в основной производственной башне цилиндрической формы. В непосредственной близости от этого сооружения, примыкая к нему, располагается рабочая башня, в которой размещены системы аэрации, охлаждения (или, при необходимости, нагревания) и кондиционирования воздуха для проращивания.

Помимо этого в рабочей башне расположены: лестничная клетка, лифт и вертикальные каналы для электрокабеля, водопровода, сточных вод, хладагента, сжатого воздуха для привода механизмов, а также трубопроводы системы отопления. В рабочей башне смонти-

рована также нория для транспортировки ячменя к верхнему ярусу. Если сооружение солодовни относительно невысокое, то вместо нории для транспортировки смеси «вода/ячмень» используется система гидротранспорта. В этой же части солодовни находятся системы автоматического управления и силовые установки.

Концепция башенных солодовен

При проектировании солодовен стремятся разместить весь комплекс технологического оборудования для производства солода одно под другим в вертикальной цилиндрической башне. Это позволяет производить весь процесс транспортировки замоченного ячменя, свежепроросшего и свежевысушенного солода по круглой гладкой трубе, установленной по центральной оси цилиндрической башни.

Установки большой производительности, например 70 000–120 000 т солода в год, изготавливают следующим образом.

На верхнем уровне находится ряд цилиндроконических замочных аппаратов для первой ступени замачивания.

Ниже размещен аппарат круглого сечения с плоским днищем для замачивания и первой стадии проращивания.

Затем предусмотрены шесть аппаратов круглого сечения для проращивания.

Под отделением проращивания располагаются три горизонтальных яруса солодосушки, которые фактически выполняют функцию двухъярусной горизонтальной солодосушки, поскольку свежепроросший солод перед подачей на сушку разделяется на две равные части, одна из которых загружается на верхнюю решетку, а вторая – на среднюю.

На обеих верхних сушильных решетках осуществляется первая фаза сушки солода от влажности 45 % до 12 %, до так называемого «прорыва» горячего воздуха. При разделении солода на первой стадии сушки на две части значительно уменьшается слой высушиваемого солода, в результате чего сокращается расход энергии на сушку.

Вторая фаза сушки, в которой происходит дальнейшее снижение влажности от 12 % до 4 %, осуществляется на третьей нижней сушильной решетке, на которую перегружают весь подсушенный солод с обеих верхних решеток.

При такой трехрешетчатой концепции конструктивного устройства солодосушки, но с функцией двухъярусной горизонтальной сушилки достигается значительная экономия как электрической, так

и тепловой энергии. Экономия тепловой энергии, в частности, составляет 45 % по сравнению с распространенной одноярусной солодосушилкой без утилизации тепла. Как правило, составной частью этой современной модели является теплообменник со стеклянными трубами, который монтируется таким образом, что к нему подводится воздух, отходящий от верхних ярусов. Этот воздух всегда имеет повышенную влажность и обладает большим потенциалом скрытого тепла.

Высота такого рода башенных солодовен достигает 90–100 м.

Башни малой производительности (от 10 000 до 60 000 т солода в год) могут иметь другое конструктивное устройство, например:

- сверху замочное отделение, состоящее из ряда цилиндрико-конических аппаратов или одного аппарата с плоским днищем;
- под ним, при необходимости, два или три солодорастильных аппарата для проращивания круглой формы (рис. 24–26);
- на самом нижнем уровне находится сушилка с одной решёткой, которая при необходимости может располагаться вне основной башни (рядом с ней).

При дальнейшем расширении установки, например в целях увеличения вместимости на 100 %, рядом с основной башней возводят дополнительную. При этом сушилки располагают рядом с общей системой подвода воздуха и тепла. Таким образом, сушилки могут использоваться как спаренные, сушильный агент в которых проходит через сушилки последовательно (подобно двухъярусным сушилкам), обеспечивая при этом высокую степень экономии тепловой энергии.

Транспортировка ячменя, замоченного зерна и свежепросоженного солода в башенной солодовне

В башнях высотой свыше 40 м ячмень при помощи норрии подаётся в смеситель вместимостью 10–15 м³ при одновременной подаче воды. В этом смесителе вода интенсивно перемешивается с ячменем, а затем транспортируется гидромеханическим способом в отдельные замочные аппараты. Для этой цели используют специальные насосы, позволяющие производить щадящую транспортировку зерна. Таким образом, достигают моющего эффекта в целях удаления пыли и частично микроорганизмов, находящихся на зерне.

За счёт интенсивного перемешивания удаляются воздушные пузырьки с поверхности зёрен, а в процессе транспортировки, вследствие повышенного давления в трубах, выдавливается также воздух,

находящийся под оболочкой зерна. Вследствие этого происходит быстрое проникновение воды внутрь зерна уже в самом начале процесса замачивания, тем самым достигается более стремительный темп замачивания.



Рис. 24. Круглый солодорастильный ящик, заполненный сырьём



Рис. 25. Круглый солодорастильный ящик без сырья (хорошо виден ворошитель)



Рис. 26. Круглый солодорастильный ящик, пространство под решёткой

Одним из основных преимуществ этой гидромеханической транспортировки является достаточно полное удаление пыли и микрофлоры в замочном аппарате, что ведёт к значительному снижению образования плесени в замочном аппарате с плоским дном, а затем в аппарате для проращивания. При этом методе ячмень не получает повреждений, а расход воды не увеличивается.

При применении башен ниже 40 м имеется возможность перекачивать смесь непосредственно в замочный аппарат, не используя для этого норию.

Транспортировка замоченного ячменя из цилиндрических замочных аппаратов в замочный аппарат с плоским дном может быть «влажной», т. е. вместе с водой, или «сухой», т. е. без воды. Транспортировка замоченного ячменя в аппарат для проращивания должна быть по возможности «сухой». «Сухим» способом достигают непрерывного роста на конечной стадии в аппарате для проращивания, т. е. ячмень продолжает расти, и тем самым избегают так называемого шока и увеличения продолжительности проращивания, которая может достигать от 12 ч до суток.

