

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Н. В. Винникова, Т. К. Нестеренко

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ДОРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений образования, обеспечивающих получение высшего
образования I ступени по специальности 1-74 02 01 Агрономия*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2025

УДК 631.56(075.8)

ББК 41.4я73

В48

*Рекомендовано методической комиссией
агротехнологического факультета 24.10.2023 (протокол № 2)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
25.10.2023 (протокол № 2)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. В. Винникова*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Т. К. Нестеренко*

Рецензенты:

кандидат биологических наук, доцент *С. И. Будай*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Д. Д. Фицуро*

Винникова, Н. В.

В48 Технология послеуборочной доработки продукции растениеводства. Курс лекций : учебно-методическое пособие / Н. В. Винникова, Т. К. Нестеренко. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2025. – 83 с.

ISBN 978-985-882-708-3.

В данном издании рассматриваются вопросы по основным темам учебной дисциплины «Технология послеуборочной доработки продукции растениеводства».

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 02 01 Агронómия.

УДК 631.56(075.8)

ББК 41.4я73

ISBN 978-985-882-708-3

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология послеуборочной доработки продукции растениеводства» относится к технологическим дисциплинам. Ее основная цель – помочь будущим специалистам агропромышленного комплекса рационально использовать продукцию растениеводства, правильно организовать ее подготовку к хранению, выбирая при этом наиболее экономически целесообразные режимы и способы. Изучение данной дисциплины является обязательным для студентов, получающих агрономическое образование. Она является прикладной дисциплиной, так как служит научной и теоретической базой для жизненно важной отрасли хранения и переработки продукции растениеводства, завершающей технологический цикл производства зерна, овощей и плодов.

Важнейшей задачей дисциплины является повышение качества растениеводческой продукции при подготовке к хранению и переработке. Повышение качества продукции – обязательное условие развития экономики. При решении этой задачи учитывают два аспекта: социальный и экономический. Социальный аспект заключается в том, что из сырья высокого качества можно получить при переработке больше полноценных продуктов питания широкого ассортимента, чем из низкокачественного сырья. Таким образом, качество сберегает количество. Экономический же аспект состоит в том, что продукция высокого качества реализуется по более высоким ценам, а ее производители получают дополнительные прибыли и материальные стимулы для дальнейшего повышения качества.

Вторая, не менее важная, задача дисциплины – это борьба с потерями растениеводческой продукции. Сокращение потерь продукции при подготовке к хранению позволяет увеличить объемы ее переработки и использования без расширения производства.

Потери продукции при хранении являются следствием ее физических и физиологических свойств. Только знание природы продукции, происходящих в ней процессов, применение разработанных режимов и способов хранения позволяют свести потери к минимуму. Следует отметить, что качество закладываемой на хранение продукции во многом определяет ее сохранность и величину потерь. Длительному хранению подлежит только здоровая продукция высокого качества, соот-

ветствующая требованиям стандартов. При хранении большой и поврежденной продукции происходит ее порча.

Третьей задачей дисциплины является повышение экономической эффективности отрасли хранения и переработки растениеводческой продукции. Это связано с сокращением затрат и средств на единицу массы хранящейся продукции при наилучшем сохранении ее количества и качества, с увеличением размеров прибыли и уровня рентабельности. Издержки при доработке, хранении и переработке продукции снижаются по мере создания более совершенной технической базы, внедрения новых технологических приемов, повышения квалификации специалистов.

Следует отметить, что основные задачи дисциплины тесно взаимосвязаны между собой и должны решаться одновременно. Повышение экономической эффективности перерабатывающей отрасли АПК возможно только при условии повышения качества продукции растениеводства как сырья для переработки и сокращения потерь ее при доработке, хранении и использовании.

Различают два основных вида потерь продукции при хранении – потери в массе и потери в качестве. В большинстве случаев эти потери взаимосвязаны, т. е. потери в массе сопровождаются потерями в качестве, и наоборот. Потери в массе, как правило, связаны с уменьшением количества хранящейся продукции, их причины хорошо изучены. Потери в массе определяются и нормируются при проведении количественно-качественного учета продукции. Сущность потерь в качестве заключается в уменьшении содержания в продукции каких-либо полезных веществ, частичной или полной утрате ее доброкачественности, снижении потребительской стоимости. Эти потери можно учесть при сортировке и теххимическом контроле качества.

По природе потери могут быть механическими (физическими) и биологическими. Грубое механическое воздействие на зерно, овощи и плоды приводит к травмам, которые являются наиболее распространенными причинами механических потерь. Также могут происходить просыпи (раструска) зерна и семян, картофеля и овощей при негерметичности транспортных средств и хранилищ, неисправности тары. Биологические потери связаны с живым началом продукции и происходят вследствие протекания в ней различных физиологических и биохимических процессов, свойственных биологическим объектам (например, самосогревание и прорастание зерна, картофеля), а также

воздействия на продукты различных живых организмов – насекомых и клещей, грызунов, птиц, микроорганизмов.

Потери продукции при хранении оцениваются неоднозначно. Лишь некоторые виды потерь являются неизбежными (их нельзя полностью устранить, сохраняя продукт в живом виде), другие же образуются в результате неправильного хранения и не могут быть оправданы. Неизбежной механической потерей является так называемый неучтенный распыл, возникающий при перемещении зерна, картофеля, овощей. При хранении сочной плодоовощной продукции к неизбежным физическим потерям относится незначительное испарение воды. Трата сухого вещества при дыхании растительных продуктов во время хранения признается единственно оправданной потерей биологической природы. Неизбежные потери в массе продукции при хранении являются естественной убылью. При рациональной организации хранения они весьма незначительны и за год хранения зерна составляют не более 0,2–0,4 % от массы продукции, а за сезон (6–8 мес) хранения лежкой плодоовощной продукции – 3–8 %. Исходя из природы только этих потерь, установлены нормы естественной убыли продукции при хранении и перевозках.

Естественная убыль определяется при проведении количественно-качественного учета продукции при хранении и списывается с материально ответственных лиц по фактическому наличию, но в пределах установленных норм. При превышении норм убыли потери считаются сверхнормативными и относятся на издержки предприятия или ставятся в начет материально ответственным лицам. Естественная убыль относится только к доброкачественной продукции, испорченная продукция (абсолютные отходы) учитывается и списывается отдельно.

Только в результате неправильной организации хранения, нарушения режимов и правил, применения недопустимых способов хранения могут происходить значительные потери и в массе, и в качестве продукции вследствие травм и просыпей, уничтожения птицами, грызунами и насекомыми, самосогревания, развития микроорганизмов и т. д. Потери, возникающие по этим причинам, считаются неоправданными, и, следовательно, недопустимыми. Чем больше отклоняются условия хранения от оптимальных, тем больше и потери. Все недопустимые потери являются активируемыми, т. е. обязательно составляется акт с указанием причин и величины потерь, виновные в допущении потерь несут ответственность.

При нерациональном использовании продукции могут происходить ее скрытые потери, т. е. использование продукции не по назначению. Например, использование в пивоваренной промышленности партий ячменя из сортов, не относимых к пивоваренным, как правило, приводит к снижению выхода и качества пива; скормливание свиньям на откорме зерна пшеницы вместо ячменя приводит к снижению привесов. Таким образом, причины скрытых потерь являются организационно-экономическими. Эти потери происходят в результате неумелого хозяйствования и связаны с недостаточной квалификацией кадров, с тем, что специалисты не могут правильно распорядиться продукцией, не знают ее полезных свойств и используют не по назначению. Очень важно не допустить скрытых потерь продукции при ее использовании и реализации.

Один из основных путей сокращения дефицита продовольствия и кормов в республике – увеличение биологической, энергетической, технологической и кормовой ценности сырья и продуктов. В период послеуборочной доработки, подготовки продукции к хранению ее потери в хозяйствах республики достигают огромных размеров, как в количестве, так и в качестве. Поэтому проблема сохранности различных видов растениеводческой продукции, соблюдения правильных режимов при закладке на хранение, заготовки качественной продукции согласно требованиям стандартов на нее крайне актуальна. При этом необходимо контролировать основные показатели ее биохимического состава и содержание токсических соединений: радионуклидов, пестицидов, нитратов, солей тяжелых металлов и микотоксинов.

1. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА И СЕМЯН

- 1.1. Теоретические основы послеуборочной доработки зерна.
- 1.2. Характеристика основных свойств зерна.
- 1.3. Послеуборочная обработка зерна.
- 1.4. Активное вентилирование зерна.

1.1. Теоретические основы послеуборочной доработки зерна

1.1.1. Особенности строения зерновок различных культур

Зерновка злаков состоит из оболочек, эндосперма и зародыша. Определенный интерес в хранении представляют оболочки зерновок, которые защищают эндосперм и зародыш от механических повреждений, высыхания, проникновения влаги и микроорганизмов, вызывающих порчу зерна. Под семенной оболочкой зерновки *пшеницы* находится алейроновый слой, составляющий 8 % массы зерновки. Он состоит из толстостенных клеток, содержащих белки, липиды, биологически активные вещества (витамины, ферменты). Алейроновый слой также выполняет защитную роль по отношению к эндосперму. Доля эндосперма, состоящего из крупных клеток разной формы, наполненных крахмальными зернами и белками, без алейронового слоя составляет 80–85 %. Именно ради эндосперма, с концентрированными в нем запасными веществами, выращивают и хранят зерновки злаков до переработки в продукты питания. Сохранение питательных веществ эндосперма, без излишних потерь сухих веществ на дыхание и тем более изменения биохимического состава, повреждения микрофлорой и т. д., и входит в основную задачу хранения.

В жизнедеятельности зерновки активную роль играет зародыш. Он занимает у пшеницы в среднем 2 % массы зерновки. Отличительные особенности зародыша зерновки – низкая механическая прочность, особенно у зерна твердой пшеницы, что должно учитываться при перемещении и очистке зерновых масс; высокая интенсивность физиологических процессов; легкость окисления находящихся в нем жиров и, как следствие, неустойчивость в хранении. С этими особенностями приходится считаться при очистке, сушке и хранении семян зерновых культур.

Так как оболочки зерновки образованы из плотных одревесневших клеточных стенок, то они надежно защищают зародыш и эндосперм от

внешних механических и химических воздействий. Исследования толщины оболочек зерновок мягкой и твердой пшеницы, показали, что у твердой она тоньше (0,0467 мм), у мягкой – толще (0,0550 мм).

В процессе обмолота в поле и при послеуборочной обработке на зерноочистительных машинах оболочки зерновки пшеницы и сам эндосперм получают различные механические повреждения, нередко с нарушением целостности зерна. Такие повреждения оболочек или всей зерновки негативно сказываются на семенных свойствах, увеличивают интенсивность дыхания семян, влияют на сохранность и служат очагами развития микроорганизмов в процессе хранения.

Зерновка ржи по внешнему виду и строению несколько сходна с зерновкой пшеницы. Но у ржи зерновка более удлиненной формы, чем у пшеницы, и если у пшеницы отношение длины к ширине составляет 2:1, то у ржи – 3,0–3,5:1. В зависимости от сорта и условий произрастания зерно ржи по линейным размерам сильно варьирует. С учетом формы и размеров различают зерна: узкие длинные; узкие короткие; широкие длинные; широкие короткие. По длине зерновки можно выделить следующие категории: длинное зерно – от 8 мм и выше, среднее – 7,0–7,9 мм, короткое – меньше 7,0 мм.

Соотношение анатомических частей зерна ржи также сильно варьирует и в среднем составляет: эндосперм – 73–77 %, зародыш – 3,5–3,7 %, алейроновый слой – 11–12 %, оболочки – 7–13 % массы всего зерна.

Зерно ржи более гигроскопично, чем зерно пшеницы. Принципы хранения зерна этой культуры практически ничем не отличаются от принципов хранения зерна пшеницы.

Ячмень. По форме различают зерновки удлиненные, ромбические и эллиптические. На форму зерна оказывает влияние характер расположения колосков на колосе. У двухрядного ячменя зерна свободно развиваются и имеют правильную симметричную форму. У четырехрядного ячменя сильное развитие средних колосков вызывает искривление плотно прижатых к ним развивающихся зерен боковых колосков, вследствие этого они имеют несимметричную форму и высокую пленчатость. В строении зерновки ячмень от других хлебных злаков отличается тем, что алейроновый слой у него состоит из 3–4 слоев клеток, на его долю приходится 12–14 % массы зерновки. Зерна ячменя неоднородны по крупности, длине, ширине. Если длина зерна превышает 10 мм, то оно считается длинным, коротким является зерно длиной менее 7 мм, широким – более 3 мм, узким – менее 2 мм, толстым – более 3 мм и тонким – менее 2 мм. Эти размеры учитываются

при проведении очистки партий зерна ячменя. Эндосперм у ячменя занимает 63–69 % массы зерна.

Овес. Местоположение зерна в колоске оказывает значительное влияние на крупность. У двухцветкового колоса верхнее зерно значительно мельче нижнего, что ведет к невыровненности зерновой массы по размерам. Зерновки овса различаются по форме и их разделяют на четыре типа: 1-й – толстоплодная; 2-й – переходная от толстоплодной к среднеплодной; 3-й – среднеплодная; 4-й – тонкоплодная (игольчатая).

Цветочные пленки овса плотно облегают зерновку, но не прирастают к ней и не удаляются при обмолоте. Этих пленок две – наружная и внутренняя. Наружная цветочная пленка может нести ость. Наличие ости и вытянутых концов пленок препятствует плотной укладке зерна в насыпи, зерновой ворох овса образуется рыхлый, с высокой скважистостью. Из-за высокой пленчатости у овса на долю эндосперма приходится 61 % .

У зерновки гигроскопичность выше, чем у пленок, на 0,8–1 %. Разность влажности, даже в тех случаях, когда вся зерновка находится в гигроскопическом равновесии с окружающей средой – воздухом, создает предпосылки для обмена влагой между сухими пленками и более влажным ядром. У зерновки овса в капиллярных полостях между пленками и ядром создается атмосфера с повышенной влажностью, со своим «микроклиматом». Вследствие этого у овса наблюдается повышенная, по сравнению с другими культурами, интенсивность дыхания, он скорее поражается плесенью хранения.

Просо. Зерновка проса, плотно окруженная цветочными пленками, имеет округлую или овальную форму. Форма зерновки обусловлена сортовой принадлежностью и условиями произрастания. В неблагоприятных условиях выращивания образуется зерно менее выполненное, следовательно, и более удлиненной формы. В результате неодновременного созревания зерен в метелке у проса всегда имеет место образование шуплого зерна – остряка, продолговатой формы с заостренными концами и пленчатостью до 65 %. Остряк в больших количествах образуется в неблагоприятные для вегетации проса годы и при очистке уходит в отходы.

Цветковые пленки у зерновки проса облегают ядро, но срстаются с ним не по всей поверхности, а только у рубчика, расположенного у зародыша. Пленчатость изменяется в широких пределах от 10 до 20 %. Пленки проса под действием ударов и перепада температур сравни-

тельно легко растрескиваются, ядро оголяется, частично раскалывается и дробится. Свежеобмолоченная насыпь проса содержит от 5 до 16 % шелушенного зерна.

Отсутствие цветочных пленок у проса резко снижает его стойкость при хранении. Такое зерно быстрее подвергается плесневению, быстро прогоркает жир; пшено, выработанное из такого проса, получается низкого качества.

Покрывающие ядро проса плодовые и семенные оболочки составляют примерно 3 % массы зерна. Тонкий, состоящий из одного ряда клеток алейроновый слой занимает около 6 % массы ядра. Отличительная особенность анатомического строения зерновки – сильное развите зародыша, он занимает около 8 % массы зерна (без пленок).

От других хлебных злаков просо отличается и химическим составом, в нем много жира (3,8–4,2 %), при хранении он легко прогоркает.

Такие негативные для партий зерна проса факторы, как высокие различия в степени зрелости, наличие обрушенных и поврежденных зерен, способность находящегося в зерновках жира прогоркать, отрицательно влияют на стойкость хранящихся партий проса и требуют повышенного внимания к их состоянию в процессе хранения.

Кукуруза. В зависимости от формы внешнего строения зерна, плечатости у кукурузы выделяют 8 ботанических подвигов, но производственное значение имеют только зубовидная, кремнистая, крахмалистая, сахарная и лопающаяся подвиды кукурузы. Различия в размерах и форме зерновки вызывают необходимость проводить в послеуборочный период калибрование зерна, предназначенного как для переработки в пищевой промышленности, так и используемого в качестве посевного материала. Как правило, семена кукурузы калибруют на шесть фракций.

Особенностями анатомического строения зерновки кукурузы является то, что у нее мощно развиты плодовые оболочки и имеется крупный зародыш, глубоко вдающийся внутрь зерна, составляющий от 8 до 14 % массы всей зерновки и содержащий до 36 % жира. Анатомическое строение зародыша кукурузы и его биохимический состав определяют высокую гигроскопичность зерна.

У кукурузы по всей длине зародыша отсутствует алейроновый слой, затрудняющий испарение воды. Место алейронового слоя занимает находящаяся непосредственно под плодовой и семенной оболочками прослойка ткани, состоящая из рыхлых клеток. Эти клетки обладают высокой гигроскопичностью и при повышенной влажности воздуха интенсивно поглощают влагу.

Семена бобовых культур. Строение семян бобовых культур, в отличие от злаковых, характеризуется отсутствием эндосперма. Запасные питательные вещества, необходимые для прорастания, отложены в зародыше и семядолях, содержащих крахмал, белки, жир, который в виде тонкой эмульсии прочно соединен с алейроновыми зернами. Характерная особенность семян бобовых культур, играющая немаловажную роль при хранении, – наличие плотной кожуры (семенной оболочки), снаружи покрытой кутикулой – сплошной тонкой пленкой, не пропускающей ни воду, ни газы. Соотношение основных анатомических частей семян гороха, чечевицы и фасоли: семенная оболочка, или кожа, – 8,4 % (6,4–11,0 %); семядоли – 90,0 (87,2–92,5); корень, стель и почечка – 1,6 % (1,1–2,8 %).

У **посевного гороха** преобладающей формой семян является шаровидная с гладкой поверхностью, но семена порой обнаруживают значительную изменчивость в форме и размерах. Диаметр семян колеблется от 3,5 до 10,5 мм, эти вариации можно уложить в три группы: мелкие семена – от 3,5 до 5 мм; средние семена – от 5 до 7 мм; крупные семена – от 7 мм.

На сохранность гороха большое влияние оказывает травмирование семян при уборке урожая и послеуборочной обработке. Травмирование зерна гороха негативно сказывается на посевных качествах семян, снижает урожай. Наиболее опасны для семян гороха травмы с одновременным повреждением зародыша и семядоли. Травмы же оболочки семени хотя и ведут к снижению всхожести и урожая, но в меньшей степени. Высокая степень травмирования наблюдается у семян гороха после многократного пропуска через норию.

Ценной бобовой культурой, в семенах которой содержится до 50 % белка и до 25 % жира, является **соя**. Семена у нее весьма разнообразны по форме и размерам. Форма бывает шарообразной и овальной. Семена могут иметь гладкую или слегка морщинистую поверхность. Длина семян колеблется от 5 до 13 мм, ширина – от 4,0 до 8,8 мм. На долю семенной оболочки у сои приходится около 8 % массы всего семени, она тонкая и плотно прилегает к семядолям.

Из-за высокого содержания белка семена сои обладают способностью быстро и в значительных количествах поглощать влагу из окружающего воздуха, т. е. они очень гигроскопичны. Поврежденные механически семена интенсивно поражаются плесневыми грибами, поэтому сою характеризуют как малоустойчивую культуру при хранении. Из-за наличия тонкой, легко повреждаемой оболочки, а также

высокого количества жира семена сои при хранении быстро теряют всхожесть.

Гречиха относится к семейству Гречишные. У гречихи плод – орешек трехгранной формы. Сверху он покрыт не цветковой пленкой, как у злаков, а плодовой оболочкой, плотно облегающей семя, но не сросшейся с ним. Поэтому между ядром гречихи и плодовой оболочкой имеется воздушная прослойка. При неправильном режиме работы молотильного аппарата комбайна плодовая оболочка довольно легко удаляется. Соотношение анатомических частей зерна гречихи: плодовая оболочка – 22–27 %, семенная – 2 %, алейроновый слой – 3–5 %, зародыш, расположенный внутри эндосперма, – 15–16 %, эндосперм – 60–65 %.

Размеры зерна гречихи колеблются в довольно широких пределах: длина – от 5 до 7,6 мм, ширина – от 2,8 до 4 мм, толщина – от 2,9 до 5,2 мм.

Невызревшие и имеющие повышенную влажность зерна гречихи обладают низкими товарно-технологическими показателями. В свежесобранной партии зерна гречихи количество таких зерен обычно составляет 20–25 %. При подработке зернового вороха неполноценные зерна проходят через сито с отверстиями 3,0–3,4 мм и уходят в отходы.

В процессе обмолота и послеуборочной подработки жесткая плодовая оболочка гречихи, неплотно прилегающая к ядру, легко отделяется. Поэтому гречиха, особенно свежесобранная, нестойка при хранении. Ядра без плодовой оболочки плохо хранятся, их удаляют в процессе послеуборочной подработки гречихи.

