

100

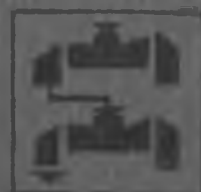
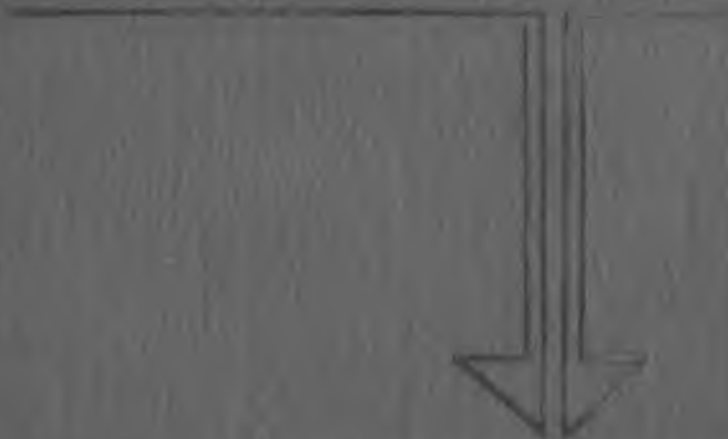


УЧЕБНИКИ ДЛЯ ЗУБОВ

С. П. ПУНКОВ, А. И. СТАРОДУБЦЕ

ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА, ЭЛЕВАТОРНО-СКЛАДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЗЕРНОСУШЕНИЕ

ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА, ЭЛЕВАТОРНО-СКЛАДСКОЕ
ХОЗЯЙСТВО И ЗЕРНОСУШЕНИЕ





564.7
П-88

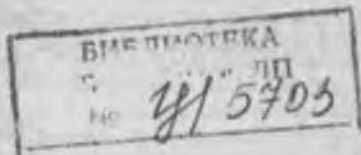
УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

С. П. ПУНКОВ, А. И. СТАРОДУБЦЕВА

ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА, ЭЛЕВАТОРНО-СКЛАДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ЗЕРНОСУШЕНИЕ

ИЗДАНИЕ 2-е, ДОПОЛНЕННОЕ
И ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Допущено Государственным комитетом СССР
по народному образованию в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обу-
чающихся по специальности "Экономика и управ-
ление в отраслях агропромышленного комплекса"



МОСКВА ВО "АГРОПРОМИЗДАТ", 1990

ББК 36.821

П 88

УДК 664.72 (075.8)

Редактор *А.В. Никитина*

Рецензенты: инженер *В.Е. Петриченко*, ИПК Минхлебопродуктов РСФСР
(доц. *В.С. Сергунов*, доц. *Е.И. Горелова*).

Пунков С.П., Стародубцева А.И.

П88 Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение. — 2-е изд. доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1990. — 367 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

ISBN 5-10-000546

Изложены основы хранения зерна и продуктов его переработки. Описаны физиологические процессы, происходящие в зерновой массе при хранении. Рассмотрено элеваторно-складское хозяйство, типы зернохранилищ, а также научные основы послеуборочной обработки зерна на хлебоприемных предприятиях. Во втором издании (первое вышло в 1980 г. под названием "Элеваторно-складская промышленность") отражены последние научные достижения в области сушки зерна.

Для студентов, обучающихся по специальности "Экономика и управление в отраслях агропромышленного комплекса".

П 3707020000-272 254-90
035 (01) - 90

ББК 36.821

ISBN 5-10-000546

© Издательство "Колос", 1980
© ВО "Агропромиздат", 1990, с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Успешное выполнение государственных планов производства и заготовок зерна различных культур — необходимое условие для обеспечения нормального снабжения населения продуктами питания, промышленности сырьем установленных кондиций, для образования государственных продовольственных резервов, дальнейшего улучшения благосостояния трудящихся.

Обеспечение закупок значительного количества зерна, его качественная послеуборочная обработка, хранение и отгрузка потребителям — ответственные задачи всей элеваторной промышленности нашей страны. Сохранение природных качеств зерна, размеры потерь и денежные издержки зависят от того, насколько послеуборочная обработка и хранение будут научно обоснованными и экономически целесообразными.

Хранение государственных запасов зерна требует не только хорошей материально-технической базы, но и большого числа специалистов, которые владеют глубокими общинженерными знаниями и способны обеспечить полную сохранность зерна и зерновых продуктов.

Курс "Хранение зерна, элеваторно-складское хозяйство и зерносушение" имеет целью ознакомить студентов—будущих специалистов со структурой элеваторной промышленности, организацией работы по приемке, послеуборочной обработке зерна и с научными основами технологии его хранения, помочь им организовать выполнение всех технологических процессов на предприятиях отрасли хлебопродуктов на современном уровне.

Со времени первого издания пособия произошли значительные изменения в технической базе элеваторной промышленности СССР, а также в вопросах организации хлебозаготовок. Выполнены большие научные исследования в области технологии послеуборочной обработки зерна, хранения, механизации транспортных операций и индустриализации строительства зернохранилищ.

Все это нашло отражение в новой программе для студентов экономических факультетов. Учебник написан по программе курса подготовки инженеров-экономистов в области экономики и организации промышленности продовольственных товаров, организации и нормирования труда.

Раздел первый написан канд. техн. наук Стародубцевой А.И.; разделы второй и третий — докт. техн. наук проф. Пунковым С.П. (раздел третий написан с участием канд. техн. наук доц. Налеева О.Н.).

ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

Глава I

ЗАДАЧИ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

Основные задачи хранения зерна и продуктов его переработки следующие: сохранить зерно без потерь в массе или с минимальными потерями; сохранить зерно без ухудшения качества, повысить качество зерновых продуктов; сократить затраты труда и средств на единицу массы зерна при наилучшем сохранении его количества и качества.

Зерно представляет собой живую биологическую систему, в которой протекают разнообразные физиолого-биохимические процессы; их интенсивность зависит от условий хранения.

На зерно и продукты его переработки отрицательно воздействуют микроорганизмы, находящиеся на поверхности зерен и семян и на других твердых компонентах зерновой массы, а также разнообразные вредители хлебных запасов. Активное их развитие в зерновой массе сопровождается уменьшением количества зерна и ухудшением его качества. Снижается также гигиеническое состояние зерна, так как продукты жизнедеятельности некоторых из них обладают токсическим действием на организм человека и животных. Все это обуславливает необходимость защиты хлебных запасов от активного воздействия микроорганизмов и вредителей.

Природа потерь количества и качества зерновых продуктов при хранении хорошо изучена. Профессор Л.А. Трисвятский предложил классификацию потерь, по которой их делят на биологические и механические (рис. 1). Лишь некоторые потери неизбежны, например расход сухого вещества при дыхании зерна во время хранения и неучтенный распыл вследствие выделения из зерновой массы органических частиц. Однако эти потери при рациональной организации хранения незначительны и могут быть количественно определены на основе норм естественной убыли.

Причинами потерь при неправильном хранении зерна могут быть просыпи, уничтожение его грызунами, птицами, микроорганизмами, а также самосогревание и прорастание.

Потери, обусловленные ухудшением качества хранящихся хлебопродуктов, приводят и к количественным потерям. Так, в результате

Рис. 1. Возможные причины потерь зерна при хранении

снижения всхожести семян при хранении увеличивается норма высева. Потеря зерном признаков свежести (цвет, запах, вкус) ухудшает качество вырабатываемых из него продуктов (муки, крупы, хлеба и др.). В некоторых случаях зерно становится даже непригодным к использованию на пищевые цели. Механическое травмирование зерна на разных этапах работы с ним (уборка, послеуборочная обработка, транспортирование и т. п.) может быть причиной потерь его при хранении.

В мировом хозяйстве все еще велики количественные и качественные потери зерновых продуктов при хранении. Ежегодно 8...10% собранного урожая не доходит до потребителя. Соблюдение научно обоснованных режимов послеуборочной обработки и хранения зерна, организация тщательного контроля, а также бережное обращение с зерном — необходимые условия предотвращения потерь зерна при хранении.

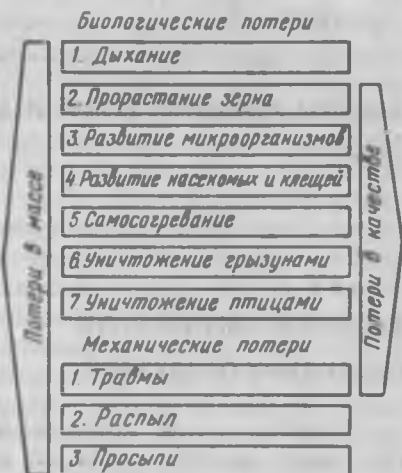
Глава II

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВЫХ МАСС И ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

§ 1. СОСТОЯНИЕ ЗЕРНА, ПОСТУПАЮЩЕГО НА ХРАНЕНИЕ

Полная сохранность государственных хлебных ресурсов во многом зависит от состояния зерна. На хлебоприемные предприятия поступают партии зерна разнообразных культур с показателями качества, удовлетворяющими требованиям государственных стандартов на заготавливаемое зерно или с отклонениями от них в пределах или выше ограничительных кондиций. Размещение партий в хранилищах, методы послеуборочной обработки, режимы и способы их хранения, целевое использование и т.д. зависят от качества поступивших партий зерна. Зерно формируется в поле и зависит от многих факторов.

Сортовые особенности зерна. Хороший посевной материал обеспечивает дружные всходы, одновременный рост и развитие растений, налив и созревание зерна. Посев семенами низких кондиций вызовет



сдвиг циклов развития отдельных растений и может служить причиной большой разнокачественности выращенного урожая и пониженной стойкости зерна при хранении.

В зависимости от сорта зерна изменяются физические свойства, физиологическая активность зерновой массы, ее мукомольные, хлебопекарные свойства и потребительские достоинства продуктов переработки. Многие сорта зерна и семян характеризуются различной устойчивостью при хранении. Размещение партий зерна на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях, расчет с хлебосдатчиками за зерно и семена проводят с учетом качества, сортовых особенностей и их дальнейшего использования.

Условия развития растения и формирования зерна. Почвенно-климатические условия, в которых развиваются растения и формируется зерно, определяют размер урожая, химический состав зерна и его качество. Зерно нормально развивается при благоприятных условиях. Разные отклонения от них сопровождаются изменением химического состава и свойств зерна. Выпадение осадков в предуборочный и уборочный периоды приводит к увлажнению зерна. В этом случае на хлебоприемные предприятия будет поступать зерно повышенной влажности, нестойкое при хранении.

Ранние заморозки или засушливая погода в период налива хлеба вызывает образование дефектного зерна (морозобойного, щуплого) с пониженными показателями качества и неустойчивостью при хранении. Повреждение зерна на корню полевыми вредителями (клопом-черепашкой, пшеничной нематодой и др.) снижает урожай и ухудшает качество зерна.

Попадание в зерновую массу во время обмолота различных сорняков, в том числе частей полыни, дикого чеснока, кориандра, а иногда и вредных примесей требует срочной очистки партий зерна и отдельного их размещения. Иногда в период развития растений на них развиваются фитопатогенные микроорганизмы, вызывая различные болезни растений (бактериозы, микозы, фузариозы и др.) и пороки зерна (щуплость, образование гельминтоспориозных зерен и др.). Все это ограничивает использование зерна по прямому назначению.

Условия уборки урожая. В различных климатических зонах Советского Союза условия уборки урожая разные, кроме того в пределах одной зоны погодные условия существенно влияют на качество зерна, и прежде всего на его влажность. В дождливую погоду во время уборки зерно увлажняется, теряет свой естественный цвет (обесцвечивается), в нем усиливаются физиолого-биохимические процессы и жизнедеятельность микроорганизмов, что может привести к ухудшению качества зерновой массы при хранении вследствие самосогревания. В таких условиях зерно может прорасти в колосе, особенно в валках, которые длительное время не обмолачиваются.

Условия хранения зерна в первый период уборки урожая, условия

его транспортирования на хлебоприемные предприятия. Они могут повлиять на состояние поступающего зерна, если после уборки зерно не обрабатывают на токах, а хранят в открытых, не защищенных от внешних условий местах. Зерно при этом может увлажниться и даже прорасти. В зерновую массу могут проникнуть вредители хлебных запасов — насекомые и клещи, обитающие в кучах прошлогодней соломы и других органических остатках. При отсутствии постоянного контроля свежесобранное зерно может испортиться вследствие самосогревания.

Транспортирование зерна на хлебоприемное предприятие иногда бывает причиной загрязнения зерна, заражения вредителями и увлажнения атмосферными осадками. К транспортным средствам для перевозки зерна поэтому предъявляют особые требования.

Таким образом, потери количества и качества зерна могут быть значительными при небрежном обращении с зерном вследствие усиления физиологических и микробиологических процессов. Снижение качества зерна до поступления в государственную систему хранения обуславливает появление некондиционного зерна, требующего срочной обработки (очистки, сушки, обеззараживания). В случаях разрешения на приемку зерна эти партии размещают отдельно от кондиционного зерна, обеспечивают незамедлительную обработку, тщательный контроль и уход при хранении. Поступление некондиционного зерна снижает доходы колхозов и совхозов, так как при расчетах за зерно с них взимают плату за очистку и сушку, а также делают скидку с массы за пониженное качество против базисных кондиций.

Стойкость зерна при хранении, его качество и возможность использования по назначению в значительной степени зависят от тех условий, в которых зерно находилось до момента его сдачи на хлебоприемное предприятие. Принимая зерно от хлебосдатчиков, работники этих предприятий должны уметь точно определить качество зерна, выявить особенности каждой партии, наметить и осуществить наиболее эффективные методы послеуборочной обработки и режимы хранения. Необходимо отметить, что правильная организация работы по приемке зерна от хлебосдатчиков определяет успешное решение многих задач, стоящих перед хлебоприемным предприятием.

§2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

На хлебоприемные предприятия поступают различные партии зерна и семян зерновых, бобовых, масличных и технических культур. Исследование любой зерновой массы показывает, что она неоднородна по составу и представляет собой совокупность различных компонентов.

Основной компонент — это зерна или семена данной культуры, по названию которых называют партию (пшеница, рожь и т.п.). Каждое семя зерновой массы имеет морфологические и физиологические различия, которые можно объяснить их местоположением на материнском

растении и в колосе, а также несвоевременностью налива. Наиболее крупные и выполненные зерна формируются в средней части колоса.

При уборке урожая в зерновую массу попадают дробленые зерна (битые), семена других культур и сорных растений (если посева засорены этими культурами), части стеблей и стержней колоса, колосковые чешуйки, ости, солома, песок, пыль. В зерновой массе всегда присутствуют микроорганизмы. Отдельные зерна, семена и примеси зерновой массы неоднородны по форме, размерам и при размещении в хранилищах укладываются неплотно. Между твердыми компонентами есть промежутки (межзерновые пространства или скважины), заполненные воздухом, который влияет на все компоненты зерновой массы при хранении. В зараженных зерновых массах присутствуют вредители — клещи и насекомые.

Все партии зерна независимо от культуры обладают следующими физическими свойствами: сыпучестью, самосортированием, скважистостью, сорбцией и десорбцией газов и паров, теплофизическими и массообменными свойствами. Хранение зерна без учета свойств зерновой массы приводит к значительным потерям и увеличению издержек производства.

§ 3. СЫПУЧЕСТЬ И САМОСОРТИРОВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ МАСС

Способность зерна и зерновой массы перемещаться по какой-либо поверхности, расположенной под некоторым углом к горизонту, называют сыпучестью. Зерновая масса обладает хорошей сыпучестью, что используют при перемещении зерна конвейерами, нориями и другими средствами, при загрузке зерна в бункера, силосы и выпуске из них самотеком. Сыпучесть зерновой массы определяет минимальный угол наклона бункеров и силосов на элеваторах, мукомольных, крупяных, комбикормовых заводах, ее учитывают при расчетах зернохранилищ на прочность и т.д.

Сыпучесть зерновой массы характеризуют углом естественного откоса, т.е. углом между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении зерновой массы на горизонтальную плоскость. На сыпучесть зерновой массы влияют многие факторы: гранулометрический состав и гранулометрическая характеристика (форма, размеры, характер и состояние поверхности зерен), влажность, количество примесей и их видовой состав, материал, форма и состояние поверхности самотечной трубы.

Наиболее сыпучи зерновые партии, состоящие из семян шарообразной формы с гладкой поверхностью (просо, горох, соя). При отклонении от этой формы сыпучесть зерна ухудшается. Зерна продолговатые, тонкие, с шероховатыми оболочками или цветковыми пленками обладают меньшей сыпучестью. Примеси, особенно легкие и мелкие или

имеющие шероховатую поверхность, снижают сыпучесть зерновой массы. Увеличение влажности зерновой массы приводит к снижению сыпучести и увеличению угла естественного откоса. Сыпучесть зерновой массы снижается при хранении вследствие уплотнения и служит косвенным показателем состояния хранящегося зерна.

Углы естественного откоса зерна различных культур (по Л.А. Трисвятскому) приведены ниже:

Культура	Угол, град	Культура	Угол, град
Пшеница	23...38	Горох	24. 31
Рожь	23...38	Соя	25...32
Ячмень	28...45	Вика	28...33
Кукуруза	30...40	Кормовые бобы	29...35
Подсолнечник	31...45	Чечевица	25...32
Рис	27...48	Лен	27...34
Овес	31...54	Клещевина	34...46
Просо	20...27		

Самосортирование возникает при перемещении, встряхивании и движении зерновой массы на конвейерах, в кузове автомобиля или железнодорожных вагонах, при заполнении складов и силосов, при выгрузке из них зерна. Во время движения (встряхивания) легкие компоненты зерновой массы (легкие примеси, мелкие и щуплые зерна и др.) перемещаются в верхние слои, а тяжелые — в нижние, т.е. нарушается однородность состава партии зерна.

Во время загрузки силосов наблюдается наибольшее самосортирование. Этому способствует сопротивление, оказываемое воздухом движущимся частицам. Крупные, тяжелые зерна и другие частицы с большей плотностью подаются в силос вертикально и с большей скоростью, чем легкие. Они заполняют центральную часть силоса. Мелкие, битые, щуплые зерна и легкие примеси уносятся вихревыми потоками воздуха к стенам силоса или скатываются по поверхности конуса, образуемого зерновой массой.

В результате самосортирования качество зерна в различных частях силоса будет неодинаково: в центре силоса находится доброкачественное зерно с большей натурой (объемной массой), менее засоренное, чем около стен, где накапливаются легкие органические примеси, пыль, семена сорняков, щуплые, дробленые зерна, имеющие повышенную влажность. Выпуск зерновой массы из силосов не устраняет последствий самосортирования при заполнении. Характер истечения зерна из силосов не способствует перемешиванию зерна.

Таким образом, самосортирование зерновой массы — явление нежелательное. Нарушение однородности партии зерна в хранилище затрудняет правильную оценку его качества как в силосе, так и при отгрузке из него, а также способствует развитию различных физиологических и микробиологических процессов в тех местах насыпи, где сосредоточены компоненты с повышенной жизнедеятельностью.

§ 4. СКВАЖИСТОСТЬ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

Зерновая масса при размещении в складах или силосах не образует плотной массы; между ее твердыми компонентами остаются свободные промежутки, заполненные воздухом. Часть объема зерновой массы, занятая зерном и другими твердыми частицами (примеси, семена других культурных растений и пр.), характеризует плотность укладки зерна. Остальную часть объема зерновой массы, заполненную воздухом, называют скважистостью. Плотность укладки зерна и скважистость выражают в процентах от общего объема зерновой массы.

Наличие скважин и воздуха в зерновой массе обуславливает практическое значение скважистости. Перемещение воздуха по скважинам способствует передаче тепла путем конвекции, перемещению влаги через зерновую массу в виде пара. Влажность и температура зерновой массы во время хранения изменяются. Характер физиологических и микробиологических процессов в зерновой массе зависит от количества и состава воздуха в межзерновых пространствах. Благодаря скважинам возможны сушка, активное вентилирование и газация зерна.

Скважистость и плотность укладки зерновой массы в хранилище зависят от формы, упругости, размеров и состояния поверхности твердых компонентов зерновой массы, количества и вида примесей в ней, от размера партии и влажности зерновой массы, формы и размеров хранилища, а также от срока хранения.

Зерновая масса, состоящая из крупных, мелких, тонких и коротких зерен и других частиц, укладывается более плотно и обладает меньшей скважистостью, чем выровненная зерновая масса. Влажное и сырое зерно лежит менее плотно и занимает больший объем в хранилище, чем сухое зерно при прочих одинаковых условиях. Однако повышение влажности зерна во время хранения сопровождается увеличением объема единичных зерен за счет межзерновых пространств и уплотнением всей массы. В хранилище с большим поперечным сечением зерно размещается плотнее, чем с малым. При продолжительном хранении зерновая масса уплотняется и ее скважистость уменьшается. Таким образом, величина скважистости и плотности укладки зерновой массы может изменяться в довольно значительных пределах.

§ 5. СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

Характеристика сорбционных явлений в зерновой массе. Зерновая масса в целом хороший сорбент; она обладает способностью поглощать из окружающего пространства пары различных веществ и газы. В зависимости от свойств сорбентов и поглощаемых веществ сорбцию подразделяют на адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию и капиллярную конденсацию. Все виды сорбционных явлений наблюдаются в зерновой массе, и очень часто их невозможно расчленить. Поэтому суммарный результат адсорбции, абсорбции, капиллярной конденсации, хемосорбции назы-

вают сорбцией, а степень способности зерновой массы поглощать пары и газы при различных условиях — сорбционной емкостью. Сорбированные пары и газы при определенных условиях могут полностью или частично улетучиваться из зерновой массы в окружающее пространство, что называют десорбцией.

Значительная сорбционная емкость зерновой массы объясняется капиллярно-пористой коллоидной структурой каждого зерна и скважистостью всей массы. Каждое зерно, как многоклеточный организм, представляет собой пористое тело с сильно развитой поверхностью. Между отдельными клетками и тканями зерна имеются макро- и микрокапилляры (поры). Диаметр макропор 10^{-3} ... 10^{-4} см, а микропор 10^{-7} см. Крупные поры в основном сосредоточены в оболочках. Эндосперм содержит микрокапилляры, представляющие собой межмолекулярные промежутки. Стенки макро- и микропор участвуют в процессах сорбции молекул паров или газов. По системе капилляров перемещаются сжатые пары. Активная поверхность зерна находится в пределах 200... 250 м²/г, что в 200 тыс. раз больше видимой истинной поверхности зерна. Величина активной поверхности характеризует зерно как активный сорбент. Таким образом, сорбционные явления наблюдаются не только на поверхности зерна, но и в еще большей степени во внутренних участках каждого капилляра.

Все явления сорбции, происходящие в зерновой массе при транспортировании, обработке и хранении, в зависимости от их влияния на качество и сохранность зерна можно разделить на две группы: сорбцию и десорбцию различных газов и паров, сорбцию и десорбцию паров воды.

Сорбция и десорбция различных газов и паров. При нахождении зерна в среде различных газов и паров последние интенсивно сорбируются и обратно их удалить (десорбировать) трудно. Наблюдения показывают, что зерно поглощает пары и газы керосина и других нефтепродуктов, фенола, эфирных масел семян сорняков (полыни, кориандра и др.), почти все фумиганты (бромистый метил, дихлорэтан и др.). Последние вступают в химическое взаимодействие с веществами зерна, т.е. хемосорбируются.

Примером сорбции паров, имеющих большое значение при хранении зерна, является приобретение зерновой массой запаха эфирных масел полыни и кориандра. Если при обмолоте в зерновую массу попадут части растения полыни, то содержащиеся в них эфирные масла легко сорбируются зерном, и оно приобретает полынный запах, а иногда и горький вкус. Партии зерна с посторонним, несвойственным зерну запахом — это дефектные партии, которые надо хранить отдельно от нормального зерна. Их дополнительно обрабатывают, т.е. устраняют приобретенный зерном посторонний запах, что увеличивает расходы на хранение. Во избежание ухудшения качества зерновых масс в результате сорбции паров различных веществ хранилища и транспортные средства должны быть чистыми, без посторонних запахов.

Гигроскопичность зерновой массы. Способность зерновой массы поглощать пары воды из воздуха или выделять их в окружающее пространство называют гигроскопичностью. Многие исследования и практические данные показывают, что при хранении зерна в производственных условиях наблюдается самопроизвольное изменение влажности зерна. При хранении его во влажной атмосфере происходит увлажнение, а в сухой — подсыхание. Если поместить зерно с какой-то влажностью во влажный воздух, а он всегда содержит то или иное количество паров воды, то в результате взаимодействия могут происходить следующие процессы:

влага из зерна будет переходить в воздух (испарение, десорбция, сушка), и зерно подсохнет: это произойдет в том случае, если парциальное давление водяного пара у поверхности зерна ($p_{п.з}$) больше, чем парциальное давление водяного пара в атмосферном воздухе ($p_{п.в}$), т.е. ($p_{п.з} > p_{п.в}$);

влага из воздуха будет сорбироваться зерном, когда $p_{п.з} < p_{п.в}$; чем больше разность между парциальными давлениями паров воды в воздухе и у поверхности зерна (или наоборот), тем быстрее идет процесс перераспределения влаги.

Через некоторое время в результате перераспределения влаги парциальное давление пара в воздухе и у поверхности зерна станет равным и наступит динамическое равновесие ($p_{п.з} = p_{п.в}$). Влажность зерна, соответствующая состоянию равновесия, называют равновесной влажностью. Ее используют для выбора режимов активного вентилирования, сушки, для выявления условий безопасного хранения зерна, при которых жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы мала. Равновесная влажность зерна зависит от его сорбционных свойств (структуры, химического состава) и от состояния воздуха, его относительной влажности и температуры (табл. 1).

Зависимость между влажностью и относительной влажностью воздуха при постоянной температуре представляет собой кривую, называемую изотермой сорбции или десорбции (рис. 2). Кривая имеет одинаковый S-образный характер для зерна и семян различных культур.

Максимальная равновесная влажность зерна злаков, которая устанавливается при его пребывании в воздухе, насыщенном водяными парами (относительная влажность $\varphi = 100\%$), колеблется в пределах 33...36%. Она тот предел, до которого зерно может сорбировать пары воды из воздуха. Зерно будет иметь влажность выше максимальной гигроскопической только при впитывании капельно-жидкой влаги. Влажность зерна 7...10% устанавливается при $\varphi = 15...20\%$. Это нижний предел влажности зерна в производственных условиях.

Зерно и семена зерновых, масличных и бобовых культур в силу различного химического состава имеют неодинаковую равновесную влажность. Она выше у семян бобовых культур, меньше — у зерновых и еще меньше — у масличных. Снижение величины равновесной влажности

1. Равновесная влажность зерна различных культур (%)

Культура	Относительная влажность воздуха							
	75 %				80 %			
	Температура воздуха, °С							
	0	10	20	30	0	10	20	30
Пшеница	15,8	15,5	15,1	14,8	16,7	16,3	16,0	15,7
Рожь, ячмень	17,0	16,7	16,3	15,4	18,3	17,9	17,4	16,5
Овес	16,6	16,1	15,6	15,0	17,9	17,3	16,8	16,2
Рис	15,5	15,0	14,5	13,9	16,6	15,9	15,2	14,7
Кукуруза	16,6	16,3	15,9	14,9	17,6	17,3	16,9	15,9
Просо	16,1	15,6	15,1	14,4	17,1	16,6	15,9	15,3
Горох	16,8	16,5	16,1	15,8	17,7	17,3	17,0	16,7
Соя	14,0	13,6	13,1	12,5	16,2	15,7	15,3	14,5
Подсолнечник	8,9	8,5	8,2	7,6	9,5	9,3	9,1	8,5

объясняется увеличением количества жира в семенах и уменьшением количества гидрофильных веществ.

Предельное содержание влаги в воздухе и соответствующая упругость пара, насыщающего пространство, зависят от температуры. С ее повышением давление насыщенного пара увеличивается. Это вызывает уменьшение относительной влажности воздуха и наоборот. По данным

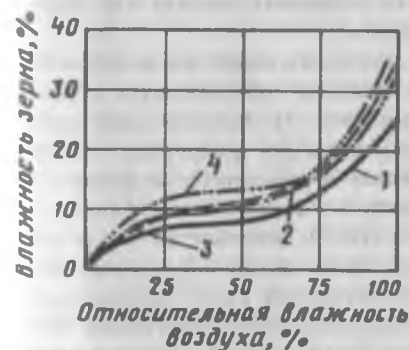


Рис. 2. Изотермы сорбции зерна и семян различных культур (по Л. А. Трисвятскому):

1 — льняное семя; 2 — пшеница мягкая белозерная; 3 — ячмень; 4 — рожь

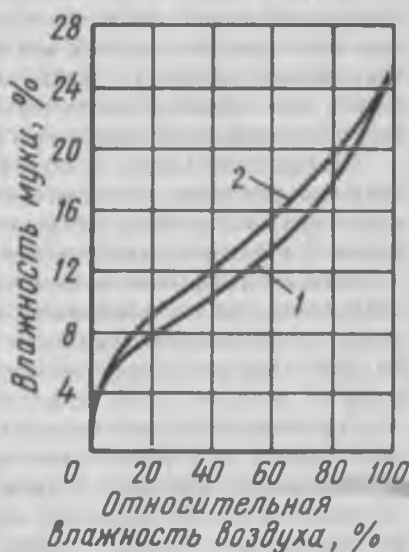


Рис. 3. Изотерма сорбции (1) и десорбции (2) пшеничной муки

И.Я. Бахарева, снижение температуры воздуха с 30 до 0°С сопровождается увеличением равновесной влажности зерна на 1,4%. Повышение температуры на 10°С при неизменной относительной влажности воздуха вызывает уменьшение равновесной влажности на 0,6...0,7%. Поскольку атмосферные условия меняются в течение суток, месяца, года (изменяются относительная влажность и температура воздуха), то и состояние зерна по влажности тоже будет колебаться. Важно знать и предвидеть эти изменения, чтобы предотвратить ухудшение качества зерна при его увлажнении. Контроль за влажностью в течение суток при приемке от хлебосдатчиков, а также при хранении и обработке — обязательное условие предотвращения потерь.

На величину равновесной влажности зерна влияет явление сорбционного гистерезиса, характеризующее несовпадением изотерм сорбции и десорбции. Фигуру, образованную линиями сорбции и десорбции (рис. 3), называют петлей гистерезиса. Кривые показывают, что равновесная влажность зерна в процессе сорбции всегда меньше его равновесной влажности десорбции. Эта разность для зерна пшеницы составляет 1,2...1,3%.

В связи с явлением сорбционного гистерезиса в зерновой массе никогда не наблюдается полного выравнивания влажности единичных зерен: равновесная влажность десорбции выше равновесной влажности сорбции. Вместе с тем разнокачественность зерновой массы по влажности может быть причиной нежелательных процессов при хранении.

Явление сорбционного гистерезиса, а также способность зерна и семян сорбировать водяные пары обуславливают необходимость немедленной очистки партий свежесобранного зерна для удаления различных примесей, влажность которых во много раз превышает влажность самого зерна. Промедление с очисткой приводит к увлажнению зерна в результате перераспределения влаги.

Распределение влаги в зерновой массе при хранении в производственных условиях. Влажность, являясь основным фактором сохранности зерновой массы, различна в отдельных местах насыпи. Наличие в зерновой массе наиболее увлажненных участков с повышенной физиологической и микробиологической активностью осложняет работу по сохранности зерна. Изучение причин такого различия по влажности показывает, что большинство из них носит объективный характер и неустранимо. Другие причины можно несколько устранить при хранении зерна.

Различная влажность анатомических частей зерна и семян, обладающих неодинаковой гигроскопичностью вследствие их строения и химического состава, объясняет неравномерное распределение влаги в зерне и семенах. Влажность зародыша в сухом зерне пшеницы выше, чем остальной части зерна. В зернах пленчатых культур более увлажнено ядро, менее — цветковые пленки. В семенах подсолнечника лужга имеет большую влажность, чем ядро.

При созревании в каждом зерне устанавливается равновесная влажность и различия во влажности частей зерна не имеют большого практического значения, так как в состоянии равновесия энергия связи влаги с веществами зерна и активность связанной воды практически одинаковы. Поражение зародыша зерновки микроорганизмами можно объяснить не величиной влажности, а тем, что он менее защищен оболочками, более доступен микроорганизмам, чем эндосперм.

Распределение влаги в зерновой массе зависит от выполненности и крупности зерна. Мелкие, щуплые, битые зерна имеют большую активную поверхность и влажность. Они более гигроскопичны, дышат более интенсивно, чем выполненные, являются хорошей средой для развития микроорганизмов, клещей и насекомых. Удаление этих фракций при первичной обработке свежесобранного 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 воздействие атмосферы будет во времени и по характеру другое. 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 воздуха межзерновых пространств. Вследствие самосортирования в некоторых участках насыпи жизнедеятельность будет различна. Поэтому и влажность отдельных участков зерновой массы может быть неодинаковой.

Существенное значение при хранении зерна имеет перемещение влаги под влиянием перепада температур между отдельными слоями насыпи и явления термовлагопроводности. Неравномерное распределение влаги в зерновой массе усиливается неудовлетворительным состоянием зернохранилищ.

Из всех перечисленных причин неравномерного распределения влаги в зерновой массе основными считают относительную влажность и температуру воздуха. Однако характер изменения влажности зерновой массы при хранении является следствием всех вышеуказанных причин, что, в свою очередь, обуславливает необходимость ведения систематического контроля за изменением влажности в различных слоях насыпи.

§ 6. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И МАССООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

Из теплофизических и массообменных свойств наибольшее значение при хранении зерновой массы имеют теплопроводность, температуропроводность и термовлагопроводность.

Теплопроводность. Характеризует теплопроводящую способность зерна. Коэффициент его теплопроводности λ колеблется в пределах от

0,13 до 0,2 Вт/(м·К), что указывает на низкую теплопроводность. Так, у меди коэффициент теплопроводности 300...390, у железа 44...68Вт/(м·К). Основные компоненты зерновой массы (зерно, семена и воздух), обуславливающие ее теплопроводность, – плохие проводники теплоты. Теплопроводность зерновой массы повышается при увеличении ее влажности.

Температуропроводность. Показывает скорость изменения температуры в зерне, его тепловую инерцию. Коэффициент температуропроводности зерновой массы колеблется в пределах $1,7 \cdot 10^{-7} \dots 1,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$. Он несколько больше коэффициента температуропроводности воды, который при температуре 20°C равен $1,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$. Зерновая масса обладает большой тепловой инерцией, но значительно меньшей, чем хорошие проводники теплоты.

При хранении распространение температурной волны в зерновой массе от верхних слоев к нижним и наоборот происходит очень медленно. С наступлением теплых дней весной и летом охлажденные массы зерна прогреваются крайне медленно. В этом состоит положительное значение низких величин тепло- и температуропроводности зерновой массы, позволяющих сохранять в ней небольшую температуру даже в теплое время года, замедляя все физиологические процессы на длительное время.

Вместе с тем вследствие низкой теплопроводности значительная доля теплоты, выделяемой при дыхании живых организмов зерновой массы, концентрируется в очаге тепловыделения, вызывая быстрое повышение температуры в нем, так как из-за низкой температуропроводности температурная волна от очага тепловыделения распространяется медленно. Так возникает самоогревание зерна, опасное своими последствиями.

Термовлагопроводность. Это явление перемещения влаги в зерновой массе под воздействием перепада температур в ее насыпи. В результате термовлагопроводности влага в зерновой массе перемещается в направлении теплового потока – от слоев более нагретых к менее нагретым. Интенсивность термовлагопроводности характеризуется термоградиентным коэффициентом, показывающим, какой градиент влажности создается при температурном градиенте, который равен единице.

Явление перемещения влаги в зерновой массе при хранении имеет большое практическое значение. Оно возникает всегда при перепадах температур в различных слоях насыпи, и особенно в периоды максимальных градиентов температур в осенне-зимний и весенне-летний периоды. Неравномерный обогрев стен хранилищ, размещение теплой зерновой массы на холодные асфальтовые или кирпичные полы складов, солнечная сушка способствуют также возникновению перепада температур в зерновой массе и миграции влаги из слоев с большей температурой к слоям более холодным. При охлаждении влажного воздуха в этих слоях до температуры ниже точки росы из него будет выпадать влага в виде

капелек, т.е. произойдет конденсация влаги. Таким образом, в результате термовлагопроводности отдельные слои насыпи увлажняются и усиливают свою жизнедеятельность. В них может возникать самоогревание и даже прорастание зерна.

§ 7. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУКИ И КРУПЫ

Мука, крупа, отруби являются продуктами переработки зерна. По физическим свойствам (сыпучести, скважистости, сорбционной емкости и теплофизическим характеристикам) эти продукты отличаются от зерна. Мука, отруби состоят из мелких частиц различной величины и формы с высоким коэффициентом внутреннего трения. Сыпучесть муки и отрубей меньше сыпучести зерновой массы. С увеличением влажности сыпучесть ухудшается. При влажности муки 16% и более она становится малоподвижным продуктом.

Сыпучесть различных видов крупы может быть больше или меньше сыпучести зерновой массы. Если после удаления цветковых пленок с зерновок получают крупу с более гладкой поверхностью, чем у зерна, то сыпучесть ее увеличивается. Если поверхность крупы шероховатая, то сыпучесть ее меньше, чем у зерна. Так, зерно проса, риса, семена гороха обладают большей сыпучестью, чем пшено, гороховая и некоторые виды рисовой крупы. Наличие в массе крупы дробленых частиц влияет на степень сыпучести выработанной крупы.

Скважистость муки и крупы составляет 40...60%. Однако скважины муки и некоторых видов круп (манная) имеют мелкопористую структуру, что определяет меньшую газопроницаемость и затрудняет проникновение насекомых и клещей в ее массу. Вредители в этих продуктах обычно сосредотачиваются на поверхности насыпи или мешков с мукой.

Мука и крупа обладают способностью к сорбции и десорбции различных газов и паров. Эти зерновые продукты при хранении могут приобретать посторонние запахи и изменять свою влажность вследствие воздействия на них окружающего воздуха. Нарушение капиллярно-пористой структуры при размоле зерна, удаление оболочек приводят к уменьшению сорбционной емкости и к изменению гигроскопичности муки и крупы. Так, величина активной поверхности муки на единицу массы больше, чем у зерна. В связи с этим мука значительно быстрее поглощает пары воды из воздуха и скорее достигает равновесной влажности, чем зерновая масса. Однако ее величина у муки меньше, чем у зерна. Равновесная влажность крупы выше, чем зерна; это объясняется особенностью распределения влаги в зерне крупяных культур.

При хранении в связи с изменением температуры и относительной влажности воздуха влажность отдельных слоев муки и крупы будет различна. Это обуславливает необходимость систематического контроля за состоянием муки и крупы при хранении.

Особенности физических свойств муки сказываются на характере изменения ее влажности в производственных условиях. Если муку хра-

БИБЛИОТЕКА
Г. П. П. и Л. П.
№ 14 5703

нят в мешках, то ее влажность заметно изменяется лишь в слоях, прилегающих к мешковине. Внутри мешка влажность продукции довольно постоянна.

Теплофизические свойства муки, крупы и отрубей характеризуются низкой теплопроводностью и температуропроводностью; поэтому их следует охлаждать перед хранением. При перепаде температур в партиях муки и крупы возникает перемещение влаги по направлению потока теплоты и может произойти конденсация, что опасно при хранении продуктов переработки зерна. Для предотвращения выпадения конденсационной воды нижний ряд мешков с мукой укладывают на деревянные поддоны.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы причины, от которых зависит качество зерна, поступающего на хлебоприемное предприятие? 2. Объясните сущность физических свойств зерновой массы, значение при хранении и факторы, влияющие на эти свойства. 3. Каковы гигроскопические свойства зерна и зерновых продуктов? Их значение. 4. Что такое равновесная влажность зерна? Каковы факторы, определяющие ее?

Глава III

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ЗЕРНЕ И СЕМЕНАХ

§ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Зерновая масса — сложная биологическая система, представляет собой биоценоз, т.е. совокупность живых организмов с более или менее одинаковыми условиями жизни. Процессы, происходящие в зерновой массе в результате жизнедеятельности входящих в нее живых компонентов (зерно, семена, семена сорняков, микроорганизмы, насекомые и клещи), называют физиологическими. Жизнедеятельность зерновой массы при хранении проявляется в виде дыхания, послеуборочного дозревания, прорастания. Эти процессы имеют большое практическое значение, так как умение регулировать их ход позволяет сохранить зерно и сократить потери сухих веществ при хранении.

Период, в течение которого зерно, семена сохраняют свои потребительские свойства (семенные, технологические и продовольственные), называют долговечностью. Различают долговечность биологическую, хозяйственную и технологическую.

Биологическую долговечность определяет тот промежуток времени, в течение которого сохраняют способность к прорастанию хотя бы единичные семена, а хозяйственную — тот период хранения, в течение которого семена остаются кондиционными по всхожести и отвечают требова-

ниям государственных стандартов на посевные качества семян. Технологическая долговечность — это срок хранения зерновой массы, обеспечивающий ее полноценные свойства для использования на пищевые, кормовые или технологические цели. Технологические свойства зерна сохраняются дольше, чем семенные.

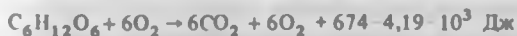
По биологической долговечности семена всех растений делят на три группы: микробиотики, мезобиотики и макробиотики. Первые сохраняют всхожесть от нескольких дней до 3 лет, вторые — от 3 до 15 лет, третьи — от 15 до 100 лет. Большинство семян сельскохозяйственных растений относят к группе мезобиотиков, которые сохраняют всхожесть при благоприятных условиях в течение 5...10 лет. Наиболее долговечны семена бобовых (фасоль, кормовые травы и др.), овса, сорго, пшеницы, менее долговечны семена ячменя, кукурузы и наименьшая долговечность у семян ржи, проса, тимофеевки.

Наиболее вероятна причина снижения жизнеспособности семян при длительном хранении — это постепенная дегенерация хроматина в клеточном ядре, приводящая к нарушению процессов деления клеток. Однако исследования природы гибели семян при хранении и причин их различной долговечности продолжаются.

Сохранение мукомольно-хлебопекарных свойств зерна при длительном хранении зависит от его исходных свойств и признаков. Резкие температурные и механические воздействия вызывают более значительные изменения качества зерна при хранении. Мукомольные и хлебопекарные свойства ржи и пшеницы после хранения 7...10 лет аналогичны показателям, полученным при переработке зерна с малыми сроками хранения.

§ 2. ДЫХАНИЕ

Дыхание — это важный физиологический процесс, лежащий в основе обмена веществ живых организмов. При дыхании происходит процесс преобразования и распада органических веществ, и прежде всего сахаров. В результате этого выделяется энергия, необходимая организму для поддержания жизненных реакций. При свободном доступе кислорода к зерну процесс дыхания совершается в соответствии с суммарным уравнением аэробного дыхания



В условиях полного отсутствия кислорода в воздухе зерновая масса переходит на анаэробное дыхание, которое суммарно выражается уравнением



Характер процесса дыхания зерна можно оценить дыхательным коэффициентом CO_2/O_2 . Если процесс аэробного дыхания зерна проис-

нут в мешках, то ее влажность заметно изменяется лишь в слоях, прилегающих к мешковине. Внутри мешка влажность продукции довольно постоянна.

Теплофизические свойства муки, крупы и отрубей характеризуются низкой теплопроводностью и температуропроводностью; поэтому их следует охлаждать перед хранением. При перепаде температур в партиях муки и крупы возникает перемещение влаги по направлению потока теплоты и может произойти конденсация, что опасно при хранении продуктов переработки зерна. Для предотвращения выпадения конденсационной воды нижний ряд мешков с мукой укладывают на деревянные поддоны.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы причины, от которых зависит качество зерна, поступающего на хлебоприемное предприятие? 2. Объясните сущность физических свойств зерновой массы, значение при хранении и факторы, влияющие на эти свойства. 3. Каковы гигроскопические свойства зерна и зерновых продуктов? Их значение. 4. Что такое равновесная влажность зерна? Каковы факторы, определяющие ее?

Глава III

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ЗЕРНЕ И СЕМЕНАХ

§ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Зерновая масса — сложная биологическая система, представляет собой биоценоз, т.е. совокупность живых организмов с более или менее одинаковыми условиями жизни. Процессы, происходящие в зерновой массе в результате жизнедеятельности входящих в нее живых компонентов (зерно, семена, семена сорняков, микроорганизмы, насекомые и клещи), называют физиологическими. Жизнедеятельность зерновой массы при хранении проявляется в виде дыхания, послеплодочного дозревания, прорастания. Эти процессы имеют большое практическое значение, так как умение регулировать их ход позволяет сохранить зерно и сократить потери сухих веществ при хранении.

Период, в течение которого зерно, семена сохраняют свои потребительские свойства (семенные, технологические и продовольственные), называют долговечностью. Различают долговечность биологическую, хозяйственную и технологическую.

Биологическую долговечность определяет тот промежуток времени, в течение которого сохраняют способность к прорастанию хотя бы единичные семена, а хозяйственную — тот период хранения, в течение которого семена остаются кондиционными по всхожести и отвечают требова-

ниям государственных стандартов на посевные качества семян. Технологическая долговечность — это срок хранения зерновой массы, обеспечивающий ее полноценные свойства для использования на пищевые, кормовые или технологические цели. Технологические свойства зерна сохраняются дольше, чем семенные.

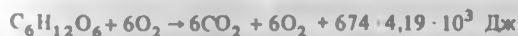
По биологической долговечности семена всех растений делят на три группы: микробиотики, мезобиотики и макробиотики. Первые сохраняют всхожесть от нескольких дней до 3 лет, вторые — от 3 до 15 лет, третьи — от 15 до 100 лет. Большинство семян сельскохозяйственных растений относят к группе мезобиотиков, которые сохраняют всхожесть при благоприятных условиях в течение 5...10 лет. Наиболее долговечны семена бобовых (фасоль, кормовые травы и др.), овса, сорго, пшеницы, менее долговечны семена ячменя, кукурузы и наименьшая долговечность у семян ржи, проса, тимофеевки.

Наиболее вероятна причина снижения жизнеспособности семян при длительном хранении — это постепенная дегенерация хроматина в клеточном ядре, приводящая к нарушению процессов деления клеток. Однако исследования природы гибели семян при хранении и причин их различной долговечности продолжаются.

Сохранение мукомольно-хлебопекарных свойств зерна при длительном хранении зависит от его исходных свойств и признаков. Резкие температурные и механические воздействия вызывают более значительные изменения качества зерна при хранении. Мукомольные и хлебопекарные свойства ржи и пшеницы после хранения 7...10 лет аналогичны показателям, полученным при переработке зерна с малыми сроками хранения.

§ 2. ДЫХАНИЕ

Дыхание — это важный физиологический процесс, лежащий в основе обмена веществ живых организмов. При дыхании происходит процесс преобразования и распада органических веществ, и прежде всего сахаров. В результате этого выделяется энергия, необходимая организму для поддержания жизненных реакций. При свободном доступе кислорода к зерну процесс дыхания совершается в соответствии с суммарным уравнением аэробного дыхания



В условиях полного отсутствия кислорода в воздухе зерновая масса переходит на анаэробное дыхание, которое суммарно выражается уравнением



Характер процесса дыхания зерна можно оценить дыхательным коэффициентом CO_2/O_2 . Если процесс аэробного дыхания зерна проис-

ходит в точном соответствии с уравнением аэробного дыхания, то отношение объемов выделяемого и поглощаемого диоксида углерода (дыхательный коэффициент) равно единице. Часто дыхательный коэффициент не равен единице. Если дыхание осуществляется за счет веществ, бедных кислородом (жирных кислот), и при этом идет превращение жира в сахар (у семян масличных культур), то количество потребляемого кислорода в процессе дыхания превышает объем выделяемого диоксида углерода и CO_2/O_2 меньше единицы. Величина дыхательного коэффициента будет больше единицы, если на дыхание расходуется вещества, более богатые кислородом, чем сахар, например органические кислоты — щавелевая, винная и др.

Анализ приведенных выше уравнений показывает, что дыхание зерновой массы сопровождается потерей массы зерна вследствие расходования гексоз, увеличением влажности зерна, относительной влажности воздуха межзернового пространства, изменением состава воздуха межзернового пространства и образованием теплоты в хранящейся зерновой массе.

Уменьшение массы зерна при хранении в результате дыхания может достигать больших величин. Хранящееся зерно не может восполнить веществ, затраченных на дыхание, как оно восполняет, находясь в колосе зеленого растения, фотосинтезом. Эти потери составляют основу естественной убыли зерна при хранении.

Интенсивное дыхание зерновой массы сопровождается увлажнением, так как выделяемая в результате окисления гексозы вода сорбируется зернами, что, в свою очередь, приводит к увеличению относительной влажности воздуха межзернового пространства и к дальнейшему усилению интенсивности дыхания зерновой массы.