«Сухая» транспортировка замоченного зерна может быть идеальным образом осуществлена в солодовнях башенного типа благодаря силе гравитации, т. е. замоченный ячмень перемещается самотеком под действием силы тяжести по вертикальной трубе, расположенной в центре башни.

Транспортировка свежепроросшего солода из аппарата для проращивания к сушилке производится аналогично по центральной трубе. Так как через центральную трубу ежедневно проходит материал, происходит ее самоочистка, а ввиду того, что отпадает необходимость в применении транспортных систем, исключаются трудоёмкие и продолжительные операции по их чистке и мойке. Кроме того, вследствие исключения транспортных систем снижаются объёмы инвестиций. Следовательно, достигается высокая рентабельность солодовен башенного типа.

Конструирование башенных солодовен

Везде, где строят силосы из бетона, принципиально возможно возводить также и солодовни башенного типа. В настоящее время на всех континентах эксплуатируются солодовни башенного типа, построенные методом:

- а) со скользящей опалубкой;
- б) с подвижной опалубкой.

Большинство этих башен не имеют центральной опоры.

На снижение строительных расходов оказывают влияние следующие строительные методы.

1. Диаметр цилиндрической башни может иметь очень большую погрешность. Только когда смонтирована поворотная разгрузочно-погрузочная машина, устанавливается точный диаметр, а именно, укрепляется металлический шаблон на поворотном механизме. Шаблон с одной стороны повторяет форму стенки. Машина с временно закреплённым шаблоном медленно вращается, в то же время на внешнюю стенку наносится набрызгиванием бетон. Такими простыми средствами получают ровную стенку точного диаметра.

2. Днища цилиндрических аппаратов свободнонесущие. Центральная опора для поддержки днищ относится к числу недостатков.

Центральная опора должна стоять точно по центру башни. Подобного рода точность влечёт за собой большие расходы. Кроме того, желательно иметь в центре трубу для свободного перемещения замоченного зерна, свежепроросшего и свежевысушенного солода, а опора по центру является помехой для этого.

Для сокращения затрат на свободнонесущие днища была разработана концепция, при которой допускается относительно высокая степень прогиба днища. При загрузке свежепроросшего солода допускается прогиб 40 мм при диаметре 24 м. После выгрузки солода

днище возвращается в своё первоначальное положение. Вся система, т. е. поворотная разгрузочно-погрузочная машина, решётка, свежепроросший солод, прогибается вместе с днищем.

Во избежание повреждений в этой системе, в особенности в поворотной машине, весь механизм через карданный вал в центре соединён с подшипниками таким образом, что машина может не только совершать вращательные движения, но и перемещаться вдоль центральной оси вверх и вниз. Самые современные методы статических расчётов и конструкции днищ позволяют уменьшить толщину стенок днища до 600 мм при диаметре 24 м без применения центральной колонны.

Следует также отметить, что башни меньшего размера, например в два этажа, могут иметь стальную конструкцию. Несущие элементы выполняют из углеродистой стали, а внутренние стенки и воздушные каналы, подверженные воздействию агрессивной влажной среды, облицовывают нержавеющей сталью.

Преимущества башенных солодовен

1. Небольшая площадь для размещения солодовни.
2. Относительно низкие строительные затраты, за счет:
 - компактной конструкции;
 - возведения только одного фундамента.
3. Относительно большие допуски при строительстве здания позволяют достичь значительного снижения его стоимости.
4. Относительно небольшая площадь наружной поверхности здания обеспечивает снижение затрат энергии на охлаждение и обогрев помещений.
5. Требуется только одна крыша, что влечёт за собой снижение энергетических потерь.
6. Меньше инвестиций на техническое оснащение солодовни, поскольку отпадает необходимость:
 - в транспортных системах для замоченного зерна;
 - в транспортных системах для свежепроросшего солода.
7. Очень простой способ транспортировки («сухой») замоченного ячменя и свежепроросшего солода под собственным весом по вертикальной трубе в центре.
8. Благоприятные условия для обеспечения санитарно-гигиенических требований, поскольку имеется возможности для автоматической чистки специальными устройствами.

9. Весьма благоприятные условия для автоматизации установки, что является важнейшей предпосылкой для стабильного производства солода высокого качества.

10. Конструкция здания позволяет обеспечить герметизацию отделения солодоращения, что способствует управлению солодоращением каждой порции зерна индивидуально; например, в начальный период проращивания можно работать с большим расходом свежего воздуха, содержащего больше кислорода, а в заключительный период – с накоплением углекислого газа, что способствует снижению потерь сухих растворенных веществ солода.

11. Небольшое количество обслуживающего персонала:

1–2 человека для обслуживания установки в первой смене;

1–2 человека для чистки и мойки в первой смене.

Во второй и третьей сменах установка может работать автоматически без обслуживающего персонала. Об аварии или остановке автоматически по телефону передается сообщение дежурному персоналу на пульт управления.

Солодовня с непрерывным методом производства

Непрерывная солодорастильная установка состоит:

– из непрерывно действующего моечно-дезинфекционного аппарата;

– из одной замочной камеры с разгрузочным механизмом;

– из шести солодорастильных камер с разгрузочными механизмами, установленными одна под другой в две колонны по три камеры в каждой;

– камеры подвяливания;

– сушилки;

– горизонтальных и вертикальных транспортёров для замоченного ячменя и «зелёного» солода.

Процесс соложения реализуется следующим способом.

1. Очищенный и отсортированный ячмень пневмотранспортом подаётся в моечный аппарат, где он моется и дезинфицируется и где также удаляется слав.