1.1.2. Состав зерновой массы

Зерно и семена различных культур принято называть зерновой массой. Любая зерновая масса состоит из зерен основной культуры, составляющих как по объему, так и по количеству основу всякой зерновой массы, примесей, микроорганизмов. Кроме указанных постоянных компонентов в отдельных партиях зерна могут присутствовать насекомые и клещи. В связи с этим при хранении и обработке любой зерновой массы ее следует рассматривать, прежде всего, как комплекс живых организмов.

Влияние на состояние и качество зерновой массы в той или иной степени может оказывать каждая группа данных организмов при условии проявления их жизнедеятельности.

В процессе уборки зерновых и масличных культур происходит отделение плодов и семян от вегетативных органов растений, после несложной очистки в основном от половы и соломы в бункер комбайна сыпается зерно с различными примесями органического и минерального происхождения, а также травмированные зерна, семена сорняков и т. д.

Состав этой зерновой массы зависит от многочисленных факторов: вида культуры, наличия в посевах основной культуры растений других культурных и сорных растений, применяемых агротехнических мероприятий, способа уборки урожая, пораженности посевов болезнями и вредителями, агроклиматических условий года, отлаженности работы зерноуборочной техники, попадания в зерновую массу при транспортировке зерен других культур.

В сухие годы из-за низкого стеблестоя зерновых культур в бункер комбайна вместе с зерном в большом количестве попадают минеральная примесь и пыль. Когда в период уборки урожая выпадает большое количество осадков, зерно, особенно ржи, способно прорасти в поле, и в зерновой массе оказывается много проросших зерен.

Все примеси отрицательно сказываются на качестве продуктов, получаемых из зерна, уменьшают выход продукта при переработке. Многие примеси отрицательно влияют на сохранность зерновых масс. Семена сорных растений, попадающие в зерновую массу в период уборки, могут вызывать самосогревание, так как содержат влаги на 10–20 % больше, чем зерно основной культуры.

Зерновая масса всегда включает в себя большое количество микроорганизмов. Особенно сильно загрязняется микроорганизмами зерно при уборке урожая. Их количество зависит от способа уборки. Прямое комбайнирование дает меньшую обсемененность зерновой массы микроорганизмами. Морфологические признаки зерна влияют на скопление на нем пыли вместе с микроорганизмами. Большому скоплению способствуют шероховатая поверхность эпидермиса, наличие бороздки и хохолка у мягкой пшеницы. Беднее микрофлорой, по сравнению с семенами пшеницы и ржи, семена пленчатых культур и кукурузы, початки которых закрыты обертками, а также семена бобовых. Микроорганизмы, особенно плесневые грибы, развиваясь на зерне, губительно действуют на зародыш и резко ухудшают качество зерна.

Зерновая масса как живой организм помимо основного зерна и примесей может включать в себя насекомых-вредителей, клещей. Насекомые-вредители и клещи, входящие в зерновую массу и являю-

щиеся ее компонентом, наносят большой ущерб, уменьшая массу продукции и ухудшая ее качество. При сильной зараженности вредители снижают всхожесть зерна, ухудшают его мукомольные свойства и пищевую ценность, засоряют зерновую массу, повышая ее температуру и влажность.

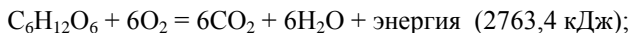
Следовательно, зерновая масса – это продукт, получаемый в результате обмолота какой-то зерновой или масличной культуры. Она состоит:

- 1) из зерен или семян основной культуры различного состояния и качества;
- 2) зерен других культурных растений;
- 3) всевозможных минеральных и органических примесей;
- 4) новообразований, возникших в результате развития на зерне болезней;
- 5) битых, давленных и щуплых зерен основной культуры;
- 6) микрофлоры зерновой массы;
- 7) воздуха межзерновых пространств с характерным составом газовой и паро-воздушной смесей;
- 8) насекомых, как случайно оказавшихся в зерновой массе, так и вредителей хлебных запасов.

В технологии послеуборочной доработки и хранения зерновых масс большое внимание уделяется ее составу, так как чем меньше примесей, тем выше качество зерна.

1.1.3. Физиологические процессы, происходящие в зерне при хранении

Дыхание. Дыхание может происходить аэробно и анаэробно с выделением конечных продуктов дыхания и энергии.



Но при хранении зерновых масс продовольственного и кормового назначения наибольшее значение имеет не вид или характер дыхания, а его интенсивность. Если дыхание замедлено (интенсивность его очень низкая), то оно не оказывает отрицательного влияния на сохранность и качество зерна и семян, происходят только незначительные потери массы (в пределах норм естественной убыли), за год не превышающие, как правило, 0,1–0,2 % при правильном хранении сухого

зерна. При хранении очень сырого зерна (с влажностью более 20 %), находящегося в неохлажденном состоянии, такие же потери массы сухого вещества могут произойти за одни сутки. При интенсивном дыхании происходят не только потери в массе, но и значительные потери в качестве зерна и семян. Самым отрицательным следствием дыхания в этом случае является выделение большого количества тепла, приводящего к *самосогреванию* зерновой массы.

Послеуборочное дозревание – комплекс сложных биохимических процессов в зерне и семенах при хранении, приводящих к улучшению их посевных и технологических качеств. Дозревание заключается в повышении жизнеспособности семян, их всхожести и энергии прорастания. Отмечается также улучшение технологических качеств в небольших пределах: повышается качество сырой клейковины в зерне пшеницы, увеличивается выход масла при переработке маслосемян.

Послеуборочное дозревание происходит только в том случае, если синтетические процессы в семенах преобладают над гидролитическими. А для этого необходимо, чтобы зерно находилось в сухом состоянии (с влажностью ниже критической). Это главное условие для нормально протекающего процесса дозревания. В свежубранном зерне с повышенной влажностью преобладание процессов гидролиза приводит не к уменьшению физиологической активности, а к ее дальнейшему росту. Семена не только не улучшают своих посевных качеств, но могут и снизить их. Послеуборочное дозревание в таких партиях зерна не происходит.

Важнейшим условием, обеспечивающим процесс послеуборочного дозревания, является температура. Семена дозревают только в условиях положительной температуры и наиболее интенсивно при 15–30 °С. Поэтому в первый период хранения сухие свежубранные семена не следует значительно охлаждать. Наиболее интенсивно послеуборочное дозревание протекает при активном доступе воздуха к семенам. Недостаток кислорода и накопление в зерновой массе диоксида углерода замедляют дозревание. При благоприятных условиях хранения процесс послеуборочного дозревания семян основных злаковых культур заканчивается в течение полутора-двух месяцев. Таким образом, послеуборочное дозревание имеет не только технологическое, но и экономическое значение.

Прорастание. При хранении зерна и семян следует исключить их *прорастание*, которое сопровождается полной утратой семенных качеств и резким ухудшением технологических достоинств вследствие

активного гидролиза запасных питательных веществ. Прорастание сопровождается усиленным дыханием, выделением тепла, потерей массы сухого вещества (в течение 5 суток после начала прорастания зерно хлебных злаков теряет 4–5 % сухого вещества). Зерно при этом приобретает солодовый запах и сладкий вкус, то есть утрачивает свою свежесть.

Прорастание становится возможным в результате накопления зерном *капельно-жидкой* влаги (не менее 50 % от массы зерна), которая поступает в зерновую массу при нарушении правил перевозки и хранения (негерметичное хранилище: попадание в него атмосферных осадков через неисправную крышу, доступ грунтовых и талых вод через пол). Также капельно-жидкая влага образуется как конденсат при перепадах температур в различных участках зерновой массы вследствие явления *термовлагопроводности* – переноса влаги с потоками тепла (из теплых участков в холодные). Все эти процессы нельзя допускать при хранении зерна.

1.1.4. Самосогревание зерновых масс при хранении

Самосогревание – повышение температуры зерновой массы вследствие протекающих в ней физиологических процессов и низкой теплопроводности. При этом температура зерновой массы может повышаться до 55–65 °С и даже до 70–75 °С, что приводит к значительному ухудшению качества зерна.

Самосогревание – комплексное явление, которое возникает в результате активной жизнедеятельности зерна основной культуры, семян сорных растений, микроорганизмов, насекомых и клещей.

Интенсивность самосогревания зависит от нескольких факторов.

Состояние зерновой массы зависит от исходной влажности, температуры, физиологической активности и состава микрофлоры.

Самосогревание чаще всего наблюдается в партиях зерна, заложенных на хранение во влажном и сыром состоянии и хранящихся при температуре выше 10 °С. Так, при температуре 10–15 °С начальные стадии самосогревания развиваются очень медленно, а ниже 8–10 °С оно обычно не возникает.

После достижения максимальной температуры самосогревания (60–65 °С) начинается медленное естественное охлаждение зерновой массы из-за гибели всех живых компонентов под действием высоких температур. Однако зерно и семена к этому времени полностью утра-

чивают пищевые, кормовые и посевные качества. Самосогревание ни в одной зерновой массе само по себе не прекращается раньше, чем будет достигнута максимальная температура.

Физиологическая активность зерновой массы. Партии свежеубранного зерна, не прошедшие послеуборочного дозревания, а также незрелое, проросшее зерно характеризуются повышенной физиологической активностью. Они менее устойчивы при хранении и в них раньше возникает самосогревание.

Неадекватное состояние зернохранилищ и их нерациональная конструкция. Чем лучше гидроизолировано зернохранилище и менее теплопроводны его стены, пол и крыша, тем меньше опасность возникновения самосогревания.

В зависимости от состояния зерновой массы и условий хранения самосогревание может возникнуть в различных ее частях. В практике хранения зерна различают следующие виды самосогревания: гнездовое, пластовое и сплошное.

Гнездовое самосогревание может возникнуть в любом участке при нарушении основных правил размещения зерна и ухода за ним. Причинами возникновения гнездового самосогревания могут быть увлажнение какого-то участка зерновой массы в результате неисправности крыши или плохой гидроизоляции стен хранилища; засыпка в одно хранилище зерна с различной влажностью и образование очага с повышенной влажностью; образование участка с повышенным содержанием примесей, пыли и микроорганизмов; скопление насекомых и клещей на одном участке насыпи.

Пластовое самосогревание может возникнуть при увлажнении отдельных слоев насыпи. Различают самосогревание верховое, низовое, вертикально-пластовое.

Верховое самосогревание встречается при хранении зерновой массы в периоды наибольшего перепада температур зерна и атмосферного воздуха, т. е. поздней осенью и весной.

Низовое самосогревание развивается в нижнем слое насыпи на расстоянии 20–50 см от пола. Оно возникает в складах ранней осенью при засыпке теплого зерна с повышенной влажностью на холодный пол.

Вертикально-пластовое самосогревание характеризуется образованием вертикального греющегося пласта в зерновой массе, хранящейся в складах и силосах элеватора. Причина этого самосогревания – неравномерный обогрев или охлаждение стен хранилища или их увлажнение.

Сплошное самосогревание – это повышение температуры во всей зерновой массе за исключением строго ограниченных периферийных участков. Оно обычно бывает следствием других видов самосогревания и появляется при хранении зерна с высокой влажностью и значительным содержанием примесей.

1.2. Характеристика основных свойств зерна

Физические свойства зерновых масс. Присутствие в зерновой массе различных компонентов придает ей специфические свойства, которые необходимо учитывать при обработке и хранении.

Сыпучесть. Зерновая масса, состоящая из громадного числа зерновок и некоторого количества примесей с промежутками между ними, заполненными воздухом, является сыпучим материалом. Сыпучестью называется способность зерна и зерновой массы перемещаться по какой-либо поверхности, расположенной под углом к горизонту. Сыпучесть зерновой массы зависит от вида культуры, засоренности, влажности и снижается при продолжительном хранении зерна без перемещения. Наиболее сыпучи зерновые партии, состоящие из семян шарообразной формы с гладкой поверхностью (горох, просо, соя). Меньшая сыпучесть у зерновой массы, состоящей из зерен продолговатых, тонких, с шероховатыми оболочками или цветковыми пленками. Снижают сыпучесть примеси, особенно мелкие или с шероховатой поверхностью.

В практике послеуборочной доработки и хранения зерна и семян сыпучесть используется для перемещения зерна по принципу самотека. Поднятая на верхние этажи элеватора зерновая масса под действием силы гравитации самотеком направляется на расположенные в нижних этажах зерноочистительные машины. Принцип самотека используется при отгрузке зерна из силосов элеватора и в технологическом процессе работы шахтных сушилок. Благодаря сыпучести зерновая масса способна заполнять хранилища самой различной конфигурации.

Показатель сыпучести зерна и семян характеризуется *углом естественного откоса*. Под углом естественного откоса (углом ската) понимается угол между диаметром основания и образующей конуса, возникающий при свободном падении зерновой массы на горизонтальную плоскость. Угол естественного откоса составляет: для пшеницы и ржи – 23–38°, для овса и подсолнечника – 31–45°, для проса –

20–25°, для кукурузы – 30–40°, для риса – 27–48°. Тот наименьший угол, при котором зерно начинает двигаться самотеком по наклонной плоскости, получил название *угла трения*.

Зерновая масса при длительном хранении уплотняется, и сыпучесть ее снижается. Очень сильно сыпучесть снижается при самосогревании зерновых масс.

Самосортирование – способность зерновой массы терять однородность при перемещении и в свободном падении. Всякое перемещение зерновой массы сопровождается неравномерным расслоением входящих в нее компонентов по отдельным участкам насыпи. Это создает предпосылки для возникновения в зерновой массе нежелательных явлений – самосогревания, слеживания, развития микроорганизмов и вредителей. Таким образом, самосортирование зерновой массы ухудшает условия ее хранения и переработки.

Этот процесс является следствием сыпучести, происходит в недостаточно подготовленной к хранению партии зерна, когда она неоднородна и в ней присутствуют тяжелое, выполненное зерно, тяжелые примеси, а также легкие зерна и примеси. При заполнении силосов элеватора неоднородной зерновой массой зерно падает с большой высоты и в процессе падения, вследствие различия в массе и аэродинамических свойств зерна и примесей, разделяется на тяжелую и легкую фракции. Тяжелые зерна и примеси располагаются у центра дна силоса, а легкие – ближе к его стенкам. В момент выпуска зерна из силосов самосортирование усиливается, в первую очередь вытекает тяжелое зерно. От этого в силосе нарушается однородность зерновой массы, в отдельных ее участках создаются условия для развития самосогревания.

В практике хранения рекомендуется для исключения самосортирования при выпуске зерна из силосов устраивать или специальные приспособления, или по всей площади днища делать несколько выпускных конусов и отверстий.

Самосортирование происходит и при загрузке складов транспортерами, что создает неодинаковые условия хранения. Явление самосортирования необходимо учитывать при отборе проб зерна для определения качества партий зерна. В методике взятия точечных проб зерна предусмотрено это явление, и поэтому пробы отбираются в различных слоях зерновой насыпи.

Скважистость – это объем воздушных промежутков, выраженный в процентах от общего объема, занятого зерновой массой.

Скважистость зависит от природы – массы единицы объема, заполненного зерном. Скважистость зерновой массы изменяется в зависи-

мости от формы и выполненности зерна, состояния его поверхности, количества и состава примесей, а также от влажности. Наиболее высокая скважистость у насыпи семян подсолнечника – 60–80 %, зерна овса – 50–70 %, риса и гречихи – 50–65 %. Зерно пшеницы, ржи, проса и гороха укладывается более плотно, у этих культур скважистость составляет 35–45 %.

Воздух межзерновых пространств необходим для сохранения жизнеспособности зерна. По воздушным каналам, образующимся за счет скважистости, в зерновой массе происходит перемещение воздуха и влаги, находящейся в газообразном состоянии. За счет скважистости через зерновую массу можно пропускать подогретый или охлажденный воздух, проводить активное вентилирование, а с целью уничтожения вредителей хлебных запасов проводить фумигацию.

Длительное хранение зерна с большой высотой насыпи увеличивает плотность его укладки, снижает скважистость и ухудшает в зерновой массе газообмен, что создает условия для снижения семенами всхожести и может привести к развитию процессов самосогревания.

Наряду с положительным значением скважистость имеет и негативное значение. Наличие в скважинах воздуха обуславливает низкую теплопроводность зерновой массы и слабый отток тепла, образующегося в процессе самосогревания. Скважины в зерновой массе создают условия для обитания вредителей хлебных запасов, защищают их от перепадов температур и переохлаждения в зимний период хранения зерна.

Сорбционные свойства – это способность поглощать из окружающей среды пары различных веществ или газы и выделять их.

Сорбционные пары и газы при определенных условиях могут улетучиваться из зерновой массы, это явление называют *десорбцией*. Значительная сорбционная емкость зерновой массы объясняется капиллярно-пористой, коллоидной структурой каждого зерна и скважистостью всей массы.

Все явления сорбции, происходящие в зерновой массе при транспортировании, обработке и хранении, можно разделить на две группы: сорбцию и десорбцию различных газов и паров; сорбцию и десорбцию паров воды.

Сорбция и десорбция газов и паров. Зерно интенсивно сорбирует различные газы и пары, в среде которых находится, и обратно удалить их очень трудно. Оно способно поглощать пары и газы нефтепродуктов, фенола, эфирных масел семян, сорняков, почти все фумиганты.

Последние вступают в химические взаимодействия с веществами зерна, т. е. хемосорбируются. Если при обмолоте в зерновую массу попадают части сорных растений, например полыни, то содержащиеся в них эфирные масла легко сорбируются, и зерно приобретает полынный запах и горький вкус. Партии зерна с посторонним запахом – это дефектные партии, которые надо хранить отдельно от нормального зерна. Их дополнительно обрабатывают для устранения постороннего запаха, что увеличивает расходы на хранение. Чтобы избежать ухудшения качества зерновых масс в результате сорбции паров различных веществ, хранилища и транспортные средства должны быть чистыми, без посторонних запахов.

Сорбция и десорбция паров воды. Способность зерновой массы поглощать пары воды из воздуха или выделять их в воздушное пространство называется гигроскопичностью. Практика показывает, что при хранении зерна в производственных условиях наблюдается самопроизвольное изменение влажности зерна. При хранении его во влажной атмосфере происходит увлажнение, а в сухой – подсыхание. В результате взаимодействия зерновой массы с окружающей средой влажность зерна непрерывно изменяется до установления равновесной. Равновесная влажность зерна – это влажность, при которой наступает состояние равновесия между влажностью зерна и окружающей средой, после чего изменение влажности хранящейся массы зерна прекращается. Она зависит от сорбционных свойств зерна, относительной влажности и температуры воздуха.

Равновесную влажность используют для выбора режимов активного вентилирования и сушки зерна, а также для выявления условий его безопасного хранения, при которых жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы незначительна.

Максимальная равновесная влажность зерна злаков устанавливается при 100%-ной относительной влажности воздуха и равна 33–36 %. Это тот предел, до которого зерно может сорбировать пары воды из воздуха. Влажность выше максимальной равновесной возможна только при впитывании зерном капельно-жидкой влаги. Влажность зерна 7–10 % устанавливается при относительной влажности воздуха 15–20 %. Это низший предел влажности зерна в производственных условиях.

Равновесная влажность зерна разных культур из-за различия по химическому составу неодинакова. Она больше у семян бобовых культур, меньше – у зерновых и еще меньше – у масличных. Уменьшение

этой величины объясняется увеличением содержания жира в семенах и снижением количества гидрофильных веществ.

Равновесная влажность зависит от температуры окружающего воздуха, так как изменение температуры воздуха влечет за собой изменение его относительной влажности. Повышение температуры на 10 °С при постоянной относительной влажности воздуха вызывает уменьшение равновесной влажности на 0,6–0,7 %. Поскольку атмосферные условия меняются в течение суток, месяца и года, то и влажность зерна колеблется, поэтому контроль за влажностью в течение суток при приемке, хранении и обработке зерна – обязательное условие предотвращения потерь.

Гигроскопичность зерна обуславливает необходимость очистки свежесобранного зерна для удаления примесей, так как влажность некоторых из них во много раз превышает влажность самого зерна. Промедление с очисткой приводит к увлажнению зерна в результате перераспределения влаги. Влажность – основной фактор сохранности зерновой массы – различна в отдельных местах насыпи. Наличие в зерновой массе более увлажненных участков с повышенной физиологической и микробиологической активностью ухудшает сохранность зерна.

Различная влажность анатомических частей зерна, обладающих неодинаковой гигроскопичностью вследствие своего строения и химического состава, объясняет неравномерное распределение влаги в самом зерне. Влажность зародыша зерна пшеницы всегда выше, чем остальной части зерна. В зернах пленчатых культур более увлажнено ядро, менее – цветковые пленки. Распределение влаги в зерновой массе зависит от выполненности и крупности зерна. У мелких, щуплых и битых зерен большая активная поверхность и высокая влажность. Они более гигроскопичны, дышат интенсивнее, чем выполненные, и служат хорошей средой для развития микроорганизмов и насекомых. Удаление этих фракций при первичной обработке зерна придает партии большую стойкость при хранении.

Равновесная влажность быстрее и раньше устанавливается в верхних слоях насыпи, окруженных атмосферным воздухом. На зерно нижних и особенно средних слоев насыпи атмосфера по времени и по характеру воздействует иначе, поэтому влажность зерна, находящегося в различных слоях насыпи, неодинакова. Она постоянно меняется вследствие изменения параметров наружного воздуха и других причин.

Выделение влаги и теплоты всеми живыми компонентами в результате жизнедеятельности повышает влажность зерновой массы и возду-

ха межзерновых пространств. Вследствие самосортирования в разных участках насыпи эта жизнедеятельность различна, поэтому и влажность отдельных участков зерновой массы может быть неодинаковой.