На окисление гексоз при дыхании зерновой массы потребляется кислород из межзернового пространства и выделяется диоксид углерода. В элеваторах и складах, где хранят зерно, увеличивается содержание диоксида углерода и снижается количество кислорода, т.е. изменяются условия хранения. Если насыпь зерна не проветривается, то в отдельных ее слоях накапливается диоксид углерода и создаются анаэробные условия хранения, что не всегда допустимо при хранении. Этиловый спирт, выделяемый при анаэробном дыхании, угнетает жизнедеятельность зерна и приводит к потере его всхожести.

В результате дыхания зерновой (зерно, семена, микроорганизмы, вредители) массы выделяется довольно значительное количество теплоты. Часть образовавшейся в зерне энергии используется для внутриклеточных превращений, а другая (большая ее часть) освобождается и поступает в окружающее пространство. По данным С.П. Костычева, в покоящихся семенах почти вся теплота, выделенная при дыхании, поступает в окружающую среду, и вследствие плохой тепло- и температуропроводности зерновой массы эта теплота может задерживаться и быть причиной самосогревания. Таким образом, обеспечить лучшую сохран-

ность можно, если зерновая масса в период хранения находится в состоянии анабиоза, т.е. в состоянии пониженной жизнедеятельности (с пониженной интенсивностью дыхания).

Интенсивность дыхания определяют на основе количественного учета потерь массы сухого вещества зерна, выделения теплоты, поглощения кислорода и выделения диоксида углерода зерновой массой при определенных значениях влажности, температуры и доступа воздуха. Интенсивность процесса дыхания выражают в единицах массы, теплоты в миллиграммах или кубических сантиметрах газа (O_2 , CO_2) и относят к 100 г сухого вещества зерна.

§ 3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ

От интенсивности дыхания зависит сохранность зерновой массы. Чем она выше, тем труднее уберечь зерновую массу от порчи и тем больше потери ее массы. Интенсивность дыхания зерновой массы зависит от ряда факторов: влажности, температуры, степени аэрации зерновой массы, продолжительности хранения, а также от некоторых особенностей ее качества и состояния.

Влажность зерновой массы. Сухое зерно обладает замедленным газообменом. Так, интенсивность дыхания зерна пшеницы, ржи и других злаковых при влажности до 11...12% практически равна нулю. С увеличением влажности зерна в пределах сухого состояния зерновой массы интенсивность дыхания несколько увеличивается, но остается малой. Зерно средней сухости дышит в 2...4 раза интенсивнее сухого, влажное — в 4...8 раз, сырое — в 20...30 раз интенсивнее сухого.

Характер изменения интенсивности дыхания от влажности зерна и относительной влажности воздуха показан на рисунках 4,5. Увеличение влажности до определенного ее значения (11...12% у зерновых и 12% у семян сои) не усиливает дыхания зерна ($I_d \approx 0$). Увлажнение сверх названного предела влажности пробуждает зерна, и они дышат сначала слабо, а затем интенсивно. Усиление интенсивности дыхания зерновой массы с увеличением ее влажности обусловлено ослаблением связи сорбированной воды с зерном и изменением уровня ее активности.

В зерне с влажностью, соответствующей относительной влажности воздуха до 65%, связь молекул воды с зерном достаточно велика. По мере увеличения равновесной влажности зерна связь адсорбированной влаги с веществами зерна ослабевает, свойства воды изменяются, особенно в области полимолекулярной адсорбции и капиллярной конденсации (φ воздуха более 70%). Когда свойства адсорбированной влаги приближаются к свойствам воды, она становится доступной для микроорганизмов и процесса дыхания. В результате резко возрастает интенсивность дыхания зерновой массы. Влажность зерна, начиная с которой резко усиливаются физиолого-биохимические и микробиологические

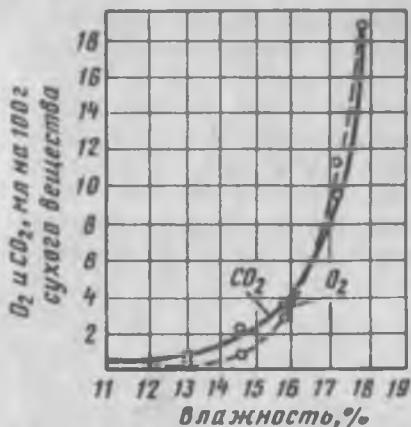


Рис. 4. Зависимость интенсивности дыхания семян проса от влажности (по В. Л. Кретовичу)

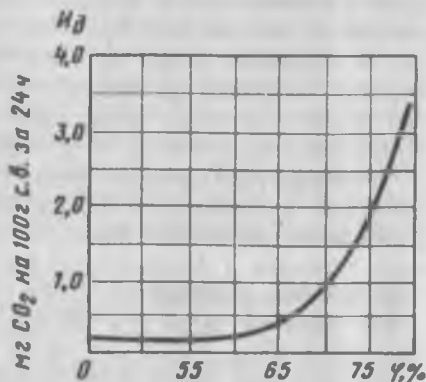


Рис. 5. Зависимость интенсивности дыхания зерна ржи от относительной влажности воздуха

процессы и зерно становится нестойким при хранении, называют критической (табл. 2).

Зерновая масса от состояния покоя к активной жизнедеятельности переходит в относительно узких пределах влажности: 13...16% для основных зерновых и бобовых культур и 7...12% для семян масличных культур.

Меньшие значения критической влажности у семян масличных культур по сравнению с зерном злаковых объясняются значительным содержанием в этих семенах липидов — гидрофобных веществ, не способных связывать влагу (рис. 6). Если пересчитать влажность этих семян на их гидрофильную часть, то критическая влажность будет 15...16%.

2. Критическая влажность (%) зерна и семян при $t = 18...25^{\circ}\text{C}$

Культура	Влажность	Культура	Влажность
Пшеница, рожь, ячмень, гречиха	14,0...14,5	Соя	12,5
Кукуруза, овес, рис	14,0	Хлопчатник	12,5
Просо	12,5...13,0	Люпин	15,5...16,5
Лен	8,5	Горох	16,0...17,0
Подсолнечник (содержание жира 30,0...47,0%)	7,0...9,0	Кормовые бобы	16,0...17,0
Клещевина	7,5	Кормовые травы (семена)	11,0...13,0

Государственные стандарты классифицируют зерно и семена на четыре состояния: сухое, средней сухости, влажное и сырое. Критическая влажность находится в пределах состояния средней сухости зерна и семян. Зерновая масса в сухом состоянии (влажность ниже критической) устойчива при хранении и требует меньшего ухода, чем влажное и сырое, которое чрезвычайно интенсивно дышит и может испортиться при хранении вследствие самосогревания.

Температура зерновой массы. Интенсивность дыхания зерна при хранении увеличивается с повышением температуры до 50...55°C. Дальнейшее повышение температуры приводит к нарушению нормального строения и функционирования протоплазмы, к коагуляции белков, инактивированию ферментов и гибели зерна. Поэтому интенсивность дыхания зерна при температуре более 55°C уменьшается тем быстрее, чем выше влажность зерна; она зависит от длительности пребывания зерна при данной температуре (рис. 7). При пониженных температурах (0...10°C) интенсивность дыхания зерна очень мала. Низкая температура консервирует даже влажное и сырое зерно.

Доступ воздуха к зерну. Существенно влияет на интенсивность и характер дыхания зерновой массы при хранении. Усиленное вентилирование зерновой массы повышает интенсивность ее дыхания. Хранение

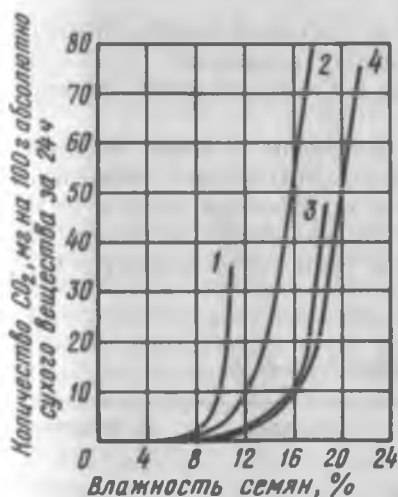


Рис. 6. Зависимость интенсивности дыхания маслических семян от влажности и содержания жира:

1 — клешевина (53,5 % жира); 2 — подсолнечник (40,9 % жира); 3 — хлопчатник (25,1 % жира); 4 — соя (21,1 % жира)

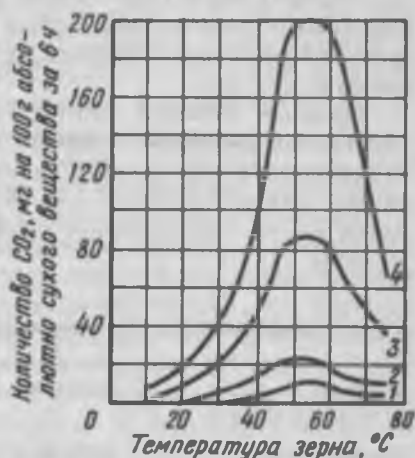


Рис. 7. Влияние температуры на интенсивность дыхания зерна (по В. Л. Кротовичу и А. П. Прохоровой) при влажности:

1 — 14%; 2 — 16%; 3 — 18%; 4 — 22%

зерна без проветривания сопровождается увеличением в воздухе межзернового пространства диоксида углерода, оказывающего отрицательное действие на микрофлору зерна и вынуждающего его клетки и ткани переходить на анаэробное дыхание: интенсивность дыхания зерновой массы снижается.

При длительном нахождении зерна, и особенно влажного и сырого, в воздухе с повышенным содержанием диоксида углерода и небольшого количества кислорода оно теряет свою жизнеспособность и всхожесть. Поэтому семенное зерно при хранении систематически проветривают, а партии продовольственного и кормового зерна во влажном и сыром состоянии подвергают активному вентилированию для снижения влажности или температуры зерновой массы.

Особенности состояния и качества зерна. На интенсивность дыхания зерновой массы влияют эти особенности. Наблюдения за партиями зерна с различными видами дефектов показывают их повышенную интенсивность дыхания и меньшую стойкость при хранении. Так, зерновая масса, содержащая много незрелых зерен (захваченных на корню морозом, подмоченных при уборке или во время транспортирования, проросших, шушлых, раздробленных на части и т.п.), менее стойкая при хранении. В таких партиях наблюдались случаи сплошного самосогревания.

Интенсивность дыхания зерна при хранении зависит также от биологических особенностей. Например, зерно мягкой пшеницы дышит интенсивнее зерна твердой. Вместе с тем интенсивность дыхания зерна пшеницы выше, чем зерна гречихи. Примеси дышат более интенсивно, чем зерно и семена.

§ 4. ПОСЛЕУБОРОЧНОЕ ДОЗРЕВАНИЕ

Качество свежееубранного зерна зависит в основном от условий созревания, состояния спелости и содержания влаги в период уборки и последующего хранения. Партии зерна нового урожая, поступившие на хлебоприемные предприятия после уборки урожая, обладают рядом особенностей. Свежееубранная зерновая масса неоднородна по влажности и степени спелости отдельных зерен, имеет высокую физиолого-биохимическую и микробиологическую активность, пониженные энергию прорастания, всхожесть, плохие технологические свойства, нестойка при хранении.

Процесс созревания зерна в поле протекает не одновременно. Отдельные колосья, а также зерновки, расположенные в различных частях колоса, имеют неоднородную степень спелости, а следовательно, неодинаковую влажность. В массе убранных зерен всегда есть зерновки различных фаз спелости и влажности. Различие по влажности отдельных зерен в партии пшеницы со средней влажностью 17,7% составляло 10% (от 14,0 до 24%). В партии свежееубранной ржи с влажностью 26% колебание влажности отдельных зерен достигало 20% (от 17 до 37%) и т.д.

Зерна менее спелые и более влажные характеризуются повышенной физиолого-биохимической и микробиологической активностью и обуславливают меньшую стойкость зерновой массы при хранении (табл. 3).

3. Изменение физиолого-биохимических свойств зерна пшеницы Лютецсемс 62 в различных фазах спелости (по Н. И. Соседову, А. Б. Вакару, В. А. Швецовой)

Фаза спелости зерна	Влажность зерна, %	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ на 100 г с.в. за 24 ч	Содержание клейковины, %		Активность	
			сырой	сухой	каталазы, мл 0,1 н КМпО ₄	протеаз, мг азота на 100 г с.в.
Молочная	53,8	197,0	19,6	6,7	62,2	341,0
Восковая	45,4	114,1	31,2	10,9	46,5	187,0
Подная техническая	22,7	22,8	36,9	11,3	29,2	190,6

Семена многих культурных растений, в том числе злаков, достигшие технической спелости, не имеют нормальной всхожести, и особенно энергии прорастания, т.е. полной физиологической зрелости. Особенности качества свежеубранного зерна объясняются тем, что сложные биохимические процессы в зерне во время созревания не заканчиваются с наступлением полной спелости и продолжают после уборки урожая в течение некоторого периода. Комплекс процессов, происходящих в зернах и семенах при хранении, приводящий к улучшению их посевных и технологических качеств, называют послеуборочным дозреванием.

Исследование послеуборочного дозревания в зерне и семенах различных культур показало, что в результате сложных биохимических процессов изменяются химический состав зерна и его свойства, уменьшаются интенсивность дыхания зерна и активность ферментов, низкомолекулярные соединения превращаются в более сложные вещества, снижается содержание сахаров, количество небелковых азотистых соединений, уменьшаются кислотное число жира и титруемая кислотность. Вместе с тем увеличивается количество белков, крахмала, жира и улучшаются свойства этих соединений, технологические и посевные свойства зерна (табл. 4).

Доказано, что послеуборочное дозревание происходит только в том случае, если процессы синтеза в зерне и семенах преобладают над процессами гидролиза. Влажность зерна должна быть менее критической. В зерне с повышенной влажностью процессы гидролиза преобладают над процессами синтеза, и качество зерна не улучшается, а ухудшается.

Важнейшее условие послеуборочного дозревания — это положительная температура зерна (15...30°C). Охлаждение приостанавливает послеуборочное дозревание. Сушка зерна при относительной влажности воздуха 30%, активное вентилирование зерна сухим подогретым воздухом

4. Биохимические изменения зерна пшеницы при дозревании (по В.Л. Кретовичу и Г.А. Акимочкиной)

Время анализа	Лютесценс 62				
	Влажность, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Небелковый азот, % к общему	Активность амилазы, усл.ед.
Непосредственно после уборки	16,1	0,6	19,0	10,0	150
Через 20 сут хранения	12,7	78,0	98,0	7,5	136
Через 60 сут хранения	11,3	99,0	99,0	5,7	140

Продолжение

Время анализа	Мильтурум 321				
	Влажность, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Небелковый азот, % к общему	Активность амилазы, усл.ед.
Непосредственно после уборки	16,0	21	81	12,6	148
Через 20 сут хранения	11,5	63	92	9,3	131
Через 60 сут хранения	10,5	99	99	5,7	140

способствуют ускорению послеуборочного дозревания. Наиболее короткий период дозревания у семян, хранившихся в атмосфере кислорода, более продолжительный – в среде азота и при недостатке кислорода.

Процесс послеуборочного дозревания семян основных злаковых культур завершается при благоприятных условиях хранения в течение 1,5...2,0 месяцев. Характер и продолжительность дозревания семян злаковых культур является сортовым критерием (скороспелые сорта дозревают быстрее позднеспелых) и зависит от погодных условий во время выращивания и созревания. Таким образом, свежубранная зерновая масса, обладающая повышенной физиологической и биохимической активностью, требует особого обращения и тщательного наблюдения за ее состоянием при хранении.

§ 5. ПРОРАСТАНИЕ ЗЕРНА

При хранении зерна могут быть случаи прорастания отдельных зерен или их массы в тех или иных участках насыпи, что недопустимо. Оно возникает в результате небрежного или неправильного хранения. Прорастание сопровождается потерей массы сухого вещества, выделением значительного количества теплоты, достаточной для повышения температуры зерновой массы, усиления в ней процессов жизнедеятельности и ухудшения посевных, мукомольных и хлебопекарных свойств зерна.

Зерно может прорасти при наличии достаточного количества влаги (влажность выше максимальной равновесной) для набухания семян и при низких положительных температурах. Увеличение влажности зерна более 30...36% возможно лишь при появлении капельно-жидкой влаги в массе хранящегося зерна (конденсация водяных паров, подмачивание), т.е. при неправильном хранении.

Тщательный контроль за влажностью зерна в различных слоях и участках насыпи, предотвращение образования капельно-жидкой влаги в зерновой массе, отсутствие предпосылок к ее образованию — необходимые условия предотвращения прорастания зерна при хранении.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите характеристику физиолого-биохимических процессов, происходящих в зерновой массе при хранении, и их значение. 2. Каковы факторы, влияющие на интенсивность процессов при хранении зерна? Расскажите о путях регулирования физиологической активности зерна при хранении. 3. В чем заключается сущность процесса послеуборочного дозревания зерна? Каковы условия, способствующие его протеканию?

Глава IV

ЗНАЧЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНОВЫХ МАСС

§ 1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ

Зерновые массы содержат много микроорганизмов. На поверхности зерна и семян любой культуры независимо от их возраста и качественного состояния в значительном количестве находятся микроорганизмы, так как рост и развитие растений и формирование плодов происходят в условиях, насыщенных микроорганизмами. Для правильной организации работы с зерновыми массами необходимо знать жизнедеятельность микроорганизмов, так как они находятся в общем ценозе с зерном, и условия хранения в равной мере влияют как на тех, так и на других.

Основной источник микрофлоры зерновой массы — почва, чрезвычайно богатая микроорганизмами: в 1 г ее содержится от нескольких десятков миллионов до миллиарда. Особенно богаты микробами почва вблизи корней растений (ризосфера) и поверхность корней. В ризосфере растений преобладают бактерии, особенно неспоровые. Содержатся также гнилостные бациллы, актиномицеты, возбудители молочнокислого брожения и низшие грибы. Некоторые бактерии и грибы из ризосферы постепенно переселяются на наземную часть развивающегося растения, а также на их семена.

Определенное количество микроорганизмов попадает на поверхность растений с пылью и насекомыми. К периоду полной зрелости растений на всех его частях содержится значительное количество микробов. Оно увеличивается при уборке и обмолоте, микробы скапливаются на поверхности зерна и семян, так как она шероховатая.

Зерно и семена различных культур на своей поверхности содержат различное количество микробов. Семена бобовых менее насыщены микроорганизмами, чем зерновки злаковых. Перевозка в автомобилях, вагонах и судах может привести к увеличению микроорганизмов в зерновой массе.

Таким образом, микрофлора зерна состоит из микроорганизмов, населяющих растения: эпифитных, свойственных каждому роду и виду растений; паразитирующих на растениях; случайно попадающих на растения; микроорганизмов, попадающих в зерновую массу во время уборки урожая, и особенно при обмолоте. Иногда микробы проникают во внутренние участки зерна (субэпидермальная микрофлора).

В зерне и зерновых продуктах обычно присутствуют бактерии, дрожжи, актиномицеты, плесневые грибы. Их видовой состав и количество зависят от климатических условий формирования зерна и от условий его хранения. Микрофлора продуктов переработки определяется их составом в зерновой массе и способом переработки зерна.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОФЛОРЫ

Микрофлору зерновой массы по образу жизни и воздействию на зерно делят на три группы: сапрофитные, фитопатогенные, патогенные для животных и человека.

В таблице 5 приведены различные группы микроорганизмов зерновой массы. Среди сапрофитных микроорганизмов встречаются такие, которые не паразитируют на растениях, неспособны проникать внутрь неповрежденной оболочки растения и зерна, нетребовательны к пище, так как живут в результате выделений клеток. Эти микробы получили название эпифитных и относятся к микроорганизмам, населяющим здоровые растения при развитии и формировании зерна. Типичные эпифиты представлены ограниченным числом видов. Прочие сапрофиты —

5. Видовой состав микрофлоры зерна основных культур (по Л.А. Трисвятскому)

Сапрофитные микроорганизмы		Фитопатогенные микроорганизмы	Микроорганизмы, патогенные для животных и человека
типичные эпитифы	прочие сапрофиты		
<p>Бактерии: <i>E. herbicola</i>, <i>P. fluorescens</i></p> <p>Дрожжи: белые и розовые, из рода <i>Torula</i> верхового брожения (сахаромицеты)</p>	<p>Бактерии: <i>B. subtilis</i> (сенная палочка)</p> <p><i>B. mycoides</i> (гнилостная палочка), <i>B. proteus</i> (гнилостная палочка)</p> <p>Бактерии кислотных брожений: кокки, микрококки и сарцины</p> <p>Актиномицеты и родственные им организмы</p> <p>Плесневые грибы (грибы хранения):</p> <p>мукоровые: <i>Mucor mucedo</i>, <i>Mucor racemosus</i>, <i>Rhizopus nigricans</i> и др.</p> <p>аспергилловые: <i>A. niger</i>, <i>A. glaucus</i>, <i>A. fumigatus</i>, <i>A. clavatus</i>, <i>A. flavus</i>, <i>Penicillium glaucum</i> и др.</p> <p>прочие грибы: <i>Monilia</i>, <i>Oidium</i> и др.</p>	<p>Бактерии: <i>P. translucens</i>, <i>P. atrofaciens</i></p> <p>вызывают болезни бактериозы: щуплость зерна</p>	<p>Бактерии: возбудители бруцеллеза, туляремии, туберкулеза и др. у животных и человека (зоонозы); возбудители столбняка, газовой гангрены, гноеродные кокки и др. у человека</p>
<p>Плесневые грибы (полевые грибы): <i>Alternaria</i>, <i>Cladosporium</i>, <i>Dematium</i>, <i>Trichotbecium</i> и др.</p>		<p>Грибы (вызывают болезни микозы):</p> <p>различные виды головни, спорынью</p> <p>различные виды фузариоза</p>	

это микроорганизмы, попавшие в зерновую массу случайно из почвы и при уборке и перевозке урожая.

Сапрофитные микроорганизмы преобладают на поверхности зерен и семян, они нуждаются для развития в органических веществах. Неко-

торые сапрофиты добывают их из зерна, частично или полностью разрушая и изменяя его химический состав, физические свойства. Доказано, что изменение качества зерна при хранении вызывают только сапрофитные и некоторые полупаразитные микроорганизмы. Причем существенные изменения состояния зерновой массы сапрофиты вызывают при благоприятных для них условиях хранения.

Фитопатогенные микроорганизмы вызывают заболевания у растений, что отрицательно сказывается на качестве зерна. Возможно попадание в зерновую массу патогенных микроорганизмов, их присутствие в партиях зерна следует учитывать и не допускать распространения серьезных инфекций.

Сапрофитные микроорганизмы. Представлены бактериями, дрожжами, плесневыми грибами и актиномицетами.

Бактерии преобладают над другими видами микроорганизмов в свежесобранном и в партиях доброкачественного зерна. Основные представители бактерий относятся к родам *Ervinea* и *Pseudomonas*.

E. herbicola aureum — подвижная мелкая, не образующая спор палочка длиной 1...3 мкм (рис. 8). На твердых питательных средах с агаром или желатином образует колонии золотистого цвета. Другой вид этого рода — *E. herbicola rubrum* на плотных средах образует колонии красноватого цвета. В партиях свежесобранного зерна на долю *E. herbicola* приходится до 92...95% всего количества бактерий. Они не разрушают зерно, и столь значительное их количество служит показателем хороших качеств зерна, его свежести. Плесневые грибы и кокки — антагонисты и вытесняют *E. herbicola* из среды обитания. Ее исчезновение свидетельствует о нежелательных микробиологических процессах в зерновой массе.



Рис. 8. *E. Herbicola* под микроскопом



Рис. 9. Сенная палочка в поле зрения микроскопа

P. fluorescens – палочка, которая не образует спор, развивается на плотных средах в виде бесцветных или сероватых флуоресцирующих колоний.

B. subtilis (рис. 9) – короткая спороносная палочка длиной 1...6 мкм и шириной 0,5...0,8 мкм, аэроб, образует споры овально-округлой формы, отличающиеся большой термоустойчивостью, не погибает при выпечке хлеба и вызывает при его хранении "картофельную болезнь" печеного хлеба, выражающуюся в порче мякшиша в результате гидролиза белков и крахмала под воздействием очень активных собственных ферментов. Палочка хорошо развивается при температурах выше 35°С, и особенно в интервале 33...42°С. Ее количество значительно увеличивается при самосогревании и запылении зерновой массы.

В зерновых массах встречаются в единичных экземплярах возбудители гнилостных процессов *mycoides*, *proteus*, а также бактерии, вызывающие различные кислотные брожения (молочнокислые, маслянокислые) и различные кокковые формы, способные интенсивно развиваться при самосогревании зерна.

Дрожжи – это одноклеточные организмы различной формы, крупнее бактерий. Колониям дрожжей свойственна пастообразная консистенция. Существенного влияния на качество зерна при хранении не оказывают, но при определенных условиях дрожжи повинны в появлении так называемого амбарного запаха.

Плесневые грибы – вторая по значимости группа микроорганизмов, населяющих зерновую массу. От общего количества микроорганизмов их численность составляет 1...2%. Плесневые грибы нетребовательны к условиям окружающей среды и способны размножаться в широком диапазоне влажности и температуры. При благоприятных условиях находящиеся на зерне споры плесневых грибов прорастают (рис. 10) и образуют мицелий и органы плодоношения. Поскольку плесневые грибы развиваются за счет органических веществ зерна, то это сопровождается потерями его массы, ухудшением качества или полной порчей. У зерна изменяется цвет, появляются неприятный запах и вкус.

Рис. 10. Прорастание споры плесневого гриба в гифы:

а – зрелая спора; *б, в* – прорастание споры; *г* – образование перегородок в молодых нитях (гифах); *д, е* – дальнейшее развитие гифов и образование мицелия



Видовой состав плесеней включает более 60 видов разнообразных грибов. На сохранность и качество зерна влияют главным образом грибы рода *Aspergillus* и *Penicillium*, называемые "плесенями хранения". Развиваясь в зерновой массе, они вытесняют эпифитную флору, в том числе эпифитные бактерии и полевые плесени. На рисунках 11, 12 показаны органы плодоношения и строение мицелия различных плесневых грибов, населяющих зерновую массу.

Актиномицеты – это лучистые грибы, которые попадают в зерновую массу с комочками почвы при уборке урожая. Однако их численность в массе свежесобранного зерна невелика. Актиномицеты при наличии благоприятных условий развиваются, способствуя самосогреванию зерна.

Фитопатогенные микроорганизмы зерновой массы. Эта группа микроорганизмов представлена бактериями, грибами и вирусами. Они вызывают различные заболевания растений: бактериозы (возбудители – бактерии), микозы (возбудители – грибы).

Возбудители болезней попадают на растение главным образом с помощью насекомых, ветра, с каплями дождя. Попав на поверхность растения, они начинают развиваться: образовывать мицелий и споры. Внутри растения эти микроорганизмы проникают через существующие отверстия (устьица и т.п.) или путем разрушения выделяемыми ферментами покрова растения.

Пораженные фитопатогенными микроорганизмами растения или погибают, или дают урожай зеленой массы, волокна, клубней, плодов (в том числе зерна) в меньшем количестве и пониженного качества.

Известно, что фитопатогенные микроорганизмы не влияют на сохранность зерновой массы. Однако наличие в партиях зерна признаков поражения фитопатогенными микроорганизмами учитывают при общей



Рис. 11. *Mucorucedo* (мицелий, спорангиеносцы и спорангии)



Рис. 12. *Penicillium glaucum*

оценке их качества и последующего использования на продовольственные, кормовые и семенные цели.

Бактериозы — бактерии поражают поверхностные ткани с образованием ожогов коры и пятнистости листьев, а если они поселяются в проводящих сосудах, то растение увядает.

P. translucens вызывает "ожог" у пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы и риса; пятнистость кукурузы, риса, ячменя и т.п. Заболевание проявляется также в почернении верхней половины колосков. Зерно становится шуплым, сморщивается, на нем образуются черные полосы, заполненные бактериями. Эта болезнь получила название "черной болезни" и приводит к снижению урожая зерна до 60...70%.

Другая разновидность *P. atrofaciens* вызывает почернение оснований чешуек колосков, при сильном поражении — почернение зародыша и шуплость зерна, а также заболевание листьев у растений пшеницы, ржи, ячменя, овса и др.

Микозы широко распространены. Это головня, спорынья и фузариозы хлебных злаков. Возбудители заболеваний растений — различные расы грибов. Заражение сопровождается проникновением паразита внутрь растения, в результате чего происходит полная или частичная потеря урожая. Пораженные микроорганизмами зерна могут приобрести ядовитые свойства. По этой причине их количество в партиях зерна ограничивается государственными стандартами. Кроме того, последствия микологических заболеваний обуславливают методы послеуборочной обработки зерна с целью доведения его качества до установленных кондиций. Наличие фитопатогенных микроорганизмов в зерновой массе необходимо учитывать для правильного размещения и при отпуске зерна.

Микроорганизмы, патогенные для животных и человека. Случайно попав в зерновую массу, они могут быть косвенным источником распространения некоторых инфекций. Это — возбудители заболеваний только для человека или только для животных. Встречаются микроорганизмы, патогенные для животных и человека, получившие название зооноз. К их числу относят возбудителей бруцеллеза, туберкулеза и некоторых других.

Патогенные микроорганизмы распространяются через больных людей и животных или их бациллоносителей. Некоторые болезнетворные микробы попадают в почву, где способны не только жить, но и размножаться в течение длительного периода. Почва также может быть источником опасных заболеваний.

Переносчиками инфекций служат грызуны и домашние животные. В нашей стране действует система карантина в хозяйствах, в которых есть случаи опасных заболеваний. В партиях зерна трудно выявить возбудителей заболеваний человека и животных. Поэтому к зерну, поступающему из районов с инфекционными болезнями, следует относиться осторожно и соблюдать мероприятия, предусмотренные в специальных инструкциях.

§ 3. УСЛОВИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

Зерна и семена всех культур — благоприятная среда для жизнедеятельности многих сапрофитных микроорганизмов, особенно плесневых грибов. Микроорганизмы развиваются, образуют споры лишь при благоприятных условиях окружающей среды и погибают или переходят в состояние покоя, если условия неблагоприятны.

Наиболее важными факторами, определяющими активность микроорганизмов в хранящемся зерне и продуктах его переработки, являются следующие: влажность зерновой массы и ее отдельных компонентов (зерна, примесей, воздуха межзернового пространства), температура зерновой массы и степень ее аэрации (наличие кислорода), целостность и состояние покровных тканей зерна, его жизненные функции, количество и видовой состав примесей.

Влажность зерновой массы. Вода — неотъемлемая часть тела микробов (80...90%) и необходимейший фактор для жизнедеятельности микроорганизмов. Количество ее направляет и регулирует жизнедеятельность, недостаток воды замедляет и останавливает жизненные функции. Чем выше влажность окружающей среды, тем интенсивнее идет обмен веществ между клеткой и средой, тем быстрее и лучше развиваются и размножаются микробы.

По величине минимальной потребности во влаге для роста микроорганизмы делят на гидрофиты, мезофиты и ксерофиты. Гидрофиты успешно развиваются на плотных средах, имеющих влажность, равновесную относительной влажности воздуха около 100% и минимум 90%. У мезофитов нижний предел относительной влажности 80...90% при оптимуме, близком к 100%. Ксерофиты развиваются при относительной влажности воздуха 90...95%, имея низший предел 70...79%.

Наиболее влаголюбивые микробы из группы сапрофитов — бактерии, многие дрожжи и актиномицеты. Среди грибов также имеются гидрофиты, мезофиты и ксерофиты. Типичные ксерофиты — это *Aspergillus glaucus*, *A. candidus*, *A. restrictus*. Мезофиты — другие виды *Aspergillus*, некоторые виды *Penicillium*, многие *Mucorales*, *Alternaria*, *Cladosporium* и др. Гидрофиты включают многие виды из рода *Mucorales*, некоторые виды *Penicillium*, большая часть фитопатогенных грибов.

Таким образом, рост и развитие плесеней не определяются строгими пределами относительной влажности воздуха, а происходят в широком диапазоне влажности.

Жизнедеятельность микроорганизмов зерна и продуктов его переработки при хранении изучали многие исследователи. Минимальная влажность зерна и семян, при которой микробы могут развиваться, должна быть на начальном уровне критической или превышающей ее на 0,5...1,0%. Известны случаи развития микроорганизмов в зерновой массе при средней влажности ниже критической. Это возможно в пар-

тиях свежубранного зерна, в которых влага распределена неравномерно между отдельными компонентами зерновой массы.

Следует отметить, что при оптимальной влажности среды споры прорастают в течение одного дня. Если влажность близка к минимальной (близкой к критической), то прорастание спор растягивается на длительное время (несколько месяцев, год или более). В атмосфере с содержанием влаги ниже минимального споры плесневых грибов постепенно погибают, причем быстрее при высокой, чем при низкой температуре. Так, споры некоторых ксерофитов *A. repens* и других погибают при 60%-ной относительной влажности воздуха и 25°C в течение одного года. Если влажность зерновой массы значительно выше критической, то при наличии благоприятной температуры микроорганизмы развиваются бурно, что приводит к заметному ухудшению качества зерна.

Микроорганизмы весьма чувствительны к влажности оболочек зерен и семян, на которых микробы размещены. При появлении капельно-жидкой влаги на зернах (например, вследствие отпотевания и конденсации водяных паров) быстро прорастают споры грибов и интенсивно развиваются бактерии и плесневые грибы. Вот почему партии зерна, ранее подмоченные при различных обстоятельствах, менее устойчивы при хранении по сравнению с зерном, не попавшим под осадки.

Температура зерновой массы. Определяет возможность жизни микроорганизмов, так как влияет на интенсивность различных процессов в теле микроба и на активность ферментов, участвующих в них. При повышении температуры интенсивность процессов увеличивается, при снижении — замедляется. Ускорение реакции или ее замедление не беспредельно, за верхним и нижним температурными пределами обмен веществ прекращается.

В зависимости от предела температурного оптимума все микроорганизмы подразделяют на холодостойкие (психрофильные), теплолюбивые (термофильные) и имеющие оптимум при средних температурах (мезофильные). Разные микроорганизмы нуждаются для своего роста в различной температуре (табл. 6). Однако микрофлора зерновой массы в основном представлена мезофилами, которые быстро развиваются при температуре 20...40°C, медленно — при температуре менее 20°C. Представители других групп в зерновой массе немногочисленны.

6. Значение температуры для различных групп микроорганизмов

Группа микроорганизмов	Температура, °C		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Психрофильные	-8...0	10...20	25...30
Мезофильные	5...10	20...40	40...45
Термофильные	25...40	50...60	70...80

Повышение температуры свыше оптимальной понижает жизнеспособность микроорганизмов и приводит к гибели микробов (выше 40...50°C), за исключением термофилов. Однако использование высоких температур для стерилизации зерна неприемлемо, так как эти температуры губительны и для самого зерна.

Пониженные и низкие температуры тормозят развитие микроорганизмов, но не приводят к их гибели. Консервирующее действие пониженных температур, при которых заметно снижается жизнедеятельность микроорганизмов, ощущается при 8...10°C. При этих условиях в партиях зерна с невысокой влажностью задерживается развитие бактерий и даже плесневых грибов. В зерновой массе с высокой влажностью температуры 8...10°C недостаточны; в ней может происходить быстрое развитие и накопление плесневых грибов.

Следует помнить, что охлаждение зерновой массы до минусовых температур (-5; -8; -12°C) лишь приостанавливает рост микроорганизмов. Микробы не гибнут даже при -20°C. При отогревании микробы вновь начинают размножаться. Таким образом, охлаждение зерновой массы — полезное мероприятие, которое используют для защиты зерна от активного воздействия микроорганизмов и сохранения его качества.

Доступ воздуха в зерновую массу. Фактор, который лимитирует жизнедеятельность микроорганизмов. По потребности в кислороде их подразделяют на аэробные, которым необходим кислород для жизни; факультативно-анаэробные, способные жить как в кислородной, так и в бескислородной среде, и облигатно-анаэробные, развивающиеся лишь в среде, лишенной кислорода.

Микрофлора зерновой массы состоит в основном из аэробных микроорганизмов, которые при недостатке кислорода в воздухе межзерновото пространства прекращают жизнедеятельность. При доступе воздуха и при наличии других благоприятных условий (влажности и температуры) в зерновой массе наблюдается активное развитие микроорганизмов, прежде всего плесневых грибов. Такая закономерность в развитии микрофлоры зерновой массы имеет большое практическое значение, ее используют для обоснования режима хранения зерна без доступа воздуха.

В свежееубранных партиях зерна в начальный период хранения имеются необходимые условия для активного развития микроорганизмов. И этот период наиболее опасен для зерна. По мере увеличения продолжительности хранения и накопления в межзерновом пространстве диоксида углерода, а также снижения количества кислорода, используемого на дыхание всех живых компонентов зерновой массы, условия для микроорганизмов ухудшаются. Это подавляет жизнедеятельность аэробной микрофлоры, численность микроорганизмов сокращается. В таких условиях мицелий плесеней перестает расти, они теряют способность образовывать споры, а имеющиеся споры не прорастают, не происходит и массового развития анаэробных микроорганизмов.

Природа консервации зерновой массы, и прежде всего ее микрофлоры, по мнению некоторых исследователей, состоит в том, что угнетение аэробных микроорганизмов, и в первую очередь плесневых грибов, происходит в результате специфического действия на них повышенных доз диоксида углерода. Вместе с тем экспериментальные данные многих отечественных и зарубежных исследователей доказали, что гибель микроорганизмов происходит в результате отсутствия кислорода, столь необходимого для жизнедеятельности микроорганизмов. Таким образом, при хранении зерновой массы необходимо умело использовать доступ воздуха, особенно при проветривании и активном вентилировании.

Степень аэрации зерновой массы влияет на состояние микрофлоры следующим образом:

ограниченный доступ воздуха, сокращение запаса кислорода и накопление в зерновой массе диоксида углерода приводят к угнетению микрофлоры и уменьшению ее численности;

доступ воздуха, сопровождаемый охлаждением и снижением влажности зерна, также угнетает развитие микроорганизмов;

проветривание, перемещение или продувание влажной зерновой массы воздухом, не сопровождающиеся снижением влажности или достаточно эффективным понижением температуры, способствуют развитию микроорганизмов, и в первую очередь плесневых грибов.

Состояние покровных тканей. Зерно от действия микроорганизмов предохраняют покровные ткани. Некоторые сапрофиты не способны разрушить клетчатку и проникнуть внутрь зерна. Кроме того, жизнеспособные зерна, обладая механическим и активным иммунитетом, препятствуют проникновению паразита в глубь организма. Поэтому микроорганизмы прежде всего развиваются на битых, поврежденных и утративших жизнеспособность зернах.

Доказано, что активность развития микроорганизмов возрастает в зависимости от характера повреждения зерна в такой последовательности: повреждение оболочек в области эндосперма; повреждение оболочек в области зародыша; зерна с единичными трещинами; зерна с сеткой трещин и крупноколотые. Наиболее уязвимые места для нападения микроорганизмов — это зародыш целого здорового зерна, так как он менее защищен оболочками, чем другие части зерна. Зародыш покрыт лишь одной семенной оболочкой и тонкой пленкой клетчатки. Вместе с тем он богат различными питательными веществами в доступной для микробов форме. Развитие плесени на зародыше приводит к потере жизнеспособности зерна и к его дальнейшему разрушению. Такие зерна — очаг для распространения микроорганизмов.

Зерна, поврежденные или полностью испорченные микроорганизмами, обладают значительно большей интенсивностью дыхания, чем нормальные по внешнему виду и жизнеспособные. Следовательно, наличие в зерновой массе зерен, травмированных, поврежденных и испорченных

микроорганизмами, резко снижает ее стойкость при хранении, так как они — носители активных микробиологических очагов. Эти зерна подлежат удалению из зерновой массы перед ее закладкой на хранение.

Количество и состав примесей в зерновой массе. В значительной мере они определяют и количество микроорганизмов. Установлено, что 30...65% всей микрофлоры в кондиционном по влажности и засоренности зерне пшеницы размещается на примесях. Наиболее насыщены микробами: проход через сито с отверстиями ϕ 1 мм, испорченные зерна, минеральный и органический сор. Поэтому необходимо очищать зерно от примесей перед закладкой его на хранение.

§ 4. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗЕРНОВУЮ МАССУ

Характер изменения количества и видового состава микроорганизмов зависит от условий хранения зерновой массы. При неблагоприятных условиях для размножения микроорганизмов снижается численность и изменяется процентное соотношение микроорганизмов в результате исчезновения *E. herbicola*, других бесспорных форм и сохранения спор плесневых грибов и спорозоных бактерий. Длительное хранение зерна в этих условиях не приводит к полной гибели микробов. Происходят лишь изменения в их качественном составе, а иногда даже наблюдается бурный рост микроорганизмов, если влияние окружающей среды на зерновую массу обуславливает ее увлажнение в каком-то участке насыпи.

Если в зерновой массе появляются различные предпосылки к развитию микроорганизмов, то прежде всего в ней растут плесени. Они обладают способностью развиваться при меньшей влажности зерна и относительной влажности воздуха; имеют невысокий температурный оптимум и способны развиваться при более низких температурах (10...20°C); проявляют аэробный характер дыхания, для чего есть необходимые условия в свежубранном зерне; содержат активный комплекс гидролитических ферментов, способных интенсивно воздействовать на покровные ткани зерна и вещества, находящиеся во внутренних его частях.

Таким образом, плесневые грибы менее требовательны к условиям жизни, чем бактерии, и могут активно развиваться уже в начальный период хранения зерна, вызывая значительные изменения его качества. Прекращение развития грибов не приводит к ликвидации последствий их предыдущего развития, и партия зерна становится менее стойкой при дальнейшем хранении.

Микроорганизмы оказывают отрицательное воздействие на зерновую массу при хранении. Вследствие их жизнедеятельности снижаются

масса сухого вещества зерна, его жизнеспособность, технологические и товарные показатели качества, питательная ценность и т.п.

Под действием микроорганизмов изменяются прежде всего основные показатели свежести зерна: цвет, блеск, запах и вкус. По мере проявления жизнедеятельности микроорганизмов свежесть зерна изменяется в такой нарастающей последовательности: появляются тусклые, потерявшие блеск зерна, пятнистые и потемневшие, на отдельных зернах образуются колонии плесневых грибов и бактерий, видимые невооруженным глазом, темнеет значительное количество зерен, появляются испорченные (заплесневевшие и прогнившие). В дальнейшем при самосогревании зерновой массы появляются черные и обуглившиеся зерна и как завершение процесса возникает обугливание зерновой массы и она теряет сыпучесть.

Изменения в цвете зерна сопровождаются образованием запахов разложения, обусловленных развитием микроорганизмов. Результатом накопления в зерне продуктов активной жизнедеятельности плесеней, прежде всего грибов из рода *Penicillium*, являются плесневый и затхлый запахи. Причем запах, обусловленный развитием свежего мицелия, определяется как плесневый. После сушки такого зерна этот запах воспринимается нашими органами чувств как затхлый. Приобретение зерновой массой затхлого запаха относится к одному из наиболее недопустимых дефектов зерна.

Хлебоприемные предприятия не принимают затхлое зерно, так как этот запах трудно или совсем не удаляется из зерна и при его переработке передается муке, крупе, печеному хлебу и другим изделиям. Применение в качестве дезодорирующих средств жидких, газообразных химических веществ, различных сорбентов, проведение сушки зерна в вакууме, облучение ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами показали, что в большинстве случаев затхлый запах полностью не устраняется. Чем больше поражены зерна плесневыми грибами, тем сильнее он сорбируется веществами зерна и труднее устраняется.

Затхлому запаху сопутствуют неприятный вкус зерна, увеличение в нем титруемой кислотности, а также аминокислот и аммиака. Повышение количества титруемой кислотности в зерне при хранении свидетельствует об изменении его свежести. Необходимо отметить, что плесневый и затхлый запахи в партиях свежесобранного зерна с повышенной влажностью могут появиться очень быстро — через несколько суток хранения.

К запахам зерна, имеющим микробиологическую природу, относят также гнилостный и амбарный. Гнилостный запах возникает при полной порче сырого зерна в просыпях зерна, пролежавшего длительное время в сырости. Порчу зерна в этом случае вызывают плесневые грибы, бактерии и актиномицеты. Амбарный запах объясняется анаэробными условиями хранения зерна и жизнедеятельностью дрожжей, выделяющих этиловый спирт и различные органические кислоты, которые сорбируются зерном.

Изменение показателей свежести зерна от нормального состояния влечет за собой ухудшение его технологических свойств. Известно, что при незначительном отклонении этих показателей от нормы выход и качество муки, крупы и печеного хлеба практически не изменяются. Более глубокие изменения показателей свежести приводят к ухудшению качества вырабатываемой продукции, особенно сильно при утрате свежести в результате самосогревания зерна.

Развитие плесневых грибов в области зародыша ослабляет или полностью нарушает его функции. Колонии плесени, интенсивно развивающиеся на поверхности зерна пшеницы, ржи, риса, ячменя, на семенах бобовых, иногда обнаруживаются даже невооруженным глазом (рис. 13). Зерно кукурузы чаще всего поражается под оболочками. Начало скрытого поражения зерен происходит при их нахождении в початке в местах между зернами и около стержня. Затем мицелий гриба проникает прежде всего под оболочки зерна и далее в другие его части.

Явление плесневения зерна сопровождается понижением его всхожести. Однако более заметно снижается полевая всхожесть семян. Потеря всхожести объясняется отравлением клеток зародыша семени продуктами метаболизма плесневых грибов, обладающих токсическими свойствами. На этот дефект зерна обращают особое внимание в зарубежной практике. Так, зерно пшеницы, содержащее зерновки с потемневшим зародышем, считают больным.

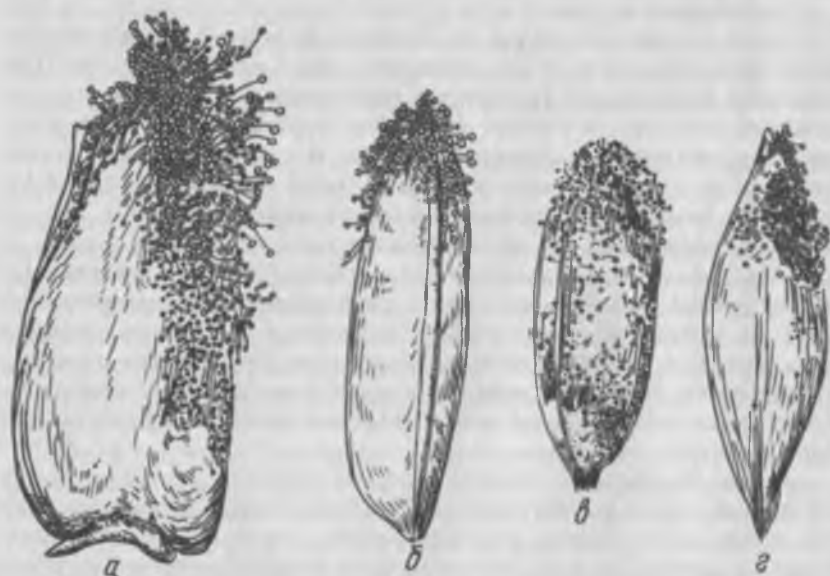


Рис. 13. Активное развитие плесеней на зерновках:

а — кукурузы; б — риса; в — пшеницы; г — ячменя

Потемнение зародыша происходит при повышенной активности ферментов (оксидаз, липаз) в зерне с повышенной влажностью, при недостатке кислорода в воздухе межзернового пространства. В больных зернах происходят некоторые изменения в составе липидов. В них всегда повышено кислотное число жира. Развитие плесеней из родов *Aspergillus* и *Penicillium* (*A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. glaucus*, *A. oryzae*, некоторые виды *Penicillium* и *Fusarium*, *F. Sporotrichiella* и др.) в зерне в период хранения может сопровождаться образованием токсинов.

Микотоксины — продукты жизнедеятельности многих плесеней — чрезвычайно токсичны для животных и человека. Во многих странах мира (СССР, Англии, США, Франции, ФРГ, Японии) ведут обширные исследования природы различных микотоксинов. Обнаружено более двухсот токсических веществ, выделяемых плесневыми грибами. Многие вещества этой группы обладают гепатотропным и канцерогенным действием на организм человека и животных. Даже ничтожные количества некоторых наиболее сильных токсичных веществ приводят к поражению печени. Чрезвычайно токсичными оказались афлатоксины, выделяемые *A. flavus*. Среди них B_1 и G_1 , в основе которых лежат кумариновые соединения.

Афлатоксины могут образовываться при самосогревании и редко при хранении зерна повышенной влажности. В зерне сырой кукурузы микотоксины могут появиться при 5°C . Эти и последующие данные свидетельствуют о недопустимости активного развития микроорганизмов в зерновых массах при хранении.