2. Из моечного аппарата чистое зерно поступает непрерывным потоком в замочную камеру, где оно замачивается путём орошения в течение 48 ч и при $t = 2$ °С.

3. Замоченный ячмень с помощью разгрузочного механизма и вертикального транспортёра подаётся в первую растительную камеру.

4. В каждой последующей камере зерно проращивается в течение 24 ч.

5. После последней растительной камеры солод направляется в камеру подвяливания, а затем в сушилку.

Солодорастильные камеры имеют слегка трапецевидную форму во избежание зависания на стенках зерна. В ходе процесса солодоращения перемешивание осуществляется за счёт движения по камерам.

Проветривание происходит непрерывно, за исключением последней камеры, где приток кислорода снижают для лучшего растворения солода.

Солодовни непрерывного типа дают хороший результат (высокий экстракт, короче цикл), но сложны в аппаратурном оформлении и производительность их невысокая (рис. 27).

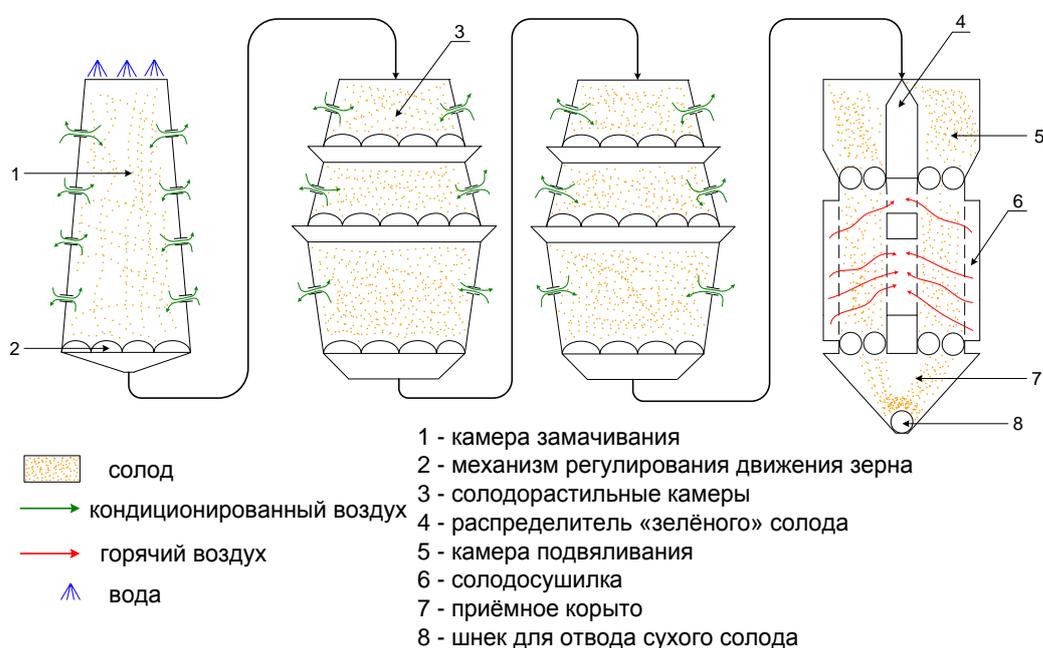


Рис. 27. Солодовня ЛСХА
(Литовская Сельскохозяйственная Академия)

Процесс солодоращения во всех случаях осуществляется по установленному регламенту, который имеется для каждого типа солода и сорта ячменя, например как на рис. 28.



Рис. 28. Режим ращения ячменя сорта Скарлетт

7. СУШКА СОЛОДА

Полученный при проращивании солод имеет высокую влажность (42–45 %) и не годится для хранения. Он имеет сырые запах и вкус и по своему химическому составу не удовлетворяет требованиям пивоварения:

- в нём нет красящих и ароматических веществ;
- содержится много белков, которые растворяются в воде (и в пиве) с образованием мути;
- в ростках солода содержится алкалоид гордеин, придающий пиву неприятный (горький) привкус.

Для получения качественного продукта свежий солод сушат, влажность его при этом снижается (рис. 29), а температура подводимого воздуха повышается (рис. 30).

В это время изменяются его вкус, цвет, аромат и химический состав. Изменения происходят в результате глубоких биохимических, химических и физико-химических процессов.

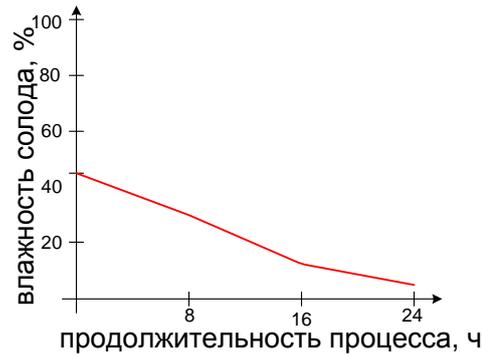


Рис. 29. Снижение влажности солода при сушке

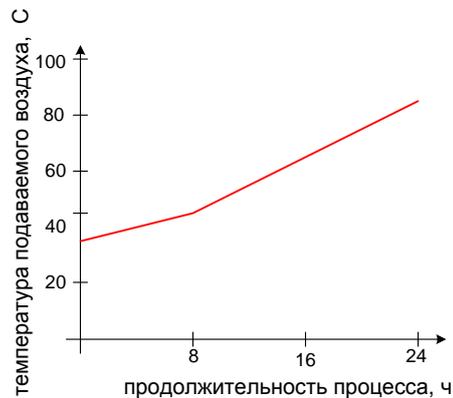


Рис. 30. Повышение температуры подаваемого воздуха

При нормальной сушке эндосперм зерна хорошо растворенного солода приобретает мучнистый вид (в сравнении с ячменем, у которого очень твердый эндосперм). Крахмальные зёрна освобождаются от цементирующей их массы из гемицеллюлозы, гумми- и белковых веществ.