Теплофизические свойства зерновых масс.

Теплопроводность – способность зерновой массы передавать тепло. Она характеризуется коэффициентом теплопроводности. Коэффициент показывает, какое количество теплоты передается в единицу времени (т. е. характеризует теплоизоляционные свойства материала). Теплопроводность зерновой массы невысокая, так как ее компоненты (зерно и воздух) – плохие проводники тепла.

Зерно плохо проводит тепло, коэффициент его теплопроводности колеблется в пределах от 0,12 до 0,3 Вт/(м К), в то время как, например, коэффициент теплопроводности меди 300–390 Вт/(м · К). Межзерновые пространства зерновой массы на 30–70 % заполнены плохо проводящим тепло воздухом, имеющим по сравнению с зерном меньшую примерно в 8 раз теплопроводность. Поэтому общая теплопроводность у зерновой массы еще ниже – 0,08–0,15 Вт/(м · К). С повышением показателя влажности зерна теплопроводность зерновой массы также повышается. Из-за низкой теплопроводности зерновой массы при сушке зерна возможен перегрев отдельных его слоев, вследствие чего снижается всхожесть семян, ухудшаются технологические достоинства зерна.

Температуропроводность характеризует скорость изменения температуры в зерне, т. е. способность за определенный срок выравнять температуру в различных слоях насыпи зерна. *Коэффициент температуропроводности* показывает скорость нагревания или охлаждения зерновой массы, т. е. теплоинерционные свойства

Коэффициент температуропроводности зерновой массы зависит от показателей влажности зерна и его температуры и колеблется в пределах $1,7-1,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$.

Из-за низкой температуропроводности насыпей зерна колосовых культур они длительное время сохраняют температуру, приобретенную в период поступления на хранение. Примерно три месяца требуется для выравнивания температуры насыпи высотой 4 м на складе с температурой окружающего воздуха.

Низкая тепло- и температуропроводность зерновой массы в технологии хранения рассматриваются и как положительное, и как отрицательное свойство. Положительным фактором является то, что хранящиеся массы зерна могут долго находиться в охлажденном за зиму

состоянии даже при повышенных весенних температурах воздуха в хранилищах, отрицательным – из-за низкой теплопроводности при интенсивном дыхании зерновой массы и выделении значительного количества тепла может происходить его концентрация в насыпи, что вызывает самосогревание зерна или семян.

Теплоемкость зерновой массы характеризуется удельной теплоемкостью – расходом тепла при нагревании 1 кг зерна на 1 °С.

Так как теплоемкость воды значительно выше теплоемкости сухого зерна, то с повышением его влажности показатель теплоемкости зерна возрастает.

Теплоемкость зерна учитывают при его сушке и охлаждении.

Термовлагопроводность – направленное перемещение в зерновой массе влаги, обусловленное перепадом температур. Влага в зерновых массах из-за перепадов температуры в различных пластах постоянно перемещается в направлении теплового потока – от более нагретых к менее нагретым слоям.

Перемещение влаги в зерновой массе вследствие термовлагопроводности имеет большое практическое значение для хранения зерна. Так, из-за неравномерного обогрева весной стен зернохранилища солнечными лучами или при размещении неохлажденной зерновой массы на холодном полу в ней возникает резкий перепад температур, вызывающий миграцию влаги из слоев насыпи с большей температурой к слоям более холодным. Охлаждаясь до температуры ниже точки росы, влажный воздух образует в этих слоях капельножидкую влагу. Влага немедленно увлажняет зерно. При высокой влажности находящиеся в зерне ферменты активизируются, повышается интенсивность дыхания и возникает самосогревание зерновой массы.

1.3. Послеуборочная обработка зерна

1.3.1. Схема послеуборочной обработки зерна

Свежеубранный зерновой ворох имеет, как правило, высокие среднюю влажность (до 25 %, иногда до 30–34 %) и засоренность (до 30–32 %). В нем содержится большое количество поврежденных и незрелых семян. Примеси ухудшают качество зерна, отрицательно влияют на его сохранность. Технологическую операцию по удалению из зернового вороха (зерновой массы) примесей называют очисткой. После очистки зерно можно использовать на пищевые, технологиче-

ские, семенные и кормовые цели. Примесь органического и неорганического происхождения, подлежащая удалению при использовании зерна по целевому назначению, называется сорной. Неполноценные зерна основной культуры, а также зерна других культурных растений, допускаемых при приеме, относятся к зерновой примеси. В зависимости от количества сорной и зерновой примесей зерно продовольственного назначения подразделяют на три состояния: чистое, средней чистоты и сорное. Семенной материал по чистоте подразделяют на три класса (у некоторых культур – на два).

Послеуборочная обработка – это комплекс взаимосвязанных технологических транспортных операций по приемке, очистке, сушке и активному вентилированию зерна. В настоящее время широкое распространение получила обработка зерна в потоке, которая представляет собой систему операций, проводимых в определенной последовательности и выполняемых одна за другой. При этом можно совмещать самые разнообразные операции обработки зерна в зависимости от особенностей культуры, исходного качества, метеорологических условий, целевого назначения и материально-технической базы предприятия.

При организации поточной обработки предусматривают соблюдение условий: круглосуточную бесперебойную приемку зерна; полную сохранность зерна в процессе послеуборочной обработки; формирование партий зерна по качеству в соответствии с целевым назначением; минимальный расход топлива и электроэнергии; сокращение затрат труда.

Для обработки зерна в потоке созданы технологические линии, состоящие из комплекса машин и сооружений, связанных между собой в заданной последовательности подъемно-транспортными механизмами.

Схема приемки и обработки зерна в потоке может включать следующие операции:

- определение качества (влажность, засоренность);
- взвешивание;
- разгрузка;
- предварительная очистка (удаление грубых примесей);
- временное хранение с активным вентилированием;
- сушка;
- первичная очистка (доведение зерна до заготовительных кондиций).

Для семенных партий дополнительно включают:

- вторичная очистка (доведение зерна до посевных кондиций);
- специальная очистка (удаление трудноотделимых примесей);
- пневмосортирование.

Необходимость каждой операции устанавливают исходя из качества поступающего зерна и его назначения. Поскольку каждая технологическая линия имеет определенную пропускную способность, а фактическое поступление зерна может быть более или менее интенсивным, то для равномерной загрузки линий их оборудуют накопительными емкостями. При использовании накопительных емкостей их оборудуют установками для активного вентилирования и охлаждения зерна. При разработке схем послеуборочной обработки зерна руководствуются: объемами и сроками приемки, обработки, хранения и отпуска зерна; техническими нормами производительности оборудования; режимами очистки, сушки и активного вентилирования.

1.3.2. Очистка зерна и семян

1.3.2.1. Принципы очистки (сепарирования) зерна и семян.

Под сепарированием понимается процесс механического разделения зерновой смеси, предусматривающий полное выделение зерен основной культуры и разделение отсортированных зерен на составные, более однородные части (фракции).

Машины для очистки зерновых масс – сепараторы – условно делят на две группы: простые и сложные.

Простые сепараторы разделяют смесь по одному признаку на две фракции (зерно и отходы). К ним относят решето с одинаковыми по форме и размерам отверстиями, триер с одинаковыми ячейками, пневмоканал однократного действия.

Сложный зерноочистительный сепаратор состоит из нескольких простых сепараторов: трех различных решет (приемного, сортировочного и подсевного) и двух пневмосепарирующих каналов (предварительной и окончательной продувки), а также отсева для сортирования зернопродуктов.

Для очистки особое значение имеют физико-механические свойства зерновых культур и наиболее часто встречающихся в них примесей, позволяющие выбирать оптимальные разделяющие факторы (размеры отверстий решет, скорость воздушного потока и пр.): линейные размеры зерна и примесей, скважистость, объемная масса, коэффициент трения, скорость витания и т. п.

1.3.2.2. Сепарирование по линейным размерам.

В зависимости от линейных размеров зерна и примесей очистка проводится по различным параметрам:

- с учетом ширины – на решетках с круглыми отверстиями;
- с учетом толщины – на решетках с продолговатыми отверстиями;
- с учетом формы поперечного сечения – на решетках с круглыми или треугольными отверстиями.

Например, стручки (плоды) дикой редьки (сечение в форме круга) остаются на поверхности решета с треугольными отверстиями, а зерна гречихи (треугольной формы) проходят через отверстия. Через решето с треугольными отверстиями проходят и сорные семена татарской гречихи (треугольной формы), а пшеница, засоренная этими сорными семенами, остается на поверхности. Эффективность разделения подобных смесей повышают путем предварительной сортировки исходного материала по ширине на решетках с круглыми отверстиями;

В зерноочистительных машинах применяют пробивные (штампованные) решета, изготавливаемые из оцинкованной листовой стали. Отверстия в них имеют круглую или прямоугольную форму. Реже применяют отверстия другой формы, например, треугольные. Рабочим размером отверстий являются: для круглых – диаметр, прямоугольных – ширина, треугольных – сторона правильного треугольника.

Заводы выпускают решета с круглыми отверстиями диаметром от 0,8 до 40 мм. Номер такого решета – это число, в десять раз большее диаметра отверстия, например, решето № 8 имеет диаметр отверстий 0,8 мм. С прямоугольными отверстиями предусмотрены решета шириной от 0,5 до 10 мм.

Оптимальный режим очистки зерна и семян достигается за счет правильного подбора решет по форме и размеру отверстий. При этом производительность решет с продолговатыми отверстиями выше, чем решет с круглыми отверстиями, но последние дают некоторое преимущество по качеству сепарирования.

Длинные примеси удаляют из зерновой массы на ячеистой поверхности. На решетках не разделяются зерна с одинаковым поперечным сечением и различной длиной. Для их сепарирования используют триерные поверхности с полусферическими ячеями. При движении смеси на ячеистой поверхности короткие зерна попадают в ячеи, затем в сборный лоток и далее при помощи шнека выводятся из сепаратора. Длинные зерна не попадают в ячеи, скользят по триерной поверхности и сходят с нее. Применяемые для очистки пшеницы и ржи от коротких примесей (куколя, битых зерен, гречихи, дикого гороха) машины называют куколеотборочными. В них выделенные короткие примеси попадают в проход, а сходом идет очищенное зерно. Триеры, применяемые для очистки пшеницы и ржи от длинных примесей (овсюга, овса,

ячменя), называют овсюгоотборочными машинами. Зерна пшеницы и ржи, как более короткие, попадают в проход, а в сход попадают зерна ячменя и овса.

Качественную очистку зерна на триерах можно обеспечить путем правильного подбора для зерновой смеси триерных цилиндров по размеру ячеек, выбора оптимальной скорости их вращения и регулируемой высоты кромки приемных лотков. Для каждой партии зерна и семян необходимо подбирать рациональную нагрузку на ячеистую поверхность, что в значительной степени влияет на производительность триеров, а также укомплектовывать триеры рабочими органами с соответствующими размерами ячей.

Работа триеров достаточно эффективна, если они выделяют не менее 80 % куколя и других коротких примесей и не менее 70 % овса, ячменя и других длинных примесей. В противном случае для данной партии зерна заново подбираются размеры ячей и заново ведется настройка режима работы триера, в частности устанавливаются оптимальное положение лотка триера и степень загрузки зерновой смесью.

1.3.2.3. Аспирационная очистка зерна.

При очистке зерна и семян от примесей используют их различия в аэродинамических свойствах. Они обусловлены различиями в самом строении зерновок, их массе и величине. Семена сорняков могут быть очень легкими, покрыты волосками, сухими остатками чашечки и т. п. Такие семена в потоке воздуха сравнительно долгое время могут держаться, не падая.

Значения критических скоростей потока воздуха для зерновок различных культур и сорных примесей колеблются в широких пределах. Так, скорость витания, или взвешивающая скорость воздуха, для зерна пшеницы составляет 9,0–12,0 м/с, ржи – 8,5–10,0 м/с, кукурузы и ячменя 8,5–11,0 м/с, овса – 8–9 м/с, для большинства же сорных примесей – 4–6 м/с.

Скорость витания основной массы семян сорных растений за небольшим исключением лежит в пределах скоростей витания зерен основных культур, и полное отделение потоками воздуха семян сорняков возможно только при уносе с ними некоторого количества зерен основной культуры. Однако потери эти незначительны, так как вместе с сорняками уносится небольшое количество мелких, неполноценных зерен.

С учетом аэродинамических свойств зерна и его примесей воздушным потоком, создаваемым в зерноочистительных машинах, из зернового вороха, поступившего на очистку, выделяются легкие органиче-

ские примеси – мякина, солома, кусочки соломы, пылевидные частицы, отдельные семена сорняков, обладающие высокой парусностью, различиями в скоростях витания зерна и примесей. На этом принципе основана работа пневмосепарирующей части зерноочистительных машин, аспирационной колонки и аспиратора с двукратным продуванием зерновой смеси.

Воздушная сепарация используется во многих сепарирующих машинах для очистки зерновых культур из-за сравнительной простоты их устройств. Разделить смесь потоком воздуха идеально невозможно, и при очистке зерна средней засоренности эффективность выделения примесей в среднем составляет 60–70 %. Такой показатель работы машины в целом свидетельствует об удовлетворительной работе пневмосепарирующего устройства. Остальные сорняки удаляются в незначительном количестве, и для полной очистки необходимо учесть их различия в линейных размерах.

1.3.2.4. Оборудование для очистки зерна и семян.

Все зерноочистительные машины делятся на стационарные и передвижные. Стационарные зерноочистительные машины агрегируют с другими машинами, погрузочно-разгрузочными и транспортными средствами. Передвижные машины предназначены для отдельного использования на открытых площадках и под навесами. По назначению все зерноочистительные машины подразделяют на машины для предварительной очистки зерна (ворохоочистители), машины для первичной и вторичной очистки и сортирования зерна, специальные машины для дополнительной обработки семян, универсальные

В процессе очистки зерна и семян необходимо максимально удалять все примеси при минимальном уносе полноценных зерен в отходы, следить за соблюдением заданного режима работы машины, исключить дополнительное травмирование семян основной культуры, не допускать смешивания зерна и семян разных культур или различных сортов одной культуры, формировать отходы по категориям в зависимости от их дальнейшего использования.

Предварительная очистка, как правило, производится немедленно после поступления вороха на ток. Она выполняется на ворохоочистителях и воздушно-решетных машинах отечественного и зарубежного производства: ОВС-25(А); ОВП-20(А); МПО-50(100); МПО-50С; СВУ-40(60); ОЗЦ-25(50, 100); СПО-100; МВР-5(МПУ-15); МПР-50С; МВР-7(МПУ-70); МВР-8(РП-50); Петкус-V12(15)-3,6; Петкус-А-09(12); Петкус SM-2(4); Петкус «Гигант» К-531; К-527А; К-523 и др.

Машины предварительной очистки должны выполнять очистку свежесобранного зернового вороха влажностью до 40 % с содержанием сорной примеси до 20 %, в том числе фракций соломистых примесей до 5 %. В процессе предварительной очистки должно выделяться не менее 50 % сорной примеси, в том числе практически вся соломистая примесь. Зерновой ворох разделяется на две фракции: обработанный материал и отходы.

Первичная очистка чаще всего выполняется после сушки зерновой массы. Зерновая масса, поступающая на первичную очистку, должна иметь влажность не выше 18 % и содержать сорной примеси не более 8 %. Если исходные качества поступившей на ток партии соответствуют этим показателям, то послеуборочную обработку начинают с первичной очистки.

Первичная очистка зерновой массы проводится на машинах следующих марок: ЗВС-20(А); МЗП-50; БЦС-50; МЗС-20(25); СВТ-40; МВР-6(ОЗС-50); Петкус-У12(15)-3,6; Петкус-М 12(15)-3,6; К-522; К-523; Петкус «Гигант» К-531 и др.

Эти машины не только удаляют примеси, но и сортируют зерно на основную (продовольственную или семенную) и фуражную фракции. При первичной очистке материал разделяется на три фракции: 1) очищенное зерно; 2) фуражные отходы; 3) крупные, мелкие и легкие примеси.

Машины первичной очистки должны доводить зерно продовольственного назначения до требований базисных кондиций, кроме случаев засоренности его примесями, для выделения которых требуются триеры и специальные машины.

Вторичная очистка применяется для семенного материала. Основная цель этой операции – доведение семян по чистоте до норм, установленных стандартами на посевной материал. Она выполняется на сложных воздушно-решетных машинах: СВУ-5(А); МВР-3(СВУ-5Б); МВР-4(МВУ-1500); МВР-2(СУ-0,1); МС-4,5С; Петкус-М12(15)-3,6; Петкус-А-09(12); Петкус «Гигант» К-531; К-218/1; К-546; К-547А и др.

В результате вторичной очистки обрабатываемый материал разделяется на четыре фракции: очищенные семена, фуражные отходы, аспирационные отходы, крупные примеси.

На универсальных машинах МЗУ-40(60); САД-10(15, 50); СВУ-60; «Алмаз» МС-10(20, 30); Петкус «Гигант» К-531, Петкус У12(15)-2,4 можно выполнять любой вид очистки.

Для выделения трудноотделимых примесей используют специальную очистку. На триерных блоках БТЦ-700, БТ-5, К-236А, К-553,

Петкус-ТА, триерной приставке ПТ-600 выделяют длинные и короткие примеси. При этом обрабатываемый материал разделяют на три фракции: очищенное зерно (семена), длинные примеси, короткие примеси.

Некоторые примеси невозможно выделить при помощи воздушно-решетных машин и триеров. Эти компоненты примесей мало отличаются от семян основной культуры по размерам и аэродинамическим свойствам – проросшие, недоразвитые, голые (у пленчатых культур) семена основной культуры, часть рожков спорыньи, плоды дикой редьки, семена гороха, зараженные брухусом и т. д. Для их выделения на основе разности по плотности используются пневматические сортировальные столы СПС-5; ПСС-2,5; ПСС-1; БТ-10; Петкус-КД. Обрабатываемый материал разделяется на фракции: легкие примеси, очищенный материал, тяжелые примеси.

Партии семян клевера, люцерны, льна от семян злостных сорняков (повилика, плевел, василек, горчак ползучий, подорожник, смолевка и некоторые другие) очищают на электромагнитных машинах ЭМС-1А; СМ-4; ОС-4,5А; СОМ-300. Для удаления трудноотделимых сорняков используется магнитнощеточная машина СМЩ-0,4.

1.3.3. Сушка зерна и семян

1.3.3.1. Способы сушки зерна и семян.

В основу классификации способов сушки положены способы передачи теплоты зерну, так как интенсивность процессов тепло- и влагообмена в основном обусловлена перепадом парциальных давлений водяных паров за счет перепада температуры сушильной среды и температур зерна, а следовательно, за счет подвода теплоты к зерну.

Процесс удаления из зерновой массы влаги, ведущий к ее обезвоживанию и повышению содержания сухой массы, а также к снижению ее физиологической активности, получил название сушки зерна и семян.

Удалить влагу из зерна можно различными способами: механическим путем – отжимом в центрифуге (при мойке зерна на мелькомбинатах) или смешиванием зерна с веществами, быстро поглощающими воду – сорбентами. Но сорбционная сушка зерна занимает много времени, она малоэффективна, при ее использовании влажность зерна снижается на небольшую величину.

Основным широко применяемым в практике работы с зерном способом сушки служит метод удаления влаги при ее испарении за счет

подвода извне энергии, идущей на преодоление силы связи влаги с сухим веществом зерна, а также на теплоту парообразования. Сушку с использованием тепла называют тепловой.

В зависимости от способа подвода тепла к зерну для испарения влаги сушка получила название *конвективной, кондуктивной и терморрадиационной*.

При сушке *кондуктивным* способом теплота к зерну передается от нагретой поверхности, а водяной пар, выделяемый при этом способе сушки, поглощается пропускаемым через сушильную камеру воздухом, выполняющим в данном случае функцию только влагопоглотителя.

Кондуктивный способ сушки имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что зерна, находящиеся в нижней части слоя зерна и непосредственно соприкасающиеся с горячей поверхностью, интенсивно нагреваются, а затем перегреваются. Зерно, находящееся на поверхности слоя, нагревается слабо и медленно просушивается. В практике зерносушения этот способ мало используется.

Наибольшее применение получила конвективная сушка. При таком способе сушки теплота к зерну передается от нагретого воздуха или агента сушки, представляющего смесь воздуха с продуктами сгорания топлива. Агент сушки здесь выполняет функции и теплоносителя, и влагопоглотителя.

Небольшие партии семенного зерна можно сушить терморрадиационным способом, или, как его еще называют, воздушно-солнечным. Это старейший и дешевый способ сушки. Зерно здесь получает теплоту от солнечной энергии. При таком способе сушки ускоряются процессы послеуборочного дозревания свежееубранного зерна. Ее проводят в сухую, ясную погоду, позволяющую за один день снизить влажность зерна на 3–4 %. Этим способом зерно сушат, рассыпая на площадках слоем 10–13 см (просо – 7–8 см), оно обдувается ветерком, нагревается солнечными лучами и сохнет. Недостатками этого способа сушки является то, что ее можно проводить только в сухую теплую погоду, а также высокая трудоемкость, значительная продолжительность и низкая эффективность процесса сушки.

Преимущество конвективного способа сушки зерна заключается в том, что агент сушки служит не только для подвода и передачи тепла зерну, но и одновременно для поглощения испаряющейся из него влаги.