Одной из причин, снижающих качество сильной и твердой пшеницы, является обесцвечивание зерна и развитие на нем фузариоза под воздействием переменного увлажнения атмосферными осадками и подсушивания зерна в колосе в период созревания, уборки, дозревания в валках и хранения на токах колхозов и совхозов. Фузариоз пшеницы приводит к загрязнению зерна микотоксином дезоксиниваленолом, представляющим серьезную опасность для здоровья людей.

По данным американских и японских исследователей, в пожелтевших зерновках риса содержатся токсины канцерогенного действия. Известны случаи появления ядовитого зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, проса, гречихи после перезимовки на корню или в валках, оставленных в поле, когда уборка урожая прекращается из-за ранней зимы (районы Северного Казахстана и Сибири), а также при временном хранении в бунтах зерна с повышенной влажностью при низких температурах. Эти случаи объясняются развитием на зерне гриба *Fusarium sporotrichiella* — типичного сапрофита.

Человек и животные (особенно чувствительны лошади, свиньи), получившие в пищу продукты из ядовитого зерна, заболевают алиментарно-токсической алейкией, приводящей к резкому уменьшению в крови лейкоцитов. По внешним признакам заболевание сходно с септической ангиной.

Установлено, что жир ядовитого зерна очень токсичен и при нанесен-

нии его на кожу кролика вызывает покраснение, глубокий отек и через несколько дней некротический распад тканей (язву). Эту так называемую кожную пробу используют для диагностирования ядовитости зерна, применяют и другие методы.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о происхождении, классификации и дайте характеристику микроорганизмов зерновых масс. 2. Каковы условия и характер их влияния на жизнедеятельность микроорганизмов зерновой массы при хранении? 3. Какие изменения могут возникнуть в зерновой массе вследствие активной жизнедеятельности микрофлоры?

Глава V

ВРЕДИТЕЛИ ХЛЕБНЫХ ЗАПАСОВ

§ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВРЕДИТЕЛЕЙ

Вредители хлебных запасов широко распространены по земному шару и могут повреждать различные виды зерновых продуктов в период хранения в результате их хорошей приспособленности к условиям обитания, большой плодовитости и быстрого развития. Фауна вредителей хлебных запасов огромна и разнообразна. Она представлена несколькими десятками видов класса насекомых и класса паукообразных и некоторыми видами классов птиц и млекопитающих (грызунов).

Вредители хлебных запасов приспособились к жизни в зерновой массе, которая для них не только подходящая среда обитания, но и отличная пища, содержащая весь необходимый для них комплекс питательных веществ. Насекомые и клещи, обитающие в хранилищах, при благоприятных условиях могут размножаться круглый год, давая несколько поколений, в результате чего катастрофически быстро нарастает их численность. Они приспособились и к невысокой влажности продукта (зерно, мука, крупа и др.). Так, некоторые виды хрущаков могут размножаться в муке с влажностью 1%.

Вредителям хлебных запасов свойственно явление танатоза, т.е. замирания, благодаря чему они спасаются от механических повреждений, поджимая усики и ноги во время перемещения зерна. Некоторые насекомые (долгоносики, точильщики и др.) развиваются внутри зерна, что спасает их личинки и куколки от травм.

Среди вредителей хлебных запасов встречаются виды, которые могут успешно жить как в поле, так и в хранилище (например, некоторые виды мукоедов и бабочек). Некоторые виды, начав свое развитие в поле, заканчивают его в хранилище (гороховая зерновка). Некоторые насекомые заражают зерно в поле, а затем попадают в зернохранилища (рисовый

долгоносик, зерновой точильщик, зерновая моль). Амбарный долгоносик навсегда связал свое существование с хранящимися зернопродуктами. У него атрофирована вторая пара крыльев, и он не способен летать.

Вредители повреждают хлебные запасы на токах колхозов и совхозов, в хранилищах, на предприятиях, перерабатывающих зерно и муку (пивоваренной, спиртовой, пищевоконцентратной, хлебопекарной промышленности и т.д.), а также в системе торговли и общественного питания. По некоторым данным, только в результате развития вредителей из класса насекомых теряется не менее 5% мировых запасов зерна и вырабатываемых из него продуктов.

Вредители, развиваясь в хлебных запасах, уничтожают некоторое количество зерновых продуктов, ухудшают пищевые, товарные и семенные качества. Некоторые виды клещей, мукоедов, молей и огневков питаются зародышами, что приводит к снижению всхожести зерна. Поскольку жизнедеятельность вредителей протекает в зерновых массах и продуктах их переработки, то неизбежно загрязнение последних экскрементами, шкурками после линьки личинок, трупами умерших экземпляров и др.

Развитие вредителей приводит к повышению влажности и температуры зерновой массы в результате выделения ими при дыхании влаги и теплоты. Это, в свою очередь, усиливает жизнедеятельность зерновой массы и может привести к самосогреванию. Обладая положительным гидро- и гермотаксисом, вредители мигрируют в насыпях зерна, скапливаются в более благоприятных для их жизни местах и могут быть причиной самосогревания зерновой массы с невысокой влажностью. Некоторые вредители — переносчики инфекционных заболеваний человека и животных, спор головни, микроорганизмов. Они портят здания зернохранилищ, оборудование, тару. Если оценивать степень причиняемого ущерба различными видами вредителей хлебных запасов, то наиболее опасны мышевидные грызуны и птицы.

Среди различных мероприятий по обеспечению качественной и количественной сохранности хлебных запасов большое значение имеет борьба с вредителями. На это в нашей стране расходуют огромные средства, ведут систематическую работу по совершенствованию комплекса мер, применение которых гарантирует сохранность хлебных запасов и исключает массовое их распространение.

§ 2. КЛЕЩИ

Клещи (*Acarina*) относят к классу паукообразных, они составляют в нем особый отряд, насчитывающий около 6000 видов. В зерне и продуктах его переработки развивается не более 30 видов. Это представители семейств хлебных, волосатых, хищных и пузатых клещей.

Тело клещей овально-продолговатой формы, длиной от 0,2 до 1 мм, т.е. на границе видимости невооруженным глазом. Тело клещей разде-

лено на две части: головогрудь и брюшко. На головогрудь находится ротовой аппарат и две пары передних ног; на брюшке — еще две пары задних ног.

Тело клещей покрыто хитиновой оболочкой. На его поверхности имеются щетинки, волоски или шипики, помогающие клещам ориентироваться в пространстве. Усики и глаза у них отсутствуют. Дыхание, пищеварение и размножение у различных групп клещей происходят по-разному. Так, хлебные клещи дышат через мелкие отверстия хитинового покрова (кожное дыхание), хищные и другие имеют трахейное дыхание.

По образу жизни и степени вредности всех клещей делят на две группы:

питающиеся непосредственно зерновыми продуктами; у них хорошо развиты верхние челюсти, могут грызть частички зерна, а иногда и целые зерна; к ним относят семейства хлебных и волосатых клещей;

питающиеся только жидкой пищей; у них ротовой аппарат колюще-сосущего типа; прокалывая оболочки растения или тело животного, клещи высасывают жидкое содержимое; в зерновой массе эти клещи питаются своими сородичами, а также яйцами и куколками насекомых, таких клещей относят к семейству хищных и пузатых.

Клещи — раздельнополые животные. У всех видов, кроме пузатого, самка откладывает яйца; самка пузатого клеща рождает живых клещей. Яйца мелкие (длина около 0,1 мм), круглой или овальной формы. Через несколько дней из яйца развивается личинка, которая по внешнему виду очень похожа на взрослого клеща, отличается от него меньшими размерами и наличием трех пар ног. Личинка усиленно питается, растет и после линьки превращается в нимфу I, которая через некоторое время, в свою очередь, превращается в нимфу II. Нимфы I и II имеют по четыре пары ног и несколько большие размеры тела по сравнению с личинками. После линьки нимфа II превращается во взрослого клеща — самца или самку. Цикл превращений одного поколения в зависимости от условий длится от двух недель до нескольких месяцев.

При неблагоприятных условиях в ходе развития поколения (сухость воздуха, пониженная температура и т.д.) у клещей возникает длительная остановка в развитии (диапауза), сопровождаемая снижением дыхательного газообмена, прекращением роста, питания, размножения. Перерыв начинается после нимфы I. Тогда из нее вместо нимфы II образуется гипопус. Гипопусы бывают подвижные и неподвижные. Они могут жить без пищи в течение нескольких лет и чрезвычайно устойчивы к неблагоприятным условиям. Попадая в благоприятные условия, гипопус линяет и превращается в нимфу II, а затем развитие заканчивается, как обычно.

Оптимальная температура для развития клещей 18...32°С. При температуре 10°С и ниже развитие клещей замедляется. При температуре ниже нуля клещи впадают в холодное оцепенение, длительное воздействие которой вызывает их гибель.

Клещи требовательны к влажности воздуха и продукта. В хлебных

запасов могут развиваться при влажности продуктов не ниже 12% (отдельные виды не ниже 20%). Находясь в продуктах с влажностью менее 12%, клещи погибают. Влажность зерна 15...16% для них наиболее благоприятная, целые зерна с влажностью ниже 14% клещи не повреждают.

Клещи обладают широким ареалом распространения. Они обитают в хранилищах, на зерноперерабатывающих предприятиях и их территории. Способны жить и развиваться в полевых условиях — в различных растительных остатках, вблизи токов, на токах, в стогах сена, соломы, в норах грызунов, в травянистом покрове почвы. Переносчиками клещей в зернохранилища и в зерновые запасы могут быть грызуны и птицы, насекомые. Могут также распространяться с пылью и отходами, разносимыми ветром.

Важное условие успешной борьбы с клещами-вредителями хлебных запасов — это организация и соблюдение системы профилактических мер.

Клещи прежде всего повреждают зародыш и снижают всхожесть зерна. Обитая в продуктах, клещи загрязняют его личиночными оболочками, экскрементами, трупами погибших особей, а также образуют в зерновых продуктах специфические неприятные запахи, ухудшают их цвет, вкус, переносят инфекционные заболевания. Кроме того, клещи создают условия для развития микроорганизмов, выделяя теплоту и влагу при дыхании, и способствуют возникновению самосогревания.

Хлебные клещи (*Tyroglyphidae*). Это семейство включает два наиболее распространенных рода клещей: мучные и волосатые.

Мучной клещ (*Tyroglyphus farinae* L.). Распространен повсюду, но название свое получил в связи с тем, что впервые был обнаружен в муке. В действительности полифаг. В хлебных запасах встречается чаще, чем другие виды. Тело клеща длиной 0,35...0,70 мм, овальной формы, беловатого цвета, с блестящей поверхностью, головной отдел и ноги розоватые или буроватые. Волоски и щетинки на теле укороченные. На конце тела имеет две пары удлинненных щетинок. Передние ноги у самца утолщенные и изогнутые с шипообразным выростом посередине. Движение клеща замедленное.

Стадии развития клеща: яйцо, личинка, нимфа I, нимфа II, взрослый клещ (рис. 14). При неблагоприятных условиях у мучного клеща образуется чаще всего подвижный гипопус, на брюшной стороне которого, у основания задних ног, расположено пять пар присосок. С их помощью гипопус прикрепляется к теле других животных и перемещается с ними до тех пор, пока не попадает в благоприятные условия для развития. Тогда гипопус линяет, превращается в нимфу II, а затем во взрослого клеща.

Оптимальная температура для развития клеща 15...22°С и влажность продукта 14...17%. Мучной клещ довольно холодостоек: легко переносит низкую температуру. Этот клещ чаще развивается в пшенице, ржи, крупе, сушеных овощах, фруктах, хмеле, лекарственных травах, коже, сыре и других продуктах. В муке и крупе клещ развивается лучше, чем в зерновой массе.

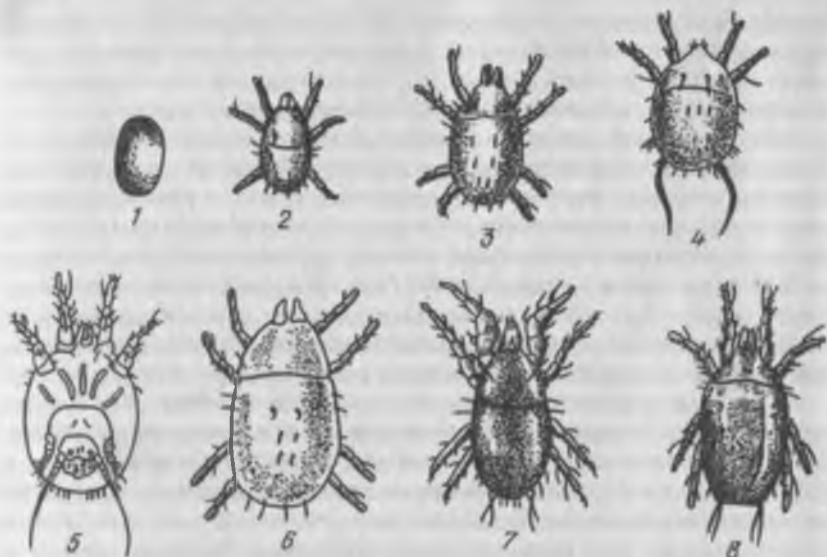


Рис. 14. Стадии развития мучного клеща:

1 - яйцо; 2 - личинка; 3 - нимфа I; 4 - подвижный гипопус (вид сверху); 5 - тот же гипопус (вид снизу); 6 - нимфа II; 7 - взрослый клещ (самец); 8 - самка

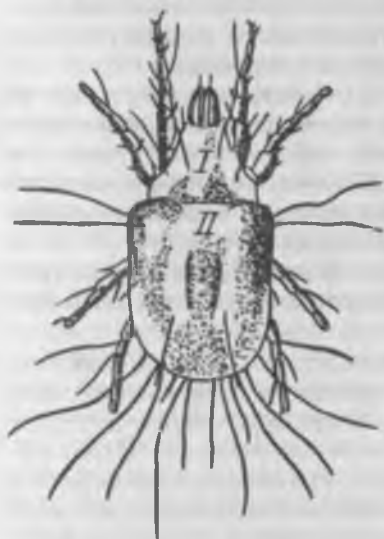


Рис. 15. Удлиненный клещ:

I - головогрудь; II - брюшко

Клещ Родинова (*Caloglyphus Rodionovi* A. Zachv.) относится к наиболее крупным видам: длина его тела 1,12 мм, окраска светлая. На концах передних двух пар ног имеются серповидные щетинки. Образует подвижную форму гипопуса. Клещ Родинова считается влаго- и теплолюбивым видом. Нормальное развитие идет в продукте с влажностью не ниже 22...25%, при температуре 16,5...30°C. В сухом зерне и средней сухости этот клещ не развивается.

Удлиненный клещ (*Tyrophagus putrescentia* Schrank) по внешнему виду и образу жизни напоминает самку мучного клеща. Отличается от нее длинными волосками (до 14 шт.), расположенными на заднем конце тела. Тело белого цвета, удлиненное, длиной 0,6 мм. Ноги неутолщенные, белого или светло-розового цвета (рис. 15).

Удлиненный клещ по сравнению с мучным более теплолюбив и хуже переносит пониженную температуру. Оптимальной для развития считается 25...30°C, а влажность зерна — выше 14%. Нижний порог развития при благоприятной относительной влажности воздуха 90% лежит между 7...10°C, а верхний — между 35...37,5°C. Клещ не развивается в условиях относительной влажности воздуха ниже 60% и хорошо развивается при влажности воздуха 100%. Питается удлиненный клещ пшеницей, ячменем, отрубями, крупой, мукой, сыром, сухими фруктами и др.

Волосатые клещи (*Glycyphagidae*). Отличаются от хлебных клещей тем, что их тело овальной формы, иногда покрыто волосками или шипиками. У них отсутствует поперечная бороздка между головогрудью и брюшком. Распространенные виды этого семейства: обыкновенный волосатый, гладкий и бурый клещи.

Обыкновенный волосатый клещ (*Glycyphagus Destructor* Ouds) распространен очень широко. Длина тела 0,3...0,55 мм, окраска беловатая. Тело покрыто длинными перистыми волосками, торчащими в разные стороны (рис. 16). По поверхности продукта перемещается быстро и суетливо. Оптимальная температура 24...29°C, влажность выше 14%, самка откладывает до 100 яиц. Образует неподвижный гипопус, который не выходит из оболочки нимфы I, а лежит внутри нее, как в чехле. Гипопусы поэтому чрезвычайно устойчивы к неблагоприятным условиям окружающей среды, месяцами переносят сухость воздуха, не погибают в парах синильной кислоты в течение 12 сут.

В зерновой массе волосатый клещ питается в основном сорной примесью и дроблеными зернами. В муке не развивается: мешают передвижению длинные, торчащие волоски. Он хорошо развивается в пленчатых культурах (овес, ячмень), имеющих большую скважность.

Гладкий клещ (*Chortoglyphus arcuatus* Troup.) распространен в южных районах СССР, встречается в Алтайском крае. Повреждает рожь, пшеницу, рис, муку, семена клевера.

Тело клеща овальной формы, длиной 0,27...0,45 мм, бледно-желтого или слегка зеленоватого цвета, ноги розового цвета, головогрудь образует вырост, который в виде капюшона прикрывает ротовые органы. Ноги длинные и тонкие, волоски короткие, редкие. Поэтому тело клеща кажется голым. Оптимальная температура развития около 34°C. Клещ малоплодовит.

Бурый клещ (*Gohieria fusca* Ouds), его тело бурого или коричневого цвета с короткими и гладкими волосками. Оптимальная температура развития 22...24°C, влажность продукта 15...16%. Клещ повреждает черно пшеницы, ржи, шелушенный рис. При хранении зерна с повышенной

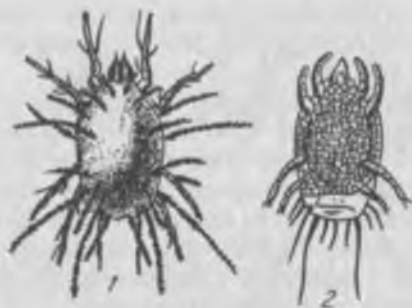


Рис. 16. Обыкновенный волосатый клещ:

1 – самка; 2 – неподвижный гипопус



Рис. 17. Хищный обыкновенный клещ

влажностью клещ может образовывать большие колонии и причинять значительный вред.

Хищные клещи (*Cheyletidae*). Уничтожают клещей других видов (хлебных), а при недостатке пищи питаются яйцами и личинками своего вида. Однако этот клещ менее плодовит и менее прожорлив, чем хлебные и волосатые клещи, и не может заметно снизить их численность. Вместе с тем хищные клещи загрязняют зерновые продукты шкурками после линьки, экскрементами, трупами своих жертв, и поэтому этих клещей нельзя считать совершенно полезными. Для нападения и удержания добычи клещи имеют мощные ногочелюсти – придатки ротового аппарата с когтевидными выростами на концах.

Обыкновенный хищный клещ (*Chleyletus eruditus* Schrk.). Его тело длиной 0,5...0,8 мм, окрашено в желтовато-бурый цвет (рис. 17). Оптимальная температура для его развития 17...23°С. Клещ не образует стадии гипопуса. Неблагоприятные условия переносит длительное время.

Пузатые клещи (*Pediculoididae*). Это клещи живородящие. Некоторые виды из группы вредителей хлебных запасов паразитируют на личинках и куколках насекомых.

Пузатый клещ (*Pediculoides ventricosus* Newp.) распространен по всем странам. Это очень мелкий клещ, длина тела доходит до 0,26 мм. Тело беловато-желтоватого цвета. Самка рождает живых клещей. Оптимальная температура развития 15...21°С. Роль пузатого клеща как паразита вредных насекомых и клещей невелика.

§ 3. НАСЕКОМЫЕ

Наиболее многочисленны представители группы беспозвоночных животных – насекомые. В настоящее время известно до миллиона раз-

личных видов насекомых, объединяемых в один класс — *Insecta*. Класс насекомых подразделяют на подклассы, отряды и подотряды; последние, в свою очередь, делят на семейства. Всех вредителей зерна и зерновых продуктов из класса насекомых относят к отряду жесткокрылых (или жуков) и чешуекрылых (или бабочек).

Тело насекомых имеет три отдела: голову, грудь и брюшко (рис. 18). Форма тела и размеры у разных видов насекомых неодинаковы. Поверхность тела насекомых пропитана хитином и другими соединениями, придающими ему большую прочность, несмачиваемость, непроницаемость для воды и защищающими тело от высыхания. На поверхности тела насекомых имеются волоски, щетинки или шипики, выполняющие роль органов осязания. С их помощью насекомые ощущают механические и тепловые раздражения. Кроме того, на покровах тела жуков и бабочек находятся чешуйки. Окраска тела насекомых зависит от пигментов, содержащихся в поверхностных оболочках, их микроструктуры, химического состава и возникающих здесь световых явлений.

Голова насекомых различного размера и формы. У одних она округлая, у других приплюснутая, а у третьих вытянутая спереди в виде хоботка (головотрубки). На голове размещены ротовой аппарат грызущего (у жуков) или сосущего типа (у бабочек), пара членистых усиков и пара глаз. Величина, форма усиков также различны. Бывают усики щетинковидные, нитевидные, булавовидные и др. (рис. 19). На них размещены органы обоняния.

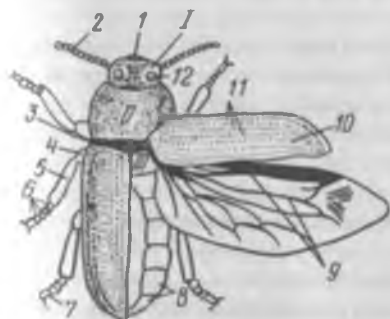


Рис. 18. Части тела насекомого (большого мучного хрущака):

I — голова; II — переднегрудь; III — заднегрудь; I — намечник; 2 — усики; 3 — щиток; 4 — бедро; 5 — голень; 6 — членики лапки; 7 — коготок; 8 — членики брюшка; 9 — жилки крыла; 10 — подкрылья; 11 — точечные бороздки; 12 — фасеточные глаза

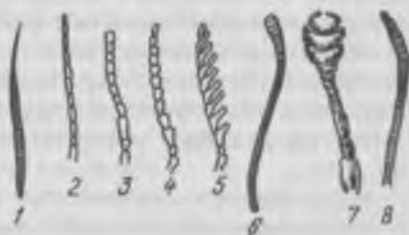


Рис. 19. Типы усиков насекомых:

1 — щетинковидный; 2 — нитевидный; 3 — четковидный; 4 — пальчатый; 5 — гребневидный; 6 — булавовидный; 7 — головчатый; 8 — веретенообразный

Грудь у большинства насекомых состоит из трех колец: переднего (переднегрудь), среднего (среднегрудь) и заднего (заднегрудь). К ним прикреплено по паре ног: всего три пары. Каждая нога состоит из тазика, которым она прикреплена к телу, вертлуга, бедра, голени и лапки. Лапка состоит из одного — пяти члеников. У многих видов она заканчивается двумя коготками и присасывательной подушечкой или щеточкой из волосков.

Насекомые имеют одну или две пары крыльев, передние и задние, которые прикреплены к средне- и заднегрудь. Передние крылья, или надкрылья, очень плотные, с кожистой или роговой структурой. Они прикрывают задние крылья и защищают тело от механических воздействий. С помощью задних крыльев насекомые летают. У насекомых, потерявших способность летать (амбарный долгоносик), нижние крылья атрофированы, а развиты только верхние.

Крылья бабочек покрыты с обеих сторон чешуйками или волосками и часто окрашены в яркие цвета, образующие пестрый рисунок. Брюшко состоит из отдельных члеников — колец, подвижных и неподвижных, соединенных между собой тонкой хитиновой перепонкой. Под кожным покровом насекомых размещены мышечная, пищеварительная, нервная, кровеносная, дыхательная и половая системы. Мышечная система насекомых довольно развита и представляет собой группу поперечно-полосатых и небольшое количество гладких мышц. Пищеварительная система состоит из пищеварительного канала и его придатков. Кровеносная система не замкнута, но для приведения крови (гемолимфы) в движение есть сердце в виде трубки. У некоторых видов насекомых спереди сердца находится аорта.

Насекомые обладают трахейным дыханием. Внутри тела проходит сложная система трахей и трахеол, соединенных с дыхательными отверстиями, называемыми стигмами, или дыхальцами. Дыхалец у взрослого насекомого одна-две пары на груди и до восьми пар на брюшке по бокам тела. Входные отверстия дыхалец многих насекомых прикрыты волосками или тонкой ситовидной пластинкой, которая защищает дыхательную систему от засорения мелкой пылью или от проникновения в нее влаги.

Интенсивность дыхания насекомых зависит от фазы развития. Однако во всех случаях насекомые более интенсивно дышат при благоприятной для их жизни температуре. При снижении или повышении температуры окружающей среды за пределы оптимальной газообмен замедляется, вплоть до прекращения, наступает тепловое или холодное оцепенение.

Насекомые (вредители хлебных запасов) — раздельнополые с полным циклом превращения (развития). Самка после оплодотворения откладывает яйца. Из них развивается червеобразная личинка, не похожая на своих родителей. В стадии личинки насекомые приносят большой вред. Они прожорливы и уничтожают во время своего развития значи-

гельное количество продуктов. Некоторые виды жуков и бабочек не питаются, а живут за счет запасов, накопленных личинкой или гусеницей.

В процессе развития личинка увеличивается в размерах и несколько раз линяет. Количество линек зависит от вида насекомого. Достигнув предельного возраста, личинка прекращает питаться и впадает в состояние покоя, т.е. превращается в куколку. У жуков куколки непокрытые или свободные, у бабочек — покрытые. У свободной куколки отдельные части тела (усики, ноги, крылья и др.) можно приподнять кончиком иглы; у покрытой куколки тело вместе с его придатками скрыто под общим чехлом. В стадии куколки насекомое имеет замедленный обмен веществ. Интенсивность дыхания в этот период развития незначительная и достигает максимума ко времени выхода взрослого насекомого. Таким образом, насекомые проходят следующие стадии развития: яйцо, личинка (гусеница), куколка, взрослое насекомое.

Жуки (жесткокрылые, Coleoptera). Наибольший вред хранящимся зерновым запасам причиняют жуки следующих семейств.

Долгоносики (Curculionidae) имеют голову, вытянутую в трубку, называемую носиком, или головотрубкой, за что жуки и получили свое название долгоносики, или слоники. Наиболее опасные виды долгоносика — это амбарный, рисовый и кукурузный, так как образуют скрытую форму зараженности зерна. Самка откладывает яйца в зерно, в специальную ямочку, высверленную головотрубкой, закрывает ее пробочкой, приготовленной из выделяемой ею липкой жидкости. Долгоносики избегают откладывать яйца в зерно с влажностью ниже 10%, но могут развиваться в крупе и в сильно спрессованной муке.

Из яйца, находящегося внутри зерна, развивается личинка, питаясь эндоспермом. Ее тело укорочено, с глубокими поперечными складками, ноги неразвиты, цвет тела белый, головы — коричневый. За время жизни личинка линяет четыре раза и, достигнув предельного возраста, превращается в куколку белого или светло-коричневого цвета. Молодой жук, вышедший из куколки, остается внутри зерна 3...4 дня, питаясь остатками эндосперма, затем прогрызает отверстие в оболочке и выходит наружу. Зерна пшеницы после развития в них долгоносиков теряют в массе до 50%, а также пищевые качества и всхожесть.

Амбарный долгоносик (*Sitophilus granarius* L.) распространен во всех частях света. В нашей стране распространен значительно реже, чем рисовый долгоносик. Повреждает пшеницу, рожь, ячмень, рис, реже овес, кукурузу, пшено и гречиху. Не развивается в зерне проса, семенах масличных и бобовых культур.

Тело долгоносика блестящее, удлиненной и узкой формы (рис. 20), окрашено в коричневый, темно-коричневый или черный цвет. Молодые жуки светло-коричневого цвета. Длина тела вместе с хоботком 3...5 мм и зависит от размеров зерна, в котором развивается личинка. Голова вытянута в головотрубку и втянута по самые глаза в переднегрудь. Усики имеют коленчатую форму и помещаются около основания головотруб-

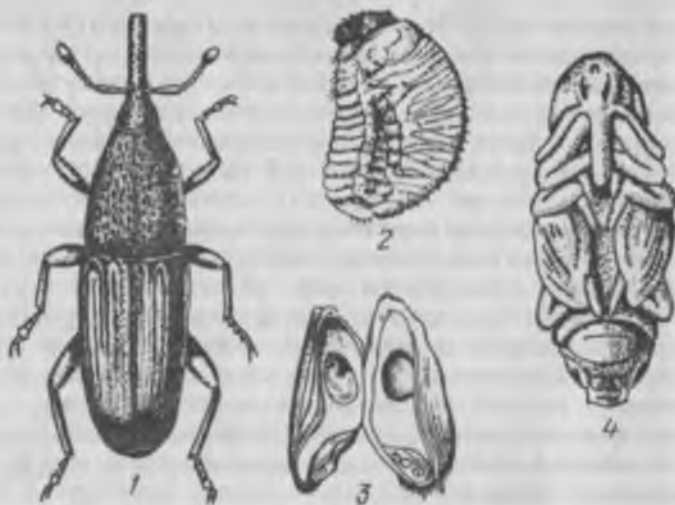


Рис. 20. Амбарный долгоносик:

1 – жук; 2 – личинка (сильно увеличена); 3 – личинка в зерне;
4 – куколка

ки, ниже которых по бокам расположены глаза. Надкрылья украшены продольными бороздками с рядами точечных ямок. Долгоносик не летает, так как нижние крылья неразвиты.

Самка долгоносика откладывает от 150 до 300 яиц. Продолжительность развития жука от яйца до взрослой особи зависит от условий среды. При температуре 24...25°C и влажности зерна выше 15% на развитие одного поколения требуется 36 дней. При температуре 12°C цикл развития увеличивается до 209 дней. В пределах температур 15...13°C и ниже или при 35°C и выше жуки прекращают откладывать яйца. В зерне с влажностью менее 11% амбарный долгоносик не развивается.

Оптимальная температура для жизнедеятельности амбарного долгоносика 26...30°C, относительная влажность воздуха около 70%. Жуки амбарного долгоносика могут длительное время находиться без пищи. При относительной влажности 80...90% и температуре 10...13°C жуки способны голодать в течение 48 сут, при 16...18°C – 43 сут, при 20...25°C – 35 сут. Если воздух более сухой, то срок жизни жуков без пищи сильно уменьшается.

Жуки долгоносика избегают света, сквозняков, быстро погибают от солнечного света. Их отпугивает запах соломы, скипидара, нафталина, чеснока, конопли и льняного семени. При незначительном перемещении зерновой массы или ее встряхивании долгоносик замирает, поджав к телу ножки и усики. Однако у мертвых жуков ноги и усики не поджаты,

а торчат в сторону. Этим отличается живой от мертвого жука. Способность впадать в оцепенение спасает долгоносиков от гибели в результате механических воздействий.

Рисовый долгоносик (Sitophilus oryzae L.) распространен во многих странах мира. В нашей стране этот вид распространен чаще других, и особенно по мере приближения к южным зонам страны. Рисовый долгоносик очень похож на амбарного, но отличается от него меньшими размерами (длина жука до 3,5 мм) и матовой поверхностью тела от коричневого до буро-черного цвета с четырьмя симметричными пятнами желтовато-бурого цвета на надкрыльях (рис. 21).

Жук имеет нормально развитые крылья, может летать и повреждать зерно не только в зернохранилищах, но и в поле. Рисовый долгоносик более плодовит и теплолюбив, чем амбарный. Самка способна за всю жизнь отложить 380...570 яиц, причем в отличие от амбарного долгоносика в одном зерне пшеницы могут развиваться два жука. За время своего развития рисовый долгоносик уничтожает около 25% сухого вещества зерновки пшеницы.

Продолжительность развития отдельных стадий рисового долгоносика и длительность всего цикла развития зависят от многих факторов, но в первую очередь от температуры: при 27°C и относительной влажности воздуха около 70% — составляет в среднем 37 сут. При благоприятных условиях жуки амбарного долгоносика живут в среднем около шести месяцев. Оптимальная температура для жизни рисового долгоносика 27...31°C, оптимальная относительная влажность воздуха около 70%.

Рисовый долгоносик в эндемических районах может обитать круглогодично, находясь в очагах-резервациях (отходы, солома и др.). В этих условиях жуки размножаются и заражают зерно нового урожая. Излюбленной пищей рисового долгоносика считается шелушенный рис, за что он и получил свое название. Повреждает зерно различных зерновых культур, крупу, макароны. Может питаться мучнистыми продуктами, но не способен завершить в них цикл развития, если они сильно не уплотнены.

Чернотелки (Tenebrionidae). Серьезные вредители продуктов переработки зерна. Они обитают на зерноперерабатывающих предприятиях. Жуки получили свое название за интенсивный, почти черный цвет тела. На территории распространены и опасны булавоусый, малый мучной, малый черный хрущак и др.

Булавоусый хрущак (Tribolium castaneum Herbst.) Распространен по всей территории страны. Относится к наиболее опасным жукам. Обитает главным образом в хранящемся зерне различных культур. Жук красновато-коричневого цвета, хорошо летает, особенно в ночное время. Самка хрущака при благоприятных условиях способна отложить за свою жизнь в среднем 300...500, а иногда до 1000 яиц. Личинки проходят 5...12 линек, превращаются в куколку, а затем в жука.

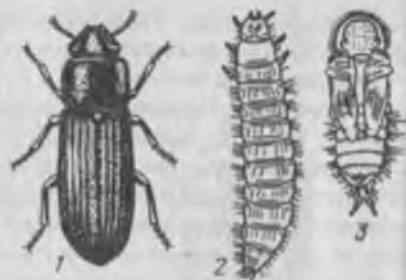


Рис. 22. Малый мучной хрущак:
1 - жук; 2 - личинка; 3 - куколка

Рис. 21. Рисовый долгоносик:

1 - жук; 2 - яйцо с пробочкой; 3...
6 - личинки различного возраста;
7 - куколка (со стороны спинки);
8 - куколка (со стороны брюшка)

Продолжительность жизни сильно колеблется от температуры, вида пищи, наличия влаги и других факторов. Нижний температурный предел развития у булавоусого хрущака $15,2^{\circ}\text{C}$. Насекомые чрезвычайно выносливы к низкому содержанию влаги. В размолотых продуктах они могут развиваться при содержании влаги около 1%. Хрущак довольно устойчив к воздействию высоких температур. При 42°C полная гибель его наступает лишь через 114 ч, а при 52°C - через 3 ч.

Численность популяции хрущаков лимитируется благодаря их каннибализму, так как жуки и личинки пожирают яйца и куколок. Причем каннибализм усиливается с увеличением плотности популяции насекомых.

Малый мучной хрущак (Tribolium confusum Duv.) - один из наиболее широко распространенных и опасных вредителей готовой продукции как при ее производстве, так и при хранении. Известен он и как вредитель зерна (но целых зерен не повреждает), муки, сухарей, хлеба, сушеных овощей и фруктов.

Тело жука красновато-коричневого цвета, продолговатое, слегка приплюснутое со спины, длиной до 3,5 мм (рис. 22). Жуки имеют хорошо развитые крылья, но не летают. Очень плодовиты, самка откладывает за свою жизнь в среднем около 500 яиц на зерне, в муке, на мешках или дереве. По данным американских исследователей, потомство от одной пары жуков при благоприятных условиях их существования в муке через 150 дней может достигнуть более миллиона особей и

при этом уничтожить много пищи; в зерне они обычно выедают зародыш. Обитают в темных местах.

Малый мучной хрущак может размножаться в размолотых продуктах любой влажности (даже при влажности около 1%) при температуре 21...33°C и не откладывает яйца при температуре ниже 15 и выше 40°C и относительной влажности воздуха менее 30 и более 90%. В неотапливаемых помещениях в течение года дает до двух поколений, а в отапливаемых — до четырех. Жуки очень чувствительны к низким температурам. При 0°C продолжительность их жизни не превышает 10...12 сут, при -5°C — 5 сут и при -15°C — 2...5 ч.

Булавоусый и малый мучной хрущаки очень похожи по внешнему виду, поведению и жизненному циклу. Их можно различить по некоторым признакам.

	<i>Булавоусый хрущак</i>	<i>Малый мучной хрущак</i>
Длина жука	3,3 мм	3,5 мм
Глаза	Последние три сегмента антенны резко утолщены	Антенны к вершине утолщены постепенно
Крылья	Крупнее Функционируют	Мельче Не функционируют

Малый черный хрущак (Tribolium destructor Vyt.) распространен во всех странах мира. Встречается в домашних условиях и в системе торговли. Тело хрущака продолговатое, длиной до 5,5 мм, цвет от шоколадного до черного. Самка плодовита, откладывает до 1000 яиц.

Взрослые жуки живут сравнительно долго: до трех лет. Наиболее благоприятная температура их развития 25...28°C и влажность продукта 15%. Пороговая температура: нижняя 13...14°C, верхняя выше 30°C. Жук и личинка малого черного хрущака многоядны, но предпочитают муку, крупу и придают этим продуктам неприятный запах крезола.

Плоскотелки (Cucujidae). Распространены во всех странах мира и представлены большим разнообразием видов. Жук этого семейства мелкий, его тело удлинненное, плоское, светло-коричневого или каштанового цвета. Жук и личинка многоядны, питаются разнообразной пищей растительного происхождения. Личинка нередко ведет хищнический образ жизни, питаясь мелкими насекомыми или их отдельными фазами развития.

Плоскотелки, как правило, сопутствуют другим насекомым (долгоносикам). Целых зерен с влажностью менее 15% не повреждают. Находясь в зерновой массе, питаются зернами раздробленными, поврежденными. Наиболее распространены короткоусый и суринамский мукоеды.

Короткоусый мукоед (Laemophloeus ferrugineus Steph.) распространен в южных районах страны как обычный вредитель зерна. В естественных условиях ведет хищнический образ жизни, встречается под корой деревьев, обитает в больших количествах в зерновых отходах, около стоков, повреждает зерно в поле, на токах. В зерновой массе накапливается большими колониями и может вызвать самосогревание.



Рис. 23. Короткоусый мукоед



Рис. 24. Суринамский мукоед

Короткоусый мукоед по строению и окраске тела и по поведению похож на масляную плоскотелку. Длина тела жуков до 1,5...2,2 мм. Тело плоское узкое, от ржаво-желтого до красновато-коричневого цвета. Жуки имеют две пары крыльев и хорошо летают (рис. 23). Наиболее часто в нашей стране встречается короткоусый мукоед. В зерне пшеницы по частоте встречаемости он занимает одно из первых мест наряду с рисовым долгоносиком, зерновым точильщиком, булавоусым хрушаком и суринамским мукоедом.

Оптимальной температурой для короткоусого мукоеда следует считать 32...35°C и относительную влажность воздуха 50%. Нижний температурный порог развития мукоеда находится на уровне 18,5°C. Это один из самых теплолюбивых видов.

Короткоусый мукоед отличается широкой экологической пластичностью: он теплолюбив и для развития требует высоких температур, но вместе с тем довольно устойчив к холоду. При 0°C может выжить в течение более 100 сут, а при -10°C — до 30 сут. В южных областях короткоусый мукоед в огромных количествах встречался на колосьях зерновых культур в период вегетации. В зернохранилища попадает вместе с зерном.

Суринамский мукоед (*Oryzaephilus surinamensis* L.). Встречается в природе, под корой деревьев, обитает в хранилищах, на зерноперерабатывающих предприятиях и кондитерских, макаронных фабриках. Длина тела мукоеда до 3,5 мм, форма приплюснутая, черно-бурого цвета, по-

верхность матовая, усики укороченные. Грудь жука отделена от остальной части тела резкой перетяжкой и имеет ребристую поверхность (зубчатую). На боках переднегруди по шести зубцов. Тело жука покрыто волосками, придающими его окраске шелковистый отлив (рис. 24).

Самка откладывает до 300 яиц. Оптимальная температура для развития суринамского мукоеда 31...34°C и относительная влажность воздуха около 65%. Нижний температурный порог развития 15,6°C. По сравнению с другими видами плоскотелок суринамский мукоед менее устойчив к холоду. При 0°C он погибает в течение 22 сут, при -5°C — в течение 13 сут. Жук питается мукой, крупой, сушеными фруктами, а также дроблеными изъеденными зёрнами. В зёрне сначала выедает зародыш, затем эндосперм.

Бархатистый грибоед (*Typhaea stercorea* L.). Опасный вредитель хлебных запасов. Распространен на всей территории страны. Часто встречается в зерновой массе. Относится к семейству грибоедов.

Длина жука 2,5...3,2 мм. Тело удлинено-округлое, к концу постепенно сужается, покрыто волосками, одноцветное, у молодых жуков светло-желтое, у старых ржаво-бурое. Голова до глаз втянута в переднегрудь. Усики с трехчлениковой булавой прикреплены на щеках перед глазами. Надкрылья покрыты густыми точками, расположенными беспорядочно и рядами. Укороченные волоски прилегают к телу, а крупные приподняты и расположены рядами.

Бархатистый грибоед — многоядный вредитель. Питаются жуки и личинки. Личинки чаще питаются зародышем зёрна, жуки — эндоспермом. При средней температуре 26°C и относительной влажности воздуха 73% одно поколение развивается в среднем в течение 47 сут, при 24°C и относительной влажности воздуха 71% — 59 сут.

Жуки и личинки питаются различным зёрном при влажности 13% и более. Наибольший вред причиняют зёрну кукурузы, пшеницы, ячменю и просу с влажностью зёрна 16%.

Зерновки (*Bruchidae*). Одно из многочисленных семейств в отряде жесткокрылых и опасных вредителей семян бобовых культур. К ним относят гороховую, чечевичную и фасолевую зерновки.

Гороховая зерновка (*Bruchus pisorum* L.) распространена в южных районах страны. Относится к жукам-монофагам, т.е. питается и развивается исключительно на культуре гороха, повреждая его в поле, на корню.

Тело жука овальное, длиной до 5 мм, черного цвета с густым серо-ржавым опушением и с поперечными белыми полосками, надкрылья короче тела. Конечная брюшка покрыта светлыми волосками с наличием двух черных пятен, образующих рисунок, похожий на крест (рис. 25). Жук хорошо летает, появляется на посевах гороха в период цветения растений. Он питается пыльцой и венчиками цветков. В период образования бобов самки гороховой зерновки откладывают яйца (в среднем до 200 яиц) на поверхность створок зеленых бобов.



Рис. 25. Гороховая зерновка:

1 — жук; 2 — взрослая личинка; 3 — куколка; 4 — поврежденные горошины

Отродившиеся личинки прогрызают стенки боба и проникают внутрь горошин (одна личинка в одном семени), где и развиваются. Перед окукливанием личинка делает внутри горошины проход к оболочке, надгрызает ее в виде правильного круга для облегчения выхода жука из горошины. Ко времени уборки урожая личинка окукливается и дальнейшее развитие гороховой зерновки происходит внутри горошин в хранилищах. От зимней спячки жуки пробуждаются весной при температуре воздуха $10...12^{\circ}\text{C}$ и вылетают из горошин, возвращаясь на поля. Горох, пораженный зерновками, теряет до 35% своей массы, непригоден для посева и на пищевые цели, так как содержит экскременты и продукты линьки личинок и куколок.

Фасолевая зерновка (Acanthoscelides obtectus Say.) более опасный вредитель, чем гороховая. Распространена на Украине, Кавказе, в Краснодарском крае. Повреждает фасоль, бобы, сою, нут и др. как в поле, так и в хранилищах. В одном семени фасоли может развиваться по нескольку личинок.

Тело жука удлинненно-овальной формы, медно-бурой окраски с желто-зелеными волосками и продольными пятнами из светло-серых волосков. Длина тела жука до 5 мм, его переднегрудь почти конической формы, что служит отличительным признаком фасолевой зерновки. Жук хорошо летает.

Самка откладывает до 200 яиц под оболочку или в трещины вполне сформировавшегося боба с подсохшей оболочкой. Отродившаяся личинка проникает внутрь семени фасоли, где и развивается подобно гороховой зерновке. Дает до четырех и более поколений в год. Наиболее благоприятная температура для развития фасолевой зерновки $23...30^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность воздуха $80...90\%$. Нижний температурный предел развития 13°C , верхний — 31°C .

Фасолевая зерновка более чувствительна к низким температурам, чем гороховая. Иногда в условиях субтропического климата фасолевая зерновка не переносит зиму, погибает. Температура выше 35°C действует губительно на жуков, поэтому тепловую обработку семян фасоли можно рекомендовать как наиболее целесообразную меру борьбы.

Притворяшки (*Ptinidae*). Представители этого семейства – притворяшка-вор, шелковистый притворяшка – получили свое название за способность притворяться мертвыми (подгибать под себя ноги и усики) в случае перемещения зерновой массы и других продуктов, в которых они поселяются.

Притворяшка-вор (Ptinus fur L.) – один из наиболее распространенных представителей этого семейства. Жук и личинка многоядны; они повреждают зерно, различные зерновые продукты и изделия из них (сухари, галеты и др.), развиваются в сене, сухих лекарственных растениях.

Самка и самец этого вида различны по внешнему виду. Самец имеет тело удлинённой формы, длина его до 4,3 мм, цвет бурый. Тело самки до 3,1 мм, овальной формы, буро-черного цвета, с четырьмя симметрично расположенными беловатыми пятнами на надкрыльях. Жук имеет длинные и широко поставленные ноги, что придает ему вид паука, тело покрыто волосками.

Притворяшка-вор относится к холодостойким вредителям. Встречается в Средней Азии, Белоруссии, центральных областях России, в Сибири, на Дальнем Востоке. Оптимальная температура развития жука 23°C. Самка откладывает до 170 яиц. Жуки дают от одного до трех поколений в год в зависимости от температуры.

Точильщики (*Anobiidae*). Очень широко распространены по земному шару. К вредителям относят хлебного точильщика (*Stegobium paniceum L.*). Жук длиной до 3,7 мм, от светло-коричневого до бурого цвета, покрыт густыми шелковистыми волосками. Тело жука цилиндрической формы, голова покрыта капюшонообразным выростом переднеспинки. Взрослые особи не питаются и живут за счет запасов, накопленных личинкой.

Самка откладывает до 140 яиц на поверхность пищи. В течение года жуки дают от двух до четырех поколений. Наиболее подвижна у точильщика личинка. Она способна прогрызать (точить) дерево, переплеты книг, зерно, хлеб, сухари, галеты и т.д., делая в них многочисленные ходы. Жуки не питаются. Благоприятная температура для хлебного точильщика 26...27°C. Может развиваться в продуктах с влажностью ниже 6%.

Древоотцы (*Bostrychidae*). Из этого семейства наиболее опасный для хлебных запасов, получивший распространение за последние годы в Советском Союзе, – это зерновой точильщик (*Rhizopertha dominica F.*, рис. 26).

Жук длиной 2,5...3,0 мм, с цилиндрической формой тела, ржаво-

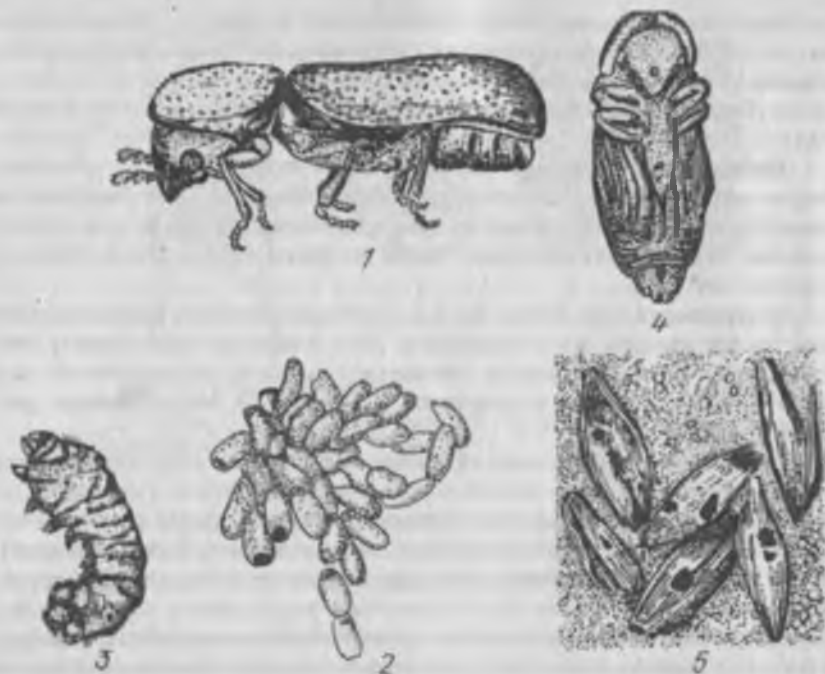


Рис. 26. Зерновой точи́льщик:

1 – жук; 2 – яйца; 3 – личинка; 4 – куколка; 5 – зерна ячменя, изъеденные точи́льщиком

красного цвета, с пильчатыми короткими усиками. Переднегрудь заканчивается капюшоном, полностью прикрывающим голову. Точи́льщик хорошо летает при дневном и искусственном освещении.