При сушке свежепросоженного солода выделяются (по классической схеме) три стадии.

1. *Физиологическая*. Температура 30–40 °С, влажность уменьшается с 43 % до 30 %. Время выдержки 8 ч. В этот период сушки температура приближается к оптимальной для действия ферментов и их активность существенно повышается. Одновременно продолжают физиологические процессы. Зерно продолжает расти, но в более благоприятных условиях, чем в солодорастильном аппарате. Происходит развитие зародышевого листка и корешков, активно потребляются углеводы. Эта стадия также необходима для сохранения ферментов (если начать сразу с высоких температур, то кроме образова-

ния стекловидного солода будут разрушены ферменты, что неприемлемо).

2. *Ферментативная.* Температура 40–65 °С, влажность уменьшается с 30 % до 12 %. Время выдержки 8 ч. При таких температурах физиологические процессы подавляются, но действие ферментов продолжается активно и, как следствие, происходит накопление продуктов гидролитического распада. При неоправданно быстром повышении температуры может произойти частичная клейстеризация крахмала и получиться стекловидный солод, что недопустимо.

3. *Химическая.* Температура 65–85 °С, влажность уменьшается с 12 % до 2–3 %. Время выдержки 8 ч. При повышении температуры до 80 °С действие ферментов прекращается, но химические процессы продолжают и даже ускоряются. Продукты распада белков и углеводов вступают во взаимодействие с образованием новых соединений, обеспечивающих характерные для солода органолептические свойства. При достижении влажности 8 % и дальнейшем постепенном её снижении температура может быть повышена до 85 °С без заметного увеличения цветности и сохранения активности ферментов, что важно при производстве светлого солода.

Надо также учитывать, что стадия подвяливания необходима не только для избежания образования стекловидного солода, но и для того, чтобы сохранить ферменты, полученные в результате проращивания.

При производстве тёмного солода важно получить ярко выраженные ароматические свойства и более высокую цветность, чем в светлом солоде. Для этого сушку ведут в другом технологическом режиме. С этой целью увеличивают время ферментативной фазы для накопления продуктов распада. Для энергичного взаимодействия между продуктами гидролиза фазу химической сушки проводят при повышенных температурах, вплоть до 105 °С.

Технология сушки солода

Для осуществления сушки солода используют различные типы оборудования.

Сушилка с опрокидывающейся решеткой

До сих пор существуют одноярусные и двухярусные горизонтальные солодосушилки периодического действия мощностью 16 т/сут

и более с механизированной загрузкой свежепросоженного солода и выгрузкой готового продукта. Сушилка оснащена нагнетательным вентилятором необходимой производительности и напора.

Высота слоя свежепросоженного солода 0,5–1,0 м; температура агента сушки изменяется от 55 до 85 °С. Рециркуляция агента сушки осуществляется в течение 6 ч на последней стадии сушки. Одноярусные сушилки периодического действия имеют простую конструкцию, компактны, обладают высокой производительностью и сравнительно небольшим удельным расходом топлива.

Свежепросоженный солод ровным слоем высотой до 1 м загружается на решетку и высушивается в течение 16–18 ч без перемешивания. Полный цикл операций, включающий загрузку, сушку и выгрузку готового продукта, составляет 24 ч.

Недостатком данных сушилок является то, что в них трудно оптимизировать режим сушки. В верхнем слое солода продолжительнее, чем в среднем и нижнем, протекают физиологические и ферментативные процессы, а в нижнем слое продолжительнее идут химические процессы, что не позволяет получить светлый солод необходимого качества.

Круглые, высокопроизводительные сушилки

Современные сушилки оснащены погрузочно-разгрузочными устройствами. Такие сушилки могут иметь одно- и двухъярусную компоновку.

Данные сушилки оснащены погрузочно-разгрузочным устройством, выполненным в виде горизонтального шнека, который может перемещаться в вертикальном направлении. В таких сушилках отпадает необходимость в ворошителе (рис. 31).

Решетки выполнены в виде перфорированных листов, имеющих живое сечение отверстий $\approx 30\%$. Решетка с наружной стороны опирается на вращающиеся ролики, которые приводятся во вращение тремя–шестью электродвигателями мощностью по 1–2 кВт. Приводы снабжены устройствами для переключения направления вращения, а также имеют две скорости вращения.

Погрузочно-разгрузочное устройство имеет возможность подниматься и опускаться, а также перемещать материал из периферии к центру или наоборот. Операция загрузки или разгрузки обычно занимает около часа.



Рис. 31. Солодосушилка круглого типа

Для загрузки погрузочно-разгрузочное устройство располагают на высоте, соответствующей предусмотренной толщине слоя. Транспортировка материала осуществляется от периферии к центру. В дальнейшем после загрузки погрузочно-разгрузочное устройство опускается в нижнее положение. Таким образом, в данных сушилках вращается решетка с материалом, а погрузочно-разгрузочное устройство находится на месте. При разгрузке после окончания сушки при медленно проворачивающейся решетке постепенно погрузочно-разгрузочное устройство перемещает солод от периферии к центральному разгрузочному отверстию.

Весь процесс сушки, включая загрузку и выгрузку, осуществляется автоматически и длится 18–20 ч.

Существует также конструкция одноярусной сушилки с круглой неподвижной решеткой. Данная сушилка оснащена погрузочно-разгрузочным устройством, выполненным в виде горизонтального шнека, который может перемещаться в вертикальном направлении. Решетка в ней закреплена неподвижно, а погрузочно-разгрузочное устройство имеет возможность вращаться вокруг вертикальной центральной оси и перемещать материал в горизонтальном направлении. В таких сушилках также нет необходимости в ворошителе.