Достоинством передачи тепла конвекцией является то, что конвективная сушка возможна как в неподвижном зерновом слое, так и в подвижном, пересыпающемся, «кипящем», во время его падения и нахо-

дящемся во взвешенном состоянии. При сушке зерна в неподвижном зерновом слое для равномерного его просушивания агент сушки в камерных сушилках поочередно продувают то снизу, то сверху.

Сушка зерна в пересыпающемся слое в шахтных сушилках осуществляется в слое толщиной 10–20 см при его движении по шахте вниз под действием сил гравитации.

Для сушки зерна в «кипящем» слое необходимо продувать агент сушки через слой зерна, помещенный на сетку с отверстиями меньше размеров зерна. В «кипящем» слое зерно хорошо перемешивается и быстро нагревается, однако конструктивные особенности таких сушилок – необходимость в больших площадях сеток, а сами сушилки слишком громоздки.

Зерновой слой в таких сушилках продувается неравномерно, что ведет к его перегреванию на отдельных участках и в целом к снижению качества зерна. Вследствие этого конвективная сушка зерна в разрыхленном или «кипящем» слое практического применения пока не нашла и используется только в специальных устройствах для быстрого предварительного нагрева сырого зерна перед сушкой.

С целью повышения эффективности сушки используют конвективный способ передачи тепла зерну, находящемуся во взвешенном состоянии. Взвешенное состояние зерна создается восходящим потоком агента сушки при значительном превышении (в 2–2,5 раза) скорости витания. У находящегося во взвешенном состоянии зерна сушка проходит более равномерно, так как вся его суммарная поверхность участвует в процессах тепло- и влагообмена с агентом сушки.

И, наконец, рассмотрим самый совершенный способ сушки зерна – рециркуляционный. В этом случае высокую эффективность дает сушка зерна во взвешенном состоянии при рециркуляции части зерна. Принципиальная схема такой сушки заключается в интенсивном кратковременном нагреве зерна и частичной его подсушке при свободном падении в виде дождя встречным потоком теплоносителя. При этом идет контактный массообмен между подсушенным и сухим зерном, происходит промежуточное охлаждение нагретого зерна в плотном малоподвижном слое и рециркуляция части зерна. Зерно при таком способе сушки находится под воздействием агента сушки с очень высокой температурой, достигающей 300 °С, но время его пребывания в таком состоянии ограничено 2–3 с. За это мгновение вновь загруженное зерно нагревается до температуры 40–50 °С при потере поверхностной влаги за счет испарения из всей массы, подвергнутой сушке зерна, 0,5–1,0 %.

Технологическую схему рециркуляционного способа сушки можно представить следующим образом. Поступившее на сушку сырое зерно смешивается с уже просушенным зерном, и смесь сухого и сырого зерна направляется в зону нагрева, где нагревается до предельно допустимой температуры. Затем нагретая смесь поступает в зону контактного теплообмена, где выдерживается в течение некоторого времени для выравнивания температуры, и происходит перераспределение влаги между влажным зерном, поступившим на сушку, и рециркулирующим просушенным зерном. Из зоны контактного теплообмена зерно поступает в зону сушки, где из него испаряется влага.

Большая часть просушенного зерна возвращается на рециркуляцию, для этого смешивают сухое зерно с сырым и направляют в зону нагрева, а оставшуюся меньшую часть просушенного зерна после охлаждения выпускают из сушилки.

Рециркуляционный способ сушки имеет несколько вариантов.

При одном из таких вариантов рециркулирующие зерна периодически нагреваются и охлаждаются, поэтому такой процесс сушки называют *рециркуляционно-осциллирующим*. При другом варианте в зону сушки поступает агент сушки с температурой, которая превышает температуру зерна на 20–40 °С. Происходит интенсивное испарение влаги с расходом части теплоты. От этого температура в начальный период сушки снижается на 10–15 °С. Но постепенно температура зерна повышается и на выходе из зоны сушки достигает значения предельно допустимой. Из-за равенства температуры зерна в начале и в конце сушки этот процесс условно называют *рециркуляционно-изотермическим*. При этом варианте скорость сушки зерна выше, поэтому она более эффективна. Здесь зерно за один цикл сушки отдает больше влаги, а значит, и сокращена кратность рециркуляции зерна. Интенсивность рециркуляционной сушки повышают и путем предварительного нагрева сырого зерна перед смешиванием его с рециркулирующим.

При сушке семян подсолнечника такой кратковременный предварительный подогрев до температуры инактивации ферментов и микроорганизмов позволяет повысить их стойкость при хранении и улучшить качество масла, вырабатываемого из высушенных семян.

Обычно конвективный и кондуктивный способы сушки зерна в практике зерносушения применяют совместно. Зерно в барабанных сушилках нагревается кондуктивно на полках барабана и конвективно при падении зерна с полок барабана. В шахтных зерносушилках тепло

передается зерну в большем количестве конвективно от агента сушки и в меньшем – кондуктивно от нагретой поверхности коробов. В рециркуляционных зерносушилках большая часть тепла в камере нагрева передается зерну конвективно и только небольшое количество тепла – кондуктивно от рециркулирующего зерна.

1.3.3.2. Типы зерносушилок.

В настоящее время широко используются различные виды зерносушилок, различающиеся между собой следующим:

1) расположением в сушилке зерновой массы: а) тонким горизонтальным слоем (с «кипящим» слоем на сите и др.); б) тонким вертикальным слоем (в шахте между коробами и др.); в) толстым слоем (камерные и др.); г) во взвешенном состоянии (газовые рециркуляционные зерносушилки и др.);

2) характером процесса: а) с предварительным подогревом зерна; б) без предварительного подогрева;

3) количеством ступеней и зон: а) одно-, двух-, трех- и многоступенчатые; б) одна-, двух- и многозонные; в) рециркуляционные;

4) характером действия: а) периодического; б) непрерывного;

5) использованием агента сушки: а) нагретого воздуха; б) смеси топочных газов с воздухом;

6) способом получения тепла для агента сушки: а) сжигание топлива или газа; б) использование электрокалориферов;

7) возможностями перемещения зерносушилки: а) стационарная; б) сборно-разборная; в) передвижная;

8) автоматизацией: а) автоматизированные; б) частично автоматизированные; в) неавтоматизированные.

В конструктивно-эксплуатационном отношении наиболее просты зерносушилки для сушки неподвижной зерновой насыпи, применяемые в сельском хозяйстве.

Установка представляет собой решетчатое основание и тепловентиляционное устройство, служащее для образования агента сушки и подачи его в зерновую массу. Сушка зерна неподвижной насыпи происходит послойно, начиная с нижнего слоя толщиной 10–20 см, куда поступает агент сушки. Сушилка проста, но главный ее недостаток – пересушивание нижних слоев насыпи зерна при невысокой производительности.

Просты в конструктивном отношении и камерные сушилки периодического действия для сушки гибридных и сортовых семян кукурузы в початках. Они представляют собой кирпичные или железобетонные

здания с сушильными камерами 6 на 6 м, емкостью 60 т. Количество камер может быть от 4 до 12. При трехсменной работе производительность 12-камерной сушилки за сезон – 5 тыс. т готовых семян.

Так как семена кукурузы чувствительны к перегреву, то сушилки снабжаются терморегулирующим оборудованием для автоматического регулирования заданной температуры агента сушки (38–46 °С).

Недостаток всех камерных сушилок – большая неравномерность сушки початков по высоте слоя, так как продувается он только в одном направлении.

Также в составе зерноочистительно-сушильных комплексов могут иметься сушилки барабанного типа. Основным рабочим органом этих сушилок служит вращающийся стальной цилиндр, установленный горизонтально или с небольшим наклоном.

При вращении барабана закрепленные внутри него изогнутые лопасти захватывают зерно, поднимают и затем постепенно сыпают с лопастей на расположенные внутри барабана полочки. Таким образом, зерно, пересыпаясь с полочки на полочку, равномерно подвергается воздействию продуваемого вдоль оси барабана агента сушки.

Барабанные сушилки имеют довольно высокую скорость сушки, но они металлоемкие, требуют отдельного охладителя нагретого зерна. Главный их недостаток заключается в том, что они травмируют зерно и, следовательно, непригодны для работы с семенным зерном. Не рекомендуется их использовать для сушки семян, подверженных растрескиванию (зернобобовых – горох, зерно кукурузы).

Наибольшее распространение получили шахтные зерносушилки. Свое название они получили из-за наличия в них одной или двух вертикальных прямоугольных камер, называемых шахтами, заполняемых в процессе работы просушиваемым зерном. В шахте только верхняя часть является сушильной камерой, а нижняя служит зоной охлаждения зерна, здесь находится охладительная камера. Конструкция сушильной и охладительной шахт одинакова. Для создания определенного запаса сырого зерна над шахтами предусмотрены бункера. Из них в шахты поступает зерно и движется к низу шахты за счет силы тяжести и присущей зерновой массе сыпучести.

Свежий агент сушки подается, а отработанный отводится через короба, установленные по всей высоте шахты. Короба из листовой стали имеют пятигранную форму. В основании короба нижняя часть отсутствует. По назначению различают короба подводящие и отводящие агент сушки. Подводящие короба открыты со стороны подвода агента сушки, а отводящие – со стороны выхода отработанного агента сушки.

При сушке все пространство между коробами заполнено зерном. Агент сушки поступает в шахту из поводящего короба, проходит через слой зерна и выходит из него по отводящим коробам. Подводящие и отводящие короба размещаются через один в каждом ряду или через ряд.

В некоторых зерносушилках, как, например, в ЗСПЖ-8, для увеличения количества агента сушки, подаваемого в сушильную камеру, и сохранения его скорости 6 м/с на выходе из коробов устанавливают короба-жалюзи во избежание выдувания зерна из шахты.

Сушка зерна идет в верхней части шахты, в нижней – охлаждение, поэтому сверху зерно продувается агентом сушки, внизу – воздухом. Длительность пребывания зерна в шахте регулируется выпускным механизмом, расположенным в ее нижней части. Чем дольше зерно находится в шахте, тем больше на него воздействует агент сушки и тем больше оно теряет влаги. В среднем продолжительность нахождения зерна в шахте около 40 мин, за это время влажность снижается на 4–6 %.

Существенный недостаток шахтных зерносушилок заключается в том, что зерно в них находится в непосредственном соприкосновении со стенками горячих коробов, температура которых достигает 140–150 °С. Вследствие этого зерно может перегреваться, что весьма опасно для зерна, предназначенного на семенные цели.

Шахтные прямоточные зерносушилки имеют ту особенность, что в них зерно проходит стадии сушки и охлаждения за один проход через сушилку. Это позволяет за один проход зерна через сушилку снять не более 6 % влаги. Если необходимо удалить большее количество влаги, то зерно сушат повторно, и весь процесс сушки усложняется и удорожается.

К типу шахтных сушилок относятся зерносушилки СЗШ-16А и СЗШ-8А, предназначенные для сушки зерна и семян, предварительно прошедших очистку на зерноочистительных агрегатах. Сушилка СЗШ-8А имеет одну сушильную шахту, состоящую из двух секций, а СЗШ-16А – две шахты и четыре секции.

Сушилка СЗШ-16А производительностью до 20 т/ч входит в зерноочистительные сушильные комплексы КЗС-20, КЗС-40, представляющие собой специализированные поточные технологические линии для послеуборочной обработки зерна.

В зависимости от назначения и начальной влажности зерна сушку в СЗШ-16А можно вести при параллельной и последовательной работе

шахт. При невысокой начальной влажности зерна сушку ведут при параллельной работе шахт, и зерно нориями загружается одновременно в обе сушильные шахты. Высушенное зерно поступает в охлаждающие колонки, а из них на склад. При последовательной работе шахт с сырым зерном одна из норий подает зерно в одну из шахт, откуда оно поступает в охлаждающую колонку, а из нее норией подается во вторую шахту. Из шахты зерно направляется в охлаждающую колонку, а затем на склад. За один последовательный пропуск влажность зерна снижается на 12–14 %.

Зерносушилки ДСП имеют расчетную производительность, обозначенную числом, стоящим после букв ДСП, за исключением сушилки ДСП-24-СН, имеющей проектную производительность 20 т/ч. Они имеют железобетонные шахты, за исключением сушилки ДСП-32-ОТ, изготовленной из металла. Во всех зерносушилках ДСП применена двухступенчатая сушка. В элеваторной промышленности их устанавливают на хлебоприемных предприятиях. Многие зерносушилки ДСП переведены на рециркуляционную технологию сушки зерна.

Не останавливая внимание на многочисленных различиях конструктивного порядка, дадим сравнительную характеристику шахтным конвективным зерносушилкам ДСП.

Зерносушилка ДСП-12 и ДСП-24 различаются количеством шахт. У первой одна шахта, у второй – две. Шахты зерносушилок выполнены из монолитного железобетона. Каждая шахта по высоте разделена на сушильную и охлаждающую.

Зерносушилки ДСП-16 и ДСП-32 имеют соответственно одну и две шахты и аналогичны по устройству зерносушилкам ДСП-12 и ДСП-24, но имеют большее число коробов, что позволяет подавать в них большее количество агента сушки и воздуха (37 рядов в сушильной и 18 коробов в охлаждающей). Этот тип сушилок в основном используется только при элеваторах. Зерносушилка ДСП-50 применяется в сушильно-очистительных башнях СОБ-50. Устройство сушилки аналогично устройству сушилки ДСП-32, но имеет большие размеры и производительность 50 т/ч.

Для сушки небольших партий зерна, размещенных на току или в зерноскладе и предназначенных на продовольственные или фуражные цели, применяют передвижные зерносушилки ЗСПЖ-8, К4-УСА и К4-УС2-А. Передвижные зерносушилки монтируются на автомобильных прицепах, работают на жидком топливе, их устройства аналогичны, но отличаются производительностью – первая сушит 8 пл. т/ч,

вторая и третья – 10 пл. т/ч. Сушка ведется в двух шахтах зерносушилки, работающих параллельно или последовательно (в зависимости от влажности зерна).

Сушилка К4-УСА представляет собой модернизированную зерносушилку ЗСПЖ-8 и имеет повышенную (на 25 %) производительность за счет увеличения вместимости шахт и интенсивной подачи агента сушки. В зависимости от первоначальной влажности в ней можно сушить зерно параллельным, последовательным либо рециркуляционным способами. При параллельном способе, если начальная влажность не превышает 20 %, зерно сушится одновременно в двух шахтах. При влажности зерна 18–23 % применяется последовательный способ сушки, т. е. зерно сушится вначале в первой шахте, а затем подается во вторую шахту, где окончательно досушивается, и сухое зерно выпускается из шахты. Зерно с влажностью более 23 % рекомендуется сушить рециркуляционным способом.

Сушилка К4-УС2-А является модернизированной сушилкой К4-УСА при той же производительности 10 пл. т/ч.

Все рассмотренные шахтные зерносушилки довольно просты в устройстве и обслуживании, имеют относительно невысокий удельный расход тепла и электроэнергии и дают неплохие результаты сушки зерна.

Вместе с тем прямоточные шахтные зерносушилки имеют ряд недостатков:

1) невозможность сушки неочищенного зерна, поступающего непосредственно из-под комбайнов, так как при наличии в зерне даже небольшого количества сорных примесей в шахтах образуются застои зерна и происходит его загорание;

2) малый удельный съем влаги;

3) неравномерность нагрева и сушки зерна в разных частях шахты;

4) невозможность сушки сырого зерна за один пропуск, что увеличивает расходы на повторную сушку;

5) невозможность точного измерения температуры зерна в процессе сушки;

6) наличие конструктивных недостатков (несовершенство выпускных и воздухораспределительных устройств);

7) необходимость формирования до сушки больших партий сырого зерна с небольшими колебаниями по влажности.

Практически всех этих недостатков лишены рециркуляционные зерносушилки. Конструктивно-рециркуляционные зерносушилки со-

зданы на базе шахтных прямоточных зерносушилок. Но технология рециркуляционной сушки основана на смешивании определенного количества сырого зерна с большим количеством сухого (подсушенного). За один проход через рециркуляционную сушилку зерно независимо от исходной влажности удается высушить до сухого состояния.

Зерно в рециркуляционных сушилках полностью сохраняет свои качественные показатели, так как влага из зерна испаряется в основном в период его охлаждения. Такие сушилки сушат и частично очищают зерно от отличающейся от него по аэродинамическим свойствам легкой примеси.

Комплексный показатель работы рециркуляционных сушилок – величина снижения влажности и съем влаги за один цикл рециркуляции. При сушке устанавливают максимальный съем влаги, но для предотвращения механического травмирования зерна при сушке зерна риса или кукурузы он не должен превышать 3–4 %, так как при большем съеме в зерне появляются трещины, снижающие его посевные и технологические свойства.

Зерносушилки с рециркуляцией по конструктивному исполнению и способу нагрева зерна выпускают рециркуляционные, с камерами нагрева, и шахтные рециркуляционные, без камер нагрева. Наибольшее распространение получили газовые рециркуляционные зерносушилки «Целинная-50», «Целинная-30» и РД-2×25–70.

Зерносушилка «Целинная-50» создана на базе сушилки ДСП-24-СН, устанавливается в элеваторе Л-2×100 или в сушильно-очистительных башнях СОБ-Ц-50, СОБ-МК, СОБ-1С. Нагрев зерна осуществляется в камере, представляющей собой железобетонную шахту. Агент сушки подает через воздухопровод в нижней части камеры и выводится из нее вентилятором через конфузор, расположенный в верхней части камеры нагрева. Для приемки смеси сырого и рециркулирующего зерна из норрии и подачи ее в камеру нагрева служит загрузочное устройство. С его помощью зерно поступает в камеру нагрева, где падает в виде дождя в течение 2–3 с в восходящем потоке агента сушки, движущегося со скоростью 5–5,5 м/с при температуре 250–350 °С.

Нагретое зерно поступает в бункер тепло-, влагообмена, где при отлежке происходит выравнивание температуры отдельных зерен и перераспределение между ними влаги. В шахте окончательного охлаждения зерно охлаждается на 25–35 °С и через затвор периодического действия выпускается в том же количестве, какое подается на сушку сырого зерна. Затем в шахте промежуточного охлаждения с выпуск-

ным устройством непрерывного действия зерно охлаждается на 10–15 °С воздухом, прошедшим шахту окончательного охлаждения, и вновь в смеси с сырым зерном поступает в камеру нагрева.

Зерносушилка «Целинная-30» имеет пониженную по сравнению с «Целинной-50» производительность 20 т/ч. Она выполнена в виде отдельно стоящего агрегата, изготовленного из металла. Устанавливается в торце склада или между двумя зерновыми складами.

Сушилка состоит из следующих основных узлов: бункера над камерой нагрева емкостью 4,6 м³, бесприводного загрузочного устройства в виде четырех задвижек, камеры нагрева с тормозящими элементами в виде конусов, нанизанных на гибкие подвески; теплообменника, шахт окончательного и промежуточного охлаждения, выпускных устройств, оперативного бункера; бункера отходов с циклонами; топки; пульта управления.

Газовая рециркуляционная зерносушилка РД-2×25–70 конструктивно отличается от зерносушилки «Целинная-50», но работает по той же технологической схеме и предназначена для установки при элеваторах, а также в поточных линиях с зерноскладами.

Технологический процесс сушки зерна и семян в газовых рециркуляционных зерносушилках имеет отличия от сушки в шахтных сушилках. Нормальная работа зерносушилки во многом зависит от правильно отрегулированных разгрузочных механизмов, установленных под шахтами промежуточного и окончательного охлаждения. От этого зависит степень охлаждения просушенного зерна.

В режим полной рециркуляции сушилки включают без подачи тепла после заполнения зерном шахт промежуточного и окончательного охлаждения. Вначале проводится обкатка под нагрузкой механизмов зерносушилок. После этого пускают топку. При достижении температуры зерна в теплообменнике на 10–15 °С ниже предельно допустимой включают вентилятор первой зоны охлаждения, а через 5–10 мин – вентилятор второй и третьей зон охлаждения. С режима полной рециркуляции в рабочий режим непрерывной сушки зерносушилку переводят при достижении заданной величины влажности зерна в теплообменнике, шахтах промежуточного и окончательного охлаждения.

Рециркуляционные сушилки, по сравнению с шахтными, имеют ряд преимуществ. Благодаря применению высоких температур агента сушки они дают более высокий коэффициент полезного действия.

Однако рециркуляционные зерносушилки имеют и недостатки:

- необходимость несколько раз поднимать зерновую массу на высоту зерносушилки, что неминуемо ведет к дополнительному травмированию зерна и повышает затраты энергии на подъем зерна;

- неравномерность сушки зерна из-за разного числа прохождения отдельных зерен через зону нагрева-сушки, что совершенно нежелательно, особенно для крупяных культур;

- большие затраты тепла на испарение влаги, а также энергии на соответствующее увеличение подачи агента сушки;

- значительные капиталовложения на единицу мощности.

Наряду с высокопроизводительными зерносушилками промышленность выпускает зерносушилки производительностью 5–40 т пшеницы в час, предназначенные для использования как индивидуально, так и в составе поточных линий и зерноочистительных комплексов фермерских хозяйств. Зерносушилки оборудованы контролирующей системой, позволяющей измерять температуру теплоносителя и воздуха на входе в шахту и выходе из нее, температуру атмосферного воздуха и влажность высушенного продовольственного и фуражного зерна.