Самка откладывает до 500 яиц на поверхность зерна или другого продукта за всю жизнь. Личинка, вышедшая из яйца, вгрызается в зерно и проходит внутри него дальнейшее развитие. Молодой жук после выхода из куколки несколько дней остается внутри зерна, питаясь остатками эндосперма. При этом как личинка, так и жук оставляют после себя мучнистую пыль – мучель, которую они выталкивают через входное отверстие на поверхность зерна. Наличие мучели в зерновой массе служит признаком заражения зерновым точи́льщиком. Отходы из мучели непригодны для корма даже животным.

Зерновой точи́льщик весьма прожорлив. Установлено, что один жук ежедневно способен уничтожить количество зерна, равное массе его тела. Точи́льщик повреждает пшеницу, рожь, овес, рис, сорго, кукурузу, просо, гречиху и др. По размеру причиняемого ущерба вредитель относится к числу наиболее опасных. Зерновой точи́льщик – это тепло-

любимое насекомое. Наиболее благоприятная температура для его развития 32°C и влажность зерна 14...15% (может развиваться в зерне с влажностью 8%). При температуре 6°C жук впадает в холодовое оцепенение. При благоприятных условиях дает до восьми-деяти поколений в год.

Бабочки (чешуекрылые, *Lepidoptera*). К вредителям хлебных запасов из этого отряда относят представителей семейств молей, огневков и совков. Все бабочки проходят те же стадии развития, что и жуки: яйца, личинки (гусеницы), куколки, бабочки. Имеют две пары крыльев, покрытых, как и тело, чешуйками. Ротовой аппарат лижущего типа, поэтому бабочки не питаются зерновыми продуктами, а живут за счет отложений, накопленных личинками. У гусеницы ротовой аппарат грызущего типа и хорошо развит. Кроме трех пар грудных ножек гусеницы имеют от двух до пяти пар брюшных. При жизни они выделяют жидкость, которая затвердевает на воздухе, образуя паутину. Из нее гусеницы делают коконы перед окукливанием и скрепляют поврежденные ими продукты.

К числу наиболее опасных бабочек-вредителей хлебных запасов относят: зерновую и амбарную моль, мельничную огневку, зерновую совку. *Зерновая моль* (*Sitotroga cerealella* Oliv.) относится к семейству выемчатокрылых молей. Длина тела бабочки до 9 мм, размах крыльев 11...19 мм. Задние крылья на вершине имеют выемку. Передние крылья серовато-желтого цвета с темной полосой вдоль крыла, задние серого цвета, окаймлены длинной бахромой. Бабочка развивается преимущественно скрытно, внутри субстрата (зерна) и дает ощутимые потери.

Самка бабочки откладывает до 150 яиц. Гусеница, вышедшая из яйца, прогрызает оболочку зерна и проникает внутрь, где развивается вплоть до окукливания и вылета бабочки через небольшие круглые окошечки в зерне (рис. 27).



Рис. 27. Зерновая моль:

1 - бабочка вышла; 2 - гусеница в зерне; 3 - куколка в зерне

Зерновая моль заражает зерно в поле и на корню, в скирдах и складах (пшеницу, ячмень, кукурузу, гречиху, рис, рожь и др.). При благоприятных условиях (оптимальная температура 27...28°C) одно поколение развивается за 25...35 дней. В год дает несколько поколений. Зерновая моль очень чувствительна к низким температурам. Температура ниже 10°C для нее губительна.

Амбарная моль (Nemapogon granellus L.) относится к семейству настоящих молей, имеет большой ареал распространения во всех странах мира, это одно из наиболее вредных насекомых. Вред бабочки при массовом развитии исчисляется тоннами уничтоженного и испорченного зерна и других продуктов.

Тело бабочки длиной до 8 мм при размахе крыльев 9...14 мм. Передние крылья серебристо-серого цвета с темно-коричневыми поперечными полосками и темным пятном, задние — бурого или сероватого цвета, окаймленные длинной бахромой. Самки амбарной моли ночью летают по зернохранилищу и откладывают яйца на поверхность зерен. Самка способна отложить до 160 яиц. Из них появляются гусеницы, которые уже с первого возраста интенсивно питаются зерном, обгрызая его и выедая значительную часть эндосперма. Поврежденные зерна гусеница скрепляет в комки паутиной, наличие которых на поверхности зерновой насыпи — характерный признак зараженности амбарной молью. Она повреждает рожь, пшеницу, овес, ячмень, кукурузу, сою, сушеные фрукты и др.

Продолжительность цикла развития одного поколения зависит от температуры. При температуре 13°C поколение развивается в течение пяти месяцев. На юге амбарная моль дает два-три поколения в год с вылетом бабочек ранней весной и в конце лета. Гусеницы второго поколения зимуют в хранилищах, находясь в коконах, которые расположены в щелях древесины различных конструкций. Гусеницы, не закончившие периода своего развития, остаются в зерновой массе вне коконов и при температуре 6...8°C погибают.

Мельничная огневка (Ephestia küchniella Zell) распространена повсеместно, и вся ее жизнь проходит в помещениях мукомольных, комбикормовых заводов, кукурузных заводов, кондитерских фабрик, хлебозаводов и др.

Бабочка крупнее моли. Длина тела до 14 мм, размах крыльев 27 мм. Передние крылья свинцово-серого цвета с небольшими точками и черными поперечными изломанными полосками, задние более светлые с темным наружным краем (рис. 28). Гусеница достигает длины до 27 мм, очень подвижна и прожорлива, может питаться различными продуктами: зернами злаковых культур, мукой, отрубями, крупой, сухарями, макаронами, семенами хлопчатника и др. При жизни выделяет паутину, которой оплетает продукт, образуя слошные комья из частиц корма, экскрементов и личиночных шкур. Эти комья гусеница иногда формирует в самотечных трубах, норях, технологических машинах, которые



Рис. 28. Мельничная огневка:

1 — бабочка с распластанными крыльями; 2 — бабочка в сидячем положении; 3 — гусеница; 4 — куколка



Рис. 29. Зерновая совка:

а — бабочка; б — гусеница; в — зерно, из которого вышла бабочка

служат источником заражения готовой продукции. Сквозняки и потоки воздуха не препятствуют развитию гусеницы мельничной огневки.

Благоприятная температура для развития мельничной огневки 26°C при верхнем пороге развития 35°C . В отапливаемых помещениях может появиться от шести до десяти поколений в год. К воздействию высоких температур огневка более чувствительна, чем к низким. Так, при температуре $45\text{--}47^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 70% бабочка гибнет в течение 45 мин, гусеница — 75 мин, яйца — 4 ч.

В европейских странах мельничная огневка наряду с малым мучным хрущачом считается наиболее опасным и распространенным вредителем. Своевременное выявление зараженности предприятия и организация профилактических мер имеют большое значение в борьбе с мельничной огневкой.

Мучная огневка (Pyralis farinalis L.) распространена повсеместно. Обитает на мукомольных, крупяных, комбикормовых, кондитерских заводах; она развивается не только в муке, но и в зерновой массе, в мякине, соломе и др.

Длина тела бабочки до 12 мм, размах крыльев до 28 мм. Передние крылья широкие, их длина больше ширины в два раза. Передние крылья у основания и вершины коричнево-малинового цвета с характерным рисунком из трех широких полос, разделенных между собой белыми точками. Задние крылья темно-серые с темноватым краем и короткой бахромой.

Самка огневки может отложить до 250 яиц на поверхность продукта, которым питается гусеница. В хранилищах и на зерноперерабатывающих предприятиях может быть до пяти поколений в год. При массовом развитии бабочка наносит большие повреждения зерну.

Зерновая огневка (Ephestia elitella Hb.), или семенная, табачная, какаовая, шоколадная огневка, распространена в южных районах страны и в других теплых странах мира. По внешнему виду и образу жизни сходна с мельничной огневкой, но более теплолюбива и несколько меньших размеров. Длина тела до 8 мм, размах крыльев до 17 мм. Передние крылья серо-пепельные, на них расположены две светлые перевязи, окаймленные темными чешуйками, задние крылья грязно-серые.

В южных районах эта огневка дает до четырех поколений в год, в центральных — до двух. Гусеницы практически способны повреждать все хранящиеся продукты растительного происхождения. В семенах злаковых культур гусеница прежде всего выедает зародыш. По характеру повреждения продукта зерновую огневку путают с амбарной молью. Гусеница огневки комкует продукт при помощи паутины. По вредоносности не уступает мельничной огневке.

Зерновая совка (Hadena basilinea Schiff) относится к семейству совок. Распространена повсюду, вплоть до тундры, типичный полевой вредитель, но, попав в хранилище вместе с зерном, может наносить серьезный ущерб хранящимся запасам.

Это крупная бабочка (рис. 29) с толстым мохнатым телом длиной до 20 мм, размах крыльев до 42 мм. Передние крылья от бледно-серого до буроватого цвета с характерными кольцевидными и почковидными пятнами, задние крылья короче передних.

Совки очень плодовиты. Самка откладывает до 3000 яиц преимущественно на чешуйки колосьев злаковых культур в период налива хлебов. Отродившиеся гусеницы начинают повреждать зерно еще в колосьях, объедая с поверхности. Гусеница очень прожорлива, способна повредить до 200 зерен пшеницы, причем питается главным образом ночью. Во время уборки урожая часть гусениц попадает в хранилища и остается в зерновой массе в течение осени и зимы или уходит оттуда в почву перед окукливанием. В сухом зерне выедает зародыш. В течение годы бабочка имеет одно поколение. Массовое размножение зерновой совки наблюдается при затяжке уборочных работ, наличии колосьев и опавших зерен на почве, а также при мелкой зяблевой обработке почвы.

§ 4. МЫШЕВИДНЫЕ ГРЫЗУНЫ И ПТИЦЫ

Мышевидные грызуны (*Muridae*). К этой группе животных относят крыс, мышей, хомяков, полевок — опаснейших вредителей, приносящих огромный ущерб пищевым запасам во всех странах мира. Они уничтожают большое количество продуктов, загрязняют их, являются переносчиками инфекционных заболеваний, портят тару, оборудование, хранилища и др. Крысы и мыши относятся к отряду грызунов, отличительные признаки которых — строение их зубной системы и необходимость постоянного стачивания зубов в течение всей жизни.

Грызуны очень плодовиты. Так, серая крыса в год дает от 3 до 7 пометов, в каждом по 7...8 детенышей. От одной пары крыс может по-

двиться потомство до 800 особей. При питании одна взрослая крыса уничтожает за год до 12 кг зерновых продуктов. Следовательно, поколение одной пары особей способно уничтожить большое количество хлебных запасов.

На территории хлебоприемных и перерабатывающих предприятий крысы устраивают свои гнезда в подпольях складов, в грунте под складами и около них, между обшивками двойных стен, на захламленных и покрытых сорной растительностью участках.

Птицы (Aves). Уничтожают много зерна и засоряют его своими экскрементами. Один воробей потребляет в день 8...12 г зерна. Птицы — переносчики клещей, микроорганизмов. Важной мерой в защите хлебных запасов от птиц является предотвращение их доступа в хранилища, а также применение других мер профилактики и истребления вредителей.

§ 5. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАСЕКОМЫХ И КЛЕЩЕЙ

Для решения многих теоретических и практических вопросов, возникающих в связи с жизнедеятельностью насекомых и клещей в зерновой массе (поиски эффективных методов борьбы с насекомыми и клещами, сокращение размеров причиняемого ими вреда и др.), необходимы сведения о закономерных связях этих живых существ с условиями их жизни.

Окружающая среда служит для насекомых и клещей основным условием их существования. Она дает необходимые для жизни элементы (экологические факторы): тепло, воду, воздух, свет, пищу и т.д., на что организм отвечает соответствующими реакциями: развитие, размножение, выживание, подвижность и т.д. Среди экологических факторов важнейшие следующие: наличие пищи, ее химический состав и количество в ней воды, влажность, температура воздуха в хранилищах, действие света, температура зерновых продуктов и состав воздуха в них.

Приведенная ранее характеристика отдельных видов вредителей свидетельствует, что для каждого вида характерно постоянство требований к среде обитания. Одни виды теплолюбивы и влаголюбивы, другие более холодостойки, одни активны днем, другие — только ночью, одни виды предпочитают зерно, другие — муку и крупу, а третьи развиваются на многих пищевых продуктах. Разные виды насекомых и клещей неодинаково переносят колебания условий среды. Пределы способности насекомых и клещей переносить те или иные колебания каждого фактора называют экологической пластичностью.

Благодаря подвижности и развитым органам чувств насекомые и клещи активно отыскивают благоприятные условия и уходят от неблагоприятных. Реакцию живого организма на воздействие среды обитания называют таксисами (термотаксис, светотаксис и т.д.). Таксисы носят

приспособительный характер и могут быть отрицательными или положительными. Например, источник теплоты привлекает насекомое лишь до тех пор, пока температура благоприятна для данного организма (положительный термотаксис); если температура превышает благоприятную, насекомое уходит от этого источника теплоты (отрицательный термотаксис). Таксисы имеют большое значение в жизни насекомых и клещей, что необходимо учитывать при хранении зерна.

Наличие пищи. Насекомые и клещи питаются готовыми органическими веществами. Олигофаги употребляют растительные продукты одного семейства, например амбарный долгоносик, зерновая моль — злаковые, фасоловая зерновка — семена некоторых бобовых культур. Многоядные (полифаги) способны питаться объектами различного происхождения. К этой группе относят: притворяшку-вора, хлебного точильщика, хрушака, огневок, которые повреждают не только зерновые, но и сушеные овощи, фрукты и т.п. Велико значение дробленых зерен, различных примесей, органической пыли в зерновой массе для питания многих вредителей. Ведь некоторые из них не способны питаться целыми зернами (клещи, мукоеды, хрушаки и др.).

У насекомых наиболее прожорливы личинки и гусеницы. Взрослые особи у отдельных видов не питаются, а живут за счет веществ, накопленных еще личинкой. Однако большинство вредителей хлебных запасов нуждается в пище, с которой они пополняют запас воды в организме.

Особенности питания насекомых и клещей отразились на строении ротового аппарата, форме тела, способах движения, особенностях поведения. Типы повреждения разнообразны и постоянны у вредителей. Насекомые с грызущим ротовым аппаратом сплошь объедают зерна, прогрызают ходы внутри зерна (точильщики), выедают зародыш (совки) и т.д. Характер повреждения служит часто более легким диагностическим признаком вида, чем его морфологические признаки. Велико значение воды, поступающей с пищей. Недостаток влажной пищи приводит у насекомых к уменьшению числа половых клеток, снижению плодовитости, а в ряде случаев и к бесплодию.

Многие вредители способны длительное время обходиться без пищи. Продолжительность их жизни без пищи зависит от вида вредителей и условий окружающей среды. Они быстро погибают, если обитают в достаточно сухом воздухе, так как недостаток влаги в воздухе и интенсивных обмен веществ в организме приводят к значительной трате запаса веществ и к обезвоживанию организма. Продолжительность жизни насекомых и клещей увеличивается в условиях повышенной влажности воздуха и при пониженной против оптимальной температуре. Так, при температуре 20...25°C и относительной влажности воздуха 80...90% амбарный долгоносик выживает без пищи в течение 35 дней, рисовый 19 дней, а при температуре 10...13°C и той же влажности воздуха они существуют в течение 48 и 34 дней соответственно. При определенных условиях вредители могут длительное время существовать без пищи и

самообеззараживания пустых зернохранилищ, где хранилось ранее зараженное зерно, не происходит. Они должны быть подвергнуты дезинсекции.

Влажность зерновых продуктов. Без воды нет жизни. Все процессы обмена веществ — питание, дыхание — требуют участия воды. Интенсивность обмена связана с содержанием воды в организме, которое у разных видов вредителей колеблется в пределах от 48 до 67%. Воды меньше у насекомых с более толстыми и крепкими покровами тела и больше у личинок с мягкими покровами, например в теле амбарного долгоносика воды 46...47%, а у гусениц бабочек 90...92%. Содержание воды в теле вредителей уменьшается. Они выделяют воду при дыхании, испарении через покровы и с экскрементами через дыхальца, хотя насекомые и клещи приспособились к жизни в продуктах с небольшой влажностью и к экономному ее расходованию (клещи образуют стадию гипопуза). Им присущ положительный гидротаксис: при недостатке влаги они мигрируют в поисках более влажных участков насыпи.

При недостатке воды развитие насекомых и клещей может задерживаться или даже приостановиться. Дегидратация — одно из наиболее важных явлений, ограничивающих жизнь вредителей. Пополнение запасов воды в теле насекомых и клещей совершенно необходимо. Для осуществления различных жизненных функций вредителю требуется различная влажность продукта. Для существования насекомых необходима меньшая влажность продукта, чем для завершения нормального цикла их развития.

Исследования показывают, что действие влаги на насекомых и клещей зависит от колебаний температуры. Так, с ее повышением до 26,7°C способность рисовых долгоносиков выживать в сухом зерне возрастает. Колебания температуры и влажности играют большую роль в появлении вспышек массового размножения насекомых, а также в понижении размножения и гибели насекомых.

Зерно и продукты его переработки при хранении имеют влажность не менее 13...14%, а часто выше. Сопоставляя эти значения влажности с граничными для развития различных вредителей (табл. 7), можно заключить, что влажность — фактор, лишь частично ограничивающий развитие многих и очень опасных видов клещей и насекомых.

Температура зерновой массы и воздуха в хранилищах. Насекомые и клещи не имеют постоянной температуры тела. Способность регулировать температуру тела у них очень ограничена. Вместе с тем температура определяет все важнейшие явления жизни организма. Поэтому активность физиологических процессов насекомых и клещей не может быть постоянной и зависит от температуры окружающей среды.

Для каждого вида имеются свои оптимальные границы активности, есть зона смертельно высоких и смертельно низких температур, зона теплового и холодного ооченения и зона нормальной активности (рис. 30). Нижний температурный порог активного существования насекомых

7. Границы нижней и благоприятной влажности зерновых продуктов для некоторых видов вредителей

Вредители	Влажность, %	
	минимальная	благоприятная
Зерновой точильщик	8	12...14
Амбарный и рисовый долгоносики	11...12	13...17
Хлебный точильщик, притворяшка-вор, рыжий мукоед	10...12	13...15
Мельничная огневка	11...12	13...16
Клещи:		
мучной	13...14	17...18
волосатый	14...15	18...20
Родионова	18...20	24...25

и клещей находится на уровне 6...12°C, а верхний – примерно 36...42°C. Между этими порогоми лежат оптимальные температуры, при которых весь цикл развития насекомых и клещей проходит в наиболее короткий срок. Они проявляют высокую активность питания, повреждения и размножения при большой плодовитости и хорошей выживаемости потомства. За пределами границ активности насекомые и клещи впадают в состояние оцепенения. Они становятся почти неподвижными, удлиняется

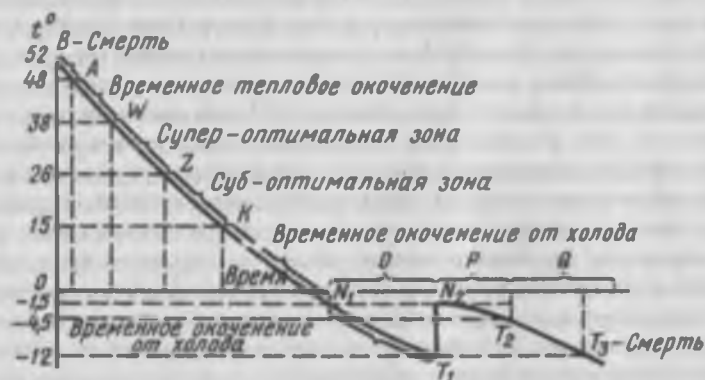


Рис. 30. Состояние организма насекомых при различной температуре:

A – состояние теплового оцепенения; W – начало теплового оцепенения; Z – оптимум; K – начало оцепенения от холода; O – переохлаждение соков; P – замораживающие соки; T₁ – критическая точка; T₂ – состояние анабиоза

прохождение всех фаз развития или приостанавливается совсем. Отклонение от указанных температур приводит к их смерти.

Действие повышенной (выше оптимума) и низкой температур на вредителей различно. Первые сначала угнетают вредителей, а при дальнейшем повышении приводят к тепловому ожогу и даже к смерти при смертельно высоких температурах в результате денатурации белков. Температура 35°C неблагоприятна для вредителей: они прекращают кладку яиц. Тепловое ожогу наступает при температуре выше 38°C, а их гибель — при 48...55°C.

Действие низкой температуры менее губительно. Так, незначительное понижение температуры (до +12...16°C) задерживает размножение насекомых, удлиняет сроки развития фаз вредителя, а дальнейшее понижение (до +10...11°C) приводит к прекращению кладки яиц, прекращению питания и передвижения. Холодовое ожогу наступает при температуре, близкой к 0°C. Ниже наступает переохлаждение, которое может привести к замерзанию соков тела. Такую температуру называют критической. Она неодинакова у разных видов насекомых. Переохлаждение тела до температуры критической точки не сопровождается образованием льда в организме, а лишь только после ее прохождения. Лед разрывает нежные ткани и обезживает организм, что приводит к смерти вредителя. Насекомые с большим содержанием свободной воды (личиночные фазы) менее холодоустойчивы.

Из приведенной ранее характеристики вредителей хлебных запасов следует, что оптимальные температуры их развития находятся в пределах 18...32°C. Более теплолюбивы зерновой точильщик, рисовый долгоносик, южная огневка, амбарная моль, суринамский мукоед и клещ Родионова. У мучных клещей и притворяшки-вора температурный оптимум ниже, чем у теплолюбивых видов. Клещи более стойки к пониженной температуре. При 10°C некоторые виды клещей (мучной, удлиненный, волосатый) еще питаются, размножаются и передвигаются. Они впадают в холодовое ожогу при 0°C или даже несколько ниже.

Большое практическое значение имеет не только оптимальная температура развития насекомых и клещей, но и температура (высокая и низкая), приостанавливающая их активное развитие и губительно действующая на них. Эта температура неодинакова для различных видов вредителей, их стадий развития и зависит также от влажности продукта. Таким образом, температурный фактор — важнейший для существования насекомых и клещей. Ограничивающее влияние температур, особенно низких и пониженных, на жизнедеятельность вредителей хлебных запасов из группы беспозвоночных широко используют как средство борьбы с ними.

Состав атмосферы. В жизни насекомых и клещей большую роль играет состав атмосферы, прежде всего содержание в ней кислорода. Его количество влияет на движение дыхалец и определяет общее развитие вредителей.

В бескислородной среде насекомые и клещи существовать не могут. Хранение зерна без перемещения и проветривания сопровождается изменением состава воздуха межзернового пространства. В нем снижается количество кислорода и увеличивается содержание диоксида углерода. Вместе с этим ухудшаются условия жизни вредителей. Ответной реакцией является их перемещение в участки насыпи, в которые поступает свежий воздух. В результате этого вредители размещаются неравномерно в зерновой массе, что необходимо учитывать при проверке ее на зараженность.

Свет. Насекомые и клещи проявляют отрицательный светотаксис: они уходят от света. Хранение зерна в неосвещенных хранилищах не препятствует развитию вредителей. Иногда клещи и насекомые проявляют положительный светотаксис: вылетают или выползают на источник электрического света, если он будет источником тепла при его недостатке в окружающей среде. Клещи часто выползают на поверхность стен хранилища, обогреваемого солнцем. Во избежание гибели от солнечной радиации они уходят в затемненные участки. Эти факты доказывают необходимость проведения тщательного контроля за зараженностью различных объектов с учетом проявления у вредителей таксисов.

Механические воздействия. Насекомые и клещи (в меньшей степени) выработали некоторые защитные реакции от механических воздействий во время нахождения в зерновой массе. Явление танатоза предохраняет их от травм и гибели, но позволяет выделить насекомых и клещей из зерновой массы. Это используют при определении зараженности зерна и при проведении борьбы с ними. Так, при очистке зерна в сепараторах отделяется 50...95% клещей и значительное количество жуков. Кроме того, в процессе сепарирования или перемещения могут погибнуть насекомые, находящиеся внутри отдельных зерен. Сильные механические воздействия (удары зерен о рабочие органы машин, о днища хранилищ, трение частиц зерновой массы друг о друга и о поверхности) приводят к их гибели, а иногда и к полному уничтожению. Особенно чувствительны к механическим воздействиям клещи. Пропуск зерна по конвейерам вызывает гибель 20...70% клещей.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о классификации вредителей хлебных запасов. 2. Какова характеристика клещей и насекомых (строение, отличительные признаки, стадии развития, характер питания, условия развития, вредоносность)? 3. Каково влияние факторов внешней среды на жизнедеятельность клещей и насекомых в зерновой массе? 4. Расскажите об использовании факторов среды обитания для предотвращения зараженности зерновых запасов и борьбы с насекомыми и клещами.

МЕРЫ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ ХЛЕБНЫХ ЗАПАСОВ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕР БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ ХЛЕБНЫХ ЗАПАСОВ. ИСТОЧНИКИ И ОБЪЕКТЫ ЗАРАЖЕНИЯ

Комплекс мер борьбы, разработанный с учетом биологии вредителей и влияния на них окружающих условий, позволяет довольно успешно проводить работу, направленную не только на их истребление, но и на профилактику зараженности хлебных запасов.

Все меры борьбы с вредителями хлебных запасов делят на две группы: профилактические (предупредительные) и истребительные. Наибольшее значение в борьбе с вредителями имеют профилактические меры, так как их применение исключает заражение зерна и продуктов его переработки, позволяет избежать ухудшения качества и потерь в массе. Истребительные меры применяют к зараженным объектам и направлены на уничтожение насекомых и клещей различными способами и средствами.

Некоторые виды вредителей хлебных запасов обитают в природе, т.е. встречаются под корой деревьев, в щелях деревянных построек, кучах мусора и других местах, откуда переходят в хранилища. Многие виды хлебных клещей живут в норах грызунов, в гнездах птиц и с помощью этих животных переносятся в зерновые запасы. Опыт показывает, что нередки случаи, когда необеззараженные тока, зерноочистительные машины, мешки, автомобили служили первоисточниками проникновения вредителей в зерновую массу. Важным источником заражения зерна на хлебоприемных и других предприятиях является поступление его в зараженном состоянии из колхозов и совхозов. Перемещение таких партий зерна внутри предприятия будет причиной расселения вредителей в другие объекты.

Мнообразие путей распространения вредителей обязывает вести систематическую проверку всех объектов предприятия и своевременно выявлять очаги заражения, а также принимать меры борьбы с вредителями. Обследованию на зараженность на хлебоприемных предприятиях, элеваторах, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах подлежат следующие объекты: 1) зерно, продукты его переработки, комбикорма, отходы; 2) производственные помещения (склады, элеваторы, мукомольные, крупяные и комбикормовые заводы) и находящееся в них оборудование; 3) территория предприятия; 4) транспортные средства (автомобили, вагоны, суда, мотовозы и др.); 5) тара (мешки, брезенты и т.п.); 6) механизированные линии, конвейеры, зерноочистительные машины, зерносушилки и лабораторный инвентарь.

Все работы по выявлению зараженности и обеззараживанию указан-

ных объектов проводят в соответствии с инструкцией по борьбе с вредителями хлебных запасов зерна, муки, крупы.

§ 2. МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА БОРЬБУ С ВРЕДИТЕЛЯМИ

Профилактические мероприятия. Проводят не только на предприятиях системы Министерства хлебопродуктов СССР, но и в сельском хозяйстве, системе торговли и общественного питания. К этой группе мероприятий в основном относят следующие: соблюдение санитарного режима, создание условий, неблагоприятных для развития и размножения насекомых и клещей. Профилактика должна начинаться до поступления зерна в зернохранилища. Этот этап включает в себя подготовку технической базы к приемке зерна.

Соблюдение санитарного режима – обязательное условие профилактики, которое проводят для ликвидации очагов резерваций, вредителей, предотвращения их расселения в незараженные объекты, соблюдения чистоты и порядка при работе с зерном и зернопродуктами. Вредители могут размножаться в кучах мусора. Поэтому перед началом уборки зерна тока колхозов и совхозов приводят в надлежащее санитарное состояние. Прошлогодние отходы надо сжечь, а почву под ними обработать пестицидами. Всю уборочную технику, технологические машины тщательно очищают и, если необходимо, обеззараживают.

На хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях следует содержать в надлежащем порядке территорию, зернохранилища и другие производственные помещения, оборудование, тару, транспортные средства и инвентарь. Мусор и негодные отходы, пыль, в которых могут накапливаться вредители, с территории предприятия надо регулярно удалять и уничтожать.

Предотвращение заражения и борьба с вредителями предусматривает обязательное соблюдение правил приемки, размещения и хранения зерновых запасов. Необходимо размещать зараженное зерно и продукты отдельно от незараженных. Отходы следует хранить в специальных местах и регулярно следить за их состоянием.

Создание условий, неблагоприятных для размножения и развития вредителей, включает факторы, влияющие на жизнедеятельность насекомых и клещей, – это влажность, температура и состав атмосферы. Соблюдение режимов хранения зерна, особенно в охлажденном состоянии и без доступа воздуха, – важное условие профилактики хлебных запасов (табл. 8).

В настоящее время уделяется большое внимание проведению комплексных профилактических мер, дифференцированно по природно-климатическим зонам страны с учетом вредоносности насекомых, повышения требований к качеству и гигиене зерна и зернопродуктов в соответствии с новой системой защиты зерна от насекомых, разработанной ВНИИЗ.

8. Биологические показатели, определяющие вредоносность насекомых и клещей

Вредитель	Продолжительность жизни при 20...25 °С, дни		Число откладываемых яиц (max)	Температурные условия жизни и развития		Срок развития гено-рашии, дни		Число поколений в году	
	при нормальном питании	без пищи		оптимальная температура, °С	нижний порог развития, °С	при температуре 25...27 °С	в условиях, близких к нижнему порогу развития	в шестых районах	в южных районах
Мушный клещ	60...90	22	200	18...24	-	14...16	101...119	6...7	>10
Рисовый долгоносик	180...240	-	576	28...30	13,5	34...40	150...210	3...4	4...5
Амбарный долгоносик	210...250	35	300...300	22...27,5	10,2	40...46	88...108	2...3	3...4
Зерновой тещальщик	221	16	520	30...31	16,4	33...46	115	Не бо-лес 1	8
Малый мучной хрущак	До трех лет	29...35	1000...1600	23...25	14,8	47...56	-	2...3	4
Булавовый хрущак	До двух лет и более	-	957	27...30	15,2	39...47	-	-	-
Большой мучной хрущак	До 132	-	576	20...25	-	193...225	649	1	2
Суринамский мучоed	До двух-трех лет	56	600	25...27	15,6	30...36	240	2...3	4...5
Короткоусый мучоed	-	-	-	-	18,5	42...54	-	-	-
Зерновая моль	4...10	-	283	27...28	12,6	35...41	113	2...3	3...4
Мельничная огневка	8...18	-	562	26	10,7	39...44	108	2...4	4...6
Южная огневка	7...20	-	350...400	27...30	14,3	28...33	302	1	3...6
Зерновая огневка	3...14	-	279	-	10,4	42...48	-	-	2,3

В период поступления зерна нового урожая проводится подготовка зерна к хранению: очистка его и сушка до критической влажности зерна или на 1,0...1,5% ниже критической — при подготовке к длительному хранению.

Охлаждение рекомендуется проводить в два этапа: до температуры 20°С (первый этап); до температуры нижнего температурного порога развития насекомых (второй этап). В зонах страны, где температура воздуха во время уборки урожая не превышает 20°С, охлаждение зерна до этой температуры является основным профилактическим мероприятием. Охлаждение до нижних пороговых температур для развития насекомых проводится при появлении условий для этого. Более глубокое охлаждение и промораживание зерна осуществлять нецелесообразно: не дает дополнительного эффекта, приводит к лишним затратам труда и средств.

В зонах, где в период уборки и после нее температура воздуха держится выше 20°С, профилактика зерна насекомыми должна осуществляться преимущественно с помощью химических средств, путем опрыскивания его на механизированных линиях фосфорорганическими инсектицидами перед хранением. Применяют обработку затаренных зерновых продуктов путем опрыскивания поверхности штабелей карбофосом.

Истребительные мероприятия. Применяемые для уничтожения насекомых и клещей истребительные мероприятия получили название дезинсекции. К ним относят биологические, физико-механические и химические способы. Выбор способа дезинсекции зависит от характеристики зараженного объекта, степени заражения вредителями, их вида, технических возможностей предприятия, сроков проведения обеззараживания, климатических условий сезона и стоимости работ по дезинсекции.

Биологические и другие нехимические способы борьбы — относятся к перспективным способам уничтожения вредителей хлебных запасов, так как исключают применение ядовитых веществ и загрязнение зерна, продукции, кормов для животных и окружающей среды ядами. Однако эти способы находятся в стадии изучения.

Ведется поиск специфических веществ, обладающих аттрактивными свойствами по отношению к насекомым. Они могут применяться для привлечения насекомых в небольших ограниченных пространствах, например в ловушках, где их легко уничтожить с помощью различных средств.

Дальнейшее совершенствование биологической системы защиты хлебпродуктов от насекомых предполагается осуществлять за счет разработки и применения бактериальных препаратов, вызывающих болезни насекомых, феромонов, стерилизатов и гормонов для подавления наследственности и вырождения их популяций.

Физико-механические способы борьбы — это механическая очистка зараженных объектов, термические воздействия и применение различных

излучений. Зернохранилища и другие помещения очищают при помощи шпателей, скребков, пылесосов. Собранных вредителей уничтожают. Кроме того, механическая очистка создает хорошие условия для проведения влажной или газовой дезинсекции помещений.

Механическая очистка зерна в сепараторах может привести к снижению зараженности, так как вредители при перемещении отцепляются от зерна, поджимают ноги и усики и выделяются с отходами. При очистке зерна в сепараторах отделяются 50...95% клещей и значительное количество жуков. Некоторые вредители могут погибнуть от механического травмирования.

Однако механическая очистка не дает эффекта на длительное время, так как не все вредители удаляются из межзернового пространства и остаются в зерновой массе. Поэтому механическая очистка эффективна в холодную погоду, когда зерно охлаждается, и в комплексе с другими методами.

Термическая дезинсекция основана на чувствительности насекомых и клещей к температуре. При создании определенной температуры можно полностью обеззаразить продукцию. Охлаждение и промораживание зараженных объектов, в том числе зерна и продукции, с применением естественного морозного и искусственного охлажденного воздуха — один из физических методов дезинсекции.

Обеззараживать зерно можно в процессе сушки. Положительный эффект достигается при самых жестких максимально допустимых температурных режимах для партий зерна продовольственного и кормового назначения. В некоторых случаях возможно обеззараживание зерновой массы с использованием солнечной радиации.

Перспективно ионизирующее излучение бета- и гамма-лучами. Оптимальными дозами считают те, которые вызывают половую стерилизацию вредителей. Радиационный метод применяют для дезинсекции зараженного зерна при приемке и обработке на промышленной установке, где в качестве источника облучения использованы ускорители электронов.

Химические способы борьбы основаны на применении различных пестицидов (химических отравляющих веществ). Ядохимикаты классифицируют по следующим признакам: по объектам применения; по способу проникновения в организм вредителя и характеру действия на его организм; по химическому составу и свойствам; по способу применения. Свойства пестицидов ограничивают их применение для дезинсекции разных объектов, так как не все пестициды можно использовать.

В организм вредителя яды могут проникать различными путями. Пестициды кишечного действия попадают в организм с пищей или водой, через желудочно-кишечный тракт. Через кожные покровы проникают пестициды контактного действия. Фумиганты вызывают отравление организма при попадании через органы дыхания. Пестициды комбинированного действия проникают в тело вредителя разными путями. Действие пестицидов на вредителей определяется их концентрацией и

временем воздействия на организм (экспозицией). Поэтому для дезинсекции хлебных запасов предпочитают использовать те пестициды, которые достаточно токсичны в небольших дозах при малой экспозиции.

По способу применения различают пестициды, которые можно использовать в виде порошков для опыливания, эмульсий, суспензий и растворов путем опрыскивания, в виде аэрозолей в газовой фазе и в виде отравленных приманок. Опытливание в отрасли хлебопродуктов СССР применяют для борьбы с грызунами.

Фумигация (газация) — способ обеззараживания объектов отравляющими веществами в газо- и парообразном состоянии. Это наиболее распространенный способ дезинсекции многих объектов, в том числе зерновых продуктов.

Опрыскивание объектов при помощи специальных опрыскивателей используют для обеззараживания пустых складов, прилегающей к ним территории, судов, вагонов и других средств. Такой способ обеззараживания получил название влажной дезинсекции. Аэрозольную дезинсекцию применяют для пустых зернохранилищ и осуществляют при помощи дымов и туманов, выделяемых при сжигании шашек "Гамма". Отравленные приманки раскладывают для борьбы с грызунами.

Ф у м и г а ц и я. Для этого применяют следующие химические вещества: бромистый метил, препарат 242, металлilhлорид, дихлорэтан, смесь бромистого метила с препаратом 242, смесь бромистого метила с металлilhлоридом, карбофос.

Фумигацию зерна и продукции осуществляют с помощью аппаратов 4-АГ или 2-АГ. Допускается пассивный способ фумигации — испарение фумигантов со смоченных ими мешков, выпуск бромистого метила из баллонов. Обработку зерна карбофосом проводят при помощи установки РУП-2 или опрыскивателей (ОМПВ или других). Технология фумигации различных объектов описана в инструкции по борьбе с вредителями хлебных запасов.

Необходимое условие проведения фумигации — это создание герметичности обеззараживаемых объектов. Только в таких объектах можно получить необходимую концентрацию газа и обеспечить безопасность проведения работ по обеззараживанию. Применение высокотоксичных фумигантов для дезинсекции выдвигает в число важнейших условий газации соблюдение всех правил общественной и личной безопасности, предотвращающих загрязнение ими окружающей среды.

Процессу фумигации предшествует тщательная подготовка объекта: механическая очистка, защита оборудования от коррозии, герметизация, принятие мер противопожарной и противогазовой безопасности, предусмотренных инструкцией, подготовка фумиганта. Использование фумигантов наиболее эффективно при положительной температуре наружного воздуха (не ниже 12°С) и относительной влажности не выше 70%.

Дегазация — мероприятие, проводимое для удаления фумиганта из зараженных объектов по истечении экспозиции газации. Различные объекты дегазируют активным или пассивным способом. Основным способом дегазации зерновых масс в складах пассивный. Зерно проверяют, открывая окна и двери склада. Если зерно предназначено для срочной реализации, тогда проводят активную дегазацию на установках для активного вентилирования или при помощи аппаратов типа 4-АГ при работе на режиме вентилирования. После дегазации объектов определяют эффективность обеззараживания. При отсутствии живых вредителей работу оценивают удовлетворительно. Затем работники экспедиции по защите хлебопродуктов определяют полноту дегазации, методы выполнения которой описаны в специальной инструкции по борьбе с вредителями хлебных запасов.

В л а ж н а я д е з и н с е к ц и я. Для этого в нашей стране применяют трихлорметафос-3, ДДВФ, карбофос, волатон, актеллик и другие. Сущность влажной дезинсекции состоит в том, что ядовитые вещества — контактные пестициды в виде водных растворов, эмульсий и суспензий при помощи специальных опрыскивателей диспергируются в мелкие капли, которые наносятся на зараженную вредителями поверхность. Для влажной дезинсекции применяют различные опрыскиватели РУП-2, ОМПВ. Иногда используют и другие аппараты: электрогидропульт, электрогидравлический дезинсекционный аппарат и т.д.

Среди пестицидов, рекомендуемых для влажной дезинсекции объектов, особого внимания заслуживает карбофос. Этот яд можно использовать не только для обеззараживания складов и территорий, но и для дезинсекции зерна. Карбофос достаточно токсичен для насекомых и клещей, не влияет на технологические и посевные качества зерна, сравнительно долго сохраняется в токсичных для насекомых и клещей количествах. Поэтому карбофос применяют для обработки зерна различного назначения (продовольственного, кормового и семенного) с целью обеззараживания и в профилактических целях при закладке зерновой массы на длительное хранение.

Проведение дезинсекции при помощи карбофоса не требует герметизации помещений. Технология обработки проста. Для этого распыливают эмульсию специальными форсунками, которые присоединяют к шлангам опрыскивателей. При работе с карбофосом, как и с другими фосфорорганическими пестицидами, необходимо соблюдать меры личной защиты (комбинезоны, резиновые сапоги и перчатки, защитные очки и респираторы) и нормы безопасности.

Д е р а т и з а ц и я. Различают профилактическую и истребительную. Профилактические меры применяют в основном для предотвращения проникновения грызунов в места хранения хлебных запасов и на территорию предприятия. Преградить доступ грызунов в указанные места можно, если заделать (закрыть) различные щели и отверстия металлическими сетками. Соблюдение санитарного режима на предприятиях —

необходимое условие для борьбы с мышевидными грызунами. Они нуждаются в питьевой воде. Устранение источников питья заставляет грызунов покидать территорию.

К истребительным мерам относят отлов грызунов, химические отравляющие вещества и естественных врагов грызунов и микробов – возбудителей некоторых инфекционных болезней. В системе хлебопродуктов СССР в основном используют первые два способа.

Для отлова мышей и крыс применяют ловушки, верши, капканы. Их с приманками размещают в местах, наиболее посещаемых грызунами. В качестве приманки используют продукты, которые охотно поедают грызуны: корки хлеба, смазанные салом или растительным маслом, копченую рыбу, колбасу, овощи и другие продукты.

Химический способ борьбы – это газовая дератация, применение отравленных приманок (кишечных ядов), опыливание объектов ядовитыми веществами. Газовая дератизация – эффективное средство уничтожения грызунов непосредственно в складах, подпольях, норках. Для борьбы с грызунами довольно часто применяют метод отравленных приманок. Для этого пищевые продукты смешивают или пропитывают фосфидом цинка, крысидом, ратинданом, зоокумарином и др.

Опыливание используют для дератизации нор в пустых производственных помещениях. Оно основано на прилипанию яда к лапкам и меху и его попаданию в желудочно-кишечный тракт вредителя при слизывании в момент "умывания".

Уничтожение мышевидных грызунов должно проводиться с учетом особенностей биологии и привычек указанных животных, изменяющихся в зависимости от окружающей обстановки, периода года и других причин.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте зерновую массу как объект защиты от вредителей хлебных запасов. 2. Каковы методы обнаружения и определения зараженности различных объектов? 3. Расскажите о характеристике профилактических и истребительных мер борьбы с вредителями хлебных запасов.

Глава VII

САМОСОГРЕВАНИЕ И СЛЕЖИВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ МАСС ПРИ ХРАНЕНИИ

§ 1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА САМОСОГРЕВАНИЯ

Явление повышения температуры зерновой массы вследствие протекающих в ней физиологических процессов и низкой теплопроводности называют самосогреванием. Оно распространено в природе довольно

широко и может возникнуть в зерне при хранении на токах, в зернохранилищах, при перевозке в вагонах и судах. Самосогреванию могут быть подвержены и многие другие продукты растительного и животного происхождения.

Способность зерна повышать температуру в результате физиологических и микробиологических процессов, сопровождающихся выделением тепла, общеизвестна. Иногда температура поднимается до 55...60 °С и даже до 70...75 °С (редко) и происходит значительное ухудшение качества зерна.

Изучением природы самосогревания зерновой массы и условий, влияющих на возникновение и ход этого процесса, занимались многие исследователи как в СССР, так и за рубежом. Самосогревание возникает в результате активной жизнедеятельности зерна основной культуры, семян сорных растений, микроорганизмов, насекомых и клещей. Семена сорняков и вредители принимают косвенное участие в самосогревании, так как это явление может развиваться и при их отсутствии в зерне. Однако роль примесей и вредителей в самосогревании огромна. При сравнении степени сохранности зерна, содержащем семена сорных растений, пыль и другие примеси, с зерном, почти не имеющим их, оказывается, что самосогревание начинается раньше и проходит более интенсивно в засоренном зерне. Семена сорняков, обладая более интенсивным дыханием, по сравнению с основным зерном, способствуют большому накоплению теплоты (табл. 9). Особенно много выделяется теплоты в неочищенном зерне с повышенной влажностью и содержащем зеленые части растений и семена сорняков.

9 Интенсивность дыхания основного зерна и семян сорных растений в свежесубранной зерновой массе пшеницы ($t = 19...22^{\circ}\text{C}$)

Номер образца	Влажность, %	Интенсивность дыхания, мг CO_2 на 100 г с.в. за 24 ч (Ид)			Ид примесей
		зерновой массы	основного зерна	семян сорной примеси	Ид зерна
1	14,5	1,8	1,2	48,0	40
4	15,7	2,9	1,8	32,8	18
5	16,4	13,7	4,0	61,2	15
9	17,1	25,9	9,8	152,4	15

Жизнедеятельность насекомых и клещей также сопровождается выделением теплоты. В случае большой зараженности зерна и скопления вредителей в ограниченных участках насыпи (проявление таксисов) ими выделяется огромное количество теплоты и может возникнуть самосогревание.

Экспериментальные данные различных исследователей доказывают, что самосогревание сухого зерна, хранящегося при температуре 20...

30°C, может возникнуть вследствие развития в нем амбарного и рисового долгоносиков. Долгоносики не остаются постоянно в участке, в котором развивается самосогревание, а уходят из него в другие, менее прогретые места, где температура для них более благоприятная (отрицательный термоаксис), т.е. продолжают свою активную жизнедеятельность. Подобные случаи самосогревания зерна могут быть при длительном хранении сухого зерна.

В настоящее время накоплен огромный экспериментальный материал, полученный различными косвенными методами, который доказывает, что самосогревание — явление комплексное, как следствие усиленного дыхания самого зерна и микроорганизмов зерновой массы. Остальные живые компоненты усиливают выделение теплоты в зерновой массе. В результате низкой теплопроводности образование теплоты больше, чем отдача его в окружающую среду, поэтому температура зерновой массы увеличивается.

Но не всякое повышение температуры в зерновой массе следует рассматривать как начало развития процесса самосогревания. Температура может повыситься из-за постепенного прогревания в весенний и летний периоды. Лишь тщательное и систематическое наблюдение за температурой зерновой массы в различных слоях насыпи, контроль за температурой окружающего воздуха и всеми условиями хранения позволяют правильно установить природу повышения температуры.

§ 2. УСЛОВИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЮ И РАЗВИТИЮ ПРОЦЕССА САМОСОГРЕВАНИЯ

Интенсивность, с которой возникает и развивается процесс самосогревания, зависит от следующих причин: состояния зерновой массы; состояния зернохранилищ и их конструкции; условий содержания зерна в хранилищах и методов ухода за ним.

Опыт хранения зерна в производственных условиях свидетельствует, что в зависимости от сочетания этих причин самосогревание может развиваться медленно или, наоборот, бурно.

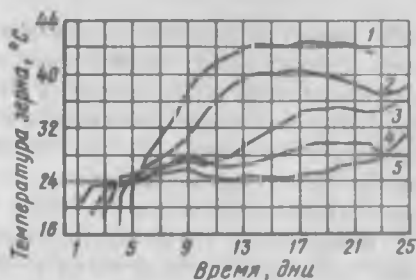
Состояние зерновой массы. Ее исходная влажность и температура, физиологическая активность и состав микрофлоры наиболее существенно влияют на развитие процесса самосогревания, т.е. на динамику увеличения ее температуры.

Влияние влажности и температуры на выделение теплоты в зерновую массу описано в главе III. Эти процессы развиваются интенсивно в зерне с влажностью выше критической. При влажности менее критической интенсивность дыхания зерна невысока, микроорганизмы развиваются очень медленно или прекращают свое развитие. Вот почему явление самосогревания чаще всего наблюдается в партиях зерна, заложенных на хранение во влажном и сыром состоянии (рис. 31).

При наличии капельно-жидкой влаги в зерновой массе происходит

Рис. 31. Развитие процесса самосогревания при влажности:

1 - 30 %; 2 - 28; 3 - 26; 4 - 24 и 5 - 22 %



поверхностное увлажнение, что особенно усиливает жизнедеятельность микроорганизмов. Указанная закономерность подтверждает следующее правило: чем больше свободной воды содержится в зерне и примесях, тем больше условий для термогенеза и тем интенсивнее идет процесс самосогревания.

Возможность самосогревания зерна с повышенной влажностью зависит также и от его температуры. Так, при температуре 10...15°C начальные стадии самосогревания развиваются очень медленно, а ниже 8...10°C оно обычно не возникает. Если самосогревание начинает развиваться в зерне с исходной температурой 23...25°C, то темпы его разогревания возрастают во много раз и температура греющихся участков насыпи быстро поднимается до 50...55°C независимо от того, было ли самосогревание продолжением ранее начавшегося процесса или оно только возникло.