Сушка солода непрерывным способом

Сушилка представляет собой металлический корпус, в котором имеются вертикальные ситчатые секции, заполненные солодом, и воздушные каналы (рис. 32).

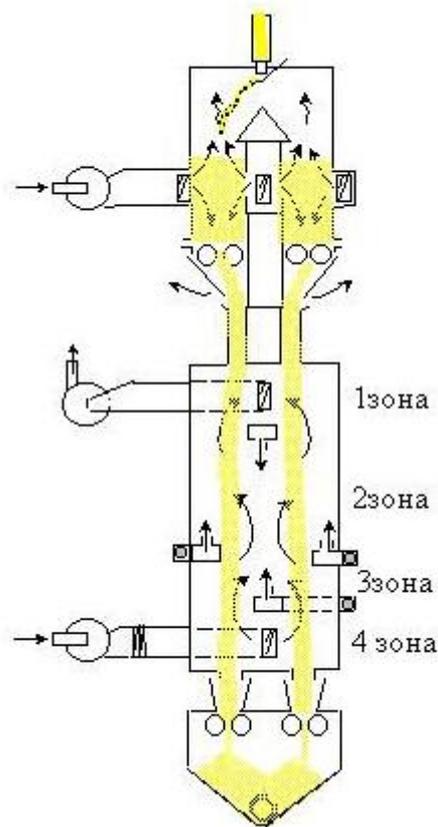


Рис. 32. Сушка солода непрерывным способом

По высоте воздушные каналы разделены на четыре температурные зоны (начиная сверху) воздухоподводящими коробами и перегородкой. Поэтому воздух в сушилке движется зигзагообразно и более эффективно осушает солод. В сушильных секциях солод перемещается сверху вниз непрерывным или пульсирующим потоком. Во избежание задержки солода между ситами их делают расширяющимися к низу. Над корпусом сушилки установлена камера подвяливания.

Свежепроросший солод загружается в камеру подвяливания сверху через вращающийся механизм подачи, который вместе с наклонным отражателем обеспечивает равномерную загрузку солода по всей площади камеры. Из камеры подвяливания солод подается вальцами в вертикальные шахты, из которых он опускается в сушильные секции. К корпусу сушилки снизу примыкают разгрузочные шахты, которые, как и загрузочные шахты, препятствуют выходу горячего воздуха в заполненном состоянии.

Разгрузочный механизм состоит из двух вальцовых пар и шнекового разгрузчика, установленного в самом низу. Валики вращаются навстречу друг другу и обеспечивают движение солода в нужном направлении. При остановке валиков движение солода прекращается.

Горячий воздух по коробам подается вентилятором в сушилку, а отработанный воздух отсасывается при помощи второго вентилятора. Сушилки такой конструкции имеют производительность от 5 до 20 т сухого солода в сутки.

Рекуперация теплоты при сушке

Если не удастся использовать теплоту применяемого воздуха в сушилке, то воздух выбрасывают в окружающую среду. При этом с воздухом теряется большое количество теплоты (температура отходящего воздуха после подвяливания равна 45–50 °С, а после отсушки – 80–85 °С).

Чтобы применять значительную часть теплоты, выбрасываемой вместе с использованным воздухом, осуществляют частичный нагрев им засасываемого холодного воздуха в теплообменнике со стеклянными трубками.

Такой теплообменник состоит из нескольких сотен стеклянных трубок, расположенных горизонтально и закрепленных между стенками канала для выпуска воздуха. Холодный воздух проходит внутри трубок и нагревается теплым отходящим воздухом, проходящим перпендикулярно по межтрубному пространству. Поэтому данный теплообменник является теплообменником с перекрестным током.

Стеклянные трубки применяют в связи с тем, что они значительно дешевле стальных и не подвергаются коррозии. Кроме того, они легко промываются.

Экономия энергии при этом довольно существенна. Так, при расходе энергии на нагрев воздуха в сушилке 1091 кВт·ч/т готового солода можно снизить его применением рекуперативного теплообменника до 740 кВт·ч/т готового солода и таким образом получить экономию 351 кВт·ч/т. Зимой можно получить экономию на 30–35 % больше из-за более низкой температуры наружного воздуха.

Удельная нагрузка на 1 м² площади решетки в современных высокопроизводительных сушилках составляет 350–500 кг ячменя в виде свежепроросшего солода

Потребность теплоты для сушки солода в одноярусных сушилках больше, чем в двухъярусных, так как в последних большую часть энергии можно использовать повторно внутри сушилки.

Дальнейшего увеличения использования первичной энергии можно добиться при использовании блочных мини-теплоэлектроцентралей, позволяющих получить электроэнергию и теплоту.

8. ОБРАБОТКА СОЛОДА ПОСЛЕ СУШКИ

Охлаждение высушенного солода

Высушенный солод имеет температуру порядка 80 °С и в таком виде храниться не может. Его охлаждают путём продувания холодным воздухом или в отдельном охлаждательном бункере до температуры 35–40 °С.

Удаление ростков

В высушенном солоде ещё могут находиться ростки в количестве 3–4 % от общей массы. Для дальнейшей переработки солода они должны быть удалены. Этот процесс осуществляется на росткоотбивной машине или росткоотделительном шнеке.

Все отделители ростков солода работают путём прижимания зерен к поверхности ситового цилиндра, в результате чего ростки отбиваются расположенным внизу шнеком. При этом важно не повредить зёрна при вращательном движении зерновой массы в процессе отбивки ростков.

9. ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СВЕТЛОГО И ТЁМНОГО СОЛОДА

Светлый солод

При производстве светлого солода должны исключаться все факторы, способствующие меланоидинообразованию. Для этого следует:

- использовать ячмени с низким содержанием белков (до 11 %);
- поддерживать низкую степень замачивания (42–44 %);
- обеспечивать неглубокие процессы расщепления (максимальная температура ращения 17–18 °С, невысокая степень растворения, листок зародыша должен составлять не более 2/3 длины зерна, корешок зародыша – не более 1,5 длины зерна);

– на стадии подвяливания поддерживать температуру агента сушки не более 55 °С, влажность солода понижать до 8–10 % благодаря сильной подаче агента так, чтобы ферменты не были способны вести расщепление экстрактивных веществ;

– поддерживать температуру агента сушки при отсушке не более 80–85 °С. Более высокая температура отсушки дает больше предшественников компонентов старения пива, но расщепление ДМС-П требует определенного термического воздействия.

Тёмный солод

При производстве тёмного солода поддерживают все режимы, способствующие меланоидинообразованию. Применяют 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 °С), достаточное растворение (листок зародыша – 3/4 длины зерна, корешок зародыша – около длины зерна). В течение первой половины процесса сушки влажность, благодаря уменьшению подачи воздуха, снижается лишь на 20 %, поэтому ферменты имеют благоприятную возможность для продолжения образования продуктов расщепления экстрактивных веществ. Температура отсушки для тёмного солода – 105 °С.

10. ХРАНЕНИЕ СОЛОДА

Из росткоотбойной машины солод через весы направляется в хранилище, где хранится в закромах или силосах. Помещения, где хранится солод, должны быть сухими, а зерно должно периодически проветриваться, чтобы не образовывался затхлый запах.

После сушки влажность солода составляет $\approx 2\%$, как следствие, он очень хрупок и при дроблении его оболочка будет измельчаться до состояния муки. Необходимую эластичность мякинных оболочек солод приобретает при более высокой влажности.

Составные части оболочки – коллоидные гигроскопичные вещества, поэтому она способна набухать, поглощая небольшое количество воды. Влажность должна достигнуть 5 %.

Свежевысушенный солод ведёт себя в переработке ненормально:

- образуется слишком мелкий помол;
- сусло получается мутное и плохо фильтруется;
- брожение такого сусла замедленное;

- осветление зелёного пива недостаточное;
- готовое пиво коллоидно неустойчиво.

Таким образом, медленнотекущие биохимические и физические процессы при отлёжке солода **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

При отлёжке амилолитическая способность солода увеличивается, увеличивается также и его кислотность, что связано с действием кислотообразующих ферментов и переходом в растворимое состояние неорганических веществ. Идёт процесс набухания органических веществ солода, что помогает структурным превращениям веществ солода.

Необходимое время отлёжки составляет 1–2 месяца. Хранение должно реализовываться при температуре не выше 20 °С для исключения эффекта самосогревания.

Потери при производстве солода

Установлено, что из 100 кг поступающего на переработку ячменя в результате технологических процессов получается 80 кг сухеного солода.

Большая часть потерь связана с существенной разницей во влажности ячменя и готового солода (табл. 6).

Таблица 6

Разница во влажности ячменя и солода

Наименование	Ячмень	Солод
Влажность, %	12–14	3–4

В результате очевидна разница $\approx 10\%$ без учёта потерь экстракта. Однако следует учитывать, что при солодоращении возникают потери сухого вещества ячменя, связанные с технологическими и биохимическими процессами (табл. 7).

Таблица 7

Технологические потери при производстве солода

Солод	Светлый	Тёмный
Потери при замачивании, %	1,0	1,0
Потери при дыхании, %	5,8	7,5
Потери в виде ростков, %	3,7	4,5
Итого, %	10,5	13,5

Отмечено, что наибольшие потери происходят при дыхании проращиваемого ячменя, так как этот процесс наиболее энергетически интенсивный. Для уменьшения потерь применяют различные технологические приемы, например своевременное ограничение дыхания зерна с использованием оборотного воздуха, насыщенного углекислым газом.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Показатели, характеризующие качество светлого и тёмного солода по российскому ГОСТ 29294–92

Показатели	Нормальные величины показателей	
	для светлого солода	для тёмного солода
Влажность, %	3,8–5,8	3–4,5
Продолжительность осахаривания, мин	10–20	20–30
Выход экстракта на абсолютно СВ (тонкий помол), %	77–79,5	76–77,5
Разница в выходе экстракта в тонком и грубом помолах, % на СВ	0,8–1,2	0,6–1,0
Содержание мальтозы в экстракте, %	65–73	59–65
Отношение сахаров к несахарам	0,40–0,55	0,55–0,70
Амилолитическая активность в ед. Виндиша–Кольбаха	300	100
Цвет, мл 0,1 н. йода (на 100 мл лабораторного сусла)	0,16–0,26	0,8–1,2
Натура (масса 1 л в граммах)	540–570	520–550
Абсолютная масса (масса 1000 зерен, г)	30–33	28–32
Развитие зародышевого листа до $\frac{3}{4}$ –1, %	75–80	75–85
Количество мучнистых зерен, %	90–95	90–95
Кислотность на 100 г СВ, мл 0,1 н. раствора NaOH	10,5–12,5	9–11
Азот общий в пересчете на белковое вещество, %	10,0–10,6	10,6–11,6
Аминный азот (формольный), сусло лабораторное, %	0,19–0,21	0,13–0,15

Краткая характеристика специальных типов солодов

Карамельный солод

Применяют для придания тёмной окраски пиву и повышения стойкости пива, так как он богат редуцирующими веществами.

Для производства карамельного солода раньше служил высушенный солод, дополнительно увлажненный 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 осахаривается в обжарочных барабанах 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 заключение лишь высушивают;
- светлый карамельный солод обрабатывают как тёмный карамельный солод, но не так интенсивно;
- тёмный 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 ч для карамелизации компонентов солода.

Затем солод удаляют из барабана и быстро 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.