Как в сельском хозяйстве, так и в системе элеваторно-складского хозяйства вопросы снижения энергозатрат на сушку зерна имеют первостепенное значение. В условиях рыночной экономики энергосберегающая технология сушки продовольственного, фуражного, семенного зерна, нормативные затраты энергии на сушку с учетом совокупности технических, технологических и организационно-эксплуатационных факторов требуют обоснованного подхода к выбору оптимального режима сушки зерна.

1.3.3.3. Режимы сушки зерна и семян.

Под режимом сушки зерна и семян понимают совокупность основных параметров технологического процесса, сочетание которых обуславливает интенсивность тепло- и влагообмена, обеспечивает снижение влажности сырого зерна и сохранение его качества. Основными параметрами сушки являются: температура, влажность и скорость агента сушки; температура, влажность, назначение и вид зерна; продолжительность сушки.

Главный параметр сушки – температура агента сушки. Именно она в первую очередь определяет интенсивность нагрева зерна и скорость испарения влаги. Интенсификация процесса сушки наблюдается при высокой температуре и низкой относительной влажности подаваемого в сушильную камеру агента сушки. Однако высокие значения температуры ограничены необходимостью сохранения качества зерна, под-

вергаемого сушке. Другим, не менее важным параметром сушки является первоначальная влажность зерна. Она оказывает существенное влияние на выбор температурных режимов сушки. В значительной степени предельно допустимая температура нагрева зерна зависит от начальной его влажности. С повышением влажности зерна снижается его термоустойчивость, и сушку в этом случае ведут при более низких температурах.

На выбор температурного режима сушки оказывают влияние продолжительность процесса нагрева зерна, его технологические свойства, целевое назначение и вид зерновой культуры. Режим сушки выбирается таким образом, чтобы процесс сушки проходил в кратчайший срок с наименьшими затратами тепла и при полном сохранении или улучшении качества зерна.

В шахтных прямоточных и рециркуляционных зерносушилках применяют режимы сушки с равномерным подводом тепла на всем протяжении процесса (одноступенчатый режим), режимы с увеличением теплового потока по ходу процесса (ступенчатые восходящие режимы) или с его уменьшением (ступенчатые нисходящие режимы). В шахтных прямоточных сушилках применяют ступенчатые восходящие режимы, в рециркуляционных – ступенчатые восходящие и нисходящие режимы.

Дифференцированные режимы используют при сушке зерна продовольственной пшеницы с учетом качества клейковины. При сушке с повышенной температурой пшеницы со слабой клейковиной ее качество может улучшиться. Но при сушке пшеницы с нормальной клейковиной при таком режиме клейковина может понизить качество и стать крепкой и короткорвущейся.

При сушке зерна применяют также квазиизотермический режим, характеризующийся постоянством температуры зерна в течение всего времени его пребывания в зоне сушки.

Существенное значение для процесса сушки имеет скорость подачи теплоносителя в зерновой слой. При большей подаче теплоносителя процесс нагрева зерна и сушка протекают быстрее, и производительность сушилок увеличивается. Однако при сушке бобовых, риса, кукурузы большие подачи теплоносителя приводят к появлению на зерне трещин. Все зерносушилки проектируются с таким расчетом, чтобы пропускать в единицу времени максимальное количество агента сушки. Ускорить сушку за счет увеличения подачи нагретого воздуха сверх расчетной нормы весьма трудно.

Главная задача при пуске в работу зерносушильного агрегата – выбрать для данной партии сырого или влажного зерна предельно допустимую температуру нагрева агента сушки и нагрева высушиваемого материала, обеспечив тем самым максимальную производительность сушилки при полном сохранении качества продукции.

Режим сушки зависит не только от культуры, исходной влажности и качества зерна, но и от его дальнейшего использования. Так, зерно кукурузы для пищевых концентратной промышленности сушат, используя семенные режимы, а зерно для крахмало-паточной промышленности сушат при повышенной температуре. Зерно кормовой кукурузы сушат при еще более высокой температуре.

1.3.3.4. Особенности сушки различных партий зерна.

Технология сушки разных зерновых культур имеет свои особенности, связанные как с биологическими и морфологическими признаками, так и с термостойкостью и целевым назначением зерна.

Для сушки на шахтных сушилках формирование партий зерна по влажности осуществляют с учетом вида культуры: для зерновых и бобовых культур – до 17 %, от 17 до 22 % и свыше 22 % с интервалом в 6 %; для подсолнечника – до 9 % с интервалом 3–4 %; для риса-зерна и сои независимо от влажности – с интервалом в 3 %. При сушке продовольственного и кормового зерна (кроме кукурузы и бобовых культур) на сушилках рециркуляционного типа партии зерна формируют без разделения его по состояниям влажности.

Партии зерна, имеющие наибольшую влажность, температуру, зараженность, а также зерно пшеницы сильных, твердых и ценных сортов и культуры, менее стойкие при хранении (рис-зерно, подсолнечник, просо), сушат в первую очередь.

Сушку зерна сильных, твердых и ценных сортов пшеницы проводят в шахтных зерносушилках при пониженных температурных режимах, чтобы не допустить снижения качества клейковины. В свежесобранной пшенице может содержаться большое количество зеленых и недозревших зерен. Такую зерновую массу сушат при мягких режимах.

Если в партии пшеницы, поступившей на сушку, обнаружено повышенное содержание проросших зерен, что нередко наблюдается при дождливой, сырой погоде в период уборки урожая, то для улучшения качества проросшего зерна его сушат при более высокой температуре.

Чтобы предупредить «запаривание» зерна пшеницы высокой влажности, применяют двухступенчатый режим сушки.

Сырое зерно обладает пониженной термостойкостью, и при влажности свыше 25 % его можно нагревать при первом пропуске до 40–43 °С и до 45–48 °С при втором пропуске через сушилку.

При сушке пшеницы может наблюдаться незначительное снижение количества клейковины, что объясняется неравномерностью нагрева зерна по сечению шахты прямоточных шахтных сушилок. От сушки в результате теплового уплотнения белков пшеницы клейковина укрепляется на 5–10 ед. прибора ИДК-1. В пшенице, поврежденной клопом-черепашкой, качество клейковины в процессе сушки может быть улучшено при нагреве зерна до 70 °С.

В рециркуляционных сушилках зерно пшеницы из-за многократно циркулирования шлифуется, и натура зерна увеличивается.

Зерно ржи, идущее на сушку, нередко поступает проросшее и нуждается в немедленной сушке. Его сушат в шахтных прямоточных и рециркуляционных сушилках. Рожь содержит больше, чем пшеница, водорастворимых веществ и значительное количество слизей. Поэтому уплотнение коллоидной системы ржи начинается при более высокой температуре нагрева. Зерно ржи более термоустойчиво, чем пшеницы, но для предотвращения его перегрева следует применять ступенчатый режим сушки с повышающейся температурой агента сушки. Скорость сушки у ржи меньше, чем у пшеницы, так как влага с сухим веществом связана более прочно.

Отдача влаги у ржи происходит несколько медленнее также из-за плотных оболочек и менее выраженной бороздки, чем у зерна пшеницы.

Как и у ржи, зерно ячменя также не имеет бороздки, имеет плотные мякинные оболочки и в скорости сушки занимает одно из последних мест среди злаковых культур.

Замедлен процесс сушки у проса из-за наличия плотной мякинной оболочки и воздушной прослойки между оболочкой и ядром.

Определенные трудности возникают при сушке зерна кукурузы, имеющего, по сравнению с зерном колосовых культур, повышенную крупность и неоднородность по влажности. Из-за плотного строения эндосперма и оболочки с прилегающим к ней роговидным слоем у зерна кукурузы перемещение при сушке влаги от внутренних слоев к поверхности зерна весьма затруднено, что увеличивает время и усложняет процесс сушки. Чрезмерное повышение температуры агента сушки у кукурузы приводит к растрескиванию эндосперма и в первую очередь его роговидной части. Такое зерно впоследствии легко дробится при механическом воздействии, а при хранении интенсивно по-

ражается плесенью. Высокая чувствительность зерна кукурузы к температурному фактору требует строгого соблюдения режима сушки.

С учетом назначения зерна кукурузу сушат, применяя один из двух режимов. Продовольственное зерно, идущее в переработку, сушат, нагревая до 50 °С при температуре агента сушки не более 150 °С. Зерно, предназначенное для длительного хранения, сушат, нагревая до 50 °С, но температура агента сушки в этом случае не должна превышать 100 °С.

Для снижения трещиноватости зерна кукурузы целесообразно предварительно разделить его на мелкую и крупную фракции и сушить дифференцированно каждую из них.

Сырое зерно кукурузы сушат в два приема. После первой сушки влажность зерна снижают до 17–18 %, а после 2–3-дневной отлежки проводят повторную сушку с доведением влажности до 13–14 %.

Семена бобовых культур из-за наличия плотных оболочек сушат при мягких режимах, снижая влажность на 3–4 % за один пропуск через сушилку. В противном случае быстрый нагрев семян бобовых, как и охлаждение, ведет к появлению в оболочках семян трещин, куда проникает микрофлора, и у семян снижается всхожесть. Весьма сложно сушить семена гороха. Как у всех бобовых культур, его белки чувствительны к повышенной температуре нагрева, а быстрое обезвоживание семян в процессе сушки и последующее охлаждение приводят к растрескиванию оболочек, раскалыванию семядолей на части. Вследствие этого снижаются технологические и семенные показатели качества гороха, стойкость его насыпей при хранении. Сушка семян гороха при пониженной против оптимального значения температуры агента сушки ведет к запариванию семян и образованию на их поверхности морщин, снижающих механическую прочность семян. Поэтому допустимая температура нагрева семян зернобобовых культур 35–45 °С, но она должна быть достаточной для того, чтобы предотвратить запаривание семян. При влажности семян бобовых более 20 % проводят сушку методом активного вентилирования.

При сушке семян подсолнечника учитывают их специфические физико-механические свойства. Обладая повышенным коэффициентом внутреннего трения, семена подсолнечника в трубах зерносушилок продвигаются медленнее, чем зерно колосовых культур или кукурузы. Поэтому при сушке подсолнечника трубы зерносушилок устанавливают большего диаметра и под большим углом наклона.

Так как семена подсолнечника имеют невысокую скорость витания, то для предотвращения выноса полноценных семян из коробов шахты

и камеры нагрева сушилки скорость агента сушки для них устанавливают вдвое ниже, чем при сушке зерновых. Обладая высокой скважистостью, семена подсолнечника оказывают меньшее сопротивление при прохождении агента сушки в сушилках и сушатся быстрее, чем зерно колосовых.

При выборе режима сушки учитывают такие специфические свойства семян подсолнечника, как неоднородность семянки (наличие ядра, плодовой и семенной оболочек); наличие матрикальной разнокачественности семян по размерам, а следовательно, и по массе и влажности; низкая прочность плодовой оболочки, влагоинерционность, низкая теплопроводность, термолабильность белковой и липидной частей системы, повышенная пожароопасность. Все это предъявляет особые требования ко всей технологии сушки семян подсолнечника. Режим их сушки устанавливается с учетом начальной влажности.

Для семян подсолнечника, имеющих высокое процентное содержание оболочек и высокую гигроскопичность, эффективен осциллирующий режим сушки – чередование сушки, охлаждения и отволаживания. После сушки подсолнечник не должен снижать выход масла, увеличивать кислотное и йодное число жира, изменять вкусовые и пищевые достоинства масла.

Многочисленные исследования по изучению влияния сушки семян подсолнечника на его качественные показатели свидетельствуют о том, что в результате изменения температуры и влагосодержания семян происходит изменение количественного и качественного состава масла. При интенсивной сушке семян подсолнечника, когда агент сушки достигает температуры 150 °С и более, увеличение масляности происходит за счет перехода в масло сопутствующих ему веществ: фосфатидов, стеролов, каротиноидов, углеводов и воскообразных веществ.

Высокотемпературная сушка семян подсолнечника одновременно с увеличением масляности повышает и гидрофильные свойства масла, способствует извлечению из него легкогидролизуемых фосфатидов.

В процессе сушки семян подсолнечника изменяется качество масла, его кислотное число, характеризующее наличие свободных жирных кислот. Рост кислотного числа наблюдается в начале сушки семян за счет повышения активности действия фермента липазы, ускоряющей гидролиз жира. При достижении температуры нагрева семян до 60–75 °С происходит инактивация фермента липазы, и гидролиз жира приостанавливается. С повышением температуры семян свыше 75 °С кислотное число масла вновь растет, но уже за счет распада триглице-

ридов и образования низкомолекулярных жирных кислот, а также при взаимодействии сахаров с аминокислотами происходит процесс меланоидинообразования. Образование меланоидинов в процессе интенсивной сушки семян подсолнечника приводит к изменению аромата и цвета масла, снижению его выхода, а также к ухудшению кормовых достоинств гелевой части ядра.

Соблюдение оптимального режима сушки семян подсолнечника позволяет повышать как стойкость их при хранении, так и выход и качество масла.

Зерно овса обладает сравнительно рыхлыми оболочками, а зерновая масса имеет высокую скважистость (до 50 %). Поэтому зерно овса сушится быстрее зерна других зерновых культур. У сухого овса пленки легко отделяются от зерновки и могут загораться в сушилках. Чтобы этого не допустить, температуру нагрева овса ограничивают до 50 °С. Для сушки овса с влажностью свыше 26 % применяют рециркуляционные сушилки.

Из всех зерновых культур гречиха вследствие рыхлости строения и значительной скважистости сушится быстрее других культур. Однако в процессе сушки зерно гречихи не должно снижать своих технологических достоинств. При воздействии высоких температур агента сушки на сырое зерно может измениться прочность ядра, и при выработке крупы вследствие этого увеличивается количество продела и мучки. Зерна гречихи с надтреснутой плодовой оболочкой плохо хранятся.

При сушке в шахтных прямоточных зерносушилках крупяных культур гречихи и проса снижение влажности за один пропуск не должно превышать 2–3 %. Режим сушки для этих культур устанавливают с учетом дальнейшего использования зерна. Для зерна гречихи, предназначенной для переработки в крупу, применение повышенных температур агента сушки вполне оправдано. Не представляет опасности потеря всхожести с денатурацией белков при использовании зерна гречихи как промышленного сырья. Сушка гречихи в жестком режиме дает крупу отличного качества, она быстрее разваривается. Однако сушка гречихи и проса в жестком режиме все же ведет к повышению хрупкости ядра, при переработке снижается выход ядрицы, увеличивается количество продела.

С точки зрения технологии хранения зерна проса и гречихи, подвергнутого жесткой сушке, возникает проблема обеспечения его сохранности, так как зерно теряет жизнеспособность в процессе сушки и, следовательно, снижает стойкость при хранении. Этим и объясняется

причина невысоких температур агента сушки при сушке проса и гречи в шахтных прямоточных сушилках.

Сушка пивоваренного ячменя преследует две цели: снизить влажность и сохранить при этом способность к прорастанию, следовательно, обеспечить его пригодность для соложения.

Пивоваренный ячмень должен обладать высокой способностью к прорастанию, на пятый день должно прорасти не менее 90–95 % семян. Сушат пивоваренный ячмень с соблюдением режимов, установленных для семенного зерна.

В прямоточных шахтных сушилках зерно пивоваренного ячменя влажностью до 19 % сушат при температуре агента сушки 70–80 °С, нагревая зерно до 45 °С. С влажностью более 19 % пивоваренный ячмень сушат с температурой агента сушки при первом пропуске через сушилку в 60–70 °С и нагревом его до 40 °С и при втором пропуске – соответственно 70–80 °С и 45 °С. В рециркуляционных сушилках нагревают зерно пивоваренного ячменя до 45–50 °С при температуре агента сушки 280–300 °С.

Сушка зерна, предназначенная на семенные цели, должна обеспечивать снижение влажности и полностью сохранить, а в некоторых случаях и улучшить посевные показатели качества семян – жизнеспособность и всхожесть. Поэтому температура агента сушки и нагрева семенного зерна должна быть ниже, чем для зерна продовольственного назначения

Особое внимание при сушке семян уделяют сохранению видовой и сортовой чистоты семян. До сушки семенного зерна сушилку и транспортирующие механизмы тщательно очищают от зерна предыдущих культур. Если планируется на одной и той же зерносушилке сушить несколько партий семян одного сорта, но различных репродукций или категорий сортовой чистоты, то в этом случае вначале сушат семена высших репродукций и категорий, а затем низших.

Сушку сортовых семян проводят на шахтных зерносушилках ДСП, СЗШ и др. До начала сушки необходимо подготовить зерносушилку: проверить внутреннее состояние шахты, отсутствие в ней щелей и трещин, плотность вставки коробов в стенки шахты, в щелях не должно оставаться отдельных зерен. Для обеспечения равномерного выпуска зерна по всему поперечному сечению шахты необходимо отрегулировать выпускной механизм зерносушилки. Предварительно проводят тщательную очистку всех рабочих частей сушилки и транспортных механизмов, уборку зерна, сора, пыли и остатков зерна. Проверяют

наличие приборов и инвентаря для обслуживания сушилки и контроля ее работы.

Начиная сушку семян, устанавливают выпускной механизм на пропуск семенного зерна в количестве около 50 % производительности сушилки при работе с этой же культурой продовольственного назначения. Затем постепенно увеличивают выход семян из сушилки с учетом допустимой температуры нагрева их в сушильной камере и влажности семян.

При сушке семян с влажностью выше 19 % применяют ступенчатый режим, снижая температуру агента сушки и предельно допустимую температуру нагрева семян. Если конструкция сушилки не позволяет использовать ступенчатый режим сушки, то зерно сушат за два или три пропуска через сушилку.

За один пропуск семян злаковых культур снижение влажности не должно превышать 5–6 %, при сушке гороха – 3–4 %, риса – 2–3 %.

При сушке семенного зерна в рециркуляционных сушилках первую партию зерна сушат в режиме полной рециркуляции, снизив на 3–5 °С температуру нагрева зерна.

При пуске и наладке зерносушилки в течение первых трех часов работы систематически через один час отбирают пробы семян на влажность и температуру нагрева.

После сушки отбирают пробы на влажность и всхожесть семян. Пробы на всхожесть отсылаются на анализ в лабораторию Государственной семенной инспекции.

В отдельных случаях в свежепросушенных семенах, вышедших из сушилок, отмечается снижение всхожести. Но если режим сушки соблюдался, то по истечении некоторого времени, вследствие восстановления частично денатурированных белковых веществ зародышевой ткани семян, всхожесть повышается.

Несколько иначе, чем сушку зерна продовольственного и семенного назначения, проводят сушку фуражного зерна, предназначенного на корм скоту, а также фуражных фракций, полученных при очистке продовольственного и семенного зерна. Фуражное зерно, как правило, содержит повышенное количество примеси, и для его сушки применяют барабанные сушилки, имеющие меньшую чувствительность к уровню засоренности исходного материала. Жесткий режим сушки в барабанных сушилках СЗПБ-2 (передвижная) и стационарных типа СЗПБ-2,5; СЗСБ-8А и др. позволяет сушить фуражное зерно в 2–3 раза быстрее, чем в шахтных. Тепловые режимы сушки фуражного зерна

лимитируются допустимой температурой нагрева, без снижения качества находящегося в нем белка, т. е. до 60–65 °С при температуре теплоносителя 240–280 °С.

Сушкой сохраняют зерновые отходы, полученные от очистки зерна. Эта фуражная фракция получена в процессе подработки (очистки) свежесобранного зернового вороха и представлена смесью щуплых неполноценных зерен, составляя обычно 10–15 % массы вороха.

При отсутствии специализированных зерносушилок для сушки фуражного зерна могут быть использованы и пневмобарабанные агрегаты, применяемые для сушки зеленых кормов, – АВМ-0,65; АВМ-1,5; СБ-1,5.

1.4. Активное вентилирование зерна

1.4.1. Сущность и цели активного вентилирования

Принцип действия активного вентилирования сводится к интенсивному принудительному продуванию воздуха через неподвижную зерновую насыпь. Поток воздуха создает возможность воздействия на физиологические процессы, протекающие в массе зерна, управления ими и тем самым предупреждения возникновения нежелательных процессов в зерне, приводящих к ухудшению его качества, сведения к минимуму потери органических веществ.

В основе активного вентилирования лежит использование скважности зерновой массы, представляющей собой многочисленные межзерновые пространства, заполненные воздухом и соединенные друг с другом воздушными каналами, создающими воздухопроводящую среду. Воздух, нагнетаемый вентиляторами, из установок активного вентилирования проходит по всем межзерновым каналам, омывает каждую зерновку, удаляет водяные пары, изменяет температуру и газовый состав воздуха зерновой массы.

Широко используется в хранении зерновых масс и *пассивное* вентилирование. Но оно характеризуется незначительным воздухообменом, так как перемещение воздуха в зернохранилищах происходит только вследствие различий в его плотности из-за разности в температуре. Для сухого зерна, не требующего интенсивного воздухообмена, пассивная вентиляция вполне приемлема.

Совершенно иная картина наблюдается при хранении, даже временном, сырого или влажного зерна. Такое зерно обладает высокой

интенсивностью физиологических процессов. Сроки хранения влажного и сырого зерна без снижения качества зависят от его влажности, и чем она выше, тем короче срок временного хранения.

Активное вентилирование зерна снижает интенсивность дыхания и является одним из наиболее совершенных и доступных способов обработки зерна и семян как для временного сохранения свежееубранной зерновой массы, так и в стационарных хранилищах. Достоинством активного вентилирования является то, что его проведение не требует больших экономических затрат, так как оно полностью механизировано и почти не требует использования рабочей силы.