Дальнейшее увеличение температуры греющегося зерна до 60...65°C и реже до 70...74°C протекает медленнее, чем в интервале температур 23...55°C, и после достижения этого максимума начинается медленное естественное охлаждение зерновой массы из-за гибели всех живых компонентов под действием высоких температур. Однако естественное прекращение процесса самосогревания не имеет практического значения, так как зерно и семена к этому времени полностью утрачивают пищевые, кормовые и посевные качества. Самосогревание ни в одной зерновой массе само по себе не останавливается раньше, чем достигнет максимальной температуры. Оно не останавливается и при недостаточном охлаждении.

Если принять во внимание изменение газообмена зерна и семян всех культур (глава III) и жизнедеятельность микроорганизмов в зависимости от температуры (глава IV), то становится понятным, что скачок в развитии самосогревания при температуре 23...25°C обусловлен прежде всего участием микроорганизмов в выделении теплоты. Это подтверждается экспериментальными данными и наблюдениями за процессом самосогревания зерновой массы в производственных условиях. В начале процесса увеличивается количество плесневых грибов и изменяется их видовой состав. По мере развития процесса самосогревания

происходит нарастание в огромных количествах *Aspergillus* и *Penicillium*, особенно продуцента токсических веществ (афлатоксинов) — *Aspergillus flavus*. Рост и развитие плесневых грибов при самосогревании приводят к разрушению покровных тканей зерна, поэтому партии зерна, ранее подвергшиеся самосогреванию, становятся неустойчивыми при хранении.

К числу факторов, влияющих на процесс самосогревания, относят физиологическую активность зерновой массы. Партии свежубранного зерна, не прошедшие послеуборочного дозревания, морозобойное, недозрелое, проросшее зерно, семена сорняков характеризуются повышенной физиологической активностью; они менее устойчивы при хранении, в них раньше возникает и самосогревание.

Состояние зернохранилищ и их конструкция. Могут также способствовать самосогреванию. Чем лучше гидроизолировано зернохранилище и менее теплопроводны его стены, пол, крыша, чем лучше можно регулировать доступ воздуха к зерновой массе, тем меньше опасность возникновения самосогревания.

Условия хранения зерна и методы ухода за ним. Высота насыпи зависит от физиологической активности зерна. Партии зерна с повышенной активностью следует размещать меньшим слоем, чем партии в состоянии анабиоза. За ними должен быть организован систематический контроль и уход, чтобы не допустить самосогревания.

Способы послеуборочной обработки зерна должны обеспечивать надежное понижение его физиологической активности, возможность сохранения количества и качества зерна и препятствовать самосогреванию.

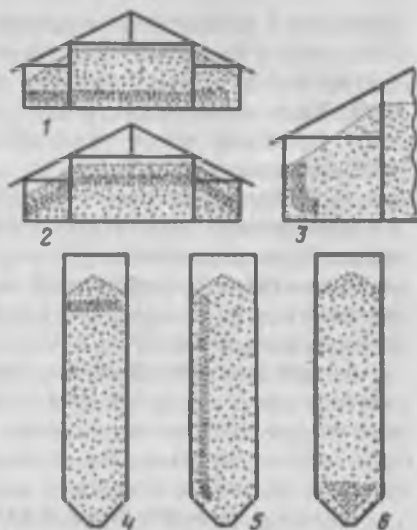
§ 3. ВИДЫ САМОСОГРЕВАНИЯ

В зависимости от состояния зерновой массы и условий хранения самосогревание может возникнуть в различных ее частях. Опыт производственного хранения зерна в складах и элеваторах доказывает наличие определенной закономерности возникновения и развития процесса. В практике хранения зерна различают следующие виды самосогревания: гнездовое, пластовое и сплошное.

Гнездовое самосогревание. Может возникнуть в любом участке. Причинами возникновения гнездового самосогревания могут быть: увлажнение какого-то участка зерновой массы в результате неисправности крыши или недостаточной гидроизоляции стен хранилища; засыпка в одну хранилище зерна с различной влажностью и образование очага с повышенной влажностью; образование участка с повышенным содержанием примесей и пыли (а следовательно, и микроорганизмов) при размещении на хранение партий зерна, неоднородных по содержанию примесей; скопление насекомых и клещей в одном участке насыпи и др. Таким образом, гнездовое самосогревание возникает только при

рис. 32. Виды пластового самосогревания зерновых масс:

1, 6 – низовое; 2, 4 – верховое; 3 – вертикально-пластовое в складе; 5 – вертикально-пластовое в силосе



нарушении основных правил размещения и ухода за зерном. При хранении участок, обладающий повышенной физиологической активностью, будет центром очага самосогревания.

Пластовое самосогревание. Может возникнуть в зерновой массе при хранении ее в складах, элеваторах, бунтах. В зависимости от расположения греющегося пласта различают самосогревание

верховое, низовое, вертикально-пластовое (рис. 32). Из названия видов самосогревания следует, что пласт греющегося зерна может находиться в верхнем, нижнем и боковом слоях насыпи. Эти слои подвержены перепаду температур под действием наружного воздуха, стен, полов хранилища. В результате такого действия изменяется температура зерновой массы в названных участках. При ее охлаждении ниже температуры точки росы происходят конденсация влаги и бурный рост микроорганизмов, прежде всего плесневых грибов.

Увлажнение отдельных слоев насыпи – обязательное условие пластового самосогревания. Наблюдения за влажностью зерновой массы при хранении подтверждают это, так как влажность греющегося пласта в самых начальных стадиях самосогревания бывает выше на 1...2% и более по сравнению с другими слоями.

Верховое самосогревание. Встречается при хранении зерновой массы обычно в периоды наибольшего перепада температур зерна и атмосферного воздуха, т.е. поздней осенью и весной. Горизонтальный пласт греющегося зерна размещается на глубине 0,7...1,5 м от поверхности зерновой массы, а если толщина зернового слоя в складе 1,0...1,5 м, то греющийся слой находится на глубине 0,15...0,25 м от поверхности.

Развитие самосогревания условно можно представить следующим образом. Осенью в зернохранилища закладывают недостаточно охлажденное свежубранное зерно с повышенной физиологической активностью. В результате интенсивного дыхания и других процессов воздух межзернового пространства нагревается и увлажняется. Потoki теплого и влажного воздуха поднимаются вверх и встречают на своем пути верхние участки насыпи, несколько охлажденные холодным атмосферным

воздухом. В результате их взаимодействия верхний слой зерновой массы увлажняется. Возможно и появление здесь конденсационной влаги при охлаждении воздуха до температуры, при которой выпадают капельные росы. Влага поверхности насыпи испаряется в окружающее пространство. Остальная масса увлажненного и обогреваемого снизу зерна, расположенная на глубине 0,70...1,50 м, вскоре превращается в интенсивный источник теплоты.

Необходимо отметить, что перемещению теплоты и влаги вверх в зерновой массе способствует и термовлагопроводность, возникающая вследствие перепада температур между верхним слоем (в данном случае температура низкая или отрицательная) и нижним, имеющим положительную температуру.

Весной атмосферный воздух теплый, а зерновая масса после зимнего хранения имеет отрицательную температуру. Обогревание верхнего слоя идет сверху вниз по направлению потока теплоты (от верхнего нагретого слоя к нижележащему с отрицательной температурой). Вместе с теплотой мигрирует и влага из поверхностного слоя насыпи. Теплый и увлажненный воздух встречается с холодной зерновой массой, и создаются условия для конденсации влаги. В результате усиливаются физиологические процессы, что повышает температуру в указанном слое.

Верховое самосогревание в весенний период, как правило, наблюдается в партиях переохлажденного (промороженного) зерна, когда возникают резкие перепады температур. При этом возможны случаи самосогревания даже сухого зерна, хранящегося небольшим слоем.

Низовое самосогревание. Развивается в нижнем слое насыпи на расстоянии 0,2...0,5 м от пола (или днища силоса). Оно возникает в складах ранней осенью при засыпке теплого зерна с повышенной влажностью на холодный пол. Случаи низового самосогревания могут быть и при размещении зерновой массы на сырой грунт или площадку без должной гидроизоляции. Такое самосогревание часто сопровождается прорастанием и слеживанием зерна в нижнем слое насыпи. Самосогревание может быстро захватить и верхние слои насыпи, так как теплота легко перемещается в вышележащие слои.

Низовое самосогревание может возникнуть и при хранении зерна в силосах элеватора. Поздней осенью при понижении температуры атмосферного воздуха охлаждаются все конструкции подсилосного этажа, в том числе и выпускные устройства. При этом возникает перепад температуры в зерне и появляется возможность низового самосогревания.

Вертикально-пластовое самосогревание. Характеризуется образованием вертикального греющегося пласта в зерновой массе, хранящейся в складах, силосах, бункерах. Причиной этого вида самосогревания будет неравномерный обогрев или охлаждение стен хранилища или их увлажнение. Повышению физиологической активности зерновой массы в этом пласте способствует перепад температур в вертикальном слое насыпи около стен и в остальной ее массе, являющейся предпосылкой самосо-

гревания зерна. Возникновению вертикально-пластового самосогревания способствует самосортирование зерновой массы, в результате чего около стен силоса сосредоточиваются легкий сор, пыль, семена многих сорных растений и другие компоненты с повышенной физиологической активностью.

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 содержанием большого количества примесей, в том числе частей растений и незрелых зерен. Такие партии зерна нестойки при хранении, так как интенсивные физиологические процессы протекают во всей зерновой массе, вследствие чего она даже за короткий промежуток времени может быть охвачена самосогреванием. Для спасения зерна в этом случае необходимы срочные меры.

§ 4. САМОСОГРЕВАНИЕ СВЕЖЕУБРАННОГО ЗЕРНА И ЗЕРНА С ПОНИЖЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ ПРИ ХРАНЕНИИ

В главе II были рассмотрены особенности качества, присущие партиям свежесобранного зерна и семян. Неоднородность отдельных компонентов зерновой массы по влажности, степени спелости, количеству и составу примесей, их исходная температура обуславливают физиологическую активность свежесобранного зерна при хранении и создают предпосылки к возникновению процесса самосогревания. Причем этот процесс часто носит скоротечный характер, за несколько часов самосогревание достигает предела и зерно становится полностью испорченным. Известны случаи самосогревания свежесобранного зерна с пониженной или нормальной влажностью, а также с повышенной или очень высокой влажностью, превышающей пределы ограничительных кондиций.

Причиной самосогревания свежесобранного зерна сухого и средней сухости могут быть его повышенная температура перед закладкой на хранение и отсутствие надлежащего ухода. Так, в южных районах страны свежесобранное зерно поступает на хлебоприемные предприятия с температурой 20...30°С и более. Все его компоненты, еще находящиеся в активном состоянии, интенсивно дышат, выделяя огромное количество теплоты и влаги. В зерновой массе в это время создаются предпосылки для конденсации водяных паров и "отпотевания" зерна со всеми известными последствиями. Например, при хранении самосогревание возникает в партиях свежесобранного зерна риса с влажностью менее 13...14%. Они чрезвычайно неоднородны по влажности и степени спелости, в них содержится много зеленых зерен и др. Повышенная температура зерновой массы делает ее совершенно нестойкой при хранении.

Самосогревание свежесобранного зерна с повышенной влажностью в силу интенсивного образования теплоты может возникнуть даже при небольшой толщине слоя. Так как процесс самосогревания развивается

особенно в свежубранном зерне, необходимо снижать его температуру и влажность перед закладкой на хранение и ежедневно вести наблюдение за температурой зерновой массы в различных ее участках и слоях.

Известны случаи самосогревания зерна с влажностью ниже критической при длительном хранении в силосах и складах без перемещения. Повышение температуры наблюдается в верхнем слое насыпи на глубине 0,5...0,8 м, чаще весной. Обычно температура поднимается медленно (за 1...2 мес), и затем процесс развивается бурно. Самосогреванию обычно предшествует слеживание зерна в верхнем слое.

Основной причиной возникновения самосогревания в сухом зерне при длительном хранении без перемещения могут быть сезонные перепады температуры в верхних слоях насыпи и явление термовлагодисперсионности, сопровождаемое перемещением и возможной конденсацией влаги в этих слоях.

Увлажнение зерновой массы активизирует жизнедеятельность всех ее компонентов, прежде всего микроорганизмов. Переход к довольно стабильным условиям лета, когда атмосферный воздух нагревается и снижается его относительная влажность, приостанавливает развитие микроорганизмов в связи с подсыханием зерна в верхнем слое.

Процесс самосогревания сухого зерна может возникнуть в результате скопления большого количества вредителей хлебных запасов (рыжий мукоед, клещи) в отдельных участках зерновой массы. Этому обычно способствуют таксысы вредителей.

Непрерывный контроль за влажностью, температурой, зараженностью зерна по слоям и уплотнением обеспечивает раннюю диагностику процесса самосогревания сухого зерна и его профилактику.

§ 5. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПОТЕРИ В МАССЕ ЗЕРНА ПРИ САМОСОГРЕВАНИИ

Процесс самосогревания зерна сопровождается потерей сухих веществ и снижением его качества. Эти изменения происходят даже в начале самосогревания, когда температура зерна сравнительно невысока. При увеличении температуры нагрева и продолжительности ее воздействия на зерно размеры потерь и ухудшение его качества возрастают. В процессе самосогревания изменяются следующие показатели качества: признаки свежести (блеск, цвет, запах и вкус); технологические, пищевые и кормовые свойства, посевные качества.

Комплексное воздействие на зерно многих факторов, в том числе микроорганизмов, и прежде всего плесневых грибов, наряду с высокой температурой обуславливает более глубокое изменение показателей свежести зерна и за более короткий промежуток времени, чем воздействие одних микроорганизмов. Так, изменение блеска и цвета при самосогревании зерновой массы доходит до появления зерен потемневших, темно-коричневого цвета и даже почерневших, имеющих вид обуглившихся зерен. Последний дефект зерно приобретает при запущенных

формах самосогревания, когда температура достигает или близка к максимуму.

Одна из причин почернения зерна — это бурное развитие термофильных грибов из семейства мукоровых. Почернение зерен возникает из-за образования в них темноокрашенных веществ (меланоидинов) в результате взаимодействия сахаров с аминокислотами, дипептидами или трипептидами при повышенной температуре.

Наблюдения за характером ухудшения различных показателей качества при самосогревании зерновой массы позволили выявить следующую закономерность: чем темнее окрашено или пигментировано зерно, тем в большей степени ухудшены его пищевые, технологические и кормовые свойства (табл. 10). Посевные качества зерна (всхожесть, энергия прорастания) ухудшаются еще в начальный период самосогревания при достижении температур, соответствующих даже нижним границам оптимума для развития мезофильных микроорганизмов.

10. Характеристика зерна пшеницы, подвергшейся самосогреванию

Образец муки	Химический состав муки, %					Хлебопекарные свойства		
	Белки	Количество клейковины		Глиадин	Кислотность	Водопоглотительная способность, %	Объем хлеба на 100 г с.в. муки, см ³	Цвет мякиша
		сырой	сухой					
Из исходного образца	9,58	18,30	7,82	7,20	0,210	67,7	507	Коричневый
Из отобранных нормальных зерен	9,61	26,60	10,11	7,67	0,187	68,5	699	Желтый
Из светло-коричневых зерен	8,30	Не отмывается		7,65	0,220	66,7	489	Светло-коричневый
Из темных зерен	8,05	То же		5,78	0,247	59,7	371	Коричневый

Процесс самосогревания в практике хранения зерна условно принято делить на стадии в зависимости от повышения его температуры. Изменение показателей свежести зерна по стадиям происходит следующим образом.

Начальный период самосогревания характеризуется повышением температуры до 24...30°С. Цвет зерна не изменяется, хотя на зародышах возникают плесневый налет и конденсационная влага на зернах. В партиях зерна с невысокой влажностью появляется амбарный запах, в сыром — запах плесени. Понижаются посевные качества.

Развитие процесса самосогревания характеризуется повышением температуры до 34...38°C за короткий срок (3...7 дней). При этом существенно ухудшаются многие показатели качества. Заметно снижается сыпучесть зерна, наблюдается ярко выраженное отпотевание, появляются запахи: солодовый и запах печеного хлеба. Зерна ржи и пшеницы с повышенной влажностью несколько темнеют; у овса и ячменя темнеют цветковые пленки; незрелые зерна становятся мягкими, на них появляются колонии плесени. Этот этап самосогревания характеризуется бурным развитием плесневых грибов, так как температура 40°C оптимальна для большинства микробов. В таком зерне значительно снижается всхожесть и существенно теряется масса.

При далеко зашедшем процессе самосогревания температура зерна повышается до 50°C и более. Вместе с тем резко снижается сыпучесть, происходит интенсивное потемнение зерна. Отдельные зерна плесневеют или прогнивают, приобретают сильный запах разложения. Процесс самосогревания завершается обугливанием зерна и полной потерей сыпучести.

Ухудшение технологических, пищевых и кормовых свойств при самосогревании зерновой массы объясняется изменениями углеводного, белкового и липидного комплексов зерна. Под действием собственных ферментов зерна и его микроорганизмов в нем накапливаются продукты разложения белков и происходит их тепловая денатурация. Изменяется углеводный комплекс, в частности значительная часть крахмала гидролизуются до сахаров. Липиды также подвергаются гидролизу, и происходит это главным образом под влиянием липаз плесневых грибов.

При самосогревании ухудшаются хлебопекарные свойства зерна. Белки снижают способность к набуханию и образованию упругого студня клейковины. Вместе с этим уменьшается выход сырой клейковины, ухудшаются ее свойства. Хлеб (рис. 33), выпеченный из муки, выработанной из гревшегося зерна, всегда имеет пониженные качества (меньший объемный выход, меньшую пористость и худшую структуру, более темный мякиш и т.д.). Хлеб часто подвергается "тягучей" болезни.



Рис. 33. Ухудшение качества хлеба в результате самосогревания зерна:

1 - из зерна в очагах самосогревания ($t = 55^\circ\text{C}$); 2 - из зерна негревшегося

Таким образом, самосогревание зерновой массы — явление недопустимое. Систематически и правильно организованное наблюдение за температурой зерна в течение всего срока хранения позволяет своевременно выявить ранние стадии самосогревания и ликвидировать его.

§ 6. СЛЕЖИВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ МАСС

Явление частичной или полной потери сыпучести зерновой массы называют слеживанием. Оно может сопровождаться изменением свойств и качества зерна. Слеживание возникает в результате одной из следующих причин: 1) давления зерна на нижние слои насыпи и участки, прилегающие к стенам хранилища; 2) замерзания влажного и сырого зерна при его значительном охлаждении; 3) самосогревания; 4) отдельных физиологических процессов.

Уплотнение зерна чаще всего наблюдается в силосах элеватора, причем с большим поперечным сечением, при большой высоте хранения зерна. Культуры более тяжелые (пшеница и др.) уплотняются меньше, чем легкие (овес и др.). Процесс уплотнения зерновой массы можно представить следующим образом. Под влиянием давления вышележащих слоев зерна компоненты приходят в очень тесное соприкосновение между собой, особенно в нижних слоях и в углах силосов. Между ними возникает сцепление, в результате которого зерновая масса теряет сыпучесть, превращаясь в уплотненные глыбы различных размеров. Признаки слеживания могут быть обнаружены после выпуска зерновой массы из силоса в виде сплошных или многослойных наростов зерна на внутренних стенках силоса, для удаления которых необходимо применять механические воздействия.

Слеживание зерновой массы возникает не всегда, а при длительном хранении (более года) без перемещения. Зерно во влажном и сыром состояниях слеживается довольно легко даже при непродолжительном хранении, поэтому такое зерно нельзя размещать в силосах элеватора. Смерзание сырого зерна при хранении на специальной площадке или в складе превращает массу зерна на прочные глыбы. Особенно сильно слеживается зерновая масса в процессе самосогревания. Уплотнение зерновой массы иногда предшествует самосогреванию (самосогревание сухого зерна).

Потере сыпучести, слеживанию и запрессованию зерновой массы способствует нарушение структуры зерна. Под действием микроорганизмов, насекомых и клещей и некоторых процессов жизнедеятельности зерна (прорастание) разрушаются оболочки зерна и частично деформируются его внутренние ткани. Склеивание зерен и послойное слеживание происходят из-за продуктов жизнедеятельности микроорганизмов на поверхности зерен, а также из-за гумусообразных соединений, выделяемых микробами на последних стадиях самосогревания. Понижение сыпучести и слеживание зерновой массы при хранении могут вызвать раз-

вигающиеся в ней вредители: клещи, мукоеды, гусеницы бабочек.

Уплотнение зерновой массы, ее слеживание — явление недопустимое. Система контроля за качеством зерна и меры по уходу за ним предусматривают своевременное предотвращение или ликвидацию слеживания.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова сущность процесса самосогревания зерна? 2. Какие виды и стадии самосогревания зерна Вы знаете? 3. Каковы меры борьбы с самосогреванием? 4. Что такое слеживание зерна и продукции? Его причины и последствия.

Глава VIII

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В МУКЕ, КРУПЕ ПРИ ХРАНЕНИИ

§ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В МУКЕ

Мука по своим физическим свойствам отличается от зерна. Зерно покрыто прочными оболочками, которые медленно пропускают воду, газы и задерживают на своей поверхности микроорганизмы. Частицы муки ничем не защищены от соприкосновения с внешней средой. При помолке значительная часть микроорганизмов переходит в муку, и они при хранении вызывают изменения ее качества.

Зерно — живой организм. В муке же отсутствует какая-либо координация процессов, как в целом зерне. Иногда в муке идут процессы автолиза вследствие деятельности собственных ферментов. Большая относительная поверхность частиц муки обуславливает высокую их способность сорбировать пары воды и газы, в том числе кислород из окружающей среды. Это, в свою очередь, определяет возможность возникновения в муке некоторых гидролитических и окислительных процессов, которые могут оказать существенное воздействие на белки, липиды и другие вещества. Поэтому муку хранить трудно.

Все процессы, происходящие в муке, в зависимости от влияния на ее потребительские свойства делят на положительные и отрицательные. К положительным процессам относят такие, которые способствуют улучшению качества муки, и прежде всего ее хлебопекарных свойств. К отрицательным относят процессы, приводящие к потерям массы сухих веществ муки и снижению ее качества. Это перезревание, прогоркание, заплесневение, развитие насекомых и клещей, самосогревание и слеживание.

Созревание пшеничной муки. Совокупность положительных процессов, происходящих при хранении пшеничной муки, называют созреванием. Время, в течение которого происходят эти процессы, называют отлежкой.

Общезвестно, что хлеб, выпеченный из свежесмолотой муки, часто имеет пониженные показатели: объемный выход, пористость, цвет и др. Такая мука дает мажущееся, липкое, расплывающееся тесто, а хлеб, выпеченный из него на поду, получается плотным и малопористым, расплывающимся, с коркой, покрытой мелкими трещинами. Хлеб, выпеченный из той же муки после ее отлежки, имеет лучшие показатели.

Продолжительность созревания муки зависит от условий ее хранения и от исходных хлебопекарных свойств зерна, из которого она была получена. Удлинение этого периода приводит к необратимому ухудшению хлебопекарных свойств муки, т.е. к ее перезреванию.

Одни из признаков созревания муки — это ее побеление, что обусловлено снижением содержания каротиноидных пигментов вследствие их окисления. Установлено, что интенсивные окислительные процессы происходят в муке еще при ее помоле, а также при перемещении пневмотранспортом и при хранении в специальных силосах. При хранении в различных газовых средах, не содержащих кислорода, или в безвоздушном пространстве мука не белеет.

Хранение муки при положительной температуре (более 10...15°C) сопровождается увеличением ее титруемой кислотности и кислотного числа жира. Титруемая кислотность муки растет в результате ферментативного распада фитина с образованием фосфорной кислоты и кислых фосфатов, расщепления углеводов до органических кислот под действием микроорганизмов, ферментативного гидролиза липидов и накопления свободных жирных кислот.

Увеличение титруемой кислотности муки и кислотного числа жира при хранении тесно связано с изменениями ее свежести. Так, в муке, выработанной из доброкачественного зерна, кислотное число жира составляет 15...20 ед. При хранении муки оно возрастает и может достигнуть 50...60 ед. Увеличивается и титруемая кислотность. Такую муку оценивают как несвежую; она имеет пониженные хлебопекарные свойства или совсем непригодна для хлебопечения. Гидролитические процессы происходят при достаточной влажности и положительной температуре муки. Понижение температуры хранения до 0°C и ниже тормозит гидролиз жира. Кислотное число жира и титруемая кислотность муки — надежные показатели степени свежести муки и продолжительности ее хранения.

При хранении пшеничной муки укрепляется клейковина и изменяются хлебопекарные свойства. Укрепление вначале слабой клейковины при хранении обуславливает улучшение качества муки. При длительном хранении муки с крепкой клейковиной или с повышенной температурой ее качество ухудшается. Ее перезревание, выразившееся в дальнейшем укреплении клейковины, приводит к тому, что тесто при замесе становится крепким, малорастяжимым, а хлеб получается низкого качества.

Изменения клейковины пшеничной муки при хранении происходят

благодаря укрепляющему воздействию на клейковину непредельных жирных кислот, образующихся при гидролизе жира, а также окисления сульфгидрильных групп, являющихся важным компонентом белково-протеиназного комплекса. С другой стороны, это происходит и от того, что кислород воздуха, имеющий доступ к муке, окисляет активаторы протеолиза и переводит их в неактивное состояние. В результате этого при замесе теста клейковина остается упругой, поскольку ее белки менее атакуются ферментами.

Созревание муки в процессе хранения заканчивается быстрее при температуре 25...45°С. Пониженная температура замедляет этот процесс, а температура 0°С, по некоторым данным, останавливает его. Следовательно, при помощи температурного фактора можно регулировать процесс созревания муки. Снижая температуру, задерживают созревание и тем самым увеличивают продолжительность хранения муки. И наоборот, увеличивая температуру, можно ускорить созревание муки и подготовить ее для отгрузки. Длительное хранение муки без снижения ее хлебопекарных свойств возможно, если она находится при температуре около 0°С.

Прогоркание муки. Изменение качества муки при хранении, сопровождающееся накоплением в ней горького вкуса и запаха испорченного масла, получило название прогоркания. Это следствие изменений в липидах муки в результате гидролитических и окислительных процессов. Развитие процессов прогоркания в муке зависит от следующих условий: ее исходных свойств, доступа воздуха, температуры, при которой хранится мука, влажности, доступа солнечного света, сорта муки.

Мука, выработанная из зерна нормального, не подвергшегося вредным воздействиям, довольно устойчива против прогоркания, а из дефектного зерна (морозобойного, проросшего и т.д.) интенсивно прогоркает. При хранении муки в инертных средах (азот), вакууме, темноте процесс ее прогоркания замедляется. Только исходные свойства муки и пониженная температура воздуха в складе сохраняют ее от прогоркания. С увеличением температуры воздуха процесс прогоркания ускоряется и достигает максимальной скорости при 30...35°С. Вот почему мука чаще прогоркает при хранении в южных районах СССР.

При всех прочих равных условиях прогоркание протекает интенсивно в более сухой муке, а в муке с большой влажностью (15...16%) этот процесс замедляется, так как влага защищает частицы муки от проникновения к ним кислорода. Однако в этом случае мука начинает портиться в результате развития микроорганизмов. Действие солнечного света усиливает процесс окисления жира и прогоркания. Мука высоких сортов, хотя и содержит меньше жира, чем обойная, прогоркает быстрее. Это объясняется тем, что в обойной муке находятся зародышевые частицы, содержащие антиокислители, которые ослабляют процессы окисления и прогоркания.

Мука, выработанная из зерна кукурузы, овса и семян сои, быстрее прогоркает при хранении, чем пшеничная. Эти виды муки нестойки при хранении и подлежат быстрой реализации. Длительное хранение возможно только при пониженной температуре или без доступа воздуха. Появление в муке первых признаков горечи и резкое повышение кислотного числа жира служат сигналом для немедленной реализации такой муки во избежание ее дальнейшей порчи.

Плесневение муки. В муке присутствуют различные сапрофитные микроорганизмы, попавшие из зерновой массы при размоле зерна. В ней могут быть и патогенные бактерии. Наиболее насыщены микроорганизмами отруби, меньше — мука высшего и первого сортов.

Активная жизнедеятельность микроорганизмов проявляется при увеличении влажности муки до 16...17% в результате миграции влаги. Это происходит в результате резкого перепада температур в массе муки, если она уложена на хранение свежесмолотой на холодные каменные или асфальтовые полы.

Различают следующие виды порчи муки при хранении под воздействием микроорганизмов: плесневение, прокисание, самосогревание.

Плесневение муки — это резко отрицательное явление, возникающее вследствие увлажнения муки или мешка, чаще всего между полом и нижним слоем мешков. В этом месте интенсивно развиваются плесени, мицелий которых быстро распространяется внутрь мешков, вызывая образование затхлого запаха. При этом мука темнеет, содержание белков в ней снижается и увеличивается количество водорастворимых и других веществ, укрепляется клейковина, возможно образование в муке микотоксинов.

Прокисание муки происходит при одновременном развитии в муке различных бактерий: крахмалоразлагающих (разлагают крахмал до сахаров) и кислотообразующих, сбраживающих появившиеся сахара в различные органические кислоты. В результате жизнедеятельности этих бактерий в муке возникают специфический кислый вкус и запах, значительно повышается титруемая кислотность. Нарушение режимов хранения может привести к возникновению прокисания внутри массы любой партии муки.

Самосогревание муки — это явление комплексное, происходит оно в результате реакции газообмена между клетками частиц муки и воздухом, дыхания ее микроорганизмов, клещей и насекомых (если мука заражена вредителями). Однако решающее значение в развитии самосогревания муки имеют микробы.

Самосогревание муки недопустимо. Мука портится в результате воздействия на нее теплоты и микроорганизмов, при этом она приобретает кислый и затхлый запахи, ухудшаются хлебопекарные свойства, теряется сыпучесть. Случаи самосогревания муки возможны при хранении с повышенной влажностью (15,5...16,0%), неравномерном распределении влаги в муке и укладке мешков свежесмолотой муки в вагоны или

штабеля без достаточного охлаждения. Только правильная организация хранения муки препятствует ее самосогреванию.

Уплотнение и слеживание муки. Уплотнение – это естественный процесс в рыхлой массе муки при хранении как в таре, так и в насыпи. Под действием собственной массы мука уплотняется, не утрачивая сыпучести; свободно высыпается из мешка или силоса при опорожнении. Уплотнение, переходящее в слеживание при неблагоприятных условиях хранения, приводит к резкому уменьшению сыпучести муки. При этом слежавшаяся мука образует сплошные глыбы, и для их разрушения необходимо определенное усилие.

Слеживание наблюдается при длительном хранении муки в штабелях, особенно в нижних его рядах, когда периодически не перекалывают штабеля. На слеживание большое влияние оказывает влажность муки. При нормальном хранении муки с влажностью 10...12% в течение 6...12 мес слеживания не наблюдается. Однако при влажности 14...15% слеживание возможно через 3...4 мес. Мука сортового помола слеживается быстрее, чем обойного. Несмотря на сохранение качества слежавшейся муки, слеживание в ее массе нежелательно, так как необходимы дополнительные затраты на ее разрыхление.

§ 2. ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В КРУПЕ

Процесс производства крупы сопровождается удалением цветковых пленок, наружных слоев оболочек и частичным дроблением зерен. Поэтому крупа более доступна воздействию микроорганизмов, насекомых и клещей, чем зерно. В крупе, сохранившей структуру зерна, плесени развиваются на зародышах (рис. 34).

При хранении крупы снижается ее масса, образуются посторонние запахи (плесневый, затхлый и т.п.) и снижается ее качество. Наиболее характерны для крупы интенсивный гидролиз жира и окислительные процессы в липидной фракции, приводящие к ухудшению потребительских свойств крупы. При сопоставлении кислотного числа жира в крупах более резкие изменения в составе липидов наблюдаются у пшеницы (рис. 35).

Окислительные процессы приводят к снижению содержания высокомолекулярных жирных кислот, в частности линолевой. Наряду с этими изменениями отмечено снижение содержания в крупе биологически активных веществ – каротиноидов и токоферолов, особенно при хранении крупы из овса и проса более 6 мес при положительной температуре. После этого срока хранения в пшенице появляется горький вкус как следствие окисления липидов. Применение гидротермической обработки зерна (овса, проса) перед шелушением значительно стабилизирует его липидную фракцию, так как обработка зерна теплотой и влагой приводит к резкому снижению активности ферментов: липазы, липоксигеназы.

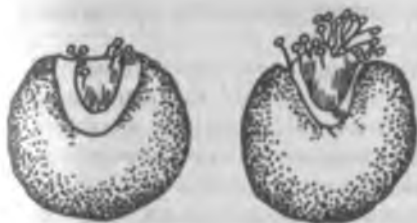
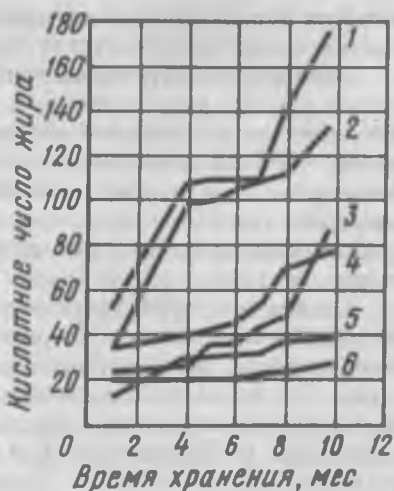


Рис. 34. Развитие плесневых грибов на пшенице

Рис. 35. Нарастание кислотного числа жира в крупах:

1 — пшено дробленое; 2 — пшено голценое; 3 — манная крупа; 4 — перловая; 5 — рис; 6 — гречневая (температура хранения — 12...18 °С)



Стойкость крупы при хранении снижается в результате повышения ее влажности и температуры. Например, хранение пшеницы с влажностью 13,5% при температуре 25°С отрицательно действует на его качество: резко возрастает кислотное число жира, и крупа покрывается плесенью.

Рациональные режимы хранения крупы предусматривают низкую ее влажность (10...12%), своевременное охлаждение, полную изоляцию от вредителей. В этом случае крупу можно хранить без заметного изменения ее потребительских свойств в течение нескольких лет.

§ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ

Материалы предыдущих глав были посвящены анализу взаимодействия живых организмов зерновой массы, представляющей собой экологическую систему с абиотической средой, окружающей зерно. Взаимосвязь между отдельными свойствами и процессами, протекающими в зерновой массе при хранении, их зависимость от основных факторов среды и комплексное воздействие на качество и состояние зерна определяют режимы хранения зерна. На рисунке 36 показана общая схема этих связей с режимами хранения и технологическими процессами.

В Советском Союзе и в других странах мира используют три основных режима хранения: 1) в сухом состоянии; 2) в охлажденном состоянии; 3) без доступа воздуха или в регулируемой газовой среде. Применяют также различные технологические приемы, обеспечивающие сохранность зерновой массы в указанном состоянии. К ним относятся сушку, очистку от примесей, активное вентилирование атмосферным и искусственно охлажденным воздухом, обеззараживание, химическое консервирование, применение излучений. Возможность применения

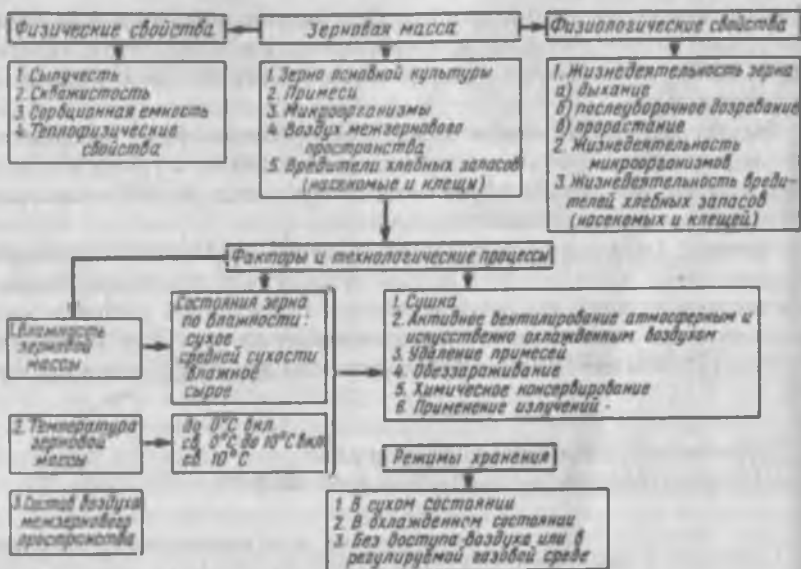


Рис. 36. Взаимосвязь между свойствами зерновой массы и окружающими ее условиями (по Л. А. Трисвятскому)

ния того или иного режима хранения определяется климатическими условиями района хранения зерна, типом зернохранилищ и их вместимостью, техническими возможностями предприятия, целевым назначением зерна и его качеством, экономической целесообразностью применения того или иного режима и отдельных приемов.

Так, в южных районах страны с сухим климатом зерно целесообразнее хранить в сухом состоянии, так как его влажность при уборке часто бывает ниже или в пределах критической. Не теряются затраты на сушку зерна. В условиях средней и северной полосы СССР, где уборка урожая часто проходит в ненастную погоду и влажность зерна нередко достигает 20...25%, необходимо сушить или охлаждать зерно. Иногда наилучшей технологической и экономической эффективности достигают при комплексном применении режимов; например, сухое зерно хранят при пониженных температурах.

Хранение зерна в сухом состоянии. Режим хранения зерна в сухом состоянии основан на пониженной физиологической активности многих компонентов зерновой массы при недостатке в них воды. Зерно злаковых и семена бобовых культур с влажностью 12...14%, не зараженные вредителями, при правильной организации хранения будут находиться в состоянии анабиоза.

Устойчивость зерновой массы с влажностью в пределах до критической объясняется тем, что физиологические процессы в ней проявляются

лишь в форме слабого дыхания, не имеющего практического значения. Влага в такой зерновой массе прочно связана с веществами зерна и недоступна для микроорганизмов, большинства вредителей и для активизации ферментов зерна.

Хранение зерна в сухом состоянии — это основной режим для семенных партий. Сухое зерно пригодно для перевозок железнодорожным и водным транспортом на дальние расстояния. На долгосрочное хранение также отбирают доброкачественные партии сухого зерна. Однако зерновая масса с влажностью 12...14% поступает на элеваторы лишь в районах с низкой относительной влажностью воздуха или при сухой погоде во время уборки урожая. В остальных районах в связи с климатическими особенностями уборочного сезона значительное количество зерна принимают во влажном и сыром состоянии. Поэтому основная задача — обеспечить сохранность такого зерна и предотвратить его порчу. В связи с этим в мировой практике и в нашей стране широкое распространение получили разные способы сушки для снижения влажности зерна перед закладкой его на хранение.

Все необходимые сведения о сушке зерна, в том числе теоретические основы зерносушения, конструкции зерносушилок, их эксплуатация и режимы сушки, приведены в третьем разделе.

Хранение зерна в охлажденном состоянии. Основано на том, что при пониженных температурах жизнедеятельность зерна основной культуры, семян сорных растений, микроорганизмов, насекомых и клещей резко снижается или приостанавливается совсем. Благодаря низкой теплопроводности зерновой массы ее охлажденное состояние можно сохранить в течение года при хранении в элеваторах и более шести месяцев — в складах. Проведенное вовремя и правильно естественное охлаждение зерновой массы различного состояния позволяет законсервировать ее на весь период хранения. Этот режим хранения нашел широкое применение в различных странах земного шара, особенно там, где можно использовать естественный холод для охлаждения зерна.

Консервирующее действие на зерновую массу оказывает температура около 10...5°C. Поэтому на большей части СССР можно создавать условия хранения зерна в охлажденном состоянии, применяя активное вентилирование и используя суточные перепады температур. Охлаждение используют для временного хранения партий сырого и влажного зерна, размещенных в накопительных силосах до его сушки. Охлаждение дает дополнительный консервирующий эффект при хранении сухой зерновой массы.

Охлаждение зерновой массы повышает стойкость ее при хранении и не оказывает отрицательного влияния на качество зерна при определенных сочетаниях его влажности и температуры наружного воздуха. На рисунке 37 приведена номограмма для определения предельных сроков хранения зерна пшеницы без применения дополнительных методов обработки в зависимости от влажности и температуры.

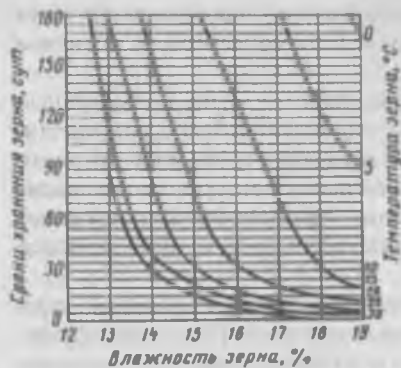


Рис. 37. Предельные сроки хранения зерновой массы пшеницы (без применения обработки) в зависимости от ее влажности и температуры

В системе хлебопродуктов СССР принято считать охлажденными только партии с температурой в насыпи не более 10°C . При этом зерно с температурой всей насыпи $0...10^{\circ}\text{C}$ считают охлажденным в первой степени, а с температурой ниже 0°C — во второй.

Охлаждение зерна до 0°C или небольшой минусовой температуры (-5°C) также обеспечивает его сохранность. Более значительное охлаждение (промораживание) технологически не оправдано и экономически невыгодно, так как может вызвать снижение всхожести зерна с повышенной влажностью уже при температуре $-10...-20^{\circ}\text{C}$ и ниже. Кроме того, чрезмерное охлаждение не позволяет избежать верхового самосогревания зерновой массы, возникающего из-за резкого перепада температуры в ее насыпи при переходе с зимних на весенне-летние условия.

Таким образом, широкое применение охлаждения — необходимая мера, обеспечивающая повышение сохранности зерна. С наступлением холодной погоды хранящееся зерно должно быть охлаждено независимо от предполагаемых сроков хранения.

В нашей стране зерно охлаждают главным образом холодным атмосферным воздухом. Начинают применять и искусственный холод. Способы обработки зерна атмосферным воздухом делят на две группы: пассивные и активные.

Пассивное охлаждение применяют для всех партий зерна, когда температура воздуха ниже температуры зерновой массы. Для него используют естественную приточно-вытяжную вентиляцию. Преимущества пассивного охлаждения состоят в том, что этот метод доступен, не требует перемещения зерна и дополнительных затрат. Но он не всегда дает достаточную эффективность. В связи с ограниченным контактом атмосферного воздуха и зерновой массы (охлаждение зерна происходит с поверхности насыпи), а также плохой тепло- и температуропроводностью зерновая масса охлаждается крайне медленно, особенно ее внутренние слои.

Пассивное охлаждение рекомендуют лишь для зерна сухого и средней сухости. Медленное охлаждение зерновой массы с повышенной влажностью и значительной температурой (20°C и более) при высоте слоя более 1 м не ликвидирует опасность самосогревания. Это необходимо учитывать в практической работе.

Активное охлаждение — это "перелопачивание", пропуск зерна через нории, зерноочистительные машины, сушилки, конвейеры и активное вентилирование.

Охлаждение зерна путем "перелопачивания" — очень примитивный и трудоемкий процесс, имеющий больше недостатков, чем преимуществ. В связи с малой технологической эффективностью и большой трудоемкостью "перелопачивание" нельзя рекомендовать как средство охлаждения зерновой массы. Оно применимо лишь в крайних случаях, когда нет возможности охладить зерно более совершенными и экономически более выгодными средствами.

Зерно охлаждается также при перемещении по конвейерам, пропуске через зерноочистительные машины и сушилки. Последние отключают от топок, и вентиляторы подают в охладительные и сушильные камеры только холодный атмосферный воздух.

Наибольшая эффективность достигается с увеличением пути движения зерна (продолжительности охлаждения) и при большей разности между температурой воздуха и зерновой массы. Этот метод охлаждения применяют при хранении зерна в складах, элеваторах и проводят в условиях, обеспечивающих наибольший доступ холодного воздуха в хранилище.

Активное вентилирование считают одним из наиболее совершенных и экономически более выгодных методов охлаждения зерна. Все необходимые сведения об активном вентилировании приведены в главах XXI и XXII.

Хранение зерна без доступа воздуха. Возможность хранения зерна в бескислородной среде основана на потреблении кислорода всеми ее живыми компонентами. Его отсутствие в воздухе межзернового пространства снижает интенсивность дыхания зерна. В этих условиях почти полностью прекращается жизнедеятельность большинства микроорганизмов зерновой массы, не развиваются насекомые и клещи, а зерно и семена сорняков переходят на анаэробное дыхание.

Зерновая масса с влажностью менее или в пределах критической при хранении в бескислородной среде сохраняет мукомольные, хлебопекарные, пищевые и кормовые свойства. Анаэробные условия хранения зерна с влажностью выше критической приводят к снижению качества (потеря блеска, потемнение, образование спиртового запаха, увеличение кислотного числа жира). Однако при этом еще сохраняются хлебопекарные и кормовые свойства. Одно из неизбежных последствий хранения зерна без доступа воздуха — это потеря всхожести. Поэтому такой режим не рекомендуется для зерна, предназначенного для посева.

Бескислородные условия хранения достигаются одним из следующих методов: самоконсервированием (естественное накопление диоксида углерода и снижение кислорода при дыхании зерновой массы); введением в зерновую массу газов, вытесняющих воздух из межзернового

пространства; созданием вакуума. Наиболее доступный, дешевый и распространенный метод — самоконсервирование зерна.

Для создания бескислородных условий чаще применяют метод введения в зерновую массу различных газов: инертных (N_2 , смесь N_2 с CO_2), диоксида углерода, некоторых фумигантов, вытесняющих воздух из межзерновых пространств. Создание вакуума для обеспечения режима хранения зерна без доступа воздуха не получило широкого распространения, так как этот способ оказался экономически неэффективным. Для хранения зерна в бескислородных условиях используют металлические силосы различной вместимости. Для этих целей непригодны склады и даже железобетонные силосы из-за их недостаточной герметичности.

Химическое консервирование зерна. Направленное замедление или прекращение жизненных функций отдельных компонентов зерновой массы при хранении путем обработки ее различными химическими средствами получило название химического консервирования.

Химическое консервирование зерна позволяет: 1) предохранить его от развития вредителей хлебных запасов при длительном хранении; 2) подавить жизнедеятельность микрофлоры в зерновой массе с повышенной влажностью; 3) ликвидировать самосогревание зерна.

Для профилактики зараженности сухой зерновой массы можно использовать карбофос. Хорошие ингибиторы микрофлоры — это пиросульфит натрия, пропионовая кислота и другие низкомолекулярные карбоновые кислоты. Химическое консервирование чаще применяют при хранении кормового и семенного зерна.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о процессах, происходящих в муке и крупе при хранении. 2. Каково их влияние на качество и пищевую ценность этих продуктов? 3. Какие условия влияют на интенсивность процессов, происходящих в зерновых продуктах при хранении? 4. Расскажите о взаимосвязи между свойствами зерновой массы и окружающими ее условиями. 5. Какова характеристика основных режимов хранения зерновых масс? 6. Расскажите о технологических приемах обеспечения сохранности зерновых масс.

Глава IX

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИЕМКИ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

§ 1. ПРИЕМКА ЗЕРНА

В практике работы предприятий различают два вида приемки зерна: закупку у колхозов и совхозов и поступление от других предприятий системы хлебопродуктов СССР. Последний вид приемки проводят в

течение года, поэтому он обычно не создает особых трудностей в работе предприятия.

Зерно и семена различных культур, продаваемые государству колхозами и совхозами, хлебоприемные предприятия принимают в очень короткий период уборки урожая по договорам контрактации и сверх госзаказа. Но, несмотря на это, предприятия обязаны обеспечить бесперебойную приемку партий зерна и семян, определение их массы и качества, своевременные и правильные расчеты с хлебосдатчиками, правильное размещение поступивших партий в хранилищах. проведение мероприятий, позволяющих сохранить их количество и качество.

Зерно принимают на хлебоприемное предприятие, если оно лучше или соответствует базисным кондициям или имеет показатели качества не ниже ограничительных кондиций. В некоторых случаях принимают зерно с отступлением от ограничительных кондиций, если на то имеется разрешение совета министров союзной республики или других вышестоящих органов.

Успех работы хлебоприемного предприятия в период приемки зерна нового урожая, особенно во время массового поступления (5...8 тыс. т в сутки), в значительной степени зависит от работы производственно-технологической лаборатории (ПТЛ). В ней определяют качество зерна, формируют однородные по качеству партии с учетом последующей обработки и целевого использования, распределяют прибывшие с зерном автомобили по местам приемки, не допуская простоев автомобильного транспорта, ведут контроль за соблюдением технологии послеуборочной обработки зерна, его хранением и т.д. в строгом соответствии с государственными стандартами, техническими условиями.

Для успешного выполнения такой напряженной работы на хлебоприемном предприятии наряду с четкой организацией работы необходимо иметь продуманный план приемки и размещения зерна по хранилищам, составленный на основе реальных возможностей предприятия. Этот план составляют на каждом предприятии до начала заготовок, его утверждают директор и вышестоящая организация.