«*Carapils*» при добавлении к засыпи в количестве 8–12 % дает светлый цвет, лучшую пену и повышенную полноту вкуса. Цветность у него 3–5 ед. ЕВС, применяется он для приготовления пива типа «Пилзнер» в количестве 3–5 %. Для слабоалкогольного и безалкогольного пива его добавляют до 40 %.

Светлый карамельный солод обладает цветностью 25–30 ед. ЕВС и применяется прежде всего для светлого пива в целях усиления полноты вкуса, 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 %.

Тёмный карамельный солод производят с различной цветностью – от 80 до 150 ед. ЕВС. Он существенно влияет на усиление полноты вкуса, 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.

Жжёный солод

В небольшом количестве применяют для получения очень тёмного пива. Добавлять его следует не более 1 %, так как иначе пиво приобретает неприятный пригорелый привкус. Для производства жжёного 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 подачи воздуха;
- через 2 ч переходят к процессу собственно обжаривания, который продолжается 1,5 ч при температуре 175–200 °С. При этом образуются карамельные вещества и другие продукты процесса высокотемпературной обработки;
- в заключение солод быстро и равномерно охлаждают. Цветность жжёного 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.

Диафарин

Солод с высокой амилолитической активностью применяется в пивоварении при переработке солода с недостаточной осаживающей способностью и несоложенных зернопродуктов.

Солодоращение ведут при низкой температуре (15–16 °С) в течение 9–10 сут. Свежепроросший солод загружают в сушилку тонким слоем. Температуру поднимают медленно при сильной аэрации. Отсушку ведут при температуре 50 °С в течение 5 ч до влажности 4–5 %.

Продолжительное проращивание зерна и сушка при низкой температуре обеспечивают максимальное накопление в нем ферментов и сохранение их высокой активности.

Кислый солод

Кислый, или протеолитический, солод предназначен для корректировки величины рН заторов при получении различных типов пива, в т. ч. безалкогольного. Цветность солода составляет 3,5–3,6 ед. ЕВС, величина рН – 3,4–3,5. Активным компонентом этого солода является молочная кислота, содержание которой может достигать 3–4 %. Расход солода зависит от качества светлого солода, особенно его буферных свойств, и жесткости воды и не превышает 10 % от массы засыпи. Внесение протеолитического солода способствует следующим процессам:

- повышению выхода экстракта за счет создания оптимальных физико-химических условий (величины рН) для проявления активности гидролитических ферментов;
- усилению буферных свойств затора за счет повышения концентрации фосфатов в сусле;
- снижению цветности сусла, улучшению органолептических свойств пива;
- большему накоплению в сусле аминного азота, редуцирующих веществ;
- созданию благоприятных условий для жизнедеятельности дрожжей;
- повышению конечной степени сбраживания сусла;
- повышению коллоидной стойкости пива;
- повышению пенообразования.

В России кислый солод в больших масштабах не производится, поэтому в случае необходимости для подкисления заторов можно применять пищевую молочную кислоту, представляющую собой смесь молочной кислоты и ее ангидридов (ГОСТ 490–79), или использовать биологическое подкисление затора.

При использовании молочной кислоты ее можно вносить в процессе затирания или после кипячения сусла с хмелем. В первом случае добавление молочной кислоты снижает концентрацию ионов кальция в заторе, которые осаждаются в виде оксалатов. Во втором случае кислота добавляется для создания оптимальных условий для

жизнедеятельности дрожжей (рН 4,8–5,2) и для корректировки буферности сусла. При выборе режима внесения молочной кислоты следует учитывать влияние величины рН на весь комплекс процессов, происходящих при затирании солода. Так, с одной стороны, внесение кислоты во время дробления солода (при использовании мокрого помола) или в начале процесса приготовления затора снижает активность липоксигеназы – фермента, осуществляющего окисление ненасыщенных жирных кислот солода, в результате чего уменьшается количество продуктов, отрицательно влияющих на вкусовую стабильность пива. С другой стороны, следует иметь в виду, что изомеризация хмелевых смол проходит интенсивнее в щелочной среде. Кроме того, в щелочной среде более активно идут процессы превращения DMS-P в DMS.

При биологическом подкислении молочная кислота получается непосредственно на предприятии путем культивирования молочнокислых бактерий *Lactobacillus sp.* в неохмеленном пивном сусле. Для этого используют специальные установки. При этом в ферментере накапливается до 1,2 % молочной кислоты, а после перекачивания культуральной жидкости в накопительный танк – до 2,2 %. Сусло, содержащее молочную кислоту, далее используется либо для подкисления затора (до 1 %), либо в конце варки (до 2 %), либо препарат вносят в готовое охмеленное сусло (до 2 %).

Солод короткого ращения

Солод короткого ращения занимает промежуточное положение между несоложенным зерном и солодом. Его изредка используют при переработке перерастворенных солодов, а также для повышения пенообразования и пеностойкости. Различают два типа солода короткого ращения: «наклюнувшийся» – это ячмень после 48–72 ч замачивания; такой солод можно рассматривать как несоложенный ячмень с точки зрения влияния на фильтруемость пива и содержание в нем высокобелковых соединений; «короткий» – это солод, который после замачивания проращивают 2–4 сут; с технологической точки зрения он не вызывает затруднений при переработке.

гН солод

гН солод предназначен для повышения редуцирующих веществ в пиве в целях увеличения физико-химической и вкусовой стабильности пастеризованного пива. Он имеет высокое содержание

мальтозы и продуктов расщепления белков. Цвет солода оставляет 1,0–1,2 ц. ед. Солод вносится в небольших количествах (до 5 % от за-сыпи) и не влияет на цветность пива.

Пшеничный солод

Применяют для производства пшеничного пива, а также дру-гих типов пива верхового брожения.