Активное вентилирование проводится как профилактическое, применяемое для предотвращения нежелательных изменений в состоянии зерна и семян при хранении, так и технологическое, целью которого является охлаждение, сушка, ликвидация очагов самосогревания, промораживание, обогрев семян перед посевом, фумигация, дегазация и т. д.

Профилактическое вентилирование свежееубранного зерна повышенной влажности, ожидающего сушку, проводят для сохранения его качества (временной консервации). С этой целью навесы, склады, площадки, бункеры и силосы оборудуют установками для активного вентилирования, где размещают на временное хранение сырое и влажное зерно. Вентилирование сырых и влажных партий зерна осуществляют холодным воздухом до того момента, когда освободятся сушилки. До проведения активного вентилирования зерно проходит предварительную очистку, позволяющую удалить примеси с повышенной влажностью и улучшить пропускную способность воздуха через зерновую массу.

За счет профилактического проветривания снижается жизнедеятельность зерна и всех находящихся в зерновой массе живых ее компонентов ограничивается убыль органического вещества и предотвращается ухудшение его качества.

Эффективно использовать установки активного вентилирования с целью охлаждения зерна, вышедшего из сушилок. Переоборудование нижней части шахты в сушильную зону и продувание через нее воздуха из установок активного вентилирования ускоряет процесс сушки, повышает производительность зерносушилок на 20–40 %.

Активное вентилирование семян способно не только обеспечить сохранность посевного материала, но и повысить их посевные свойства. Свежееубранные семена многих зерновых культур после уборки

могут иметь пониженную всхожесть, в них не завершены сложные биохимические процессы, связанные с прохождением периода послеуборочного дозревания. Семенные партии зерна, имеющие по результатам проведенных в ГСИ анализов низкую всхожесть, вентилируют осенью в дневные часы теплым воздухом с большой его подачей, что снижает влажность семян. Для завершения послеуборочного дозревания осенью с наступлением морозной погоды не следует стремиться быстро охладить семенной материал, если семена сухие и в них не начинается самосогревание. В том случае, если проверка посевных качеств семян показала, что семена имеют высокую жизнеспособность, но низкую всхожесть, то такие семена подвергают весной воздушно-тепловому обогреву с последующей перепроверкой их всхожести. Такую обработку семенного материала с помощью установок активного вентилирования эффективно проводить, когда весной в дневные часы воздух прогреется не менее чем до 15 °С.

Для ликвидации очага самосогревания зерновую массу вентилируют высоким удельным расходом воздуха, от 100 до 200 м³/ч и более, при любых погодных условиях и влажности атмосферного воздуха. Греющееся зерно вентилируют до тех пор, пока оно не охладится до температуры, близкой к температуре наружного воздуха в ночное время, или не будет ее превышать более чем на 3–5 °С. Если через 6–8 ч вентилирования зерно не охладится, снижают высоту насыпи зерна или увеличивают подачу воздуха.

В хранящихся зерновых массах крайне нежелательна активная жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей хлебных запасов. Активное вентилирование холодным воздухом замедляет жизнедеятельность вредителей, но не может полностью прекратить их размножение. Поэтому в зимнее время активную вентиляцию применяют для снижения температуры зерновой насыпи до отрицательных значений. Зерно, подвергнутое промораживанию, резко снижает активность всех физиолого-биохимических процессов, и в нем приостанавливается жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей хлебных запасов. Промораживание зерновых насыпей до температуры –4–5 °С заставляет впасть их в состояние анабиоза, а при длительном воздействии отрицательных температур вредители погибают. Промораживание сухих семян не ведет к снижению посевных качеств и технологических свойств сырого продовольственного зерна.

Для борьбы с вредителями хлебных запасов широко используют химические вещества – фумиганты, но после их использования нужно

осуществить дегазацию. Ускоряет этот процесс активное вентилирование теплым наружным воздухом. Продолжительность активного вентилирования определяют по снижению остатков пестицидов до нормы, и, как правило, она не превышает 2 ч от начала дегазации.

1.4.2. Установки для активного вентилирования зерна

Проведение активного вентилирования зерна требует большого разнообразия установок, различающихся между собой по способу установки, – стационарные и переносные; по способу подачи воздуха – с вертикальным, горизонтальным или смешанным; по типу воздухо-распределительных устройств – с каналами или коробами; перфорированным полом или трубами и некоторыми другими особенностями.

Стационарная установка СВУ-2 состоит из 22 двоянных и 4 одинарных воздухо-распределительных каналов, располагаемых в полу типового склада, вместимостью 3200 т, сверху каналы накрыты деревянными щитами на уровне с полом.

Длина канала 9 м, ширина – 0,15 м, а высота переменная – в начале 0,6 м, в конце – 0,15 м. Из воздухо-распределительного канала воздух поступает в зерновую насыпь и выходит по всей длине через щели, образующиеся между щитами и боковыми стенами канала. На установке СВУ-2 вентилируют зерно пшеницы, ячменя, ржи, овса, бобовых культур с влажностью не выше 24 %, а зерно проса, гречихи и подсолнечника с влажностью не более 22 %.

Стационарная вентиляционная установка СВУ-63 предназначена для вентилирования зерна с влажностью до 26 % и сушки его в насыпи с исходной влажностью до 30 %. Каналы установки СВУ-63 обеспечивают пропуск большого количества воздуха и равномерное его распределение по площади пола склада. Она позволяет вентилировать в 1,5–2,5 раза больше зерна, чем на других установках. При формировании партий зерна до вентилирования допускается и большая высота насыпи, чем над другими установками.

Напольно-переносные установки используют в зернохранилищах, расположенных в местах с высоким уровнем грунтовых вод, где невозможно строительство стационарных вентиляционных установок. Из-за высоких эксплуатационных расходов, связанных с затратами ручного труда, применение этих установок весьма ограничено.

Телескопическую вентиляционную установку ТВУ-2 применяют для вентилирования зерна на токах и в складах. Подача воздуха в зер-

новые насыпи происходит из пятизвенных труб, они в собранном виде уложены на металлические салазки, что позволяет перемещать их по току. Расстояние между трубами дифференцируют в зависимости от величины исходной влажности зерна и высоты насыпи.

Секционно-навесную установку «Воронка» с очаговой раздачей воздуха применяют в напольных складах ангарного типа. Склад оснащают снаружи вентиляторами. Они подают воздух в подвешенный под крышей воздухопровод переменного сечения. Воздух из магистрального воздуховода нагнетают с помощью эластичных рукавов в зерновую массу через передвижные воздухораспределители, выполненные в виде перевернутых воронок, установленных рядами на полу склада.

Установив в складе воронки со стояками, склад загружают зерном и при засыпке стояков до половины высоты включают их в работу. Вентилируют любым количеством загруженных воронок, не дожидаясь полной загрузки склада зерном. Реверсивный электродвигатель в вентиляторе позволяет осуществлять продувку воздуха через зерновую массу нагнетанием либо отсасыванием воздуха.

Для небольших партий зерна используют модульные вентиляционные установки «Воронка». В них каждая воронка снабжена индивидуальным вентилятором. Модульную установку применяют для вентилирования небольших партий зерна (до 50 т) непосредственно в закромах.

Аэрожелоба – устройства в зерновых складах для вентилирования и транспортирования зерна под действием энергии струй воздуха, выходящих из отверстий решетки в сторону движения сыпучей массы. Они могут рассматриваться как стационарные вентиляционные установки канального типа.

В рабочем режиме аэрожелоба выполняют функцию установки активного вентилирования и лишь по окончании вентилирования помогают осуществить выгрузку зерна. Основную массу зерна из склада выгружают самотеком через выпускные воронки, и только небольшой слой зерна, оставшийся на ситах под действием потока воздуха, в разрыхленном состоянии перемещается в выпускные воронки до полного освобождения аэрожелоба.

Наряду со стационарными аэрожелобами на токах и в зерноскладах используют передвижные телескопические аэрожелоба ПТА.

Аэрожелоба нашли применение как для вентилирования, так и для полного освобождения металлических силосов большого диаметра от зерна. Это аэрожелоба У1-УДУ и У1-УДА. В днищах металлических силосов, разделенных для вентилирования на две секции, устанавливают по 8 аэрожелобов в каждой.

Вентилируемые бункера служат для вентилирования и сушки зерна в основном семенного назначения. Вместимость их от 12,5 т до 400 т.

Вентилирование зерна в силосах элеваторов осуществляют двумя способами: вертикальным (продольным) и горизонтальным (поперечным) продуванием насыпи.

Вертикальное продувание насыпи зерна ведут напорным вентилятором, расположенным внизу силоса с помощью установки ГИПЗП-49. Воздух из распределительного устройства, находящегося на днище силоса, нагнетается в зерновую массу и выходит из силоса через верхние люки. Из-за значительного сопротивления вентиляционной сети температура нагнетаемого в зерновую массу воздуха повышается на 9–11 °С по сравнению с исходной. Такой подогрев воздуха при вертикальном продувании вызывает подсушивание зерна в силосах, но снижает эффективность охлаждения. Вертикальное продувание насыпи в силосах элеватора целесообразно применять в зимнее время года, в периоды значительного похолодания.

Более равномерное охлаждение зерна в короткие сроки и при меньшем (в 8–10 раз) удельном расходе электроэнергии происходит при использовании в силосах установок с *горизонтальным* продуванием насыпи. Такие установки типа У1-УВС позволяют вентилировать свежесобранное зерно с влажностью до 18–19 % без последующей его сушки и создают в силосе элеватора равномерное охлаждение всей насыпи с помощью смонтированных в силосе вентиляционных труб с перфорированной поверхностью. Включением одного вентилятора воздух нагнетается в силос с зерном, а другой вентилятор отсасывает воздух и выводит его из силоса и выбрасывает в атмосферу. Однако установки с горизонтальным продуванием насыпи имеют более высокую стоимость по сравнению с установками с вертикальным продуванием, и включать их в работу возможно только при полностью загруженном зерном силосе.

1.4.3. Особенности активного вентилирования зерна различных культур

Различные зерновые культуры имеют неодинаковые физические параметры зерна и зерновой массы, размеры, конфигурацию, массу 1000 семян, скважистость и ряд других показателей, учитываемых при проведении активного вентилирования.

Совокупность показателей суммарной скважистости и размеров отдельных скважин определяет воздухогазопроницаемость насыпей зерна, а следовательно, и условия для проведения активного вентилирования. По воздухогазопроницаемости зерновые насыпи можно разделить на 3 группы: слабой, умеренной и высокой. С увеличением показателя суммарной скважистости, крупности скважин воздухогазопроницаемость насыпей зерна повышается. Следовательно, проведение активного вентилирования таких зерновых масс, как горох, соя, гречиха, подсолнечник, – процесс менее энергоемкий.

Пшеница. Активное вентилирование пшеницы можно проводить на всех существующих типах установок в складах, элеваторах, а также на токах.

Рожь по сравнению с пшеницей более гигроскопична, а насыпь ржи обладает низкой тепло- и температуропроводностью, что способствует задержанию тепла и развитию процесса самосогревания. Как и пшеницу, рожь можно вентилировать на всех типах установок.

Ячмень. Активное вентилирование проводят в первую очередь партий зерна, предназначенных для пивоварения. Так как свежесобранное зерно ячменя, как правило, не обладает высокой способностью к прорастанию, что особенно необходимо для использования его в пивоваренной промышленности, то с помощью активного вентилирования подогретым воздухом можно повысить этот качественный показатель зерна. Не меньшее значение имеет активное вентилирование пивоваренного ячменя с повышенной влажностью. Вентилирование такого ячменя холодным воздухом препятствует развитию микрофлоры на цветковых пленках зерна, оно сохраняет свою естественную окраску, пиво из него вырабатывается хорошего качества.

Овес. Свежесобранный овес менее устойчив в хранении, чем пшеница и рожь, так как в нем наряду с зернами, достигшими полной спелости, содержится некоторое количество незрелых зерен, что способствует развитию процесса самосогревания. А насыщенный водяными парами воздух между ядром и пленками зерновки вызывает ускоренное развитие микроорганизмов. Понижению стойкости в хранении овса также способствует повышенное (4,6–7,2 %) содержание в нем легкоокисляемого жира. Поэтому активное вентилирование овса весьма эффективно проводить на свежесобранных партиях зерна.

Просо. Имея гладкую поверхность, шаровидную форму и небольшой диаметр зерновки, просо обладает свойством плотной укладки

зерна, скажистость его низкая (30–40 %). При загрузке, а также при продувании воздухом и вентилировании зерновая масса проса дополнительно уплотняется, скажистость снижается, что вызывает почти в 2 раза, по сравнению с пшеницей, увеличение сопротивления проходящего через него воздуха. В связи с этим при вентилировании проса высоту насыпи снижают. Из-за высокой сыпучести проса следует тщательно заделывать отверстия, щели и т. д., где возможно просыпание его из установок.

Вследствие особенностей биохимического состава проса (содержит до 50 % жира) влажное и сырое зерно проса нестойко в хранении, и такое зерно необходимо сразу же вентилировать, если нет возможности провести его сушку.

Семена подсолнечника, как правило, поступают на хранение с повышенной влажностью, и их равновесная влажность существенно отличается от равновесной влажности зерна злаковых культур. Для определения возможности вентилирования семян подсолнечника пользуются специально составленными для этой культуры таблицами.

Активное вентилирование подогретым воздухом дает неравномерное снижение влажности в процессе обработки семян – в нижнем слое они высыхают очень быстро, в среднем – несколько медленнее, верхний же слой сначала несколько увлажняется, а затем и в нем влажность снижается.

В начале процесса вентилирования семян подсолнечника наблюдается некоторое снижение кислотного числа масла, а затем оно возрастает до 4 мг КОН. Объясняется это тем, что при вентилировании теплым воздухом создаются благоприятные условия для послеуборочного дозревания семян.

Зернобобовые культуры из-за высокой начальной влажности и большого содержания белка при вентилировании подогретым воздухом способны растрескиваться. Поэтому при вентиляции с целью снижения влажности зерна бобовых культур температуру нагрева воздуха ограничивают и проводят систематический контроль режима активного вентилирования. В тех случаях, когда в зернохранилище засыпают партии зерна разного качества, эти партии размещают так, чтобы можно было вентилировать каждую партию отдельно.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

- 2.1. Послеуборочная обработка льновороха.
- 2.2. Заготовка и первичная обработка сырья для производства чайных напитков.
- 2.3. Технология первичной обработки и хранения хмеля.
- 2.4. Характеристика и технология первичной обработки табака.

2.1. Послеуборочная обработка льновороха

Поступающий на послеуборочную доработку льноворох по своему составу и влажности весьма разнообразен. Состав его зависит от сроков и способов уборки, погодных условий, засоренности посевов и других причин. В основном льноворох состоит из семенных коробочек, свободных семян, путанины, стеблей сорных растений и различных посторонних примесей

В среднем в начале уборки влажность свежееубранного вороха составляет 35–60 %, к концу уборки она снижается. Темп снижения влажности зависит от состояния погоды, в среднем за сутки семена теряют 2–2,6 %, стебли – 0,15–1,12 % влаги.

Получаемый при отдельной уборке льна ворох имеет состав почти такой же, как и при комбайновой уборке, но влажность его примерно в 2–2,5 раза меньше.

Ворох при уборке льна льноподборщиком-молотилкой с плющильным молотильным аппаратом имеет совершенно другой фракционный состав. В нем почти полностью отсутствуют семенные коробочки, содержание стеблей в путанине не превышает 0,5 %. Влажность вороха низкая, его можно сразу же отправлять на зерноочистительные машины.

При значительном содержании путанины (более 15 %) ворох представляет собой связную массу, трудноразделимую из-за пронизывающих ее прочных стеблей. У такого вороха полностью отсутствует сыпучесть. В ряде хозяйств перед сушкой применяется отбор путанины из вороха вручную, что увеличивает пропускную способность сушильного пункта в 1,2–2,2 раза, сокращает расход топлива, но при этом теряется до 30 % семян из-за потери коробочек вместе со стеблями.

В свежееубранном ворохе происходит самосогревание, при этом снижаются посевные и товарные качества семян. Поэтому сразу после доставки с поля ворох сразу сушат.

Каждая партия, поступающая на сушилку, требует своего режима обработки. Смешивание вороха с различных участков приводит к неравномерности сушки.

В процессе сушки следует строго следить за температурным режимом, так как семена льна очень чувствительны к перегреву, особенно при повышенной их влажности. В настоящее время существует несколько типов сушилок льновороха. На всех сушилках, кроме противоточной, неизбежна пересушка вороха при обмолоте. Поэтому после завершения сушки рекомендуется продувать льняной ворох атмосферным воздухом в течение 2–5 ч.

Наиболее распространены в хозяйствах пункты послеуборочной обработки льняного вороха всех типов. Все они имеют одинаковое оборудование молотильных отделений и отличаются типом сушилки.

Льняной ворох сушат в насыпи толщиной от 0,5 до 1,8 м, расположенной на подвижной или движущейся решетке, сквозь которую подается теплый воздух. Температура сушильного агента (воздуха) определяется допустимой температурой нагрева семян. Для всех сушилок рекомендована температура сушильного агента в пределах 40–45 °С. Из-за неоднородности льняного вороха зона сушилки подходит к поверхности слоя неодновременно. После того как закончилась сушка в наиболее газопроницаемых местах насыпи, проходит столько же или в 2 раза больше времени, пока закончится сушка всей партии. При использовании активного вентилирования возм

Переработку льняного вороха следует начинать, когда его влажность достигнет 12–17 %, что соответствует влажности семян 8–13 %.

Качество работы МВ-2,5А должно соответствовать следующим требованиям: степень перетиранья коробочек – не менее 98 %, степень дробления семян – не более 1 %, снижение всхожести семян после пропуска через терочный аппарат машины – не более 0,5 %, чистота семян – не ниже 95 %, потери семян в целом по машине – не более 5 %, потери семян в ветровых откосах – не более 3 %.

При обработке вороха на МВ-2,5А свободные семена сильно травмируются.

После выделения семена очищаются на воздушно-решетных и других машинах. Сначала семена освобождают от крупных примесей на машинах предварительной очистки, потом их доводят до кондиции на семяочистительных машинах (ОС-4,5; ОС-4,5А; СМ-4; К-531/1 «Петкус-Гигант», К-522 и др.).

2.2. Заготовка и первичная обработка сырья для производства чайных напитков

В Республике Беларусь произрастает значительное количество видов как культивируемого, так и дикорастущего растительного сырья, обладающего определенными ароматическими и целебными свойствами. Для приготовления чайных напитков используются те части растений, в которых наиболее сконцентрированы биологически активные и ароматические компоненты.

Многие виды пряно-ароматических растений выращиваются в плодовоовощных и специализированных хозяйствах. Наиболее широко возделываются зверобой, мята перечная, ромашка аптечная, Melissa лимонная, душица, шиповник, смородина и др.

Богаты ценным сырьем для производства ароматных чайных напитков и природные уголья республики – леса и луга. Наиболее пригодны для производства напитков листья брусники и земляники, плоды рябины обыкновенной и черноплодной, черники, клюквы, брусники и голубики, корни одуванчика, корневища аира, трава вереска, душицы, фиалки трехцветной, чабреца, цветки липы и др. Особенно ценным сырьем являются дикорастущие ягоды. Неоспоримы их высокие вкусовые качества.

Качество производимых напитков во многом зависит от правильной организации заготовки и обработки сырья. Сбор сырья

необходимо производить в хорошую погоду, лучше всего утром после обсыхания растений от росы. Растения, собранные после дождя или покрытые росой, быстро чернеют и портятся.

Листья снимают вручную с черенками или без них только с цветущих растений. Они должны быть полностью развившимися и обязательно свежими. Не допускается сбор пожелтевших и увядших листьев, пораженных болезнями и поврежденных вредителями.

При заготовке надземной части растений в целом ее срезают у основания или на уровне нижних листьев. У некоторых высокорослых растений (зверобой) срезают только цветущие верхушки. Если срезанные растения имеют много стеблей и побегов (чабрец, душица), то после высушивания побеги без листьев обламываются и удаляются.

Цветки и соцветия собираются в начале цветения, когда цветок еще не проявляет признаков увядания. В это время в цветках содержится больше биологически активных веществ, они меньше осыпаются после высушивания. Цветки собирают вручную, обрывая цветоножки.

Каждый вид сырья имеет свои индивидуальные особенности сбора.

Цветки липы собирают во время цветения целыми соцветиями вместе с кроющими листьями. Массовую заготовку производят при распускании больших бутонов.

Цветочные корзинки ромашки аптечной пригодны к сбору в стадии горизонтального расположения язычковых цветков. Собранное сырье перед сушкой сортируют для удаления корзинок с длинными стеблями.

Надземную часть растений фиалки во время цветения срезают около земли. Нежелательным является наличие в высушенной траве большого количества зрелых плодов и осыпавшихся цветков.

У чабреца срезают облиственные веточки также в период цветения.

Листья брусники заготавливают весной до начала цветения или осенью после сбора ягод. Повторный сбор листьев на одном и том же месте допускается через пять лет.

Листья земляники срезают ножом в период цветения. Листья мяты перечной заготавливают в фазе бутонизации.

У Melissa лимонной листья и верхушки побегов заготавливают во время цветения.