Правильное размещение зерна в хранилищах — важнейшее мероприятие успешного его хранения как по технологическим качествам, так и по экономическим показателям. Наличие плана и его выполнение позволяют избежать серьезных ошибок, отрицательно отражающихся на сохранности зерна, а также способствуют бесперебойной приемке зерна, формированию крупных однородных партий без лишних перемещений и трудоемких операций, повышению коэффициента использования вместимости хранилищ, снижению потерь количества и качества зерна. Все это сокращает издержки при хранении и позволяет лучше использовать зерно в народном хозяйстве.

План составляют по данным анализа работы по приемке и размещению зерна в предыдущие годы. Учитывают также состояние технической базы предприятия, предполагаемый объем закупок зерна по плану и

сверх него, ожидаемое качество зерна и семян различных культур, сведения о переходящих остатках хлебопродуктов урожая прошлых лет, данные о завозе зерна от других предприятий, объеме и сроках отгрузки его с предприятия.

Большое значение в работе хлебоприемного предприятия по приемке зерна имеет прогрессивный метод доставки зерна по часовым графикам, когда каждый автомобиль или группа машин, прикрепленных к совхозу или колхозу, перевозят на хлебоприемное предприятие зерно в строго назначенное время. Для организации такой работы создают диспетчерские группы из представителей сельского хозяйства, автотранспортных организаций и хлебоприемного предприятия. Такая организация приемки зерна нового урожая повышает эффективность использования оборудования на предприятии и снижает расходы по доставке зерна.

На хлебоприемном предприятии составляют технологическую карту приемки, размещения и обработки зерна, которая включает генеральный план размещения зерна и основные объемы суточных операций, а также графическое отображение фактического размещения и состояния зерна. Приемке зерна нового урожая предшествует огромная работа по подготовке всей технической базы и кадров хлебоприемного предприятия.

§ 2. РАЗМЕЩЕНИЕ ЗЕРНА В ХРАНИЛИЩАХ

При размещении зерна учитывают показатели качества каждой партии и связанные с этим возможности использования его по тому или иному назначению, а также устойчивость каждой партии зерна при различных условиях хранения.

Ботанические особенности. Учитывают тип, подтип и сорт зерна, которые характеризуют мукомольные, хлебопекарные, крупяные свойства и т.п. Поэтому поступающие партии разных сортов, типов, подтипов группируют отдельно и хранят, не допуская их смешивания.

Влажность зерновой массы. Это основной фактор, от которого зависит интенсивность физиологических процессов. Размещают отдельно зерно по состоянию влажности, определяемой государственными стандартами как: сухое, средней сухости, влажное и сырое с интервалами в 4...6%.

Партии зерна сухого и средней сухости можно направлять в различные зернохранилища. Для размещения влажного и сырого зерна целесообразно использовать хранилища, прилегающие к сушилкам и оборудованные установками для активного вентилирования. Для предотвращения ухудшения качества зерна при хранении запрещается хранить влажное и сырое зерно в силосах элеваторов.

Количество и состав примесей в зерновой массе. Примеси, как правило, в первый период отличаются большей влажностью даже в партиях сухого зерна. Они интенсивнее дышат, быстрее, чем зерно, поражаются плесенью. При загрузке засоренного зерна в хранилища сор-

ные примеси самосортируются и создают очаги с высокой влажностью, способствуя возникновению самосогревания. Кроме того, некоторые примеси требуют особой очистки зерновой массы, которую необходимо проводить до того, как зерно будет направлено в хранилища, т.е. его надо очищать в потоке.

Партии зерна, содержащие некоторые примеси (вредная примесь, галька и др.), требующие особых методов очистки, размещают отдельно. На хлебоприемных предприятиях, оснащенных технологическими линиями для приемки и обработки зерна, включающими рециркуляционные зерносушилки, допускается формирование партий без разделения зерна по состоянию влажности и сорной примеси.

Зараженность зерновой массы насекомыми и клещами. Чтобы избежать распространения вредителей при поступлении зараженного зерна, выделяют отдельные склады, изолированные от других хранилищ и удобные для проведения в них обеззараживания.

Целевое назначение зерна. Учитывают при его размещении. Так, зерно, предназначенное для семенных целей, хранят отдельно от продовольственного. Партии ячменя, отвечающие требованиям пивоваренной промышленности (высокая всхожесть), всегда размещают отдельно от других партий. Зерно пшеницы после сушки нельзя смешивать с зерном одинакового качества, не подвергавшегося сушке, и т.д.

Прочие признаки. К ним относят различные дефекты зерна. Так, партии зерна морозобойного, горькопольного, поврежденного клопом-черепашкой, с наличием проросших зерен размещают отдельно. Эти партии менее стойки при хранении, обладают пониженным качеством и могут быть реализованы с определенными ограничениями.

Высота насыпи зерновой массы в хранилище зависит от ее состояния, целевого назначения зерна, продолжительности хранения, типа и технологического состояния хранилища, географической зоны предприятия и времени года.

Зерно сухое (влажность ниже критической), очищенное от примесей, прошедшее послеуборочное дозревание, предназначенное для продовольственных и кормовых целей, можно хранить без ограничения высоты. Зерно с влажностью более 17% размещают на высоту 1,0...2,5 м в зависимости от его температуры и времени года. Чтобы не допустить ухудшения качества зерна, не прошедшего послеуборочного дозревания, и других партий зерна с повышенной физиологической активностью, их хранят при пониженной высоте. При непродолжительном хранении зерна можно увеличить высоту насыпи, обеспечивая при этом соответствующий режим. Охлажденное зерно и хранящееся в складах с установками для активного вентилирования можно размещать на большую высоту.

3. НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ЗЕРНОМ ПРИ ХРАНЕНИИ

Состояние зерновой массы при хранении изменяется в зависимости от интенсивности протекающих в ней физиологических процессов и усло-

вий окружающей среды. Чтобы предотвратить развитие нежелательных процессов в зерновой массе, обеспечить снижение издержек и потерь при хранении, необходимо систематически наблюдать за ней в течение всего периода хранения.

К числу показателей, характеризующих состояние зерновой массы при хранении, относят ее температуру, влажность, содержание примесей, состояние по зараженности, показатели свежести (цвет и запах), всхожесть и энергию прорастания (в партиях семенного зерна).

Температура. Важнейший и наиболее чувствительный показатель состояния зерновой массы, изменяющийся под влиянием окружающей среды и физиологических процессов, происходящих в зерновой массе. Повышение температуры зерна, не соответствующее изменению температуры атмосферного воздуха, указывает на активизацию процессов и на начало самосогревания. Поэтому при наблюдении за температурой зерновой массы одновременно учитывают температуру наружного воздуха и воздуха в хранилище (табл. 11).

11. Периодичность наблюдения за температурой зерна при хранении

Состояние по влажности	Нового урожая в течение трех месяцев с момента приемки	При температуре насыпи		
		0° С и ниже	от 0 до +10° С	выше 10° С
Сухое и средней сухости	2 раза в декаду	1 раз в 15 дней	1 раз в 15 дней	1 раз в 15 дней
Влажное	Ежедневно	То же	2 раза в декаду	1 раз в 2 дня
Сырое	"	1 раз в декаду	То же	Ежедневно

Влажность. Основной фактор сохранности. При ее увеличении усиливается жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы, что может привести к ее порче. Влажность зерновой массы может увеличиться из-за влаги, выделяемой при дыхании и в результате других процессов; она изменяется при взаимодействии зерна и атмосферного воздуха в результате способности зерновой массы к сорбции и десорбции влаги.

Нежелательно не только повышение влажности зерновой массы, но и неравномерное распределение влаги по слоям насыпи, так как это приводит к образованию участков с повышенной влажностью, что может быть причиной пластового самосогревания зерна. Состояние зерна по влажности проверяют при закладке на хранение, во время хранения, при отпуске, а также после любого вида обработки (очистки, сушки и т.д.).

Примеси. Их количество и состав служат косвенным показателем хранящегося зерна. При анализе его на засоренность следует обращать

внимание на появление ранее не встречавшихся фракций, таких как потемневшие, изъеденные, заплесневевшие и другие зерна. Это свидетельствует о неблагоприятном хранении: развитии микроорганизмов, вредителей, самосогревании.

Зараженность. Систематический и тщательный контроль за состоянием зерновых масс по зараженности необходим для выявления вредителей, своевременного и полного обеззараживания. Контроль за зараженностью проводят при приемке, хранении и отпуске. Наиболее тщательно надо проверять на зараженность зерно при приемке от хлебосдатчиков, так как первичная зараженность зерновой массы на предприятии чаще возникает в результате поступления зараженного зерна.

Запах и цвет зерна. Свежее зерно имеет нормальный запах и присущее зерну цвет и блеск. Изменение цвета и запаха при хранении, появление пятнистых, потемневших зерновок и потеря блеска возникают вследствие нежелательных процессов, и прежде всего развития микроорганизмов. Изменение цвета зерна несколько опережает более глубокие биохимические и технологические изменения. Поэтому регулярное наблюдение за состоянием запаха и цвета позволяет выявить начало неблагоприятных процессов в зерновой массе и принять меры по сохранению качества зерна. Запах и цвет зерна определяют одновременно с другими показателями.

Периодичность контроля за состоянием зерновой массы зависит от ее исходных качеств, устойчивости при хранении, условий хранения. Чем физиологически активнее зерновая масса, чем выше ее влажность и температура, тем чаще проверяют ее состояние. Организацию и технику наблюдений за зерновыми массами при хранении проводят в соответствии с действующими инструкциями.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМКИ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ СЕМЕННОГО ЗЕРНА

На хлебоприемные предприятия поступает также сортовое зерно и семенное, которое заготавливают специализированные хлебоприемные предприятия и некоторые заводы семеноводческих хозяйств. Основные задачи работников таких предприятий — это своевременная засыпка зерна в семенные фонды, приведение их в стойкое для хранения состояние, улучшение качества в соответствии с посевными кондициями, заботливое наблюдение за зерном в течение всего времени хранения. Небрежное, бесхозяйственное отношение к хранящемуся семенному зерну может привести к резкому снижению его всхожести.

В нашей стране, где на посев расходуется много семян, даже незначительное снижение их всхожести приводит к огромным потерям, так как увеличивает норму высева на гектар. Подсчитано, что при посевах пшеницы на площади 60...65 млн га снижение всхожести на 1% увеличивает норму высева на 70 тыс. т семян.

Успешно хранить семена можно лишь при условии знания теорети-

ческих основ хранения, рассмотренных в главах I...VI, и некоторых особенностей, учитываемых в работе с ними.

Приемка и размещение сортового зерна. Сортовые и гибридные семена различных культур поступают в государственные ресурсы в качестве страховых фондов (резервов) и для внедрения в сельское хозяйство лучших районированных и перспективных сортов. До начала уборки и заготовки семян семеноводческие хозяйства должны представить хлебоприемному предприятию акты апробации сортовых посевов и акты полевого обследования кукурузы. Эти документы оформляют в строгом соответствии с инструкцией по проведению апробации посевов.

Партии сортового зерна поступают в сопровождении специальных документов, удостоверяющих сортовые и посевные качества. К ним относят: аттестат на семена, свидетельство на семена, сортовое удостоверение и удостоверение о кондиционности. При отсутствии документов сортовые семена не принимают. Работники лаборатории хлебоприемного предприятия проверяют соответствие данных в документах и актах апробации, затем отбирают образцы для определения показателей качества, необходимых для размещения партий, а также полного товарного анализа.

Размещают сортовое зерно в соответствии с планом в специально подготовленные зернохранилища, чтобы можно было сохранить зерно, их сортовую чистоту и кондиционность, т.е. соответствие их качества показателям стандарта на посевное зерно. Партии зерна размещают отдельно по культурам, сортам, репродукциям, категориям сортовой чистоты, по классам семенного стандарта, в пределах класса — по влажности. Неклассные семена размещают отдельно в зависимости от их качества. Особое внимание при размещении обращают на необходимость сохранения сортовой чистоты семян, кроме того, надо избежать смешивания различных сортов, культур. Рекомендуемая высота штабелей приведена в таблице 12. Неклассные по влажности и чистоте партии семян подвергают послеуборочной обработке.

12. Рекомендуемая высота штабеля при хранении семенного зерна в сухом состоянии (число рядов мешков)

Культура	Температура семян, °С	
	ниже 10	выше 10
Пшеница, рожь, овес, ячмень, гречиха	8	8
Горох, чечевица, фасоль и другие бобовые	8	6
Рис, просо	6	4
Подсолнечник, сафлор	8	6
Лен	8	6
Соя, клеверина, арахис, горчица.	6	4
рыжик, рапс, лямлеманция, перилла, кунжут, мак		

Хранение семенного зерна. Главная задача хлебоприемного предприятия – это сохранение и улучшение всхожести и энергии прорастания семян. Основные причины снижения всхожести семян при хранении приведены ниже. При интенсивном дыхании зерна с повышенной влажностью в межзерновом пространстве накапливается диоксид углерода и клетки зерна погибают от воздействия этилового спирта – продукта анаэробного дыхания. Сухие семена дышат слабо. Их всхожесть сохраняется даже при хранении высоким слоем.

Важнейший фактор снижения всхожести семян – это активное развитие микроорганизмов, клещей и насекомых. Самсогревание существенно снижает всхожесть зерна. Охлаждение семян с влажностью выше критической отрицательно влияет на всхожесть. Чем влажность выше, тем чувствительнее семена к холоду.

Различные виды и методы послеуборочной обработки могут привести к снижению всхожести семян. Всхожесть снижается в результате травмирования, перегрева в процессе сушки, дезинсекции семян и т.д. С увеличением продолжительности хранения всхожесть постепенно снижается.

Анализ причин, влияющих на всхожесть и энергию прорастания семян, показывает, что основной режим хранения – это хранение в сухом, очищенном и охлажденном состоянии. В зависимости от сроков хранения влажность семян должна быть различной. Длительное хранение возможно при влажности ниже критической на 2%. Непродолжительно хранят зерно при влажности 1...1,5% ниже критической. Охлаждать семена допускается до температуры ниже 5...10°С. Для успешного хранения семенного зерна необходимо постоянно и тщательно наблюдать за его состоянием (табл. 13).

13. Сроки наблюдений за температурой семян

Состояние по влажности	Свежеубранные семена в течение 3 мес с момента поступления	При температуре насыпи		
		0°С и ниже	от 0 до 10°С	10°С
Сухое	Раз в 3 дня	1 раз в 15 дней	1 раз в 15 дней	1 раз в 10 дней
Средней сухости	Раз в 2 дня	1 раз в 10 дней	1 раз в 10 дней	1 раз в 5 дней
Влажное	Ежедневно	1 раз в 7 дней	1 раз в 5 дней	Ежедневно

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы правила для формирования крупных однородных партий зерна и семян на хлебоприемных предприятиях? 2. Какие мероприятия обеспечивают сохранность зерновых масс и выполнение задач в области хранения зерна и продуктов его переработки?

ЭЛЕВАТОРЫ И СКЛАДЫ

Глава X

СТРУКТУРА ЭЛЕВАТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

§ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ХЛЕБОПРИЕМНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Государственные заготовки призваны обеспечить поступление необходимой для планомерного развития всего народного хозяйства товарной продукции сельскохозяйственного производства. Они позволяют государству сосредоточить в своих руках основную массу товарных ресурсов сельского хозяйства. В условиях товарно-денежных отношений при социалистическом способе производства заготовки — основная форма экономической связи города и деревни промышленности и сельского хозяйства. Государственные заготовки зерна являются связующим звеном между производством и потреблением сельскохозяйственной продукции.

Элеваторная промышленность, являясь важным звеном агропромышленного комплекса страны, призвана обеспечить бесперебойную приемку, послеуборочную обработку, рациональное размещение и хранение зерна, поступающего по заготовкам в государственные ресурсы. Для размещения принятого от колхозов и совхозов зерна в стране организована сеть зернохранилищ как в местах производства зерна, так и в местах его потребления. Необходимость зернохранилищ и значительные размеры их вместимости обусловлены сезонностью поступления зерна и равномерным расходом его в течение всего года. В целом по стране зерно заготавливают в течение 2...3 мес, а потребляют на протяжении всего года, т.е. зернохранилища осуществляют единый государственный хлебооборот и дают возможность государству свободно маневрировать хлебными запасами.

На элеваторную промышленность, которая является технической базой системы государственного централизованного хлебооборота, возложены следующие основные обязанности:

принимать зерно в зависимости от района выращивания в течение 15...30 дней;

обработать зерно (очищать, сушить, вентилировать и др.); на послеуборочную обработку зерна приходится более 30% всех трудовых затрат при возделывании зерновых;

длительно хранить зерно (в зависимости от качества и его назначения);

принимать от семеноводческих хозяйств сортовое семенное зерно, семена трав, гибридные и сортовые семена кукурузы, обрабатывать их, хранить, снабжать ими колхозы и совхозы;

транспортировать зерно в районы потребления и экспорта;

обеспечивать зерном необходимого качества перерабатывающие предприятия (мукомольные, крупяные и др.);

снабжать (обеспечивать) население страны продуктами переработки зерна; в настоящее время из централизованных фондов снабжается более 90% населения страны;

хранить государственные запасы на случай неурожая, стихийных бедствий и др.

Зернохранилища и зерносушилки являются основными как при развитии технической базы элеваторной промышленности, так и при распределении выделенных лимитов капитальных вложений. Зернохранилищами располагают не только хлебоприемные, но и зерноперерабатывающие предприятия. Это элеваторы, зерновые склады, металлические силосы, более 95% которых оснащены средствами стационарной механизации.

Проектирование и строительство хлебоприемных предприятий осуществляются на основании технико-экономических обоснований. На выбор района и точки расположения хлебоприемного предприятия оказывает влияние много факторов — объемы и расстояние доставки зерна, наличие автомобильных, железнодорожных и водных путей, наличие населенных пунктов, источники энерго- и водоснабжения и др.

Действующая сеть хлебоприемных предприятий нашей страны является довольно разветвленной и включает железнодорожные станции, пристани, города, районные центры и другие населенные пункты (рис. 38). Характеристику хлебоприемных предприятий, их развитие и экономическую оценку определяют с учетом выполняемых функций, географического расположения, характера работы и др.

В системе хлебопродуктов имеются следующие предприятия, которые принимают, обрабатывают, хранят и отгружают зерно:

1. Элеваторы — это предприятия для хранения и обработки зерна, на которых основными производственными объектами являются зерновые элеваторы.

2. Хлебоприемные предприятия, на которых вся или основная часть вместимости состоит из зерновых складов.

3. Реализационные базы — предприятия для снабжения мукой и крупой близлежащих потребителей.

4. Кукурузообрабатывающие заводы для подготовки гибридных и сортовых семян кукурузы.

5. Мукомольные заводы — предприятия для производства муки.

6. Крупяные заводы — предприятия для производства крупы.

7. Комбикормовые заводы — предприятия, предназначенные для производства комбикормов и белково-витаминных добавок.

На мукомольных, крупадных и комбикормовых заводах основными производственными объектами являются элеватор, перерабатывающий цех и цех (склад) готовой продукции.

8. Комбинаты хлебопродуктов. В качестве основных производственных объектов имеют элеваторы и зерновые склады, мукомольные, комбикормовые или крупадные заводы, цехи (склады) готовой продукции.

В зависимости от расположения хлебоприемных предприятий (элеваторов) они могут быть линейными (на линиях железных дорог), пристанскими (на речных пристанях), глубинными (расположенными вдали от железных дорог и пристаней).

По характеру работы хлебоприемные предприятия (элеваторы) можно разделить на:

заготовительные, основное назначение которых производить приемку зерна от колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий по заготовкам, формировать однородные партии, обрабатывать, хранить и отгружать по назначению;

перевалочные, основное назначение которых производить приемку и перевалку зерна с одного вида транспорта на другой (с воды на железную дорогу или наоборот, с железной дороги узкой колеи на железную дорогу обычной колеи). На этих предприятиях зерно обрабатывают и хранят;

базисные, основное назначение которых — хранение крупных партий зерна. На этих предприятиях, помимо приемки и отгрузки, применяют очистку и сушку зерна. Базисные предприятия в ряде случаев выполняют функции заготовительных предприятий (элеваторов);

портовые, основное назначение которых — приемка с железнодорожного транспорта крупных партий зерна и отгрузка его на морские суда. Обработка зерна осуществляется в основном до необходимых кондиций;

производственные, основное назначение — приемка зерна, обработка его до кондиций, требуемых для переработки и хранения определенных оперативных запасов зерна;

хлебные базы, основное назначение которых — приемка зерна, обработка и длительное его хранение.

Основной потребитель зерна — мукомольно-крупадная и комбикормовая промышленность, которая перерабатывает в муку, крупу и комбикорма более 80% всего товарного зерна. В качестве сырья зерно используют также в крахмал-паточной, спиртовой и пивоваренной и других отраслях промышленности, где в качестве основных производственных сооружений имеются зернохранилища, оснащенные необходимым технологическим и транспортным оборудованием.

Следует учитывать, что вышеперечисленные хлебоприемные предприятия

с учетом отмеченных классификационных признаков в отдельных случаях выполняют технологические и транспортные операции, отличные от рассматриваемого хлебоприемного предприятия (элеватора).

§ 2. СКЛАДЫ ДЛЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ

При производстве сельскохозяйственной или промышленной продукции образуются определенные запасы, которые обуславливают необходимость складов. Строительство складов, их техническое оснащение и эксплуатация всегда сопряжены с издержками, которые тем ниже, чем выше концентрация запасов продукции. Однако зерновые склады (зернохранилища) принципиально отличаются от складов промышленной продукции не только по конструкции, техническому оснащению, но и по требованиям, предъявляемым к ним.

Зерновые склады — это в основном специализированные хранилища, они не универсальны, как обычные промышленные склады. Большие поступления зерна и сезонность работы по приемке и обработке неизбежно связаны с механизацией технологических и транспортных операций, которая удорожает строительство, но вместе с тем удешевляет эксплуатацию.

Сезонность зернового производства вызывает необходимость иметь зернохранилища большой вместимости и загрузки их в короткий промежуток времени. Разгружают зернохранилища более равномерно в течение всего года.

Интегральные кривые заготовок и потребления (рис. 39, а) показывают суммарное количество зерна, заготовленного и отгруженного для потребления в различные периоды года. Разность ординат показывает переходящий остаток зерна на соответствующий период. Наибольшее количество зерна накапливается к концу уборки и завершению заготовок.

Паспортную вместимость проектируемых зернохранилищ E_n (т) определяют по формуле

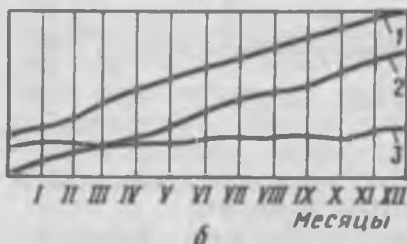


Рис. 39. Интегральные кривые:

а — заготовок и потребления зерна; б — производства и потребления продукции; 1 — кривая заготовок (производства); 2 — кривая потребления; 3 — кривая остатков

$$E_{\text{п}} = (A + O - B) k - E_{\text{с}},$$

где A – общее количество заготавливаемого зерна; O – планируемый переходящий остаток зерна на начало заготовок (15% от годового поступления); B – планируемый объем отгрузки в течение месяца периода заготовок; $E_{\text{с}}$ – паспортная вместимость зернохранилищ, подлежащих списанию; k – средневзвешенный коэффициент на размещение различных зерновых культур.

В промышленных складах (рис. 39, б) вместимость определяется почти одинаковым на протяжении всего года переходящим остатком. Поступление промышленной продукции в склад и его разгрузка происходят более равномерно на протяжении всего года.

Коэффициент грузооборота промышленных складов, как правило, больше единицы. Следовательно, их вместимость используется лучше, чем вместимость зернохранилищ.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕРНОХРАНИЛИЩ

Зернохранилища можно классифицировать по ряду показателей, характеризующих способ хранения, степень механизации, расположение, материал, который использовали при строительстве, продолжительность хранения и др.

Зерно можно хранить как в таре, так и без нее, т.е. насыпью. Последнее, в свою очередь, подразделяют на напольное, складское закромное и силосное хранение. Зерно в таре в настоящее время не хранят, кроме семенного отдельных культур.

Для напольного хранения используют временные хранилища, т.е. бунты на открытых площадках, склады напольного хранения (с горизонтальными или наклонными полами), оборудованные передвижной или стационарной механизацией. Напольное хранение может быть и в многоэтажных складах.

В элеваторной промышленности напольное хранение достаточно широко распространено. К недостатку этого способа следует отнести то, что такое хранение ограничено высотой насыпи зерна (5,0...5,5 м) и при больших объемах его поступления требует значительных площадей и, следовательно, сравнительно больших капиталовложений. Кроме того, зерно в складе не может быть разделено на отдельные секции, поэтому в некоторых случаях при необходимости прибегают к складскому хранению. Однако его применяют в ограниченных размерах и в основном в небольших сельскохозяйственных складах для семенного зерна.

Такие культуры, как рис, просо, подсолнечник, кукуруза, рапс, целесообразно хранить в зерновых складах.

Наиболее прогрессивный способ хранения зерна – силосный, который занимает особое место в элеваторной промышленности. Под силосом понимают такое зернохранилище, у которого высота более чем в 1,5 раза превышает его поперечный размер. Силосное хранение обеспечивает 100 %-ную механизацию и наименьший уровень издержек на 1 т грузооборота.

По расположению зернохранилища бывают надземные и подземные. Надземные обладают определенными преимуществами по сравнению с подземными. Надземные зернохранилища строят на поверхности земли, что позволяет избежать появления грунтовых вод. Такие хранилища не испытывают давления грунта и значительно экономичнее. К недостатку надземных зернохранилищ следует отнести то, что зерновая масса быстрее изменяет температуру вслед за температурой окружающей среды. Температурный режим при подземном хранении зерна держится почти постоянным (6...10°С). Однако подземные зернохранилища могут быть построены только в районах с сухими грунтами, и из-за большой стоимости их не применяют.

Зернохранилища могут быть деревянные, каменные, железобетонные, металлические и пленчатые (пневмонадувные и пневмокаркасные). Наибольшее распространение при строительстве получили такие материалы, как камень и железобетон. Деревянные зернохранилища, несмотря на свои преимущества (хорошая гигроскопичность, низкая теплопроводность и др.), в настоящее время не строят из-за большой пожарной опасности и дефицита дерева как строительного материала.

Металлические зернохранилища до последнего времени в нашей стране широко не применяли. Это объясняется в основном тем, что металл хорошо проводит тепло и дефицитен. В последние годы наряду с железобетонными элеваторами нашли применение металлические силосы вместимостью 1500...3000 т, при строительстве которых в 1,5...2 раза сокращается срок ввода объектов в эксплуатацию и в 2...3 раза снижается трудоемкость строительных работ по сравнению с железобетонными.

§ 4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЗЕРНОХРАНИЛИЩАМ

К зернохранилищам предъявляют много требований, которые направлены на обеспечение сохранности зерна с минимальными потерями без снижения качества и с наименьшими издержками. Все требования, предъявляемые к зернохранилищам, можно подразделить на: технологические, конструктивные, эксплуатационные и экономические.

В первую очередь зернохранилище должно удовлетворять технологическим требованиям — обеспечивать количественную и качественную сохранность зерна. Биохимические особенности зерновой массы должны учитываться при приемке, обработке, хранении и отпуске. Влажность, температура зерна и развитие микроорганизмов — эти факторы действуют одновременно. Чем больше температура, тем активнее процесс дыхания и развитие микрофлоры. При достижении определенных пределов эти факторы вызывают самосогревание зерновой массы.

Для обеспечения сохранности качества зерна к стенам и полам предъявляют такие требования, как малая теплопроводность и хорошая гигроскопичность. Зернохранилища должны исключать проникновение влаги внутрь помещения. Во избежание проникновения грунтовых вод и

увлажнения зерна между фундаментом и стеной прокладывают изоляционный слой. Зерно при хранении не должно нагреваться и подвергаться резким изменениям температуры. В зернохранилищах должны исключаться условия, способствующие развитию вредителей.

Размещение отдельных партий зерна с учетом количественно-качественной характеристики требует того, чтобы в зернохранилищах были соответствующие силосы, бункера.

Очистка и сушка зерна обуславливают необходимость иметь в зернохранилищах зерноочистительное и сушильное оборудование. Состав и производительность технологического оборудования должны соответствовать количеству и качеству поступающего зерна.

Технологический процесс в зернохранилищах сопровождается выделением пыли и образованием отходов. Поэтому надо предусматривать аспирационные установки и специальные бункера для отходов. Зернохранилище должно быть прочным, противодействовать давлению зерна, давлению ветра и разрушающему действию атмосферных условий.

Особенности зерновой массы как сыпучего материала имеют положительные и отрицательные стороны. Положительно то, что все процессы с зерном можно легко механизировать, а отрицательно – зерно передает давление не только на пол, но и на стены. Поэтому их рассчитывают с учетом этого давления.

Зернохранилища должны иметь хорошую связь с подъездными путями и располагать необходимой мощностью силовой станции. В целом зернохранилища должны быть оптимально экономичны и отвечать требованиям охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и гражданской обороны. Таким образом, это не просто хранилища, а сложное производство, которое необходимо хорошо знать, умело руководить и управлять всем технологическим процессом.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова структура элеваторной промышленности? 2. Расскажите о классификации зернохранилищ. 3. Какие требования предъявляют к зернохранилищам?

Г л а в а X I

УЧАСТОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ПРЕДПРИЯТИЯ

§ 1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УЧАСТКУ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Объемы капитальных затрат на строительство зернохранилищ и размеры эксплуатационных расходов в значительной степени зависят от того, насколько правильно выбран участок для строительства. Поэтому выбору участка уделяется особое внимание. Выбор участка для строи-

тельства зернохранилища должен быть обоснован специальными изысканиями, подтверждающими целесообразность строительства в данном месте. Должны быть проверены экономическая целесообразность и техническая возможность строительства зернохранилища в намеченном пункте.

При решении вопроса о пункте строительства зернохранилища для приемки зерна от хлебосдатчиков им прежде всего подлежит рассмотреть правильный выбор величины вместимости. Последняя зависит от размеров пахотной площади, величины средней урожайности и т.д. При окончательном решении этого вопроса следует учитывать потребность вместимости на ближайшую (5...15 лет) или более отдаленную перспективу (15...25 лет). При этом следует проверить возможность кооперирования на одной площадке зернохранилищ, мукомольного завода и других родственных предприятий. Такое кооперирование увеличивает степень использования всех подсобных сооружений и устройств, имеющих на площадке (железнодорожные пути, электроустановки, санитарно-гигиенические устройства и др.), и, таким образом, значительно повышает экономическую эффективность предприятия в целом.

К участку, на котором предполагается строить зернохранилище, предъявляются большие требования: участок, выбираемый для строительства, должен иметь относительную ровную поверхность и уклон, обеспечивающий отвод поверхностных вод: планировка участка не должна быть связана с выполнением большого объема земляных работ.

Рекомендуемыми уклонами для участка следует считать уклон 0,003...0,03. Расположение его должно быть более близким, насколько это разрешают специальные нормы, к железнодорожной станции. У реки участок должен располагаться на незатопляемом берегу, около которого проходит фарватер и в то же время отсутствуют заносы песком. Затопляемые внешними и дождевыми водами участки непригодны, а с высоким стоянием грунтовых вод (ближе 2 м) нежелательны.

Грунт участка должен быть с несущей способностью, пригодной для строительства складов и элеваторов. Элеваторы являются инженерными сооружениями с очень большими нагрузками на грунты основания, достигающими (3...4) 10^5 Па под подошвой фундаментов. Поэтому правильной оценке несущей способности грунтов основания придается особое значение. Для этой цели необходимы широкие инженерно-геологические разведочные, буровые и шурфовочные работы для изучения геологической структуры грунтов.

На основе методов инженерной геологии производят расчеты несущей способности грунта основания и составляют прогноз осадки, что особенно важно. Дело в том, что рабочее здание элеватора и силосный корпус — это сооружения огромной массы. Вследствие этого в процессе эксплуатации происходят значительные осадки сооружений на 20...50 см. Для такого сооружения, как элеватор, осадка является следствием остаточной деформации грунта основания. Поэтому после окончатель-

ного обжатия грунта при загрузке в первые годы эксплуатации положение сооружений стабилизируется и в таком состоянии последнее переходит на обычный многолетний режим работы.

При выборе участка планировочные отметки территории должны назначаться с учетом следующих требований:

1. Сохранения по возможности естественного рельефа.
2. Выполнения минимального объема земляных работ с соблюдением баланса работ по выемке и насыпке грунта.
3. Планировочные отметки поверхности должны быть увязаны с отметками полов нижних этажей зданий.
4. Размещение земляных масс не должно создавать условия для появления оползневых и просадочных явлений, не должно нарушать режим грунтовых вод и заболачивания территории.

При выборе и оценке площадки для строительства решающим фактором служит возможно более низкое стояние грунтовых вод.

Строящееся предприятие желательно располагать вблизи населенного пункта, но вне его застроенной территории. При этом облегчаются укомплектование штата и расселение рабочих и служащих. Для них создаются более благоприятные условия (школы для детей, больницы, продовольственные магазины и т.п.). При выборе участка около населенного пункта необходимо учитывать направление господствующих ветров (розу ветров). Это позволит расположить строящееся предприятие так, чтобы ветер относил зерновую пыль, отработавшие газы из зерносушилки или после газации зерна в противоположную сторону от жилых домов. В северных районах и в районах с большими снежными осадками желательно предусматривать, чтобы господствующий ветер дул зимой вдоль участка и очищал его от снега, а на юге — поперек, так как в этом случае хорошо продуваются склады и сапки. Крайне нежелательно, чтобы на участке нового строительства пришлось сносить существующие постройки, и особенно жилье.

Участок должен иметь достаточный по дебиту источник водоснабжения, дающий воду нужного качества. Для обеспечения водой целесообразно использовать систему водоснабжения соседней железнодорожной станции, города и т.п. При отсутствии такой возможности сооружают собственную установку. За источник водоснабжения в этом случае принимают артезианскую скважину. Система водоснабжения должна предусматривать достаточный запас воды и необходимые средства пожаротушения согласно действующим нормам.

При выборе участка для строительства зернохранилища следует учитывать возможность получения электроэнергии от соседней электростанции или высоковольтной линии. В этом случае устраивают трансформаторную подстанцию. Следует учитывать возможность удобного подведения железнодорожного пути, автомобильных дорог, а в нужных случаях и устройство удобной связи с береговыми причалами. При выборе площадок обязательно сравнение технико-экономической оценки разных вариантов.

После выбора участка на местности его необходимо заснять, приготовив детальный план в горизонталях. Съемка плана местности производится геодезическими методами и сводится в основном к измерению расстояний между отдельными точками, специально закрепленными на местности, измерению углов между линиями, соединяющими эти точки, и измерению превышения этих точек над уровнем Балтийского моря (форт Кронштадта).

§ 2. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ПРЕДПРИЯТИЯ

Помимо правильного выбора участка, не менее важно рационально использовать его и благоустроить, т.е. составить генеральный план предприятия. Для упорядочения проектирования в СССР на основе многолетнего опыта разработана серия Типовых генеральных планов размещения сооружений на площадках зернохранилищ разных типов, вместимостей и назначения. При проектировании строительства зернохранилищ необходимо учитывать требования, установленные законом государственных норм СНиП (Строительные нормы и правила). Эти нормы строго и точно устанавливают ряд требований и условий, которым должен удовлетворять проект будущего сооружения.

Типовые проекты разрабатывают на основе тщательного и всестороннего изучения эксплуатационных условий их будущей работы, внедрения новейших методов строительства и т.п. Типовые генеральные планы предусматривают применение только типовых проектов всех сооружений. Это облегчает выполнение строительства, создает возможность быстрого обеспечения строительства всем оборудованием, позволяет обеспечить высокое качество производства работ, так как рабочие и технический персонал, работая на сооружении одних и тех же объектов, приобретает опыт.

Генеральный план предприятия представляет из себя увязку в плане всех основных, вспомогательных и подсобных зданий и сооружений, всевозможных подъездных путей, линий энергоснабжения и водоснабжения (надземных и подземных).

Требования пожарной безопасности обуславливают необходимость установления определенных разрывов между зданиями и сооружениями и в обеспечении удобного и быстрого передвижения пожарных автомобилей ко всем объектам предприятия. На территории устанавливают закольцованный пожарный водопровод, имеющий исчерпываемый источник водоснабжения или запасные баки для воды объемом 250...500 см³ с 3-часовым запасом для тушения пожара. Расстояние между гидрантами не должно превышать 50...100 м, чтобы воду можно было подавать к любому месту не менее чем из двух гидрантов.

Санитарные нормы не допускают, чтобы рядом с элеваторами, мукомольными, крупяными и комбикормовыми заводами располагались химические предприятия, ветеринарные лечебницы и т.д. Вместе с тем

эти предприятия нельзя размещать рядом с больницами, санаториями, детскими садами. Необходимо строгое соблюдение требований санитарных норм по устройству разрывов от химических предприятий, кожевенных заводов и т.п. Соблюдение этого условия приобретает особую важность, так как зерно является органическим продуктом, легко адсорбирующим посторонние запахи и поддающимся заражению.

По санитарной классификации, принятой в СССР, санитарно-защитная зона от границ участка зернохранилищ до соседних сооружений и жилых кварталов должна составлять не менее 100 м. Нельзя располагать элеваторы и зерноперерабатывающие предприятия вблизи аэродромов, поскольку высокие рабочие здания элеваторов опасны для полетов самолетов.

При компоновке зданий и сооружений на территории необходимо обеспечивать:

1. Поточность производственного процесса и полную ликвидацию встречных и пересекающихся направлений грузовых потоков и в связи с этим минимальную протяженность автомобильных и железнодорожных путей.

2. Минимальную площадь участка с учетом возможности ее дальнейшего расширения. Конфигурацию территории желательно выбирать в виде прямоугольника, так как в этом случае она хорошо увязывается с подъездными путями и требует минимальных расходов на ограждение, устройство пожарного водопровода и т.д.

К основным производственным объектам относятся: элеваторы с их приемно-отпускными устройствами, склады для зерна, зерносушилки, мукомольные, крупяные и комбикормовые заводы со складами готовой продукции, здания основной и вспомогательной лабораторий, помещения для автомобильных и вагонных весов.

К подсобным сооружениям относят: склады топлива и горючего, трансформаторные подстанции, насосные станции, подземные резервуары для воды, слесарно-механические, жестяницкие, электроремонтные, столярные мастерские и кузницы, депо для мотовоза, гаражи для автомобильного транспорта, пожарное депо, проходные, склады ядохимикатов, вольеры для собак и т.д.

Для персонала предприятия должны быть устроены раздевалки с индивидуальными шкафчиками для рабочей и личной одежды и душевые с горячей водой. В этих же помещениях должны быть установки для обеспыливания одежды. На территории обязательно предусматривают устройство буфета с кипятильником или столовой, пункта для оказания первой помощи при несчастных случаях. Для снижения стоимости строительства следует стремиться максимально объединять отдельные помещения родственного назначения (контора с лабораторией, подсобный корпус). Трансформаторные подстанции стремятся размещать в подсиловом помещении или здании мельницы.

Все сооружения должны быть увязаны между собой в зависимости

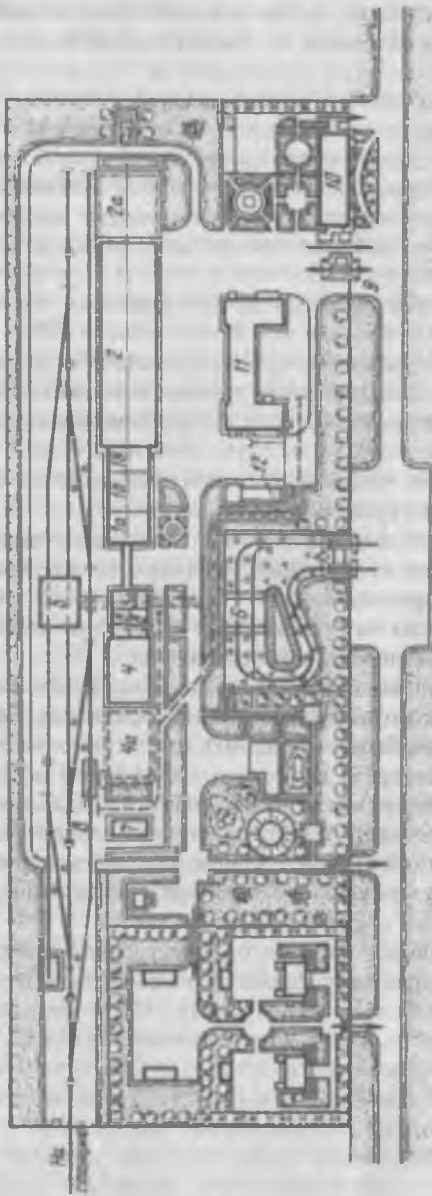


Рис. 40. Типовой генеральный или мукомольный комбинат:

1а - расширение складов готовой продукции; 1б - взвешивное отделение; 1в - выдвинутое отделение; 2 - склад готовой продукции; 2а - расширение склада готовой продукции; 3а - рабочее здание элеватора; 3б - точка зерносушилки; 3в - диспетчерская; 4 - силовой корпус; 4а - вторая очередь силового корпуса; 5 - приемное устройство для зерна с железнодорожного транспорта; 6 - приемное устройство для зерна с автомобильного транспорта; 7 - склад угля; 8 - склад угля; 9 - автомобильные весы; 10 - административный корпус с лабораторией; 11 - лаборатория; 12 - трансформаторная подстанция.

от их участия в производстве с таким расчетом, чтобы их будущая производственная деятельность проходила при минимально возможных затратах труда, времени и средств, чтобы при этом был создан образцовый санитарно-гигиенический режим и обеспечена безопасность работающих людей.

Вдоль наружных стен основных зданий следует устранить асфальтовые отмостки для защиты от проникновения ливневых вод в пазухи фундаментов. Эти отмостки должны иметь ширину не менее 2 м и иметь уклон $1/20$ в сторону от здания. Обычно эти отмостки связывают с лотком для отвода воды. Отвод поверхностных вод следует предусматривать по кратчайшему расстоянию вниз по рельефу местности. Всегда следует помнить, что правильно устроенная и грамотно эксплуатируемая система поверхностного водоотвода необходима для обеспечения подвальных помещений от проникновения в них воды, а также для защиты грунтов основания от увлажнения. Несущая способность грунтов прежде всего зависит от их влажности. Чем меньше содержится в грунте влаги, тем выше его несущая способность и, следовательно, устойчивость элеватора. Покрытие территории предприятия обычно бывает асфальтовым. Незамощенную часть территории обсаживают зелеными насаждениями — деревьями и кустарниками.

Расположение сооружений хлебоприемного элеватора определяется схемой компоновки основных сооружений элеватора и связанных с ним складов для зерна. Хлебоприемный элеватор должен иметь развитой фронт приемных устройств из автомобильного транспорта и такой же фронт для погрузки зерна в железнодорожные вагоны.

Генеральные планы производственных, портовых, перевалочных и других элеваторов несколько отличаются от хлебоприемных. Генеральный план мукомольного комбината (рис. 40) предусматривает размещение рабочего здания элеватора и силосного корпуса в одну линию с зерноперерабатывающим предприятием. В отдельных случаях при отсутствии такой возможности элеватор размещают против зерноперерабатывающего предприятия так, чтобы рабочее здание находилось против зерноочистительного отделения мукомольного завода и соединялось с ним галереями.

Отличие генерального плана портового элеватора от генеральных планов хлебоприемных и производственных элеваторов объясняется различным характером работ этих предприятий. Портовый элеватор, как правило, принимает зерно из железнодорожных вагонов, барж и отгружает на суда. Это отличие наряду с более компактным размещением сооружений вызвано ограниченными площадями портовых территорий, требует другой компоновки сооружений. При решении генерального плана портового элеватора предусматривают: минимальную протяженность территории вдоль причальной линии, возможность одновременного прищвартовывания двух судов.

§ 3. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ, ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ И ВОДНЫЕ ПУТИ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Работа зернохранилищ тесно связана с транспортом. От его успешной работы зависит поступление зерна, а также бесперебойное передвижение его к потребителю. Поэтому при разработке генерального плана предприятия необходимо обеспечить возможность удобного подхода к нему всех видов транспорта.

Автомобильные дороги предприятия должны быть связаны с сетью таких же местных дорог и должны иметь покрытие, обеспечивающее проезжие состояние в течение года, и особенно в период заготовок зерна. Перед въездом на территорию должна быть предусмотрена достаточных размеров площадка для стоянки автомобилей. Перед въездными воротами размещается визировочная платформа с лабораторией для предварительного определения качества зерна. При въезде на территорию на расстоянии 10...12 м от ворот располагают автомобильные весы.

Для устранения встречных пересекающихся проездов на предприятии устанавливают не менее двух автомобильных весов — одни для взвешивания автомобилей брутто и одни для взвешивания тары. На комбикормовых заводах перед автомобильными весами (по требованию органов санитарного надзора) предусматривают бетонные приямки, заполненные дезинфицирующим составом для очистки колес автомобилей.

Автомобильные дороги проектируют без пересечения потоков автомобильного транспорта, принимая ширину на два параллельных ряда автомобилей (5,5...6 м) с устройством площадок для разворота автомобилей.

Железнодорожные пути в значительной мере оказывают влияние на компоновку генерального плана. Протяженность и схема железнодорожных путей должны быть достаточными для бесперебойной подачи и проезда запланированного числа вагонов, отвечать расчетам и правилам эксплуатации. Сложность строительства железнодорожных путей, оснащение их средствами сигнализации и необходимость подсобных помещений делают их довольно дорогими. Поэтому в каждом отдельном случае особо подходят к выбору схемы и общей протяженности железнодорожных путей, которые зависят от количества одновременно подаваемых вагонов и состава сооружений предприятия.

Проектирование железнодорожного пути начинают с определения точки примыкания его к пути железнодорожной станции. С этой точки начинается подъездной путь предприятия. При определении числа и длины путей исходят из их вместимости, которая измеряется числом вагонов, устанавливаемых от места грузовой операции до предельного столбика или упора.

Железнодорожные пути на территории предприятия служат для установки прибывающих вагонов, предназначенных для погрузки или раз-

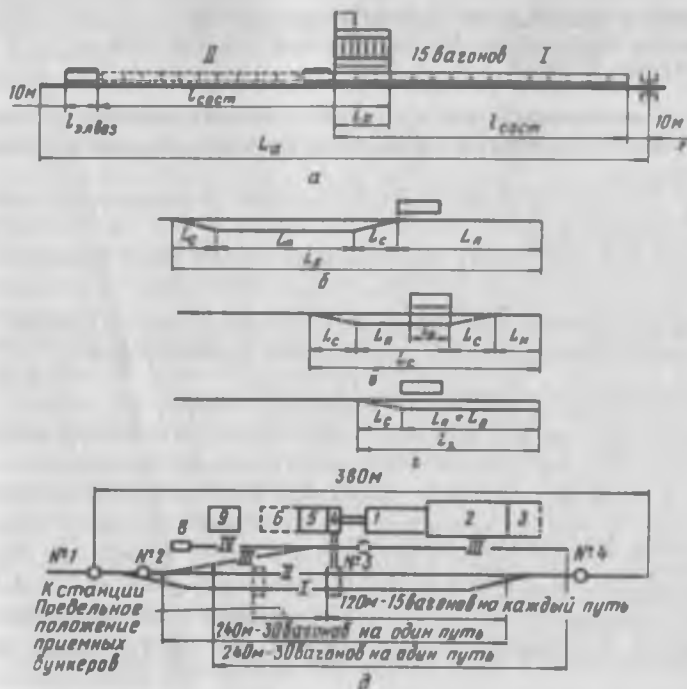


Рис. 41. Схема железнодорожных путей:

1 – мукомольный завод; 2 – склад готовой продукции; 3 – участок для расширения склада; 4 – рабочее здание элеватора; 5 – силосный корпус; 6 – участок для расширения элеватора; 7 – приемное устройство с железнодорожного транспорта; 8 – депо мотовоза; 9 – склад топлива

грузки (приемные пути); для производства погрузо-разгрузочных работ (рабочие пути); для передачи вагонов с одних путей на другие (маневровые пути) и для установки разгруженных (погруженных) вагонов (пути ожидания отправки).

В простейшем случае, когда на территории предприятия расположен один путь (рис. 41, а), поданный состав устанавливается в положении I, причем первые вагоны располагают около устройства для разгрузки (погрузки). По мере разгрузки (погрузки) вагонов состав занимает положение II. Общая длина рабочего участка в этом случае составит

$$L_a = 2l_{\text{сост}} + l_{\text{элвот}} - l_p + 10 + 10,$$

где $l_{\text{сост}}$ – длина состава, м; $l_{\text{элвот}}$ – длина электровоза, м; l_p – длина элеватора, м; 10 – запасная длина пути, остающаяся свободной перед электровозом, а также в конце поданного состава.