Проведена большая работа по селекции пшеницы, пригодной к пивоварению. Наиболее пригодна для производства солода пшени-ца, имеющая низкую растворимость белка и пониженную вязкость.

В связи с отсутствием у пшеницы мякинной оболочки и по-вышенным содержанием белков могут возникнуть проблемы при производстве пива.

Из-за отсутствия оболочки зерно пшеницы очень быстро по-глощает влагу, так что время замачивания можно сократить. Замачи-вают пшеницу до влажности 37–38 %, однако влажность должна рас-ти при проращивании до 44–46 % в течение 7 сут замачивания и про-ращивания.

При проращивании пшеницу следует чаще ворошить. Темпе-ратуру можно поддерживать несколько ниже, чем у ячменя, но для обеспечения растворения клеточных стенок (цитолиза) в последние сутки проращивания ее нужно поднять до 17–20 °С.

Для достижения типичного для пшеницы аромата предпочи-тают менее интенсивное расщепление белков. Ограниченное снабже-ние сусла соединениями азота приводит к получению пива с более ярким, привлекательным вкусом.

Предпочтительнее, чтобы солод имел повышенное значение рН конгрессного сусла (рН 6), а не пониженное. При этом не обяза-тельно высокое значение рН солода вызывает высокое значение рН пива.

При приготовлении пшеничного солода стремятся получить:

- степень растворения белков (число Кольбаха) не более 42 %;
- содержание в сусле свободных аминокислот FAN 18 % от об-щего азота;
- вязкость – ниже 1,65 мПа·с;
- разность между экстрактивностью муки тонкого и грубого помола около 1,0 %;

Подвяливание начинают при температуре 40 °С и заканчивают при 60 °С. Путем отсушки при различных температурах получают:

светлый пшеничный солод, который отсушивается очень быстро при 80 °С во избежание очень сильного окрашивания. Светлый пшеничный солод имеет цветность 3,0–4,0 ед. ЕВС и дает тонкое игристое пиво, типичное для пива верхового брожения, и отличается пшеничным ароматом;

темный пшеничный солод отсушивается при 100–110 °С, ввиду чего достигается цветность 15–17 ед. ЕВС. Темный пшеничный солод применяют преимущественно для получения темного пшеничного пива, «старого» пива и темного слабоалкогольного пива.

Ржаной солод

Рожь с трудом подвергается солодоращению из-за высокого содержания пентозанов. Поэтому солод из ржи имеет вязкость 3,8–4,2 мПа·с. Рожь замачивают несколько менее интенсивно, чем ячмень, до степени замачивания менее 40 %; время замачивания и проращивания составляет около 7 сут.

Солод из ржи обычно темнее пшеничного. Если его отсушивают как темный солод, то изготовленное из него пиво имеет явный вкус хлеба или хлебной корочки.

Пиво из ржи распространено слабо, но ржаной солод может использоваться для приготовления специального пива, так как он придает пиву оригинальный вкусовой профиль.

Солод тритикале

Под тритикале понимают гибрид пшеницы и ржи. 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 суслу и повышенному расщеплению белков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Балашов В.Е., Федоренко Б.Н.** Технологическое оборудование предприятий пивоваренного и безалкогольного производств. – М.: Колос, 1994.

2. **Ермолаева Г.А., Колчева Р.А.** Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков: Учеб. – М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2004.

3. **Кунце В., Мит Г.** Технология солода и пива. – СПб.: Профессия, 2000.

4. **Меледина Т.В.** Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. – СПб.: Профессия, 2005.

5. **Нарцисс Л.** Технология солодоращения. – СПб.: Профессия, 2007.

6. **Тихомиров В.Г.** Технология пивоваренного и безалкогольного производств. – М.: Колос, 1998.

7. **Федоренко Б.Н.** Инженерия пивоваренного солода: Учеб.-справ. пособие. – СПб.: Профессия, 2004.

8. **Василинец И.М., Калашникова А.М.** Химия и технология солода и пива. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2003.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	3
2. ПРИЁМКА ЯЧМЕНЯ.....	6
3. ХРАНЕНИЕ ЗЕРНОПРОДУКТОВ.....	7
<i>Способы и режимы хранения.....</i>	10
<i>Потери при хранении ячменя.....</i>	14
4. ОЧИСТКА И СОРТИРОВКА ЗЕРНА	16
5. МОЙКА И ЗАМАЧИВАНИЕ ЯЧМЕНЯ.....	27
6. ПРОРАЩИВАНИЕ ЗЕРНА.....	38
<i>Токовая солодовня</i>	38
<i>Барабанная солодовня.....</i>	40
<i>Ящичная солодовня (ящички Саладина).....</i>	42
<i>Статическая солодовня</i>	45
<i>Солодовня с ежесуточным перемещением</i> <i>«передвижная грядка».....</i>	46
<i>Солодовня с камерами растворения (метод Кронфа).....</i>	48
<i>Башенные солодовни</i>	49
<i>Солодовня с непрерывным методом производства</i>	58
7. СУШКА СОЛОДА	60
<i>Технология сушки солода</i>	62
8. ОБРАБОТКА СОЛОДА ПОСЛЕ СУШКИ.....	67
9. ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СВЕТЛОГО И ТЁМНОГО СОЛОДА.....	67
10. ХРАНЕНИЕ СОЛОДА.....	68
ПРИЛОЖЕНИЯ	71
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	78

Баланов Петр Евгеньевич
Смотраева Ирина Владимировна

ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДА

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор

Т.Г. Смирнова

Редактор

Е.О. Трусова

Компьютерная верстка

Н.В. Гуральник

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Подписано в печать 17.09.2014. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 4,89. Печ. л. 5,25. Уч.-изд. л. 5,0

Тираж 50 экз. Заказ № С 53

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9