Подземные части (корни, корневища) собирают поздно осенью, после окончания вегетации, или ранней весной, до начала отрастания. Собранные корни и корневища отряхивают от земли, обрезают стебли, удаляют поврежденные части и при сильном загрязнении промывают холодной водой.

Сосновые почки заготавливают в набухшем, но не тронувшемся в рост состоянии (февраль – март) при весенней рубке или чистке леса.

Хвою сосны собирают поздней осенью и зимой, так как в это время она содержит наибольшее количество витамина С.

Сразу после уборки проводится первичная обработка собранного сырья. Чем быстрее будет проведена обработка, тем меньше отмечается потеря и выше его качество. После сбора производится инспекция. Удаляется увядшее, пораженное болезнями, поврежденное вредителями и механически поврежденное сырье.

Применяются два способа сушки растительного сырья: воздушно-солнечная и искусственная. На солнце сушат корни, корневища и плоды. Площадку размещают на месте, доступном солнцу и ветру. Сырье укладывают на металлические сита, которые располагают на стеллажах. Рядом оборудуют навес для предохранения сырья на случай дождя. Травы и цветки сушат в тени под навесом, предохраняя их от попадания прямых солнечных лучей и капель дождя.

Сушку считают законченной, если цветки и листья легко рассыпаются в руках, стебли и корни ломаются, ягоды при надавливании крошатся. Высушенные плоды и ягоды должны быть целыми, но не слипшимися в комки. В дождливую погоду все виды растительного сырья сушат в сушилках. Могут применяться различные типы сушилок, но в основном в качестве теплового агента используется подогретый воздух. При сушке сырья в сушилках необходимо соблюдать режимы сушки и регулировать толщину слоя в зависимости от вида сырья. К примеру, надземная масса растений размещается слоем 3–10 см в зависимости от вида. Листья растений размещают слоем 3–5 см, корневища айра – одним слоем, плоды загружают плотностью 5–10 кг/м².

Температура нагретого воздуха устанавливается для листьев и надземной массы растений в пределах 35–50 °С, для плодов – 50–80 °С в зависимости от вида сырья.

Высушенное сырье упаковывается в чистую, сухую, без посторонних запахов тару. В каждую единицу упаковки вкладывается ярлык с указанием наименования сырья, номера партии и номера упаковщика.

Подготовленное сырье фасуется в тканевые одинарные и двойные мешки, бумажные многослойные мешки, мешки из полиэтиленовой пленки, тканевые тюки, фанерные ящики, ящики из гофрированного картона.

Поступившее на склад сырье укладывается на сухие чистые деревянные поддоны, расположенные выше уровня пола на 10–15 см. Ящики с сырьем устанавливаются высотой 6–8 ящиков. Высота штабеля для ягод, семян, почек – не более 2,5 м, для других видов сырья – не более 4 м. Каждый штабель снабжается ярлыком с указанием вида сырья, даты поступления, номера приемного анализа. Ширина прохода между рядами должна быть не менее 0,5 м, а между штабелями и источниками тепла – не менее 1 м.

Высушенное сырье очень гигроскопично. Оптимальная влажность воздуха при хранении должна быть не более 70 %. Повышенная влажность воздуха при хранении приводит к появлению плесени, в результате чего происходит потеря вкуса и аромата, ухудшается качество.

Многие виды растений, например, иван-чай, вишня, смородина и герань, станут вкуснее при ферментации.

Для ферментации подходят листья многих садовых культур: яблоны, груши, вишни, черноплодной рябины, малины, клубник и винограда. Неплохо ферментируются и листья душицы, голубики, лещины. Также возможно получить ферментированный чай из молодых листьев березы или остролистного клена.

Не годятся для приготовления ферментированного чая листья брусники и черники (они слишком сухие), а также листья лекарственных растений или пряных трав, например, мяты или Melissa, поскольку они, в отличие от других растений, в процессе ферментации не раскрывают, а наоборот, утрачивают свой неповторимый вкус.

Чайные напитки получают путем купажирования предварительно подготовленного лекарственного сырья или пряно-ароматических растений.

Технологические процессы получения чайных напитков включают следующие стадии переработки исходного сырья: термообработку (бланширование) при температуре 35–50 °С в течение 3–6 ч, измельчение сырья, сушку при температуре 75–125 °С, сортировку, купажирование (смешивание по рецептуре) и фасовку.

Чайные напитки фасуют в пачки и банки из жести массой нетто 50–500 г, а также пакетики для разовой заварки массой нетто до 6 г. Масса нетто продукции должна соответствовать указанной на упаковке. Отклонения от массы отдельных упаковочных единиц в процентах не должны превышать: минус 5 при фасовании до 6 г; минус 3 при фасовании от 50 до 500 г.

Чайные напитки, фасованные в пачки, выпускают в полужесткой упаковке. Полужесткая упаковка должна состоять из внутренней части – пергаменты или кашированной алюминиевой фольги, или бумаги с поливинилиденхлоридным покрытием и внешней – коробки из бумаги или хром-эрзаца (картон). Пачки должны быть чистыми, хорошо склеенными и иметь правильную форму. Банки для фасования чайных напитков должны изготавливаться из жести хромированной лакированной. Допускается изготовление банок из жести белой. Дно, крышки и боковые стенки могут иметь рельефы, обеспечивающие жесткость банки. Внутренняя и наружная поверхности банок должны быть чистыми, без трещин, царапин и следов коррозии. На поверхности корпусов банок допускаются незначительные продольные перегибы жести, легкие отпечатки от валков, царапины и скобки, не нарушающие целостности лаковой пленки. На дне и крышке с наружной стороны под продольным швом допускается нарушение лакового покрытия площадью не более 10 мм.

Упаковка чайных напитков для разовой заварки должна состоять из внутреннего пакетика из пергаменты или подпергаменты и внешнего пакетика из бумаги этикеточной. Пакетики для разовой заварки укладывают в коробки из бумаги или хром-эрзаца. Пачки и пакетики для разовой заварки могут быть художественно оформлены.

Допускается использование для фасования чайных напитков других видов потребительской тары, укупорочных средств и упаковочных материалов по ТНПА и разрешенных Министерством здравоохранения Республики Беларусь для контакта с пищевыми продуктами, обеспечивающими сохранность качества продукта. Пачки с чайным напитком могут укладываться в сувенирные или художественно оформленные коробки (по 3, 6, 8 шт.), отвечающие требованиям НД.

Пачки, банки, коробки укладывают в ящики из древесины и древесных материалов или ящики из гофрированного картона. Ящики должны быть сухими без постороннего запаха и выстланы чистой оберточной бумагой.

Маркировка. На каждой упаковочной единице указывают:

- наименование предприятия-изготовителя, его адрес и товарный знак;
- наименование чайного напитка;
- массу нетто;
- состав компонентов;
- способ заваривания;

- дату изготовления;
- условия хранения;
- срок годности;
- обозначение настоящего стандарта.

Хранение и транспортирование. Ящики с чайным напитком должны храниться в сухом, чистом, хорошо проветриваемом помещении, не зараженном вредителями хлебных запасов, на деревянных стеллажах с расстоянием 0,10–0,15 м от пола и не менее 0,5 м от стены в штабелях не более чем пять ящиков по высоте, с проходом между двумя-тремя рядами. Расстояние от источников тепла, водопроводных и канализационных труб должно быть не менее 1 м. Относительная влажность воздуха в помещении, где хранятся чайные напитки, должна быть не выше 70 %. Не допускается хранить в одном помещении с чайными напитками скоропортящиеся продукты и товары, имеющие запах. Не допускается проветривать помещения, в которых хранятся чайные напитки, при влажности наружного воздуха выше, чем влажность воздуха в помещении.

Дефекты чайно-травяных напитков. Большая часть дефектов чая формируется в процессе производства, в том числе: *засоренность* (чешуйками, грубым листом, волокнами и другой примесью) возникает в результате сбора с кустов грубого чайного листа, в том числе при машинной уборке и недостаточной очистке при сортировке; *мешаный чай* получается в результате неправильной сушки (высокая температура и медленное продвижение чая в сушильном аппарате); *кислый вкус и запах* возникают из-за нарушения процесса и длительности ферментации, сушки; *жаристый чай* формируется в результате неправильной сушки (высокая температура и медленное продвижение чая в сушильном аппарате); *серый цвет тисса* – это результат чрезмерного трения при сухой сортировке чая и продолжительном скручивании листа; *мутный настой* появляется вследствие переферментации чая; *«водянистый», «пустой»* вкус настоя может быть из-за чрезмерно слабого скручивания или слишком длительной ферментации чайного листа; *безжизненный настой* (чай с недостаточно вяжущим вкусом) появляется в результате повышенной влажности листа и «запаривания» чая при сушке; *зелень чая* (присутствие аромата «зелени» и горьковатого вкуса) возникает в результате недостаточной ферментации; *черный цвет тисса* бывает характерным для чая майского и июньского сборов и при излишней сушке листа; *темный цвет разваренного листа* проявляется вследствие излишней ферментации и чрезмерного

завяливания; *пестрый цвет разваренного листа* формируется при переработке и сортировке неоднородного материала; *затхлый, плесневелый* и другие посторонние запахи возникают из-за нарушения технологии хранения чайного листа и повышенной влажности (более 9 %) чая при хранении. Такой чай к употреблению непригоден.

Каким бы высоким качеством ни обладал чай, выработанный промышленностью, в процессе доставки к покупателю он может полностью утратить свои ценные свойства при несоблюдении условий хранения. Резкое ухудшение качества может произойти и позже – при неумелом хранении его потребителем. Это объясняется высокой гигроскопичностью чая и способностью активно поглощать посторонние запахи (передавая их настою), а главное – терять собственный аромат.

При влажности байховых чаев выше 8 % утрачивается их ароматичность, чай «старееет». С возрастанием влажности до 12–13 % чай плесневеет. Неприятный запах плесени легко воспринимается всей партией чая. Менее всего свойства сорбции и десорбции выражены у прессованных чаев, а среди байховых – у зеленого чая. В пределах одного типа наименее гигроскопичны более высокие сорта листового чая, что обусловлено целостностью листа и хорошей его скрученностью.

Сохраняемость исходных свойств чая в первую очередь определяется степенью герметичности, чистотой упаковки и отсутствием в ней постороннего запаха, а также соответствием условий хранения свойствам чая как коллоидного капиллярно-пористого тела.

Дефекты чайных напитков определяются невысоким качеством исходного сырья (свежего листа), нарушением технологии производства чая, его купажирования, а также условий и сроков хранения, транспортирования и реализации чайных напитков.

2.3. Технология первичной обработки и хранения хмеля

Хмель является основным компонентом для производства пива, так как обладает ароматическими и вкусовыми свойствами, придающими пиву приятную хмелевую горечь, и обуславливает сортовые особенности пива. Его применяют также в хлебопекарной, парфюмерной, лакокрасочной промышленности, в медицине.

Женские соцветия хмеля называют шишками. В производстве используются неоплодотворенные шишки (без семян). Наличие оплодотворенных шишек ухудшает качество хмеля и в частности

аромат. Поэтому мужские шишки хмеля удаляют с плантации. К моменту созревания хмеля в шишках появляются желто-зеленые, с сильным блеском клейкие шарики, содержащие зернышки лупулина.

Химический состав хмелевых шишек колеблется в широких пределах в зависимости от почвенно-климатических условий произрастания, сорта хмеля, способов возделывания. Шишки хмеля содержат горьких веществ и смол 12–22 %, эфирных масел – 0,2–0,8, дубильных веществ – 2–5, клетчатки – 13–14, золы – 7–10, безазотистых экстрактивных веществ – 25–27, азотистых веществ – 15–18, воды – 10–14 %.

Горькие вещества хмеля представляют собой безазотистые соединения сложного химического состава. В них различают пять составных частей: горькие α - и β -кислоты, мягкие α - и β -смолы, твердые γ -смолы. Наиболее изучены α -кислота ($C_{21}H_{30}O_5$) – гумулон и β -кислота ($C_{26}H_{38}O_4$) – лупулон. Для пивоварения наиболее важны α -кислоты. При длительном хранении содержание горьких кислот и мягких смол в шишках уменьшается, а твердых смол – увеличивается. В хмеле также накапливаются изовалериановая кислота, изомасляный альдегид, изопропилакриловая кислота и продукты их окисления. Эти вещества определяют так называемый сырный запах плохого старого хмеля.

Эфирное масло в хмеле представлено смесью ароматических веществ и терпенов различного химического состава. В состав эфирного масла входят такие вещества, как мирцен ($C_{10}H_{16}$), линалоол ($C_{10}H_{18}O$), гумулен ($C_{15}H_{24}$), люпаренол ($C_{15}H_{24}O$), гераниол и другие, смесь которых и дает характерный аромат хмеля. Эфирные масла летучи, легко осмоляются, а при хранении окисляются. В результате этих процессов аромат хмеля сильно изменяется.

Дубильные вещества кахетиновой группы соединений улучшают процесс коагуляции белков и способствуют выпадению их из раствора при охлаждении сусла, т. е. осветляют пиво, а также увеличивают его пеностойкость.

Хмель убирают в большей степени вручную или применяя механизированные комплексы ЧХ-4Л. Уборку проводят до наступления полного созревания, когда 75 % шишек достигает технической зрелости. В это время шишки хмеля закрыты, упруги, имеют золотисто-зеленый цвет и сильный аромат. С наступлением физиологической зрелости шишки раскрываются, зерна лупулина высыпаются и теряют ценные вещества.

Свежеубранный хмель содержит 60–80 % воды, поэтому хранить его в таком состоянии нельзя. Первичная обработка шишек хмеля включает сушку, отлежку, сульфитацию, прессование и упаковывание.

Сушка является самым ответственным технологическим процессом первичной обработки шишек. Правильно высушенные шишки остаются целыми, сохраняют естественный цвет, блеск, аромат, липкость и количество горьких веществ.

Шишки хмеля сушат в специальных хмелесушилках. Предварительное, перед загрузкой в сушильные камеры, вентилирование шишек подогретым воздухом в течение 12–14 ч позволяет сохранить их технологические качества и повысить производительность сушилок. Свежеубранный хмель загружают в камеры активного вентилирования слоем 1,0–1,5 м и продувают подогретым воздухом. Затем шишки поступают на верхний этаж сушилки, где их загружают на верхнее сито равномерным слоем толщиной 12–14 см. На верхних ситах шишки находятся 40–100 мин, а затем сита переводятся из горизонтального положения в вертикальное, и шишки пересыпаются на сито нижнего яруса.

Продолжительность нахождения шишек на ситах разных ярусов определяется по готовности их к выгрузке из нижнего яруса. Продолжительность сушки шишек при температуре агента 45–50 °С составляет 6–8 часов. Если в отобранной пробе черешки шишек не изгибаются, а ломаются, сушку считают законченной.

Сразу после сушки шишки очень хрупкие, при их перемещении отламываются чешуйки и теряются горькие вещества. Поэтому сразу после сушки шишки отлеживаются, в процессе чего впитывают влагу из окружающей среды. Они становятся более плотными и эластичными. Длительность отлежки составляет 5–15 суток и зависит от относительной влажности окружающего воздуха. Для сокращения времени отлежки высушенные шишки увлажняют или вентилируют воздухом, прошедшим через слой свежеубранного сырья, до содержания влаги в шишках 13 %. Продолжительность отлежки сокращается до 10–15 мин.

Для подавления деятельности микроорганизмов хмель подвергают обработке сернистым ангидридом. Сульфитация придает сырью лучший внешний вид, в нем более длительное время сохраняются ценные для пивоварения компоненты горьких веществ. Сульфитацию проводят в специальных камерах-хмелесеровнях. В нижней части камеры располагается топка, в которой на металлических противнях сжигают серу. Шишки хмеля в камере слоем 1,0–1,5 м располагают на

металлической сетке, установленной над топкой на высоте 3 м. Продолжительность сульфитации – 4–6 ч. Более совершенным способом сульфитации является обработка шишек, уложенных слоем до 2 м, сернистым ангидридом. Газ из баллонов в течение часа принудительно рециркулирует через слой шишек.

Высушенный хмель, содержащий 10–12 % влаги, упаковывают в мешки из специальной джутовой ткани. Такой мешок вмещает 50–60 кг сухого хмеля.

Для уменьшения объема хмеля, придания ему транспортабельности и лучших условий при хранении высушенное сырье прессуют и упаковывают в мешочную ткань. При необходимости хранения хмеля более длительное время шишки закладывают в металлические, герметически закрывающиеся цилиндры, из которых выкачивают воздух и нагнетают диоксид углерода.

Хранение хмеля в мешках допускается в течение года, а в металлических цилиндрах – до трех. Длительное хранение хмеля даже в благоприятных условиях вызывает ухудшение состава ценных горьких веществ.

Мешки с шишками хранят в сухих, затемненных, хорошо вентилируемых помещениях на деревянных стеллажах при температуре 0–3 °С.

2.4. Характеристика и технология первичной обработки табака

Табак возделывают для получения листьев, используемых в качестве сырья для изготовления папирос, сигарет, сигар и трубчатого табака.

Махорку возделывают для получения курительной крупки, нюхательного и жевательного табака.

Южные и юго-западные регионы Республики Беларусь благоприятны по погодно-климатическим условиям для возделывания табака и махорки. Нарращивание производства табака и махорки позволяет уменьшить закупку данного сырья за пределами республики и в значительной степени удовлетворить потребность в нем табачных предприятий.

В зрелом табачном листе находится 80–85 % воды и 15–20 % сухих веществ. Табак и махорка содержат никотин, который является одним из самых ядовитых алкалоидов. В листьях табака содержатся: никотин – 1–3 %, эфирные масла – около 1, смолы – 4–7, белки – 7–10, углеводы – 4–13, зола – 13–15 %. Смолы и эфирные масла определяют запах и ароматичность табака.

Крепость табака повышается по мере увеличения содержания в нем никотина. Для табака высших сортов оптимальное количество никотина находится в пределах 1,2–1,5 %. При высоком содержании никотина ухудшаются вкусовые качества табачных изделий, а при его уменьшении крепость табака становится недостаточной.

Углеводы оказывают положительное влияние на качество табачных изделий. Белки же при сгорании табака в папиросе выделяют неприятный запах и придают ощущение горечи. Отношение количества углеводов к количеству белков характеризует качество табачного сырья.

Табачное и махорочное сырье используется для производства никотина. При окислении хромовой кислотой никотин превращается в никотиновую кислоту, применяемую для синтеза некоторых фармацевтических препаратов. Из листьев табака и махорки получают также лимонную и яблочную кислоты.

Семена махорки содержат 35–40 % масла, которое используется при производстве красок, лаков и мыла.

Сорта табака по технологическим свойствам делят на ароматические и скелетные. Ароматические сорта обладают особой душистостью дыма, служат для сдобривания табачной массы скелетных сортов и добавляются к табачному сырью в небольшом количестве. Скелетные сорта составляют основу курительных изделий.

Убирают табак при наступлении технической зрелости, когда листья содержат наибольшее количество сухого вещества. Техническую зрелость растений определяют по внешним признакам: листья хрупкие (ломкие) и более плотные на ощупь; листовая пластинка липкая вследствие выделения смолистых веществ; поверхность листа волнистая; окраска несколько светлеет, переходя к краям в легкую желтизну; черешок хрупкий и при отламывании листа издает хрустящий звук.

Созревание листьев табака происходит неодновременно. Сначала созревают самые старые нижние листья, затем средние, последними – верхние. Убирают табак вручную. Количество ломок обычно совпадает с числом ярусов созревания.

Убранные листья складывают в пачки и сразу же отправляют в сушильные помещения. Процесс сушки состоит из двух фаз: томления и сушки.

Сушность томления заключается в частичном уменьшении (до 25–30 %) влаги и потере сухих веществ. В табачном листе продолжается обмен веществ, происходит распад белков, разрушение хлорофилла и

другие процессы. Отмечается некоторое снижение количества никотина. Потери влаги при томлении достигают 6–7 %, а сухого вещества – 10–16 %. Оптимальными условиями для томления табака являются температура воздуха 25–35 °С и относительная его влажность 75–85 %.

Томление проводится в закрытых помещениях. Нанизанные листья табака подвешивают в несколько ярусов на переносные рамы. При теплой погоде для ускорения процесса томления листья выносят на 3–4 часа на солнце для обогрева и проветривания. Томление обычно продолжается 3–4 дня.

Томление может проводиться в тех же закрытых помещениях на полу. Нанизанный на шнуры табак укладывается рядами на пол и прикрывается мешковиной. Температура во внутренней части массы не должна превышать 30–35 °С.

По окончании томления листья приобретают слегка желтоватую окраску и становятся вялыми, средняя жилка при складывании листа пополам не ломается.

После томления производится фиксация – окончательная сушка табака на солнце или в специальных сушилках. При солнечной сушке рамы со шнурами табака устанавливают на хорошо освещенной, защищенной от ветра площадке. Продолжительность солнечной сушки составляет 15–25 дней. При окончательной сушке табака в сушилке температуру агента сушки в начале устанавливают 40–42 °С, а в конце повышают до 50–55 °С.

Высушенное сырье сортируют и отправляют на хранение в табакохранилище. В период хранения продолжает изменяться химический состав и физические свойства высушенного табачного листа. Часть сложных органических веществ распадается на более простые, происходит и более глубокое расщепление с образованием диоксида углерода, аммиака и воды. Подвергаются распаду растворимые углеводы, почти полностью исчезают сахара.