Минимальная длина фронта путей других схем (рис 41, б, в, г) соответственно составит

$$L_6 = L_{II} + 2L_c + L_0;$$

$$L_B = L_{II} + 2L_c + L_M;$$

$$L_T = L_{II} + L_c,$$

где L_{II} — длина приемного пути; L_0 — длина ожидания отправки; L_c — длина пути между предельным столбиком и стрелочным переводом; L_M — длина маневровых путей.

Если на территории предприятия приходится укладывать несколько железнодорожных путей, соединенных между собой стрелочными переводами, то при определении полной длины этих путей необходимо учитывать дополнительное расстояние между предельными столбиками, а также расстояние от предельного столбика до начала стрелочного перевода. Расстояние это зависит от принятой для данной марки крестовины (тангенс угла пересечения двух путей). Для железнодорожных путей применяют, как правило, марку крестовины $1/9$.

На рисунке 41, д показана схема железнодорожных путей мукомольного комбината, где предусмотрены разгрузка железнодорожных вагонов и их погрузка. Тепловоз подает все груженные вагоны на путь II, после чего он проходит по пути I и устанавливает поровну на I и II пути вагоны, подлежащие разгрузке, и уходит на станцию. По мере разгрузки вагоны при помощи мотовоза подают под погрузку на III путь. После разгрузки и погрузки вагоны устанавливают на I пути, с которого их тепловоз увозит на станцию. Для подачи вагонов к складу топлива и установки мотовоза в депо, а также для маневровых работ предназначен IV путь.

При размещении зернохранилищ у водного (морского) пути необходимо, помимо всего изложенного выше, соблюдать также специальные правила устройства гидротехнических сооружений. Основное внимание должно быть обращено на возможность удобного подхода судов к ним и на достаточные глубины судового хода, допускающие максимальную осадку груженных зерном судов. В равной мере должна быть предусмотрена необходимая протяженность причального фронта с тем, чтобы была обеспечена возможность размещения средств механизации и по всей длине судна, что необходимо для одновременной разгрузки или погрузки всех трюмов.

Связь зернохранилища с водными причалами может быть осуществлена различно в зависимости от того, как располагается зернохранилище: непосредственно на берегу или находится в глубине территории. Большое разнообразие природно-климатических условий и огромные капиталовложения, связанные с сооружением водных приемно-отпускных устройств, в каждом отдельном случае требуют индивидуального подхода к выбору места и устройства причала.

Экономичность генерального плана характеризуется рядом показателей, основными из которых являются площадь участка, плотность застройки и число отдельных сооружений.

Рациональное использование территории предприятия и ее благо-

устройство определяются коэффициентами застройки (K_3), мощеная (K_M) и озеленения (K_{O_3}), значения которых (%) определяют следующим образом:

$$K_3 = \frac{\Sigma f}{F} 100; \quad K_M = \frac{F_M}{F} 100;$$

$$K_{O_3} = \frac{F_{O_3}}{F} 100,$$

где f – площадь каждого здания, m^2 ; F – площадь всей территории предприятия, m^2 ; F_M – суммарная площадь мощеная, m^2 ; F_{O_3} – суммарная площадь озеленения, m^2 .

В таблице 14 приведены основные показатели генеральных планов различных предприятий.

14. Показатели генеральных планов

Предприятие	Площадь участка, га	Плотность застройки, %	Число отдельных сооружений
Хлебоприемный элеватор вместимостью 100 тыс. т	6,5	20	16
Портовый элеватор	5,0	23	15
Мелькомбинат производительностью до 220 т/сут	4,5	20	14
Комбикормовый завод производительностью 315 т/сут	4,2	19	12
Рисозавод производительностью 300 т/сут	6,5	22	14
Мелькомбинат с крупяным и комбикормовыми цехами	6,7	22	21
Мелькомбинат производительностью 560 т/сут	7,3	22	14

Как видно из таблицы, плотность застройки предприятий находится в пределах 19...23%. Значительные колебания плотности застройки хлебоприемных предприятий обуславливаются структурной схемой расположения и взаимной увязки основных и вспомогательных сооружений. В перспективе показатель плотности застройки предприятий систем хлебопродуктов должен составлять 40%.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования предъявляют к генеральному плану? 2. Каковы особенности размещения автомобильных дорог, железнодорожных путей и водных путей?

ПОСЛЕУБОРОЧНАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА

§ 1. СУЩНОСТЬ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Послеуборочная обработка зерна — это сложный комплекс взаимосвязанных, технологических и транспортных операций по приемке, очистке, сушке и активному вентилированию зерна. Этот комплекс характеризуется неравномерным поступлением зерна, различным его качеством и многообразием оборудования с переменной производительностью. Цель послеуборочной обработки зерна — доведение его до состояния, стойкого при хранении, с минимальными потерями массы, минимальными затратами средств и времени. Практически на всех хлебоприемных предприятиях и элеваторах, расположенных в районах производства зерна, ведутся его приемка с автомобильного транспорта и послеуборочная обработка.

Технология послеуборочной обработки зерна непрерывно совершенствуется не только благодаря улучшению технического оснащения предприятий, но и в результате изменения характера и направленности мероприятий, воздействующих на состояние и качество свежубранного зерна. Технологические схемы послеуборочной обработки зерна в стране разнообразны, и на их характер влияют климатические условия каждой зоны, степень развития элеваторной промышленности района, нормы на качество зерна, отправляемого на перерабатывающие предприятия и т.д. Послеуборочную обработку зерна проводят как на предприятиях отрасли хлебопродуктов, так в колхозах и совхозах. Более 90% зерна валового сбора поступает из-под комбайнов на сельскохозяйственные пункты, где его обрабатывают и хранят до реализации по назначению. При этом более 60% валового сбора зерна остается в сельском хозяйстве, в котором основная часть зерна остается на семена и на кормовые цели.

Зерно после уборки можно обрабатывать по-разному, в зависимости от местных условий. Но выделяют три основных варианта:

все убранное зерно обрабатывают в колхозах и совхозах — это так называемая трехзвенная система: комбайн — ток — хлебоприемное предприятие;

все зерно обрабатывают на хлебоприемном предприятии, откуда колхозы и совхозы получают часть очищенного зерна в свое распоряжение, т.е. двухзвенная система: комбайн — хлебоприемное предприятие;

часть зерна, идущего государству в порядке закупок, обрабатывают на хлебоприемном предприятии, а часть, остающуюся в сельском хозяйстве, — на току или на зерноочистительном пункте.

Каждому из названных вариантов присущи свои достоинства и недостатки. К преимуществам трехзвенной системы относят снижение

транспортных расходов (уменьшается общий объем перевозок в результате устранения лишнего сора и влаги). Кроме того, мелкое зерно и кормовые отходы, остающиеся в колхозах и совхозах, используют в качестве корма, поэтому их не покупают у хлебоприемных предприятий.

Но эта система не позволяет обеспечить сохранность качества всего урожая, так как колхозные и совхозные токи в большинстве случаев недостаточно механизированы и на них невозможно обеспечить обработку зерна, которое часто хранят на открытых токах. Недостатком является также то, что работа на токах, оборудованных, как правило, машинами с разной производительностью, требует много рабочей силы, которой в период уборки не хватает.

Достоинство двухзвенной системы (комбайн — хлебоприемное предприятие) в том, что отпадает необходимость в строительстве токов в хозяйствах. Всю послеуборочную обработку зерна ведут на хлебоприемных предприятиях, что увеличивает производительность труда. Однако при такой организации послеуборочной обработки зерна колхозы и совхозы лишаются зерновых отходов и с них получают рефракционные удержания.

Несмотря на высокую техническую оснащенность сельскохозяйственных предприятий и значительные объемы работ, проводимые в хозяйствах, на хлебоприемные предприятия продолжает поступать зерно с высокой влажностью и засоренностью. Все это вызывает дополнительные расходы на организацию послеуборочной обработки зерна.

§ 2. ЧАСОВЫЕ ГРАФИКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ ПРИЕМКИ И ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Заготовка больших масс зерна в сжатые сроки, часто при неблагоприятных погодных условиях, требует особенно четкой организации его бесперебойной приемки, разгрузки, обработки и размещения на хлебоприемных предприятиях.

Решение данной проблемы стало возможным при комплексном подходе к организации работы с зерном по всему технологическому циклу, начиная с уборки урожая. В этом комплексном подходе первостепенное значение приобретают часовые графики и технологические карты хлебоприемных предприятий.

Часовой график доставки зерна представляет собой таблицу со следующими показателями:

1. Наименование совхозов и колхозов с указанием времени их работы (ночная или дневная смена).
2. Наименование токов и бригад совхозов и колхозов.
3. Общее количество зерна, подлежащее перевозке от токов и бригад в сутки.
4. Требуемое число и типы автомобилей, необходимых для перевозок зерна.

5. Фактическое расстояние от тока до хлебоприемного предприятия.

6. Расчетное время, затрачиваемое на один рейс (оборот) автомобиля.

7. Число рейсов (оборотов) в сутки.

8. Количество зерна и число рейсов, необходимых для его перевозки в течение суток.

Часовой график доставки зерна рассчитывают и составляют работники автомобильного транспорта, привлекаемые к заготовке, а также работники хлебоприемного предприятия и сельского хозяйства.

Внедрение часовых графиков позволяет на 30% ликвидировать потребность в автомобильном транспорте, сократить на 5...8 сут сроки сдачи зерна и увеличить объем суточного поступления зерна на хлебоприемные предприятия (рис. 42).

При внедрении почасовой доставки зерна важное место отводится узвке уборочно-транспортного процесса в хозяйствах с процессом приемки, размещения и обработки зерна на хлебоприемных предприятиях. Таким связующим звеном является технологическая карта, которая развивает план размещения зерна с учетом его качества и пропускной способности хлебоприемного предприятия.

Технологическая карта состоит из расчетной и графической частей. В расчетной части приводят данные об объемах суточных опера-

Объем поступления,
тыс. т

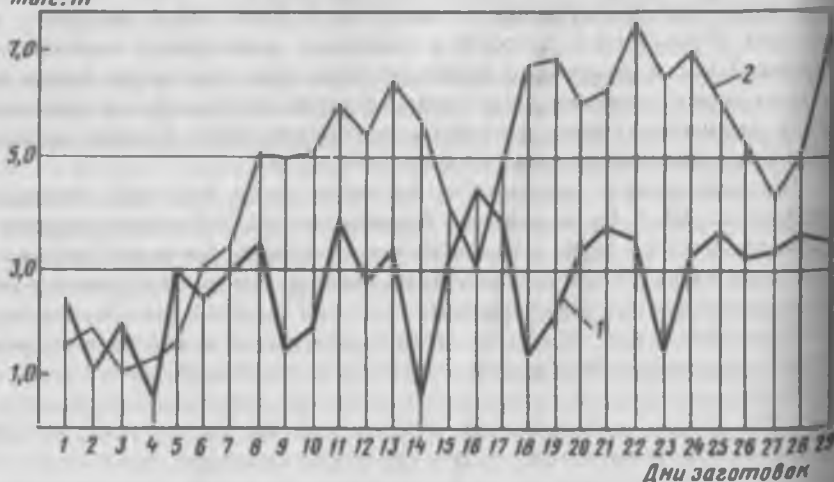


Рис. 42. Объемы суточного поступления зерна в период заготовок на Джалтырский элеватор:

1 — до внедрения часового графика; 2 — после внедрения часового графика

ций приемки по каждой технологической линии в зависимости от качества и состояния зерна. Здесь же данные о привязанной вместимости, планируемом поступлении зерна за весь и основной периоды заготовок, а также размещении его в хранилищах с учетом переходящего остатка и отгрузки по железной дороге. Эти данные перед заготовкой уточняют.

Графическая часть технологической карты (рис. 43) представляет собой генеральный план предприятия с нанесенными на него объектами, непосредственно участвующего в приемке, размещении, обработке, хранении и отгрузке зерна. На карте условно показаны границы действия каждой технологической линии, направления движения потоков автомобилей; на ней ежедневно проставляют данные о наличии зерна, его влажности и температуре в каждом зернохранилище.

Расчет и составление технологической карты включают следующие этапы: 1) расчет планируемого поступления зерна за период заготовок; 2) расчет пропускной способности визировочной лаборатории и автомобильных весов; 3) расчет объема суточных операций с зерном на технологических линиях; 4) порядок составления технологической карты.

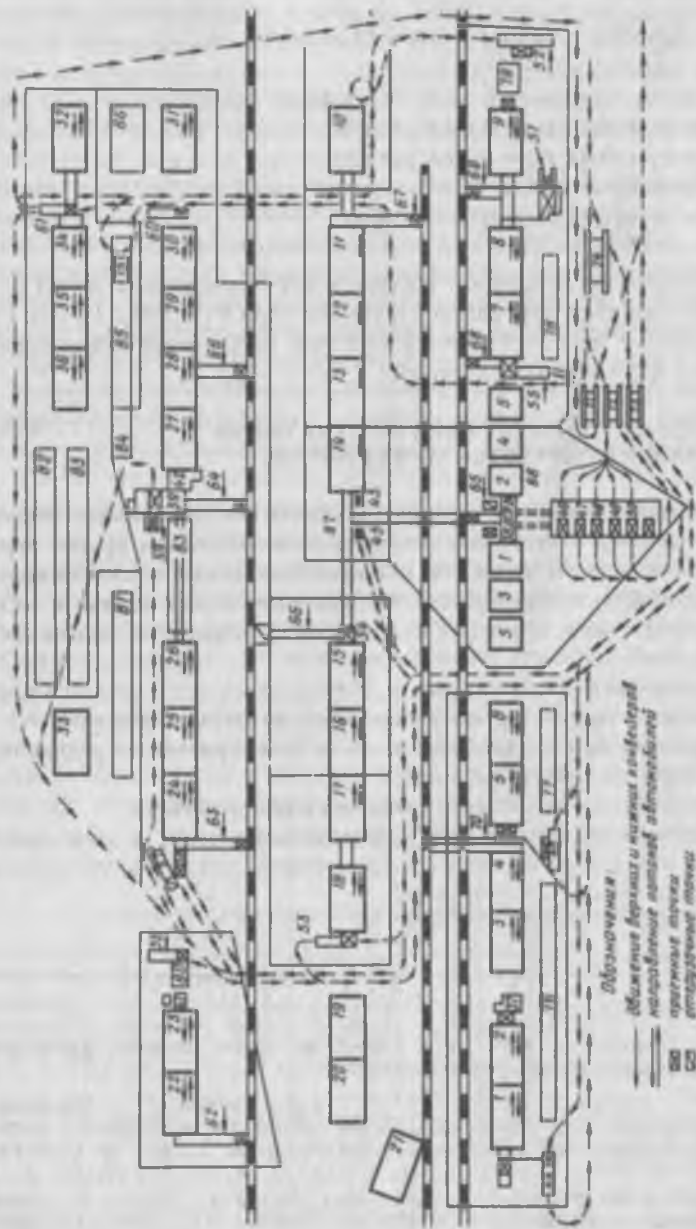
Важными условиями эффективности технологических карт являются предварительная оценка качества на полях и доставка зерна на хлебоприемные предприятия по согласованным часовым графикам.

Дальнейшее совершенствование часовых графиков вывозки зерна и технологических карт работы хлебоприемных предприятий обуславливает необходимость планирования вывоза отдельных партий с учетом их качества и объемов.

Планируя вывоз зерна из отдельных хозяйств с укрупнением партий, представляется возможным сократить суммарные затраты, что подтверждается расчетами, выполненными для условий восточных районов (табл. 15). Расчет экономических показателей представлен при приемке зерна массой 3000 т в потоке.

15. Затраты при приемке партий зерна с автомобильного транспорта

Затраты, р/т	Объем партий, т			Суммарные затраты, р
	1500	900	600	
На доставку зерна	0,536	0,536	0,536	1608
На приемку отдельных партий зерна	0,014	0,016	0,017	46,8
На автомобильный транспорт	0,49	0,59	0,69	1781,3
На универсальное приемное устройство	0,49	0,43	0,39	1308
Общие затраты	1,530	1,572	1,633	4744



Обозначения

- обшивки верха и низа кибитки
- напольные плиты автомобилей
- BB плиты пола
- CB перегородки

Целевая функция

$$Z = 1,530 V_1 + 1,572 V_2 + 1,633 V_3 \rightarrow \min;$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = 3000;$$

$$0,014 V_1 + 0,016 V_2 + 0,017 V_3 \leq 46,8;$$

$$0,49 V_1 + 0,59 V_2 + 0,69 V_3 \leq 1781,3;$$

$$0,49 V_1 + 0,43 V_2 + 0,39 V_3 \geq 1308;$$

$$V_1 > 0, V_2 > 0, V_3 > 0;$$

$$V_1 < 3000, V_2 < 3000, V_3 < 3000.$$

Результаты совокупного рассмотрения приведенных затрат и получение их максимальной целевой функции (при $V_1 = 3000$; $V_2 = 0$; $V_3 = 0$) подтверждают целесообразность вывозки на хлебоприемные предприятия зерна укрупненными партиями.

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПРИЕМКИ И ОБРАБОТКИ ЗЕРНА В ПОТОКЕ

Поточный метод при приемке и обработке зерна имеет некоторые общие признаки с поточным методом, применяемым в других отраслях промышленности. В частности, общими признаками являются совмещение операций и выровненность производительности машин и механизмов. Вместе с тем поточность при приемке и обработке зерна имеет ряд особенностей:

одновременное поступление в сжатые сроки зерна разных культур и различных по влажности, засоренности и другим показателям;

неравномерное поступление зерна на хлебоприемные предприятия по суткам и в отдельные часы суток;

многообразие типов зернохранилищ и оборудования;

различные требования к обрабатываемому зерну в зависимости от целевого назначения последнего, вызывающие значительные трудности в организации поточной обработки.

Рис. 43. Графическая часть технологической карты приемки, размещения и обработки зерна на Джалтырском элеваторе:

1... 36 – склады; 37, 39, 41... 43, 75 – зерносушилки (37 – "Целинная-20"; 38 – ДСП-24; 39, 42 – "Целинная -36"; 40 – СЭС-8 х 4; 41 – СЭС-8 х 2; 47, 75 – ЭСПЖ-8); 40, 44... 61 – автомобилеразгрузчики (44, 52, 61 – ПГА-25; 40, 45 – БПШФ-2; 46, 47, 49 – ГУАР-30; 48, 50, 53, 54, 56, 60 – ГУАР-15У; 51, 59 – АОЛ-54; 55 – ГУАР-15АУ; 57 – Винокурова; 58 – ГАС); 62... 70 – вагоноразгрузчики (62... 64, 66... 70 – ШВЗ; 65 – ТМЗ); 71... 73 – автомобильные весы (71 – АС-10; 72 – РС-25; 73 – РС-30); 74 – визировочная лаборатория; 76... 87 – асфальтовые площадки; 88 – элеватор

Учитывая перечисленные особенности, под поточным методом приемки и обработки зерна надо понимать систему операций, проводимых в определенной последовательности и выполняемых одна за другой без промежуточных длительных передержек зерна без обработки. На хлебоприемных предприятиях, как правило, поток прерывистый, из-за чего бывают межоперационное пролеживание зерна, простои оборудования, его неполная загрузка.

Приемка и обработка зерна в потоке должны осуществляться в соответствии с принципиальной технологической схемой, приведенной на рисунке 44. В основу данной технологической схемы положены следующие принципы:

входной поток, являющийся неравномерным по количеству и качеству зерна, не должен влиять на ухудшение использования транспортного и технологического оборудования;

приемные устройства должны соответствовать максимальному часовому подвозу зерна с автомобильного транспорта;

приемные устройства должны предусматривать возможность формирования партий зерна различных культур и различного качества с их отдельной дальнейшей послеуборочной обработкой и отдельным хранением;

весовое хозяйство используется не только для количественного учета зерна и расчетов с поставщиками и получателями, но и для оперативного учета зерна, хранящегося в элеваторах и складах;

предварительную очистку зерна в случае необходимости следует осуществлять в ворохоочистителях или в обычных сепараторах.

Все технологические линии приемки и послеуборочной обработки должны отвечать следующим основным требованиям:

доведение зерна, поступающего от хлебосдатчиков, до кондиций, обеспечивающих длительную сохранность без потерь и снижения качества кондиций, требуемых перерабатывающими и другими предприятиями;

полная механизация, а при возможности автоматизация всех процессов приемки, обработки, хранения и отгрузки зерна;

возможно большая универсальность технологических линий в целом; обеспечение всех требований техники безопасности, противопожарных и санитарных норм;

выполнение работ с наивысшей производительностью труда и с наименьшими трудовыми и денежными затратами.

С учетом производственной структуры хлебоприемного предприятия и требований, предъявляемых к технологическим линиям, можно предложить следующие классификационные признаки, которые охватывают их основные особенности.

По функциональному назначению или степени охвата производства технологические линии подразделяются на: линии приемки, очистки, сушки и отгрузки.

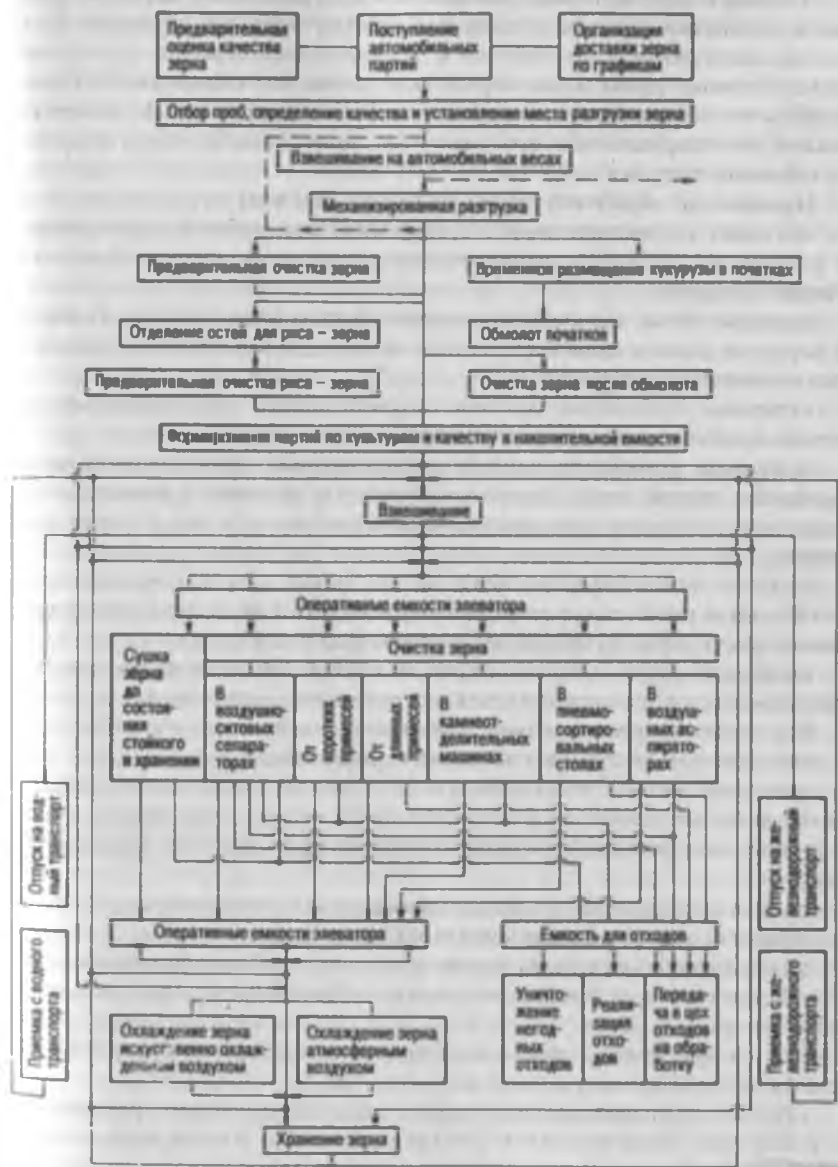


Рис. 44. Обобщенная принципиальная технологическая схема приемки и послеуборочной обработки зерна

В зависимости от производственного центра технологические линии приемки и обработки зерна подразделяются на:

- 1) элеваторные;
- 2) башенные, построенные на базе сушильно-очистительных башен (СОБ), приемно-очистительных башен (ПОБ), молотильно-очистительных (МОБ) и других башен;
- 3) заводские, создаваемые на базе заводов по приемке и обработке кукурузы и других культур;
- 4) цеховые, организуемые по тому же назначению, что и заводские.

Наиболее совершенными технологическими линиями для приемки и обработки зерна являются элеваторные, на которых обеспечивается практически полная механизация всех погрузочно-разгрузочных работ. Здесь комплексно механизированы и частично автоматизированы операции взвешивания, очистки и сушки зерна, обеспечивается высокая степень увязки технологических машин и транспортного оборудования по производительности, имеется оснащение профилактическими средствами предотвращения порчи зерна. В элеваторных линиях при приемке и обработке зерна обязательным элементом является промежуточный оперативный бункер, который дает возможность включать в линии транспортное и технологическое оборудование различной производительности.

По сравнению с другими технологическими линиями элеваторные позволяют проводить все работы с наибольшей производительностью, с наименьшими трудовыми и денежными затратами. К недостаткам элеваторных технологических линий следует отнести то, что на их сооружение требуются значительные капиталовложения.

На большинстве хлебоприемных предприятий большую долю занимают склады и технологические линии на их базе. Этим объясняется широкое распространение башенных технологических линий. Обладая необходимой механизацией и в ряде случаев определенной автоматизацией, башенные технологические линии в большинстве случаев осуществляют приемку и обработку зерна только определенного качества.

Высокая степень специализации оборудования, отсутствие промежуточных и накопительных бункеров не позволяют башенным линиям работать с такой же эффективностью, как на элеваторных линиях. Эффективность работы башенных технологических линий в большей степени зависит от применения машин и механизмов с одинаковой или близкой производительностью.

Заводские и цеховые технологические линии применяют главным образом при обработке семян зерновых культур, а также гибридной и сортовой кукурузы. К заводским и цеховым технологическим линиям, обеспечивающим обработку семян, предъявляются повышенные требования, так как от их работы зависит будущий урожай. Для этих технологических линий характерны резко выраженная сезонность и сравнительно непродолжительный период работы. Поэтому заводские и цехо-

вые линии по возможности должны быть универсальными. В этом случае увеличивается продолжительность работы линии и улучшается использование основных производственных фондов.

Технологические линии подразделяют на постоянные и временные. Временные линии создают с помощью передвижного технологического и транспортного оборудования для приемки и обработки небольших партий зерна. На многих хлебоприемных предприятиях из-за отсутствия необходимой вместимости зернохранилищ временные технологические линии сооружают на специальных асфальтированных площадках.

По степени механизации технологические линии различают: полумеханизированные, механизированные и автоматизированные. Подавляющее большинство технологических линий хлебоприемных предприятий относится к механизированным, на которых операции выполняются на машинах под наблюдением рабочих, осуществляющих контроль и регулирование машин.

Автоматизированные технологические линии в элеваторной промышленности предусматривают применение устройств для автоматического контроля, а также регулирования основных технологических процессов.

Приемка и обработка зерна в потоке на хлебоприемных предприятиях включает две принципиальные схемы. В первом случае предусматривают приемку и обработку партии зерна различного качества (применяют в основном в элеваторах). Во втором случае схема технологического процесса обеспечивает приемку и обработку зерна определенного качества (применяют в специализированных линиях в составе СОБ, ПОБ, МОБ и других башнях со складами). С учетом этого технологические линии могут быть подразделены на универсальные и специализированные.

§ 4. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ЗЕРНА, ПОСТУПАЮЩЕГО НА ПОСЛЕУБОРОЧНУЮ ОБРАБОТКУ

Эффективность послеуборочной обработки как сложного комплекса взаимосвязанных технологических и транспортных операций во многом определяется особенностью количественно-качественной характеристики зерна, поступающего на хлебоприемные предприятия. С учетом вышеизложенной технологии приемки и обработки зерна процесс послеуборочной обработки может быть представлен в следующем виде.

В произвольный момент времени t -х суток на хлебоприемном предприятии будет разгружено i -е число автомобилей. При этом следует иметь в виду, что

$$T_{\text{ЭК}i} \leq t < T_{\text{ЭК}(i+1)} \quad (\text{XII-1})$$

Время $T_{\text{ЭК}i}$ окончания разгрузки i -го автомобиля зависит от многих случайных причин, т. е. тоже является случайной величиной. Откло-

нение Δt времени поступления автомобилей в течение суток — случайная величина и только с определенными ограничениями может быть принято распределение по нормальному закону.

От правильного учета плотности распределения поступления автомобилей зависят все входные параметры, а также технико-экономические показатели технологических линий. Кроме того, в самом процессе приемки зерна и его обработки возможны отклонения по времени, связанные как с сущностью процесса, так и случайные. Поэтому при теоретической оценке времени в формуле (XII-1) следует брать математическое ожидание $T_{зк_i'}$:

$$M(T_{зк_i'}) = \sum_{i=1}^{i'} M(t_i). \quad (\text{XII-2})$$

Общее количество зерна, доставленного автомобилем за время t , составит

$$A(t) = \sum_{i=1}^{i'} A_i. \quad (\text{XII-3})$$

При грузоподъемности $G_{к_i}$ автомобилей, перевозящих k -ю партию зерна общей массы M_k , число N_k потребных для перевозки автомобилей определяют из условия

$$\sum_{i=1}^{N_k} G_{к_i} \geq M_k. \quad (\text{XII-4})$$

Если ввести характеристику темпа поступления зерна — интервал τ_k между автомобилями, перевозящими k -ю партию, то необходимая для приемки данной партии время T_k с учетом запаздывания Δt и времени t_3 обработки на приемке будет удовлетворять условию

$$N_k(\tau_k + t_3) \leq T_k \leq N_k(\tau_k + \Delta t + t_3), \quad (\text{XII-5})$$

являясь случайной величиной с тем же законом распределения, что и Δt .

Для оценки T_k целесообразно принять его математическое ожидание

$$M(T_k) = N_k(\tau_k + t_3) + N_k M(\Delta t), \quad (\text{XII-6})$$

которое можно вычислить, пользуясь эмпирическими законами распределения.

Поступившее на хлебоприемное предприятие зерно в автомобилях формируется в отдельные партии в накопительном бункере или силосе. Количество отдельных партий N_{Π} в зависимости от района по нормам

технологического проектирования составляет 7...27. Каждая такая партия требует отдельной обработки. Следовательно, число отдельных силосов N_c должно быть таковым, чтобы был непрерывный процесс обработки принимаемого зерна и не было простоя автомобильного транспорта.

В тех случаях, когда число различных партий зерна превышает N_c , необходимо, исходя из массы каждой партии и времени обработки, предусмотреть своевременное освобождение силосов.

С учетом влажности w и засоренности c зерна в результате обработки на хранение поступит общее количество зерна

$$A(t) = \sum_{i=1}^{i'} G_i \left(1 - \frac{c_i}{100}\right) \left(1 - \frac{w}{100}\right), \quad (\text{XII-7})$$

Поскольку влажность зерна и его засоренность являются случайными величинами, то ожидаемое количество обработанного зерна A будет также случайной величиной.

Засоренность зерна c можно считать равномерно распределенной величиной с плотностью вероятности

$$f_c = \begin{cases} \frac{1}{c_{\max}}, & 0 < c < c_{\max}; \\ 0, & c \leq 0, \quad c > c_{\max}, \end{cases} \quad (\text{XII-8})$$

где c_{\max} зависит от района производства зерна, способа уборки урожая, обработки на сельскохозяйственных токах и др.

Влажность зерна с учетом многочисленных факторов, определяющих ее величину, используя закон равномерного распределения, можно задавать с функцией

$$f(w) = \frac{1}{w_{\max} - w_{\min}}. \quad (\text{XII-9})$$

Используя свойства функций случайных аргументов, находят плотность вероятности для функций

$$f(c, w) = \left(1 - \frac{c}{100}\right) \left(1 - \frac{w}{100}\right). \quad (\text{XII-10})$$

Приравнивая правую часть формулы (XII-10) к ξ и разрешая это уравнение относительно w , получим

$$w = 100 \left(1 - \frac{\xi}{1 - \frac{c}{100}}\right), \quad (\text{XII-11})$$

откуда

$$\frac{\partial w}{\partial \xi} = - \frac{100}{1 - \frac{c}{100}} \quad (\text{XII-12})$$

Так как w и c — практически независимые величины, то их плотность распределения можно записать следующим образом:

$$f(c, w) = f_1(c) f_2(w).$$

Следовательно, плотность $f(\xi)$ вероятности функции (XII-10) имеет вид с учетом (XII-11) и (XII-12)

$$\begin{aligned} f(\xi) &= \int_{-\infty}^{\infty} f_1(c) f_2[w(\xi, c)] / \frac{\partial w}{\partial \xi} / dc = \quad (\text{XII-13}) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} f_2\left(100 - \frac{100\xi}{1 - \frac{c}{100}}\right) f_1(c) \frac{100}{1 - \frac{c}{100}} dc. \end{aligned}$$

Принимая во внимание (XII-8), а также используя для оценки при неизвестном законе распределения w формулу (XII-9), из формулы (XII-13) найдем

$$\begin{aligned} f(\xi) &= \frac{100}{c_{\max}} \int_0^{c_{\max}} f_2\left(100 - \frac{100\xi}{1 - \frac{c}{100}}\right) \frac{dc}{1 - \frac{c}{100}} = \quad (\text{XII-14}) \\ &= - \frac{10000}{c_{\max} (w_{\max} - w_{\min})} \ln \left(1 - \frac{c_{\max}}{100}\right), \end{aligned}$$

т. е. функции (XII-10) в этом случае тоже распределены равномерно. Поскольку $c_{\max} / 100 \ll 1$, ограничиваясь двумя членами разложения

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \dots$$

в формуле (XII-14), получим

$$f(\xi) = \frac{100 \left(1 - \frac{c_{\max}}{100}\right)}{w_{\max} - w_{\min}} \quad (\text{XII-15})$$

Исходя из смысла плотности равномерного распределения, можно использовать выражение (XII-15) для оценки пределов изменения количества зерна A , поступающего на послеуборочную обработку:

$$A_{\min} = \left[1 - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{200 \left(1 - \frac{c_{\max}}{200} \right)} \right] A_{\text{ср}};$$

$$A_{\max} = \left[1 + \frac{w_{\max} - w_{\min}}{200 \left(1 - \frac{c_{\max}}{200} \right)} \right] A_{\text{ср}}, \quad (\text{XII-16})$$

где $A_{\text{ср}}$ – среднее поступление зерна (математическое ожидание).

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВМЕСТИМОСТИ НАКОПИТЕЛЬНЫХ СИЛОСОВ

В зависимости от темпа поступления зерна каждой партии, ожидаемой величины ее общей массы, а также с учетом предварительно оцениваемого значения времени приемки этой партии число P_k отводимых для одной партии накопительных силосов может быть различным, т. е. в один силос может поступать только часть зерна k -й партии, доставленного к рассматриваемому моменту времени t . Это значит, что даже в случае $N_c > N_n$, если

$$\sum_{n=1}^{N_n} P_k > N_c, \quad (\text{XII-17})$$

в процессе приемки может ощущаться нехватка накопительных силосов, и нужно оперативное вмешательство для сокращения простоев автомобильного транспорта.

Таким образом, из общего числа i' разгружаемых автомобилей на k -ю партию приходится n_k , а на силос с номером m часть этих автомобилей n_{km} , причем

$$\sum_{k=1}^{N_n} n_k = i' \quad \text{и} \quad \sum_{m=1}^{P_k} n_{km} = n_k. \quad (\text{XII-18})$$

Здесь вторая сумма берется по всем силосам, отведенным для накопления k -й партии.

Масса k -й партии в этом случае определится суммой

$$M_k = \sum_{ik=1}^{n_k} G_{ik}, \quad (\text{XII-19})$$

где двойной индекс ik означает, что учитываются только автомобили с зерном k -й партии.

Содержащееся на момент времени t количество A_{tkm} зерна в m -м силосе накопительной вместимости складывается из остатка $A_{(s-1)m}$ от предыдущих суток и поступающего общего количества зерна, определенного по формуле типа (XII-19).

В случае одновременного заполнения силоса (k -й партией зерна) и его опорожнения с производительностью Q_{om} количество зерна на момент времени t определится по формуле

$$A_{tkm} = A_{(s-1)m} + \sum_{ik=1}^{n_{km}} G_{ik} - \int_0^t Q_{om}(\tau) d\tau. \quad (\text{XII-20})$$

Если опорожнение идет равномерно, то

$$\int_0^t Q_{om}(\tau) d\tau = Q_{om} t. \quad (\text{XII-21})$$

При периодическом включении конвейеров разгрузки, что обычно бывает, производительность опорожнения силоса определяют по формуле

$$\int_0^t Q_{om}(\tau) d\tau = \sum_{l=1}^{n_{vm}} T_l Q_T K_{Tk}, \quad (\text{XII-22})$$

где Q_T — производительность конвейера; K_{Tk} — коэффициент использования конвейера для зерна k -й партии; T_l — время работы конвейера при l -м включении; n_{vm} — общее число включений.

Если рассматриваемый силос накопительной вместимости не освобождается для приемки следующей партии, то в любой момент времени он не должен пустовать, т. е.

$$A_{tkm} > 0.$$

В то же время количество поступающего зерна данной партии не должно переполнять накопительный силос, т. е. должно выполняться условие

$$A_{tkm} < E_m \gamma_k \psi_k,$$

где ψ_k — коэффициент использования силоса в зависимости от партии зерна; γ_k — натура зерна k -й партии.

С учетом выражений (XII-20) и (XII-22) получаем неравенство

$$0 < A_{(s-1)m} + \sum_{ik=1}^{n_{km}} G_{ik} - \sum_{l=1}^{n_{vm}} T_l Q_T K_{Tk} < E_m \gamma_k \psi_k \quad (\text{XII-23})$$

справедливое для каждого отдельного силоса в любой момент времени. Суммируя неравенства (XII-23) по всем силосам, отведенным для k -й партии получим

$$0 < \sum_{m=1}^{P_k} A_{(s-1)m} + \sum_{ik=1}^{n_k} G_{ik} - Q_{\tau} K_{\tau k} \sum_{m=1}^{P_k} \sum_{l=1}^{n_{\text{в}m}} T_l < \\ < \gamma_k \psi_k \sum_{m=1}^{P_k} E_m. \quad (\text{XII-24})$$

Соотношения (XII-23) и (XII-24) в зависимости от условий приемки зерна могут служить указаниями для включения и выключения конвейеров разгрузки. Все возможные варианты рассмотреть практически невозможно, поэтому ограничимся основными, являющимися в некотором смысле предельными.

При этом необходимо отметить, что при существующих производительностях оборудования в принципе возможны загрузка и разгрузка силоса в одном темпе. Но интенсивность поступления зерна зависит от многочисленных внешних случайных причин, а кроме того, имеют место потери времени и в процессе приемки и разгрузки автомобилей на хлебоприемных предприятиях.

Поэтому в практических условиях производительность разгрузки силоса всегда превышает производительность его загрузки.

Пусть разгрузка силоса осуществляется непрерывно. Тогда из уравнения (XII-23) с учетом уравнения (XII-21) получим время разгрузки t_p

$$t_p < \frac{A_{(s-1)m} + \sum_{ik=1}^{n_{km}} G_{ik}}{Q_{\tau} K_{\tau k}}, \quad (\text{XII-25})$$

т. е. конвейеры разгрузки силоса надо периодически выключать (переключать на другие силосы), так как они имеют резерв времени.

Для оценки максимального резерва времени t_m у разгрузочного конвейера (по отношению к m -му силосу) будем считать, что загружается пустой силос. Тогда из уравнения (XII-23) найдем число n_{km} автомобилей, необходимых для заполнения силоса:

$$\sum_{ik=1}^{n_{km}} G_{ik} < E_m \gamma_k \psi_k,$$

а с учетом интервала τ_k между автомобилями этой партии получим

$$t_m < n_{km} \tau_k + t_3, \quad (\text{XII-26})$$

где t_3 — время загрузки автомобиля на территории предприятия.

Условие уравнения (XII-26) означает, что каждый силос максимально используется (нет "забытых" силосов), хотя по технологическим соображениям такое резервирование заполненного силоса возмож-

но. Если поступает зерно новой партии, а свободных силосов нет, будет образовываться очередь ожидающих разгрузки автомобилей.

Для освобождения от зерна k -й партии m_1 -го силоса нужно время

$$t_{p1} = \frac{E_{m_1} \gamma_{k_1} \psi_{k_1}}{Q_T K_{Tk_1}} \quad (\text{XII-27})$$

Но к моменту прибытия первого автомобиля с зерном новой k_2 -й партии конвейер разгрузки мог быть занят на m_2 -м силосе, т. е. время (XII-27) может увеличиться на величину

$$t_{p2} < \frac{E_{m_2} \gamma_{k_2} \psi_{k_2}}{Q_T K_{Tk_2}} \quad (\text{XII-28})$$

При интервале τ_{k_3} между автомобилями это позволяет определить максимально допустимое число автомобилей в очереди

$$n_{om} < \frac{E_{m_1} \gamma_{k_1} \psi_{k_1} + E_{m_2} \gamma_{k_2} \psi_{k_2}}{\tau_{k_3} Q_T K_{Tk_1} K_{Tk_2}} \quad (\text{XII-28}')$$

Превышение значения n_{om} (XII-28') не вызывается производственной необходимостью. Время простоя разгрузочного конвейера (уравнение XII-26) на данном участке является основным фактором, определяющим состав и производительность оборудования и эффективность приемки зерна с автомобильного транспорта.

Поступление отдельных партий в течение суток характеризуется степенной убывающей зависимостью. При этом на долю наименьшей партии приходится, как правило, менее одного процента от общего поступления, что составляет 40...70 т зерна. Поскольку объемы различных партий и темпы их поступления могут различаться в несколько раз, то для формирования таких партий потребны различные накопительные силосы.

Строительство накопительной вместимости, состоящей из различных размеров, усложняет конструкцию и повышает капиталовложения. По конструктивным и экономическим соображениям целесообразно использование однотипных накопительных силосов. Приведенные затраты на 1 т вместимости и коэффициент использования различных силосов в зависимости от величины отдельных партий показывают, что вместимость единичного силоса должна составлять 200 т.

В зависимости от условий доставки наименьшей партии ее накопление может продолжаться от нескольких часов до полных суток, т. е. в предельном случае для такой партии зерна отводится отдельный силос и, следовательно, должно выполняться условие

$$E_c \gamma_k \psi_k > A_{\min}$$

откуда

$$E_c > \frac{A_{\min}}{\gamma_k \psi_k}$$

Из общего числа N_{Π} партий зерна основной объем поступления дают одна-две партии, причем величина главной партии в большинстве случаев составляет 80 % и более от общего поступления зерна.

Обработку малой партии целесообразно проводить целиком после ее накопления. Как следует из формул (XII-25) и (XII-26), такая партия будет занимать силос в течение времени

$$t_p + t_m \leq n_{km} \tau_k + t_3 + \frac{E_m \gamma_k \psi_k}{Q_T K_{Tk}}$$

Если принять грузоподъемность всех автомобилей, перевозящих k -ю партию, одинаковой, можно записать это уравнение в ином виде:

$$t_p + t_m \leq t_3 + E_m \gamma_k \psi_k \left(\frac{\tau_k}{G_{ik}} + \frac{1}{Q_T K_{Tk}} \right). \quad (\text{XII-29})$$

Если правая часть уравнения (XII-29) меньше 24 ч, то m -й силос в течение суток можно использовать и для накопления других партий зерна в среднем

$$\frac{24}{t_p + t_m} > \frac{24}{t_3 + E_m \gamma_k \psi_k \left(\frac{\tau_k}{G_{ik}} + \frac{1}{Q_T K_{Tk}} \right)}. \quad (\text{XII-30})$$

Следовательно, потребное число N_c накопительных силосов без учета особых случаев можно оценить из условия

$$N_c \frac{24}{t_p + t_m} > N_{\Pi}. \quad (\text{XII-31})$$

что дает величину

$$N_c > \frac{N_{\Pi}}{24} \left[t_3 + E_m \gamma_k \psi_k \left(\frac{\tau_k}{G_{ik}} + \frac{1}{Q_T K_{Tk}} \right) \right], \quad (\text{XII-32})$$

где в правой части берутся средние значения параметров.

Для создания резерва на случай возможной незавершенности операции накопления малых партий зерна и их неравномерности поступления даже при наличии часовых графиков работы автомобильного транспорта число накопительных силосов, определяемое уравнением (XII-32), должно быть увеличено в 1,5 раза, т. е.

Полученные соотношения верны только для больших партий зерна, когда его общее количество не меньше $Q_n T_{сн}$. В противном случае время работы норрии будет определяться объемом такой партии.

Следовательно, загрузка сепараторов определяется технологической целесообразностью и зависит от различных участков линии. А это значит, что в принципе нельзя найти универсальный коэффициент использования оборудования, который должен определяться в каждом случае в зависимости от работы линии и ее структурной схемы в целом.

При переключении норрии на подачу очищенного зерна на сушку (хранение или отгрузку) начинаются опорожнение подсепараторных бункеров и очистка зерна, накопленного в надсепараторных бункерах. Очевидно, норрия на этой операции будет занята столько же времени, устанавливаемого зависимостью (XII-41), а сепараторы — его половину:

$$T_{ск} = \frac{N_{ск} E_{сн} \gamma_k \psi_k}{Q_n} \quad (XII-42)$$

Таким образом, при выполнении условия (XII-35) сепараторы простаивают половину времени, т. е. такой режим невыгоден для линии очистки. Но при этом режиме быстрее всего опорожняются накопительные силосы при приемке зерна с автомобильного транспорта. Отсюда следует также, что для лучшего использования сепараторов обязательно условие, определяемое формулой (XII-36).

Пусть, например, выполнено условие

$$N_{ск} Q_c K_{ск} < \frac{Q_n}{2} \quad (XII-43)$$

Тогда значение формулы (XII-38) будет меньше по сравнению с (XII-39) и, следовательно, заполнение надсепараторных бункеров закончится раньше, чем подсепараторных, т. е. после отключения норрии от этого участка сепараторы могут еще работать в течение времени, равного разности (XII-39) и (XII-38).

Если время, определяемое формулой (XII-38), принять за период переключения норрии, то в этом случае отношение времени работы сепараторов ко времени цикла ($mT_{сн}$) будет равно

$$K_2 = \frac{Q_n - N_{ск} Q_c K_{ск}}{m N_{ск} Q_c K_{ск} \left(1 - \frac{C_k}{100}\right)} \quad (XII-44)$$

Число $m > 2$ ($m > 2$ при соблюдении неравенства XII-43) учитывает возможность перехода норрии на обслуживание другого сепаратора (или другой технологической операции) и должно иметь такое значение, чтобы полное время цикла, т. е. m значений, определяемое формулой (XII-38), превосходило время, определяемое формулой (XII-39), плюс время опорожнения подсепараторных бункеров.

С учетом выше приведенных формул для определения величины m сначала решается уравнение (XII-38), затем (XII-39). После этого берется отношение (XII-39) / (XII-38), округляется до целого числа b и к этому числу b прибавляется единица, т. е. $m = b + 1$. Таким образом, устанавливается полное время цикла, т. е. m значений, учитывающего возможность перехода норрии на обслуживание другой технологической операции.

Обозначая для удобства отношение

$$\bar{Q} = \frac{Q_n}{N_{ck} Q_c K_{ck}},$$

которое согласно формуле (XII-43) удовлетворяет неравенству $\bar{Q} > 2$, из (XII-44) получим \bar{K}_3 — коэффициент, учитывающий загрузку части линии очистки в зависимости от партии зерна и работы других участков.

$$\bar{K}_3 = \frac{\bar{Q} - 1}{m \left(1 - \frac{c_k}{100}\right)}. \quad (\text{XII-45})$$

Как видно из содержания уравнения (XII-45), коэффициент загрузки поточной линии во многом определяется значением Q_n , а точнее Q_n/Q_c .

Для повышения коэффициента загрузки K_3 , а следовательно, и коэффициента использования K_n поточной линии целесообразно увеличить Q_n/Q_c .

Если из-за большой засоренности зерна требуется его повторная очистка, целесообразно переключение норрии через время, определяемое формулой (XII-41), которое соответствует времени очистки этой порции зерна, т. е. в этом случае сепараторы будут работать непрерывно в течение времени $n_{ск} T_{ск}$ ($n_{ск}$ — число повторных циклов очистки), а вынужденный простой будет на последнем этапе, когда норрия будет занята опорожнением подсепараторных бункеров. Конечно, при точном учете потерь времени нужно вносить поправки на время включения и выключения машин, время разгона и останова и т. д.