Процесс ферментации завершает послеуборочную обработку. Партию табака, загруженную в камеру, прогревают до температуры 50 °С при относительной влажности воздуха 60–65 %. Общая продолжительность процесса составляет около 12–14 суток.

После ферментации листья табака приобретают выровненную окраску, их способность к поглощению водяных паров снижается, горючесть и вкус улучшаются, ароматичность и устойчивость к развитию плесеней, а также пригодность к длительному хранению повышаются.

3. ПОСЛЕУБОРОЧНАЯ ОБРАБОТКА ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

- 3.1. Технология послеуборочной обработки картофеля.
- 3.2. Послеуборочная обработка лука и чеснока.

3.1. Технология послеуборочной обработки картофеля

3.1.1. Физиологические процессы, происходящие в клубнях после уборки

Любая партия картофеля редко бывает однородной. Вместе с основной продукцией в насыпи обычно содержатся примеси, поврежденные клубни, большое количество микроорганизмов, а также воздух, который влияет на все компоненты и может отличаться от атмосферного

за же ны ране ие, ногд бнару иваю

подавляют дыхание в клетках. С дыханием тесно связаны лежкость и устойчивость к болезням хранящейся продукции, раневые реакции, период покоя и начало прорастания.

Раневые реакции – характерны для картофеля, корнеплодов. На свежееубранных клубнях механические повреждения довольно быстро зарубцовываются, и на месте повреждения образуется раневая перидерма. Лучше всего она образуется при температуре 18–20 °С, влажности воздуха около 95 % и свободном доступе кислорода – за 5–7 дней. Оболочки клеток пропитываются суберином, который препятствует проникновению микроорганизмов в клубень. Таки образом, при заживлении повреждений появляется не только механический, но и химический барьер.

Биохимические изменения. При хранении в клубнях картофеля все время протекают процессы распада крахмала в сахара и, наоборот, образование крахмала из сахара. Интенсивность этих процессов зависит главным образом от температуры. При ее понижении накопление сахара увеличивается, и картофель делается сладким, и наоборот, при повышении температуры усиливается обратный процесс – превращение сахара в крахмал

Прорастание. Сразу после уборки клубни некоторое время находятся в периоде покоя, и их почки в это время не образуют ростков. После окончания покоя при благоприятных условиях клубни в течение всего периода хранения прорастают, образуя ростки. Если картофель хранится в темном месте, ростки образуются этиолированные, на свету – зеленые. Это явление для клубней картофеля в период хранения нежелательно, так как при прорастании происходит интенсивное дыхание, усиливается распад белков, жиров, углеводов до простых соединений. Следствием этого процесса является значительные потери сухих веществ и в конечном итоге – полная непригодность продукции для использования.

Однако, учитывая, что клубни картофеля являются благоприятной средой для развития микроорганизмов, основную опасность после уборки представляет возможное распространение болезней: фузариоза, фомоза, резиновой гнили, фитофтороза и особенно мокрых бактериальных и смешанных гнилей. При высоком изначальном инфекционном фоне и несоблюдении технологии доработки и хранения отдельные партии картофеля могут быть потеряны практически полностью.

3.1.2. Физические свойства клубней картофеля

Сыпучесть. По сравнению с зерном картофель обладает меньшей сыпучестью. При закладке в бурты картофель укладывают по углу естественного откоса, который изменяется в пределах 40–45°. Угол трения учитывается при использовании транспортеров: максимальный наклон ленточного транспортера 18–24°, планчатого – 33°.

Самосортирование. Проявляется при использовании механизированных средств загрузки хранилищ картофелем. Более крупные, с большей удельной массой клубни распределяются вблизи от места падения, мелкие перемещаются по насыпи дальше. При загрузке создаются участки насыпи с различной скважистостью и обеспеченностью воздухом. Предупреждают самосортирование предварительным сортированием или калиброванием, очисткой от примесей.

Скважистость. Присутствие воздуха, перемещающегося по скважинам, способствует передаче тепла конвекцией и перемещению влаги в виде пара. Благодаря скважистости используют активное вентилирование или вводят в продукты газ для обеззараживания (дезинфекции или дезинсекции).

Для картофеля скважистость находится на уровне 45–55 %. Присутствие в продуктах примесей резко снижает скважистость и увеличивает сопротивление потоку воздуха при активном вентилировании.

Механическая прочность зависит от структуры объекта, его размера и массы. Крупные клубни травмируются сильнее, чем средние и мелкие. Степень повреждения зависит от сортовых особенностей (прочность оболочки и мякоти), степени зрелости. Для картофеля установлены предельная высота падения, превышение которой приводит к повреждениям (30 см), и максимальная высота насыпи при хранении (5–6 м).

Сорбционные свойства (испарение и отпотевание). Масса клубней при транспортировании и хранении уменьшается главным образом в результате испарения влаги. Максимально допустимая потеря воды, при которой клубни теряют товарный вид, составляет 7 %. Отпотевание продукции происходит из-за высокой относительной влажности воздуха при определенной разнице температур в массе продукции и хранилище (точка росы). Отпотевание вызывает большие потери из-за микробиологической порчи. Для его предупреждения применяют активное вентилирование, укрывают продукты стружками, соломой и другими теплоизоляционными материалами.

Подверженность замерзанию. Клубни замерзают при температуре от $-0,5$ °С. При подмораживании они темнеют, изменяют вкус, поэтому нельзя допускать случайного подмораживания продукции, так как это приводит к резкому снижению качества.

Теплофизические свойства. Клубни картофеля обладают плохой тепло- и теплопроводностью. Они очень медленно охлаждаются и так же медленно нагреваются. Интенсивность данных процессов замедляется и вследствие высокой скважистости хранимых объектов, так как воздух – плохой проводник тепла. Поэтому выделяемое тепло аккумулируется в массе продукции, при этом активизируется микрофлора и возникает самосогревание, приводящее к частичной или полной потере качества продукции. Послеуборочная доработка и хранение продукции с учетом ее физических свойств позволяет значительно сократить потери и сохранить качество.

3.1.3. Требования к клубням, закладываемым на длительное хранение

Обязательным этапом между процессами уборки и хранения картофеля является его послеуборочная доработка. Основная цель послеуборочной доработки картофеля – привести продукцию в состояние, устойчивое при хранении и соответствующее требованиям действующих стандартов на семенной (СТБ 1224-2000), продовольственный (ГОСТ 7176-85) и технический (ГОСТ 26832-86) картофель.

В производственных условиях невозможно добиться идеального состояния клубней – абсолютно здоровых и неповрежденных, которые бы обеспечили минимум потерь при хранении. Тем не менее, исходя из результатов многолетних исследований специалистов, закладывать на хранение можно картофель, соответствующий определенным параметрам качества:

- суммарное содержание клубней, пораженных фитофторозом, удущем, сухими гнилями (фомоз, фузариоз), не должно превышать 1,0–1,5 %;

- с механическими повреждениями мякоти глубиной более 5 мм и длиной более 10 мм (порезы, вырывы, трещины) – не более 5 %;

- с обдиrom кожуры менее половины поверхности – не более 10–12 %.

В партии не допускается присутствие клубней, пораженных мокрой, кольцевой, пуговичной и другими бактериальными гнилями, под-

мороженных и раздавленных, материнских, наличие соломы, ботвы и других остатков.

Для определения пригодности конкретной партии картофеля к закладке на длительное хранение целесообразно воспользоваться термомикробиологическим методом, т. е. создать провокационные условия для патогенных микроорганизмов. Для этого сразу после уборки от партии отбирают 100 клубней, помещают их в полиэтиленовые пакеты, плотно завязывают и выдерживают при температуре 15–20 °С в течение двух недель. По истечении срока производится подсчет клубней, пораженных гнилями. Партии, в которых удельный вес пораженных клубней по результатам анализа составляет более 10 %, считаются непригодными для длительного хранения и требуют быстрого использования. Партии с поражением 5–10 % считаются условно пригодными для длительного хранения. Они требуют применения перевалочной технологии закладки на хранение – с временным хранением и переборкой клубней, а в период хранения за ними требуется тщательный контроль. Партии, в которых поражение гнилями не превышает 5 %, при соблюдении температурно-влажностного режима хранятся хорошо без дополнительной переборки.

3.1.4. Технологии закладки картофеля на хранение

В зависимости от условий уборки и состояния картофеля целесообразно дифференцировать и технологию его закладки на хранение. Традиционно выделяют поточную, перевалочную и прямоточную технологии, каждая из которых имеет свои преимущества в конкретной ситуации.

Поточная технология. Картофель, убранный в поле комбайном или копательем, поступает на сортировальный пункт для отделения примесей и сортирования на фракции и сразу закладывается на хранение. Данная технология наиболее удобна, поэтому чаще всего используется в хозяйствах. Однако, по сравнению с другими способами, при этой технологии клубням наносится наибольшее количество механических повреждений, поскольку чаще всего их кожура еще не успела окрепнуть. Поэтому ее целесообразно применять при уборке полностью вызревших клубней, с окрепшей кожурой и не пораженных болезнями, а также если картофель убирается в благоприятных погодных условиях, реализуется осенью или поступает с поля с растительными остатками и примесью почвы более 20 %.

Перевалочная технология. Клубни после уборки выдерживают во временных буртах в течение 10–14 дней и только затем подвергают сортировке и закладывают на хранение. Данную технологию необходимо применять при значительном поражении клубней болезнями, удущем или если уборка проводится в холодную и дождливую погоду, особенно комбайнами на тяжелых почвах, для семенных партий. За время предварительного хранения скрытая инфекция проявляет себя, что позволяет вовремя удалить больные клубни при сортировке и переборке, кожура клубней успевает окрепнуть, снижается степень механических повреждений.

Прямоточная технология. Картофель, поступающий с поля, сразу закладывается на хранение без сортирования на фракции. Доработка в этом случае проводится весной, при выгрузке продукции из хранилища. Данная технология может применяться, если уборка проводится в сухую теплую погоду, клубни здоровые, не поврежденные и с окрепшей кожурой, при этом примесь почвы в ворохе составляет не более 10–15 %. При использовании прямоточной технологии формирование насыпи при загрузке хранилища должно проводиться при постоянном перемещении стрелы загрузчика в горизонтальной плоскости во избежание образования в насыпи почвенных столбов, в которых клубни часто загнивают и быстро прорастают. При более высоком содержании почвы и при наличии растительных примесей, остатков ботвы и больных клубней их отделение совмещают с загрузкой в хранилище, используя современный приемный бункер с ворохоочистителем и последующей ручной инспекцией некондиционных клубней на горизонтальном телескопическом транспортере.

При отсутствии осенней реализации картофеля в хозяйстве следует закладывать на хранение по прямоточной технологии, а в экстремальных условиях – по перевалочной. При использовании поточной технологии кроме общего высокого уровня механических повреждений клубней значительно возрастает процент потемнения мякоти от ударов, что приводит к большим отходам при очистке клубней – в два раза выше в связи с общим снижением качества картофеля по сравнению с прямоточной технологией.

3.1.5. Процессы послеуборочной доработки картофеля

Процессы послеуборочной доработки должны обеспечивать прием продукции, очистку от примесей, сортировку (деление на фракции),

переборку (удаление больных и дефектных клубней), закладку на хранение. Клубни по размеру калибруют на три основные фракции: крупную – диаметром более 60 мм для реализации в качестве продовольственного картофеля; среднюю – 30–60 мм, для закладки на семена; мелкую – менее 30 мм на фураж. Размер фракций может изменяться в зависимости от категории хозяйства (семеноводческие, товарные) и целей использования картофеля (продовольственный, технический, для промышленной переработки).

Для механизации указанных операций используются картофеле-сортировальные пункты (КСП-15, 25 и др.), приемные бункеры с предварительной сортировкой и отделением примесей (БПВ-40, ППС-20, Grimme RH 14-40 и др.), ленточные складские транспортеры, телескопические передвижные транспортеры (КТ-40, ЗТ-40, Grimme ТС 80-16 и др.), укладчики-загрузчики картофеля, самоходные подборщики картофеля, сортировальные машины, инспекционные столы, контейнеро-загрузчики, контейнероопрокидыватели и т. д.

Для снижения потерь семенного картофеля при хранении возможно осеннее его протравливание сразу после уборки с использованием препаратов фунгицидного действия широкого спектра (Максим и т. п.). Обработка ограничит распространение таких заболеваний как сухая фузариозная гниль, раневая водянистая гниль, антракноз, фомоз, альтернариоз, парша серебристая, черная ножка, ризоктониоз. Предпочтительно использовать способ обработки с дозированием рабочей жидкости, поскольку в этом случае поверхность клубней меньше увлажняется и влажность в насыпи можно быстрее привести в норму.

3.2. Послеуборочная обработка лука и чеснока

В сухую погоду выкопанный комбайном или вырванный вручную лук оставляют на 1–2 недели в поле в валках для просушки. Для уборки используют также картофелекопатели и другие переоборудованные подкапыватели. Валки лука подбирают комбайном (ЛКГ-1,4 или ЛУК-3), сортируют на сортировочном пункте ПМЛ-6, удаляя примеси и остатки растений. Сортировочный пункт – это навес, под которым размещены вибрационный грохот, который отделяет землю и мелкие примеси, машины для переборки, на которых удаляют луковички с видимыми дефектами (механические повреждения и гниль), барабанные проминочные машины, вальцовый очиститель, сортировщики, ленточные и лопастные конвейеры. На сортировочном пункте лук освобож-

дается от растительных остатков и калибруется. Линия имеет четыре бункера. Производительность пункта – 2,5–3 т/ч.

В неустойчивую погоду собранный ворох лука направляют на пункт, где есть сушилка, или размещают под навесами для вентилирования с помощью тепловентиляционных агрегатов (ВПТ) или электрокалориферов (ЭФОА-20, ЭФОА-40). Ворох лука обычно имеет влажность 60–70 %, его надо осторожно сушить до влажности наружных чешуй лукович не более 14 %.

Сушильный пункт (производительностью 20 т в сутки) устраивают под навесом. Ворох лука, поступающий с поля, пропускают до сушки только через сетчатый грохот для удаления свободной земли и мелких примесей и направляют на 8 сушильных бункеров с решетчатым дном вместимостью по 7–8 т каждый с высотой засыпки до 2 м. При сушке следует также учитывать удельное аэродинамическое сопротивление слоя лука, которое зависит от скорости воздушного потока, диаметра лукович и состава вороха. Удельная подача воздуха для сушки лука-севка составляет $600 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{ч}$, семенного лука – $400 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{ч}$.

Сначала лук сушат воздухом температурой 30–35 °С, а за 8–10 ч до окончания сушки ее повышают до 45 °С. При такой температуре погибает возбудитель шейковой гнили. После высушивания лук ленточным конвейером, который установлен между бункерами, подают в отминочную машину, потом в сортировочную машину СЛС-7 и далее в накопительные бункеры или непосредственно системой конвейеров в камеры для хранения.

Можно сушить и другими способами. Если эти процессы проводить интенсивно и быстро, то можно избежать зон конденсации влаги (немного выше зоны сушки) и процессов гниения. Температура воздуха при сушке лука должно быть не ниже 30–35 °С при влажности 50–60 %. В пересушенном луке с влажностью верхних чешуй 8 % начинается отток воды из сочных чешуй.

Если в хозяйстве есть специализированное лукохранилище, то сушильное оборудование размещают возле него под навесом. Лук (ворох), поступающий с поля, загружают в два закрома высотой 2,8 м, в которых за двое суток можно подсушить ворох до влажности чешуек 30–35 %. Затем лук выгружают, отминают, сортируют и снова подают в сушильное оборудование непосредственно в хранилище, где его досушивают в течение 8–12 ч до влажности чешуек 15–16 % при температуре 45–46 °С. Затем лук охлаждают и хранят в этих самых камерах.

Лукохранилища для активного вентилирования подогретым воздухом оборудуют электрокалориферами. В них закладывают отсортированный лук влажностью 30–35 %. Здесь его сушка длится 6–8 суток.

Чеснок, убранный комбайном, уже на складе проходит первичную очистку с помощью очистительных машин (для удаления остатков земли), укладывается в открытые сквозные ящики и просушивается. Естественная форма сушки чеснока – как в пучках, так и без листьев – под навесом, избегая попадания прямых солнечных лучей, или в хорошо проветриваемом помещении. При повышенной влажности воздуха чеснок просушивают в специальных сушилках при помощи нагнетаемого через вентиляторы воздуха – естественного или подогретого. Режим сушки чеснока такой же, как и лука. Его сушат до влажности чешуек 14–15 %. При температуре воздуха 45 °С погибают клещи и нематоды, шейка луковицы становится тоньше и плотнее. Сушить чеснок надо осторожно, у него нужно сохранить общую рубашку, поскольку при ее потере чеснок в зубках теряет лежкость.

После просушки делают вторичную дополнительную очистку (можно снова пропустить через сепаратор и затем через шелушитель) для снятия остатков земли и грязной шелухи. Затем головки чеснока сортируют и калибруют (на столе для калибровки), складывают в холодильную камеру. По мере продажи чеснок в необходимом количестве извлекают из камеры и придают ему товарный вид (ручная работа). Чеснок в пучках после уборки просушивается аналогичным образом без предварительной очистки и складывается (подвешивается) в сухом и хорошо проветриваемом месте. Обрезку листьев (вручную) и очистку луковиц делают по мере продажи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В. И. Филатов [и др.]. – М.: Колос, 2004. – 724 с.
2. Жолик, Г. А. Технология переработки растительного сырья: учеб. пособие / Г. А. Жолик, Н. А. Козлов. – Горки: БГСХА, 2004. – Ч. 1. – 204 с.
3. Жолик, Г. А. Технология переработки растительного сырья: учеб. пособие / Г. А. Жолик, Н. А. Козлов. – Горки: БГСХА, 2004. – Ч. 2. – 137 с.
4. Казанина, М. А. Обработка и хранение сельскохозяйственной продукции / М. А. Казанина, В. Я. Воронкова. – Минск: Ураджай, 1988. – 159 с.
5. Казанина, М. А. Справочник по хранению семян и зерна / М. А. Казанина, В. Я. Воронкова, В. А. Петровская. – Минск: Ураджай, 1991. – 200 с.
6. Карпов, Б. А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна / Б. А. Карпов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.
7. Курдина, В. Н. Практикум по хранению и переработке сельскохозяйственных продуктов / В. Н. Курдина, Н. М. Личко. – М.: Колос, 1992. – 175 с.
8. Малин, Н. И. Технология хранения зерна / Н. И. Малин. – М.: Колос, 2005. – 280 с.
9. Манжесов, В. И. Технология хранения растениеводческой продукции / В. И. Манжесов, И. А. Попов, Д. С. Щедрин. – М.: Колос, 2005. – 392 с.
10. Мелихов, А. А. Хранение и переработка плодов и овощей / А. А. Мелихов. – Минск: Ураджай, 2000. – 160 с.
11. Микулович, Л. С. Товароведение продовольственных товаров: учеб. / Л. С. Микулович. – Минск: Высшая школа, 2009. – 416 с.
12. Пилипюк, В. Л. Технология хранения зерна и семян / В. Л. Пилипюк. – М.: Вузский учебник, 2009. – 457 с.
13. Поморцева, Т. И. Технология хранения и переработки плодовоовощной продукции / Т. И. Поморцева. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 136 с.
14. Послеуборочная обработка и хранение зерна / Е. М. Вобликов [и др.]. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2001. – 240 с.
15. Технология хранения, переработки и стандартизация продукции растениеводства: учеб. пособие / Г. А. Жолик [и др.]; под ред. Г. А. Жолика. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 575 с.
16. Трисвятский, Л. А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов: учеб. / Л. А. Трисвятский, Б. В. Лесик, В. Н. Курдина. – 4-е изд. – М.: Агропромиздат, 1991. – 416 с.
17. Филатов, В. И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В. И. Филатов [и др.]. – М.: Колос, 2004. – 724 с.
18. Цык, В. В. Послеуборочная обработка и хранение зерна: учеб.-метод. пособие / В. В. Цык. – Горки: БГСХА, 2014. – 268 с.
19. Цык, В. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства: курс лекций / В. В. Цык. – Горки: БГСХА, 2013. – 190 с.
20. Шаршунов, В. А. Сушка и хранение зерна: справ. пособие / В. А. Шаршунов, Л. В. Рукшан. – Минск: Мисанта, 2010. – 587 с.
21. Широков, Е. П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации / Е. П. Широков, В. И. Полегаев. – М.: Колос, 2000. – 254 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА И СЕМЯН.....	7
1.1. Теоретические основы послеуборочной доработки зерна.....	7
1.2. Характеристика основных свойств зерна.....	18
1.3. Послеуборочная обработка зерна.....	24
1.4. Активное вентилирование зерна.....	51
2. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ.....	59
2.1. Послеуборочная обработка льновороха.....	59
2.2. Заготовка и первичная обработка сырья для производства чайных напитков.....	61
2.3. Технология первичной обработки и хранения хмеля.....	67
2.4. Характеристика и технология первичной обработки табака.....	70
3. ПОСЛЕУБОРОЧНАЯ ОБРАБОТКА ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ.....	73
3.1. Технология послеуборочной обработки картофеля.....	73
3.2. Послеуборочная обработка лука и чеснока.....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

Учебное издание

Винникова Наталья Викторовна
Нестеренко Татьяна Кирилловна

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ДОРАБОТКИ
ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. П. Лаходанова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 30.07.2025. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 4,52.
Тираж 60 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.