Таким образом, с определенным приближением можно считать, что в режиме повторной очистки только один промежуток времени $T_{ск}$ является необходимым, а остальные $n_{ск} - 1$ повторов и последний отрезок времени простоя следует отнести к производственным потерям, т. е. в этом случае отношение времени полезного использования сепаратора к общему времени равно

$$\bar{K}'_3 = \frac{1}{n_{ск} + 1}. \quad (\text{XII-46})$$

Так как работа нории связана и с другими участками технологической линии, она в течение некоторого времени не обслуживает рассматриваемую операцию. Для оценки этой величины можно использовать формулы типа (XII-38)...(XII-42), полученные для других операций. Но так как этих операций много, режимы работы каждого участка зависят от партий зерна, т. е. определяются неоднозначно. Кроме того, сами значения $T_{ок}$ для разных операций заметно различаются, время $T_{ок}$ нужно рассматривать как дискретную случайную величину. С учетом этого времени для уменьшения неоправданных простоев сепаратора его накопительные надсепараторные бункера должны иметь объем

$$E_{ст} > \frac{K_{ск}}{\gamma_k \psi_k} Q_c T_{ок} \quad (XII-47)$$

При возможных случайных задержках, обусловленных нарушением режима разгрузки бункеров, транспортирования, время $T_{ок}$ соответственно увеличивается. Поэтому в формуле (XII-47) значение $T_{ок}$ берется по статистическим данным.

Из-за сложных взаимосвязей между отдельными участками технологической линии, а также с учетом особенностей каждой партии зерна, которые оказывают определяющее значение на весь процесс обработки, неизбежны вынужденные перерывы в работе сепараторов. Следовательно, даже в случае полной работоспособности каждого сепаратора линии очистки полностью не используется, т. е. ее производительность всегда ниже паспортной.

Для оценки эффективности действия технологической линии обычно принимается коэффициент K_n использования оборудования, который в зависимости от подхода определяется различными формулами, но во всех случаях имеет один смысл: это отношение полезной работы к той, которую оборудование могло бы проделать.

Как было показано выше, в зависимости от режима работы поточной линии очистки, даже без учета случайных остановок, относительное время (определяемое выражением K_3) продуктивной работы сепараторов изменяется от величины, определяемой формулой (XII-45) до значения 0,5:

$$0,5 < K_3 < \frac{\bar{Q} - 1}{m \left(1 - \frac{C_k}{100}\right)} \quad (XII-48)$$

В случае проведения повторной очистки ($n_{ск} > 1$) согласно формуле (XII-46) это время полезного использования сепараторов еще уменьшится в $n_{ск} + 1$ раз. Для удобства будем использовать обозначение

$$K_{ц} = \frac{1}{n_{ск} + 1} \quad (n_{ск} > 1), \quad (XII-49)$$

подразумевая под этим коэффициент циклов, равный (XII-49) при $n_{ck} > 1$ и равный 1 при отсутствии повторной очистки.

Вводя коэффициенты (XII-48) и (XII-49) и проводя суммирование по всем сепараторам, для коэффициента использования линии очистки можно написать

$$K_{ис} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{пс}} \sum_{i=1}^{N_{ск}} K_{зи} K_{цк} K_{ск} Q_{ci}}{\sum_{i=1}^{N_c} Q_{ci}}, \quad (XII-50)$$

где $N_{пс}$ – число партий зерна, поступивших на очистку.

В формуле (XII-50) производительность сепараторов Q_{ci} введена под знак суммы, чтобы учесть возможность использования сепараторов с различными производительностями при обработке отдельных партий зерна.

При этом очевидно, что

$$\sum_{k=1}^{N_{пс}} N_{ск} = N_c,$$

если используются все сепараторы.

Общее число N_c сепараторов делится по партиям, которых $N_{пс}$ на каждую партию отводится $N_{ск}$ сепараторов, т. е. сумма должна совпадать. То же самое рассуждение относится к сушке.

В том случае, когда производительность всех сепараторов одинакова, формула (XII-50) упрощается:

$$K_{ис} = \frac{1}{N_c} \sum_{k=1}^{N_{пс}} N_{ск} K_{зи} K_{цк} K_{ск}. \quad (XII-51)$$

С учетом всех возможных задержек, а также влияния характеристик партий зерна суммарную производительность линии очистки на выходе можно записать в виде

$$\sum_{k=1}^{N_{пс}} \sum_{i=1}^{N_{ск}} K_{зи} K_{цк} K_{ск} Q_{ci} \left(1 - \frac{C_k}{100}\right). \quad (XII-52)$$

Определяемое формулой (XII-52) количество зерна в единицу времени после очистки поступает на другие операции технологического процесса – на сушку, хранение или отгрузку. Поэтому основные показатели последующих операций, в том числе оценочный коэффициент $K_{и}$, будут определяться аналогично операции очистки зерна.

В соответствии с рассмотренным вариантом – приемка – очистка –

сушка проследим дальнейшее продвижение зерна и определение оценочного коэффициента K_m технологической операции сушки зерна.

При обработке с подачей зерна в зерносушилку в потоке — приемка — очистка — сушка сокращение времени транспортирования (непроизводительные потери времени) по сравнению с обработкой зерна не в потоке составляет примерно 7 %, что эквивалентно увеличению производительности сушки. Данное обстоятельство обуславливает преимущество сушки зерна в потоке на технологических операциях.

Обозначая это увеличение производительности γ_B , производительность одной зерносушилки Q_B , их число N_B и K_B (коэффициент перевода физических тонн в плановые) с учетом формулы (XII-52) можно написать

$$\sum_{i=1}^{N_B} K_{Bi} Q_{Bi} C_{Bi} \left(1 + \frac{\gamma_{Bi}}{100}\right) \geq \sum_{k=1}^{N_{nc}} \sum_{i=1}^{N_{ck}} K_{ck} K_{zi} \times \quad (XII-53)$$

$$\times K_{uk} Q_{ci} \left(1 - \frac{C_k}{100}\right).$$

Смысл и значение коэффициента C_{Bi} будут рассмотрены ниже.

Знак неравенства означает, что для полного использования линии очистки суммарная производительность линии сушки должна удовлетворять условию (XII-53).

Если зерно из приемного накопительного силоса поступает на сушку, минуя очистку, то получим соотношения, аналогичные (XII-23)...(XII-24).

В частности, для объема надсушильных бункеров справедливо ограничение

$$E_{шл} \geq \frac{K_{Bk}}{\gamma_k \psi_k} Q_B T_{ож}, \quad (XII-54)$$

указывающее минимально возможный объем этих бункеров для обеспечения непрерывной работы сушилки. Время $T_{ож}$ отключения нории от рассматриваемой операции зависит от многих причин, в том числе и случайных, и поэтому должно определяться с учетом перемещения нории предполагаемого объема зерна и вероятных потерь времени, устанавливаемых статистическими методами.

В процессе сушки удаляемое количество влаги может заметно сказаться на массе просушенного зерна, что учитывается введением множителя $1 - w/100$. Однако при сушке в потоке объемы сырого и сухого зерна различаются незначительно. Поэтому нет никаких оснований отдавать предпочтение надсушильным и подсушильным бункерам и целесообразно выбирать их равнозначными, т. е. считать $E_{шл} = E_{шн}$.

При бесперебойной работе зерносушилок суммарная производительность линии сушки равна

$$\sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{вк}}} Q_{\text{в}i} K_{\text{в}k},$$

где $N_{\text{вк}}$ — число сушилок, обрабатывающих k -ю партию зерна; $N_{\text{пв}}$ — число партий зерна, поступивших на линию сушки.

Так как и в этом случае возможны задержки, связанные с другими участками поточной линии (например, если нория занята на линии очистки или подачи зерна на хранение), следует ввести коэффициент задержки, аналогичный K_3 . Но сушилки обладают большой инерционностью и после включения в течение некоторого времени Δt выходят на рабочий режим. Поэтому, если в сутки сушилка простаивает время $T_{\text{в}}$ и производится $n_{\text{в}}$ ее включений, вместо K_3 целесообразно ввести коэффициент $C_{\text{в}}$:

$$C_{\text{в}} = \frac{24 - T_{\text{в}} - n_{\text{в}} \Delta t}{24}, \quad (\text{XII-55})$$

который по средним значениям $n_{\text{в}}$, $T_{\text{в}}$ (ч) и Δt (ч) определяет относительную долю рабочего времени в сутки.

При этом производительность линии сушки определяется выражением

$$\sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{в}k} \sum_{i=1}^{N_{\text{вк}}} Q_{\text{в}i} C_{\text{в}i}. \quad (\text{XII-56})$$

Отсюда коэффициент использования $K_{\text{ив}}$ линии сушки равен

$$K_{\text{ив}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{в}k} \sum_{i=1}^{N_{\text{вк}}} Q_{\text{в}i} C_{\text{в}i}}{\sum_{i=1}^{N_{\text{в}}} Q_{\text{в}i}}, \quad (\text{XII-57})$$

где $N_{\text{в}}$ — общее число сушилок.

Если их производительность и другие параметры одинаковы, из (XII-57) получим более простое выражение

$$K_{\text{ив}} = \frac{1}{N_{\text{в}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{в}k} N_{\text{в}k} C_{\text{в}}. \quad (\text{XII-58})$$

При этом число $N_{\text{пв}}$ одновременно обрабатываемых партий ограничивается условием

$$\sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} N_{\text{в}k} = N_{\text{в}}.$$

Если обработка зерна осуществляется по схеме приемка — очистка — сушка в потоке, то, как было отмечено выше, производительность зерносушилок увеличивается, т. е. формулу (XII-57) нужно представить в следующем виде:

$$K_{\text{ив}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{вк}} \sum_{l=1}^{N_{\text{вк}}} Q_{\text{вл}} C_{\text{вл}} \left(1 + \frac{\gamma_{\text{вл}}}{100}\right)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{в}}} Q_{\text{вл}}}. \quad (\text{XII-59})$$

При постоянных значениях $Q_{\text{вл}}$, $\gamma_{\text{вл}}$ и $C_{\text{вл}}$ выражение формулы (XII-59) приобретает следующий вид:

$$K_{\text{ив}} = \frac{1}{N_{\text{в}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{вк}} N_{\text{вк}} C_{\text{в}} \left(1 + \frac{\gamma_{\text{в}}}{100}\right). \quad (\text{XII-60})$$

Применительно к линии очистки (вводя обозначение $\gamma_{\text{с}}$ — увеличение производительности линии очистки за счет обработки зерна в потоке) формула (XII-60) примет вид

$$K_{\text{ис}} = \frac{1}{N_{\text{с}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{пс}}} N_{\text{ск}} K_{\text{зк}} K_{\text{цк}} K_{\text{ск}} \left(1 + \frac{\gamma_{\text{с}}}{100}\right). \quad (\text{XII-61})$$

Таким образом, формулы $K_{\text{ив}}$ и $K_{\text{ис}}$ учитывают основные особенности технологических линий, которые определяют эксплуатационную производительность оборудования.

После удаления избыточной влаги на следующую операцию с линии сушки в единицу времени поступает зерна

$$\sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{вк}} \left(1 - \frac{w_k}{100}\right) \sum_{i=1}^{N_{\text{вк}}} Q_{\text{вл}} C_{\text{вл}}. \quad (\text{XII-62})$$

В режиме работы поточной линии сушка — очистка это количество зерна должно полностью без задержек обрабатываться на линии очистки. С учетом $\gamma_{\text{с}}$ (увеличение производительности сепараторов) и уравнения (XII-62) можно написать

$$\sum_{k=1}^{N_{\text{пс}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{ск}}} K_{\text{ск}} K_{\text{зк}} K_{\text{цк}} Q_{\text{кл}} \left(1 + \frac{\gamma_{\text{кл}}}{100}\right) > \quad (\text{XII-63})$$

$$> \sum_{k=1}^{N_{\text{пв}}} K_{\text{вк}} \left(1 - \frac{w_k}{100}\right) \sum_{i=1}^{N_{\text{вк}}} Q_{\text{вл}} C_{\text{вл}}.$$

Если принять для w , $K_{вк}$, $C_{вi}$ и $\gamma_{вi}$ постоянные значения (максимальные для w и $\gamma_{вi}$ и средние для двух других коэффициентов), то из (XII-53) и (XII-63) найдем неравенство

$$\sum_{k=1}^{N_{вс}} \sum_{i=1}^{N_{ск}} \frac{K_{ск} K_{зi} K_{ук}}{K_{в} C_{в}} Q_{сi} \frac{1 - \frac{C_k}{100}}{1 + \frac{\gamma_{вi}}{100}} < \sum_{i=1}^{N_{в}} Q_{вi} < \sum_{k=1}^{N_{вс}} \sum_{i=1}^{N_{ск}} \frac{K_{ск} K_{зi} K_{ук}}{K_{в} C_{в}} Q_{сi} \frac{1 + \frac{\gamma_{сi}}{100}}{1 - \frac{w_k}{100}} \quad (XII-64)$$

Это неравенство дает оценку потребной производительности сушилок при заданной технологической мощности линии очистки для различных партий зерна.

Аналогично при постоянных значениях γ_c , C , $K_{ск}$ и $K_з$ получим

$$\sum_{k=1}^{N_{вв}} \sum_{i=1}^{N_{ск}} \frac{K_{вк} C_{вi}}{K_{ск} K_{зi} K_{ук}} Q_{вi} \frac{1 - \frac{w_k}{100}}{1 + \frac{\gamma_c}{100}} < \sum_{i=1}^{N_c} Q_{сi} < \sum_{k=1}^{N_{вв}} \sum_{i=1}^{N_{ск}} \frac{K_{вк} C_{вi}}{K_{ск} K_{зi} K_{ук}} Q_{вi} \frac{1 + \frac{\gamma_{вi}}{100}}{1 - \frac{C}{100}} \quad (XII-65)$$

Неравенства (XII-64) и (XII-65) указывают также значение производительностей технологических линий, рассчитанные на экстремальные условия, т. е. способных работать при повышенных значениях влажности и засоренности. В обычных условиях такие линии будут работать с запасом.

Полученные математические уравнения (XII-35)...(XII-65) характеризуют зависимость основных параметров участков "Очистка зерна" и "Сушка зерна" поточной линии от различных факторов после накопительной вместимости.

Коэффициенты использования (или коэффициенты загрузки), определяемые уравнениями (XII-44), (XII-55), (XII-60) и (XII-61), данных участков в конечном итоге являются основой оценки эффективности использования оборудования при очистке и сушке зерна.

Таким образом, математическое описание процесса послеубороч-

ной обработки зерна позволило найти переходные зависимости, увязывающие параметры управления с входными и выходными параметрами. Полученные формулы дают возможность более полно использовать существующие методы расчета отдельных технологических операций поточных линий, устанавливая связь между различными этапами обработки зерна. Кроме того, позволяют осуществить системный научно обоснованный расчет и анализ как существующих, так и вновь проектируемых технологических линий приемки и обработки зерна. Универсальность полученных аналитических зависимостей дает возможность использовать их в многочисленных вариантах расчета и анализа технологических линий.

§ 7. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ И СИЛОСОВ ПРИ ПРИЕМКЕ И ОБРАБОТКЕ ЗЕРНА В ПОТОКЕ

Производительность и число оборудования технологических линий определены по отдельным операциям приемки и обработки зерна в потоке. Такой подход к расчету оборудования обусловлен различными задачами, разрешаемыми на отдельных операциях технологических линий, и максимальным использованием технологического и транспортного оборудования с доведением зерна до стойкого состояния при хранении.

При приемке зерна с автомобильного транспорта в качестве критерия принято максимальное время простоя приемного конвейера по отношению к одному из накопительных силосов, что обеспечивает бесперебойное обслуживание автомобильного транспорта. Максимальное время простоя конвейера включает в себя число автомобилей, необходимое для заполнения силоса накопительной вместимости, интервал времени между прибывающими автомобилями и время задержки автомобиля на предприятии.

На технологических операциях (очистка, сушка), где осуществляется обработка зерна до необходимых кондиций, критерием принят коэффициент использования (загрузки) оборудования. Данные коэффициенты включают в себя основные параметры работы оборудования, состояние и качество зерна, особенности структуры технологической линии.

Значения выбранных критериев на всех операциях не могут быть постоянными из-за влияния многочисленных вероятностных факторов, связанных с состоянием и качеством зерна, работой оборудования и т. д.

Определение основных параметров при приемке зерна с автомобильного транспорта. Основными параметрами при приемке зерна с автомобильного транспорта являются производительность разгрузочного устройства и величина накопительных силосов. Отдельные автомобильные партии зерна, поступающие на хлебоприемные предприятия, после

разгрузки формируют в накопительных силосах в крупные партии для дальнейшей обработки.

В зависимости от массы поступающего зерна и максимального времени простоя разгрузочного конвейера (XII-26) производительность разгрузочного оборудования составит

$$Q_p = \frac{A}{(t_m - t_3) K_p},$$

A – масса поступающего зерна; t_m – максимальное время простоя разгрузочного конвейера; t_3 – время задержки автомобиля на территории хлебоприемного предприятия; K_p – коэффициент использования разгрузочного оборудования.

Например, при массе поступающего зерна 5000 т и простоем загрузочного конвейера 180 мин (3 ч) производительность разгрузочного оборудования должна составлять 2670 т/ч. При той же массе зерна и простоем приемного конвейера 1440 мин (24 ч), т. е. заполнение накопительных силосов осуществляется в течение суток, потребная производительность разгрузочного оборудования снижается до 301,8 т/ч.

Минимально необходимое число накопительных силосов определяется уравнением (XII-33). Оно показывает, что число накопительных силосов зависит от числа партий, вместимости единичного силоса, интервала времени между поступающими автомобилями и их грузоподъемности, производительности приемного конвейера. Например, при $E_c = 200$ т, $\tau = 1$ мин, $G = 5$ т, $t_3 = 20$ мин, $Q_T = 100$ т/ч, $K_T = 0,8$ и $N = 7$ минимально необходимое число силосов составит

$$N_c = \frac{1,5 \cdot 7}{24} \left(0,33 + 200 \left(\frac{0,016}{5} + \frac{1}{100 \cdot 0,8} \right) \right) = 1,5.$$

Расчет производительности норий, сепараторов и зерносушилок. Расчет производительности норий, зерноочистительного и зерносушильного оборудования рассмотрим с учетом одного из возможных вариантов структурной схемы технологической линии: приемка – очистка – сушка. Производительность и число норий, сепараторов и зерносушилок при помощи полученных уравнений и математических зависимостей определяют в такой последовательности.

1. Задается условная производительность нории (100 т/ч, 175 т/ч, 350 т/ч), которая принимает зерно из накопительных силосов.

2. В соответствии с выбранной производительностью нории по формулам (XII-40) и (XII-64) определяют производительность и число сепараторов и зерносушилок.

При этом необходимо иметь в виду, что значения коэффициентов использования оборудования в технологических линиях при обработке зерна в потоке имеют другие величины по сравнению с эксплуатацией оборудования в разрозненном виде, их значения зависят также от расположения оборудования в технологической линии.

Применительно к неравенству (XII-64), указывающему пределы изменения необходимой производительности зерносушилок в технологической линии (в режиме работы очистка – сушка – очистка), коэффициенты использования зерноочистительного оборудования (левая часть неравенства) должна быть больше, чем зерносушильного оборудования.

В правой части неравенства (XII-64) значения данных коэффициентов будут иными, так как сепараторы принимают зерно после зерносушилок.

3. В соответствии с формулами (XII-38)...(XII-42) вычисляют время работы нории в технологической линии.

4. По заданному количеству зерна, поступившему на обработку, находят поправочный коэффициент к выбранной производительности нории. С учетом этого поправочного коэффициента определяют необходимую производительность нории и их число, а затем при необходимости делают соответствующий пересчет для сепараторов и зерносушилок.

Пример. Для обработки зерна массой 1000 т/сут требуется определить производительность нории, сепараторов и зерносушилок.

1. Задаемся производительностью нории 100 т/ч.

2. В соответствии с заданной производительностью нории 100 т/ч потребная производительность сепараторов (формула XII-40) при $N_{ck} = 1$, $K_{ck} = 0,8$ и $C = 5\%$ составит

$$\frac{100}{Q_c} = 1 \cdot 0,8 \left(2 - \frac{5}{100} \right);$$

$$Q_c = 64,1 \text{ т/ч.}$$

Потребная производительность зерносушилок (формула XII-64) при $w = 20\%$, $\gamma_{bc} = 7\%$, $K_{ck} = 0,9 (0,8)$, $\gamma_{cl} = 7\%$, $K_{cl} = 1$, $K_{ck} = 1$, $C_B = 0,8$, $K_B = 0,1$, $C = 5\%$ составит

$$\frac{0,9 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 0,8} \cdot 64,1 \frac{1 - \frac{5}{100}}{1 + \frac{7}{100}} < Q_B < \frac{0,8 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 0,8} \cdot 64,1 \frac{1 + \frac{7}{100}}{1 - \frac{20}{100}};$$

$$64,1 < Q_B < 85,7 \text{ т/ч.}$$

3. Время работы нории в технологической линии по циклу приемка – очистка (формула XII-38) составит

$$(T_{cn})_{\max} = \frac{1000}{64,1 \cdot 0,9 \left(1 - \frac{5}{100} \right)} = 18,2 \text{ ч;}$$

по циклу очистка – сушка (формула XII-41) составит

$$T_{\text{сн}} < 2 \frac{1 \cdot 1000}{100} < 20 \text{ ч.}$$

Общее время работы нории в технологической линии по циклу приемка – очистка – сушка составит $18,2 + 20 = 38,2$ ч.

С учетом переключений, т. е. перехода с одной операции на другую, суммарное время работы норий должно быть увеличено на время ожидания.

Время ожидания $T_{\text{ож}}$ определяют по формуле

$$T_{\text{ож}} = t_{\text{T}} + t_{\text{тел}} + 1,5 \text{ мин.},$$

где t_{T} – время, необходимое для освобождения транспортных механизмов после весов, мин; $t_{\text{тел}}$ – продолжительность перестройки маршрута, мин.

$$t_{\text{T}} = \frac{l_{\text{T}}}{v_{\text{T}} \cdot 60},$$

где l_{T} – расстояние от загрузки до сброса зерна с транспортных механизмов, м; v_{T} – скорость транспортного механизма, м/с;

$$t_{\text{тел}} = \frac{l_{\text{с}} \cdot x}{v_{\text{тел}} \cdot 60},$$

где $l_{\text{с}}$ – длина транспортного потока после весов, м; $v_{\text{тел}}$ – скорость разгрузочной тележки, м/с; x – коэффициент, учитывающий среднюю длину перемещения тележки.

Время ожидания, связанное с переключением нории на другую операцию, изменяется в незначительных пределах (независимо от производительности нории) и может быть принято равным 3 мин. При объеме обработки зерна 1000 т и максимальном использовании производительности нории (100 т/ч) число переключений в сутки составит 10. С учетом переключений (каждое переключение 3 мин) суммарное время работы нории будет равно 38,7 ч.

4. За сутки (24 ч) нория производительностью 100 т/ч вместо 1000 т выполнит объем работ равный 620,1 т, т. е. поправочный коэффициент составит 1,61. Отсюда потребная производительность нории для обработки зерна массой 1000 т в потоке должна составлять 161 т/ч.

С учетом полученных данных вместо одной нории производительностью 100 т/ч принимают две, и тем самым создается значительный запас, либо устанавливают норму производительности 161 т/ч и делают соответствующий пересчет для производительности сепараторов и зерносушилок.

При установке нории производительностью 161 т/ч (и тех же исходных данных) потребная производительность сепараторов составит

$$\frac{161}{Q_{\text{с}}} = 1 \cdot 0,8 \left(2 - \frac{5}{100} \right);$$

$$Q_{\text{с}} = 103,2 \text{ т/ч.}$$

$$\frac{0,9 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 0,8} 103,2 \frac{1 - \frac{5}{100}}{1 + \frac{7}{100}} < Q_B < \frac{0,8 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 0,8} 103,2 \frac{1 + \frac{7}{100}}{1 - \frac{20}{100}}$$

$$103,2 < Q_B < 138,0 \text{ т/ч.}$$

Полученные соотношения производительностей обеспечивают максимальную загрузку и использование оборудования, накопительного силоса и оперативных бункеров технологической линии при обработке зерна в потоке.

Таким образом, применительно к различному состоянию зерна и его качеству можно получить необходимую производительность транспортного и технологического оборудования технологических линий при обработке зерна в потоке.

При переключении норрии на другую операцию возникают простои ($T_{ож}$), в течение которых норрия не обслуживает рассматриваемую операцию. С учетом этого времени величину надсепараторных (подсепараторных) или надсушильных (подсушильных) бункеров определяют по формулам

$$E_{сн(сп)} \geq \frac{K_{ск}}{\gamma_k \psi_k} Q_c T_{ож}; E_{вн} \geq \frac{K_{вк}}{\gamma_k \psi_k} Q_B T_{ож}.$$

Например, при обслуживании норрией двух операций (очистка и сушка) в потоке величина минимально необходимых оперативных бункеров будет определяться следующим образом: $E_{сн(сп)}$ — подсепараторные при $Q_c = 100$ т/ч, $K_{ск} = 0,8$,

где $\gamma_k = 0,8$ т/м³, $\psi_k = 0,9$ и $T_{ож} = 3$ мин (время переключения норрии без учета возможных простоев по техническим причинам)

$$E_{сн(сп)} = \frac{0,8}{0,8 \cdot 0,9} \cdot 100 \cdot 0,05 = 5,55 \text{ т.}$$

При определении величины надсушильных (подсушильных) бункеров время ожидания ($T_{ож}$) будет иметь иное значение. В данном случае время ожидания $T_{ож}$ складывается из времени, затрачиваемого на растопку топки, загрузку зерносушилок зерном, вывод на рабочий режим, досушку и охлаждение зерна, разгрузку зерносушилки и зачистку при переходе на сушку другой партии зерна.

Сводные данные о затратах времени зерносушилок на подготовительно-заключительные операции приведены в таблице 16.

Элементы затрат времени	Зерносушилки	
	шахтные	рециркуляционные
Досушка и охлаждение остатка предыдущей партии зерна	0,6	0,5
Выпуск остатка партии зерна	1,3	1,0
Зачистка при работе:		
с одной культурой	1,0...2,0	1,0...2,0
с разными культурами	8,0	8,0
Пуск оборудования	0,1...0,2	0,1...0,2
Заполнение сушилки зерном новой партии зерна	1,4	1,0
Вывод на производственный режим	0,4	0,5
Итого потери времени:		
с одной культурой	4,8...5,9	4,1...5,2
с разными культурами	11,8...12,9	11,1...12,2

При производительности шахтной зерносушилки 50 т/ч, $K_{вк} = 1,0$ (при снижении влажности с 20 до 14 %), $\gamma_k = 0,8$ т/м³, $\psi_k = 0,9$ и среднем времени ожидания ($T_{ож}$) с одной культурой — 5,35 ч

$$E_{вн(вп)} = \frac{1}{0,8 \cdot 0,9} \cdot 50 \cdot 5,35 = 371,5 \text{ т.}$$

Зерносушилки рассчитывают на среднесуточную производительность, что диктуется незначительным периодом эксплуатации зерносушилок и их большой стоимостью. В тех случаях, когда поступающее сырое и влажное зерно превышает среднесуточную производительность зерносушилок, его размещают временно в зернохранилищах, оборудованных установками активного вентилирования.

Увеличение вместимости зернохранилищ, оборудованных установками для активного вентилирования зерна, связано с увеличением капитальных и текущих затрат (табл. 17). Так как зернохранилища, оборудованные установками для активного вентилирования зерна, представляют в основном зерновые склады, то увеличение вместимости таких зернохранилищ на 10 % повышает капитальные затраты на 20,8 % и текущие — на 7,3 %.

Расчет коэффициентов загрузки и использования зерноочистительного и зерносушильного оборудования. Как видно из содержания уравнений (XII-44), (XII-50), (XII-60), (XII-61), эффективность использования (загрузки) оборудования на отдельных участках зависит прежде всего от характеристики партий зерна и производительности оборудования, входящего в технологическую линию.

17. Капитальные и текущие затраты складов, оборудованных установками активного вентилирования (УАВ) объем заготовок сырого и влажного зерна 59,4 тыс. т

Объем склада, оборудованного УАВ	Всего вместимость, тыс. т	Производительность зерносушилок, т/ч	Капитальные затраты, тыс. р.	Период сушки, сут	Текущие затраты, тыс. р
—	68,1	108,8	140,2	30	48,7
8	70,4	103,8	198,6	32	50,9
15	72,6	98,5	257,0	33	53,1
22	75,0	93,3	315,4	34	55,3
29	77,0	87,9	373,8	36	57,6
35	79,3	82,7	432,3	38	59,8
40	81,5	77,4	490,7	41	62,0
45	83,6	72,1	502,3	43	58,6
51	86,0	67,0	560,8	46	60,8
56	88,2	61,7	619,2	50	63,1
61	90,4	56,5	677,6	54	65,3

Примечание. Рассматриваемые параметры получены применительно к типовым складам СЗ-6 и зерносушилкам ДСП-320 т.

Например, при $Q_n = 100$ т/ч, $N_{ск} = 1$, $Q_c = 100$ т/ч, $K_{ск} = 0,7$, $m = 2$, $C = 5$ % коэффициент загрузки (K_3) участка очистки зерна в соответствии с формулой (XII-44) составит

$$K_3 = \frac{100 - 1 \cdot 100 \cdot 0,7}{2 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 0,7 \left(1 - \frac{5}{100}\right)} = 0,22.$$

При $Q_n = 175$ т/ч и тех же остальных параметрах коэффициент загрузки (K_3) данного участка составит

$$K_3 = \frac{175 - 1 \cdot 100 \cdot 0,7}{2 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 0,7 \left(1 - \frac{5}{100}\right)} = 0,79,$$

т. е. при увеличении производительности норрии с 100 т/ч до 175 т/ч коэффициент загрузки участка очистки зерна возрастает с 0,22 до 0,79.

Отсюда следует, что для повышения коэффициента загрузки оборудования участка очистки зерна целесообразно увеличивать соотношение производительности норрии и сепараторов.

С учетом формулы (XII-61) коэффициент использования зерноочистительного оборудования на участке очистки зерна для вышеназванных производительностей

при $Q_n = 100$ т/ч, $Q_c = 100$ т/ч, $K_{ц} = 1$

$$K_{ис} = \frac{1}{1} \cdot 1 \cdot 0,22 \cdot 1 \cdot 0,7 \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 0,16;$$

при $Q_n = 175$ т/ч, $Q_c = 100$ т/ч, $K_{ц} = 1$

$$K_{ис} = \frac{1}{1} \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 1 \cdot 0,7 \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 0,59.$$

Таким образом, повышение коэффициента использования оборудования, так же как повышение коэффициента загрузки, обуславливает необходимость увеличения соотношения производительностей транспортного и технологического оборудования.

Динамика изменения коэффициентов загрузки и использования оборудования поточной линии на участке очистки зерна (при $K_{ск} = 0,7$, $m = 2$, $C = 5\%$, $K_{ц} = 1$, $\gamma_c = 7\%$) представлена в таблице 18.

18. Коэффициенты загрузки и использования оборудования (на участке очистки зерна)

Q_n , т/ч	Q_c , т/ч	K_z	$K_{ц}$
100	100	0,22	0,16
110	100	0,30	0,22
120	100	0,37	0,28
130	100	0,45	0,33
140	100	0,52	0,39
150	100	0,60	0,45
160	100	0,67	0,50
170	100	0,75	0,56
175	100	0,79	0,59

Полученные данные коэффициентов загрузки и использования дают основание сделать вывод о том, что улучшение использования и загрузки оборудования в технологических линиях обуславливает целесообразность увеличения производительности транспортных средств по сравнению с производительностью технологического оборудования в 1,5...1,8 раза.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое технологические карты пресски и обработки зерна? 2. Какова классификация технологических линий? 3. Покажите аналитическую оценку количества зерна, поступающего на послеуборочную обработку. 4. Как определить накопительную вместимость при приемке зерна с автомобильного транспорта? 5. Как определить производительность и эффективность работы оборудования технологических линий?

ОПЕРАТИВНЫЙ РАСЧЕТ РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРА

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Обеспечение высоких технико-экономических показателей работы элеватора во многом связано с улучшением использования оборудованных технологических линий. Научно обоснованный анализ эксплуатационной производительности технологических линий позволяет выявить факторы, обуславливающие ее величину, вскрыть резервы и обеспечить более качественную обработку зерна в установленные сроки.

Математическое описание процесса приемки и обработки зерна (глава XIV, § 4, 5, 6) позволило получить аналитические зависимости, дающие возможность проводить расчет и анализ работы технологических линий. Оперативный расчет (графоаналитический метод профессора Д. В. Шумского) до последнего времени применялся в основном в проектировании. В последние годы идеи оперативного расчета наряду с проектированием элеваторов, стали внедряться в практику эксплуатации технологических линий хлебоприемных предприятий.

В производственном процессе элеватора различают два этапа работы — внешний и внутренний. Первый связан непосредственно с разгрузкой или погрузкой автомобильного, железнодорожного и водного транспорта, его производят в приемных или отпускных устройствах. Этот этап включает в себя маневровые работы, взвешивание зерна на автомобильных и железнодорожных весах, а также наполнение или опорожнение оперативных (приемных или отпускных) силосов. Внутренняя работа включает перемещение зерна из опорожняемого силоса в наполняемый (например, из приемных бункеров в силосы), при этом обязательно принимают участие норрии и весы, установленные в рабочем здании элеватора. Некоторые операции (приемка и отпуск) включают как внутреннюю работу, так и внешнюю. В связи с особенностями внешней и внутренней работы эти два производственных процесса рассматривают отдельно.

Работа элеватора складывается из полностью механизированных технологических и транспортных потоков — маршрутов. Маршруты включают в себя технологическое и транспортирующее оборудование, весы и буферные бункера, позволяющие сочетать в одном потоке машины различной производительности, а также машины непрерывного и периодического действия. Перестройку маршрутов в производственном процессе элеватора осуществляют при изменении направления движения зерна в тот или иной силос, при переходе с одной операции на другую, а также при начале перемещения зерна другого качества. В этой связи партия зерна, представляющая собой массу зерна, однородного по качеству (в соответствии со стандартом), может перемещаться с несколькими перестройками маршрута. В оперативном расчете под партией

зерна принято считать количество зерна, перемещаемого без перестройки маршрута.

Работу оборудования элеватора оценивают коэффициентом интенсивного использования $K_{и}$, экстенсивного использования (во времени) K_t и интегральным коэффициентом использования (по производительности) K_Q .

Во внутренней работе элеваторов всегда принимает участие нория, являющаяся основной транспортирующей машиной. Поэтому все коэффициенты использования относят, как правило, к ее работе.

Коэффициент интенсивного использования $K_{и}$ (сокращенно коэффициент использования) характеризуется отношением фактической производительности норрии $Q_{ф}$ к ее технической (паспортной) $Q_{т}$, т. е.

$$K_{и} = Q_{ф} / Q_{т}. \quad (\text{XIII-1})$$

Если через E (m) обозначить партию зерна, то теоретическое время перемещения норрией данной партии будет

$$t = E / Q_{т}, \quad (\text{XIII-2})$$

а полное фактическое время $t_{ф}$ составит

$$t_{ф} = E / Q_{ф}, \quad (\text{XIII-3})$$

отсюда

$$K_{и} = t / t_{ф}. \quad (\text{XIII-4})$$

Полное фактическое время $t_{ф}$ перемещения партии зерна включает теоретическое время t и потери, обусловленные двумя особенностями технологического процесса элеватора. Первая заключается в том, что в конце истечения зерна из силоса или бункера в результате самосортирования происходит замедление (время x_1), удлиняющее общее время истечения.

Вторая особенность технологического процесса состоит в том, что между окончанием истечения зерна из одного силоса и открыванием задвижки под следующим необходим промежуток времени, в течение которого поступает сигнал, разрешающий перемещение другой партии зерна $t_{ож}$ (время ожидания). Таким образом, полное фактическое время будет

$$t_{ф} = t + x_1 + t_{ож}, \quad (\text{XIII-5})$$

тогда

$$K_{и} = \frac{t}{t + x_1 + t_{ож}}. \quad (\text{XIII-6})$$

Теоретическое время определяют по формуле (XIII-2), а время замедления, т. е. истечение остатков зерна, может быть вычислено по эмпирической формуле профессора Д. В. Шумского

$$x_1 = \frac{7,5 (E + 15)}{Q + 80} \quad (\text{XIII-7})$$

Время ожидания $t_{ож}$ определяют по графикам.

В связи с особенностями графического изображения работы бункеров рассмотрим график движения зерна. Работу бункеров графически изображают в системе координат время – количество зерна ($t - E$, рис. 45, I). Заполнение бункера изображено восходящей прямой AB . Горизонтальный участок BC показывает, что зерно в бункере находится без движения, CD – опорожнение и DE – истечение остатков зерна.

Если производительность наполнения обозначить через Q_H , а производительность опорожнения через Q_O , то соответственно продолжительность наполнения t_H и опорожнения t_O будут

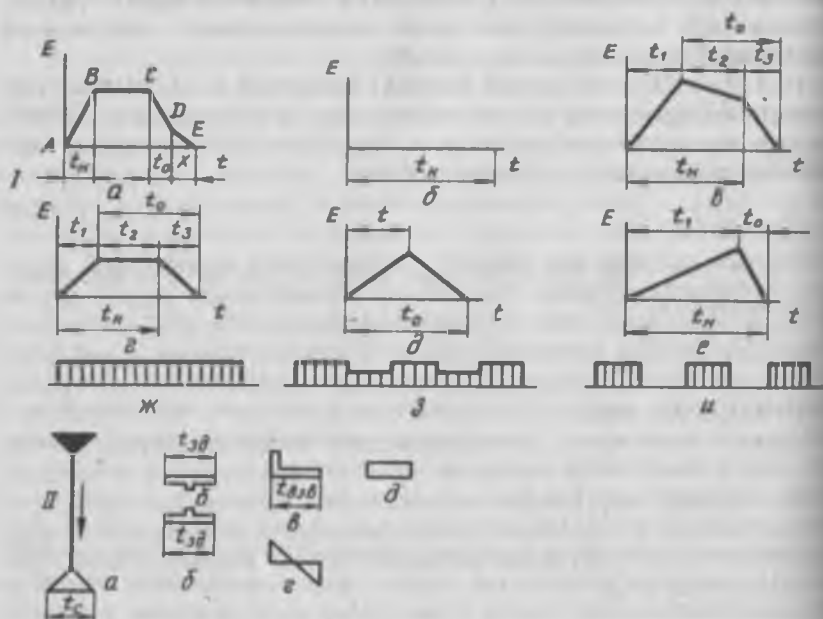


Рис. 45. Графическое изображение работы:

I – силосов; II – оборудования элеватора; а – подача сигнала; б – открытие и закрытие задвижек; в – взвешивание зерна; г – переход оперативного работника от одной операции к другой; д – ручное взвешивание и опорожнение автоматических весов

$$t_n = E/Q_n; \quad t_o = E/Q_o.$$

Время истечения остатков зерна x_1 зависит от конструкции и количества выпускных отверстий. В общем виде это время определяют по формуле (XIII-7).

Время истечения остатков зерна x_2 из весов определяют как

$$x_2 = x_1/2, \text{ т. е. } x_2 = \frac{7,5 (E + 15)}{2 (Q + 80)}.$$

При построении графиков обычно время выпуска зерна изображают одной линией, считая, что она соответствует фактическому времени плюс время на задержку. Чаще работу бункера организуют, совмещая наполнение и опорожнение, при этом выпуск зерна начинают до окончания наполнения.

В зависимости от соотношения производительности наполнения Q_n , опорожнения Q_o и начала выпуска зерна графики работы бункеров принимают различный вид. Если $Q_o > Q_n$ и опорожнение начинается одновременно с наполнением (рис. 45,б), накапливания зерна в бункере не происходит (например, работа надвесового бункера с открытыми задвижками).

При $Q_o > Q_n$ и некоторой задержке выпуска (рис. 45,в) в течение совместного наполнения и опорожнения происходит уменьшение количества зерна с производительностью $Q_o - Q_n$. В этом случае необходимая минимальная вместимость бункера составит

$$E_b = t_1 Q_n.$$

При $Q_o = Q_n$ и некоторой задержке выпуска (рис. 45,г) необходимая вместимость бункера

$$E_b = t_1 Q_n = t_3 Q_o.$$

При $Q_n > Q_o$ (рис. 45,д) и одновременном начале наполнения и опорожнения необходимая минимальная вместимость бункера составит

$$E_b = t_n (Q_n - Q_o).$$

Наиболее экономичный вариант использования вместимости при $Q_n > Q_n$ получают тогда, когда наполнение и теоретическое опорожнение заканчиваются одновременно (рис. 45,е). В этом случае необходимая минимальная вместимость бункера

$$E_b = t_1 Q_n = (t_n - t_o) Q_n.$$

Работу оборудования на графиках обозначают следующим образом: если оборудование работает непрерывно (рис. 45,ж), с перерывами,

но не останавливается (рис. 45,з), с перерывами, т. е. останавливается (рис. 45,и).

Работу обслуживающего персонала (рис. 45,II) изображают следующим образом:

a – подача и прием сигналов; *b* – открытие и закрытие задвижек; *в* – взвешивание зерна; *г* – переход обслуживающего персонала от одной операции к другой; *д* – ручное взвешивание и выпуск зерна из автоматических весов.

§ 2. ГРАФИКИ ВНУТРЕННИХ ПРОЦЕССОВ

Внутренний процесс в значительной степени зависит от принципиальной схемы элеватора, в частности от наличия весов, их типа (рис. 46). Особенность графиков внутреннего процесса элеватора с ковшовыми весами обуславливается соотношением величин партии E и грузоподъемности весов E_B , при этом возможны два случая:

1. $E < E_B$ (число взвешиваний $n_B = 1$);
2. $E > E_B$ (число взвешиваний $n_B > 1$).

Условия, необходимые при построении графиков внутренних процессов:

1. Внешний процесс исключается, т. е. имеется бункер, всегда заполненный зерном.

2. График рассматривается в период установившейся работы элеватора.

3. Каждая партия размещается в отдельный силос.

График внутреннего процесса элеватора с ковшовыми весами ($E < E_B$), число взвешиваний $n_B = 1$. Построение графика движения зерна производим в порядке последовательности операций производственного процесса, которые показывают на графике (рис. 47) по вертикали сверху вниз. Длительность каждой операции в минутах откладывают по горизонтали.

Время истечения из приемного бункера $t = \frac{E_B \cdot 60}{Q'_K}$

$$\text{или } t = \frac{E_B \cdot 60}{Q_H}$$

Время истечения остатков зерна $x = \frac{7,5 (E_B + 15)}{Q'_K + 80}$

Время перемещения последнего (или первого) зерна по конвейеру

$$t'_{K} = \frac{l}{v_K \cdot 60}$$

нием надвесового бункера и окончанием подачи норией последнего зерна перегружаемой партии.

Далее подается сигнал — t'_c , разрешающий перемещение следующей партии, взвешивание зерна — $t'_{взв}$; открытие подвесовой задвижки и выпуск зерна из ковша весов.

$$\text{Время истечения зерна из весов } t'_в = \frac{E'_в \cdot 60}{Q''_к}$$

$$\text{время истечения остатков зерна } x_2 = \frac{7,5 (E'_в + 15)}{2 (Q''_к + 80)}$$

Наличие в маршруте надвесового бункера позволяет начать разгрузку следующей партии зерна, не ожидая окончания перемещения предыдущей. Таким образом, надвесовой бункер разделяет весь поток на два участка:

приемный бункер — надвесовой бункер,
весы — силос для хранения.

Построение графика разгрузки следующей партии зерна, начиная с момента получения сигнала от весовщика о готовности надвесового бункера к приемке зерна, производится в рассмотренном ранее порядке.

Возможность начала перемещения следующей партии определяется величиной $t_{ож}$ — промежуток времени между окончанием выпуска зерна из бункера предыдущей партии и началом перемещения следующей партии зерна.

Если просуммировать перечисленные промежутки времени по первому участку, получим

$$t_{ож_1} = t'_к + t'_н + t'_{ш} + t'_c \quad (\text{XIII-8})$$

Полученное уравнение выражает величину потерь времени на первом участке. Для того чтобы правильно выбрать значение величины $t_{ож}$ при определении коэффициента использования норией, необходимо определить величину $t_{ож_2}$ на втором участке — от весов до загружаемого силоса:

$$t_{ф_2} = t + x + t_{ож_2} \quad (\text{XIII-9})$$

$$t_{ож_2} = t_{ф_2} - (t + x_1); \quad (\text{XIII-10})$$

$$t_{ож_2} = [t_{см} + t''_к + t''_{п} + t'_c] - [(t + x_1) - (t'_в + x_2)] \quad (\text{XIII-11})$$

Для уменьшения $t_{ож_2}$ необходимо увеличить вычитаемое $t'_в + x_2$. Максимально $t_{ож_2}$ можно уменьшить до $t_{ож_1}$.

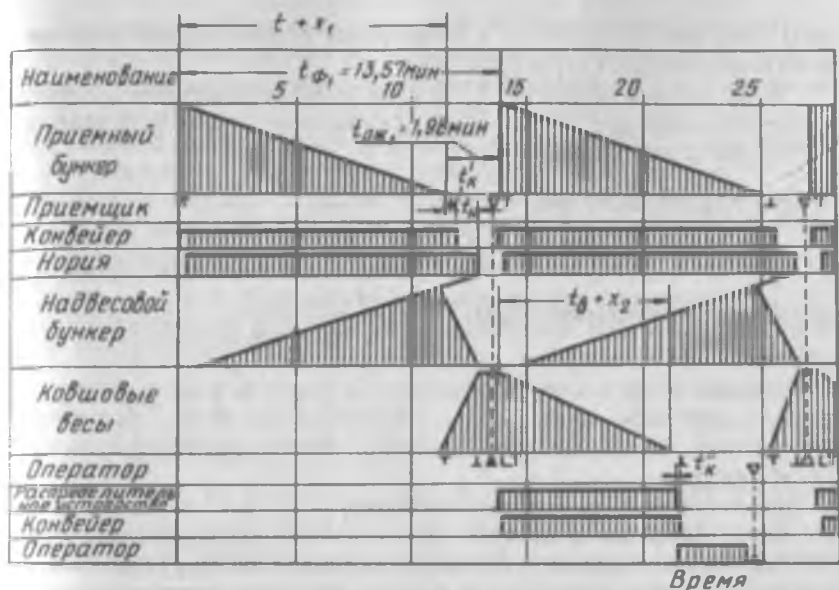


Рис. 48. График внутреннего процесса с ковшовыми весами ($n_B < 1$; $t_{\Phi_1} > t_{\Phi_2}$)

Пример. Построить график внутреннего процесса элеватора при перемещении зерна из приемных бункеров в силосы (рис. 48). Дано: $E = 60$ т; $Q_H = Q'_K = 350$ т/ч; $Q''_K = 500$ т/ч; $E_B = 70$ т; $l'_K = 70$ м; $l''_K = 80$ м; $H_H = 60$ м.

Для упрощения построения графика скорость лент конвейеров и норий принимаем 3 м/с. Допустим, что рассматриваемый маршрут настроен на приемку зерна из железнодорожных вагонов и транспортерщик (приемщик), обслуживающий конвейер, получил разрешение на открытие задвижки под приемным бункером. После открытия задвижки зерно начинает поступать на приемный конвейер. В норию первое зерно поступит через промежуток времени

$$t'_K = \frac{l'_K}{v \cdot 60} = \frac{70}{3 \cdot 60} = 0,38 \text{ мин.}$$

Это время движения первого или последнего зерна по нижнему конвейеру. А еще через время t_K — время подъема зерна корней оно достигает надвесового бункера

$$t_H = \frac{H_H}{v_H \cdot 60} = \frac{60}{3 \cdot 60} = 0,33 \text{ мин.}$$

После истечения зерна из бункера транспортерщик закрывает задвижку, затрачивая на эту операцию $t_{зд} = 0,1$ мин. Тогда общее время истечения зерна из приемного бункера с учетом замедления составит

$$t + x_1 = \frac{E \cdot 60}{Q'_K} + \frac{7,5 (E + 15)}{Q'_K + 80} = \frac{60 \cdot 60}{350} + \frac{7,5 (60 + 15)}{350 + 80} = 11,59 \text{ мин.}$$

Последнее зерно поступит в бункер над весами через время $t'_K + t_H$ после истечения его из приемного бункера, т. е. с учетом продолжительности подъема последнего зерна норией и дочерпывания остатков зерна в башмаке

$$t'_K + t_H = \frac{l'_K}{v \cdot 60} + \frac{3H_H}{v_H \cdot 60}; \quad t'_K = \frac{70}{60 \cdot 3} + \frac{3 \cdot 60}{60 \cdot 3} = 1,38 \text{ мин.}$$

Для подачи зерна в весовой ковш весовщик предварительно открывает надвесовую задвижку. Время заполнения весов ($t_{н.в}$) грузоподъемностью 70 т может быть принято 1,7 мин. После поступления последнего зерна в ковш весовщик закрывает надвесовую задвижку и подает транспортерщику соответствующий сигнал (t'_c принимают 0,5 мин), разрешающий начать приемку следующей партии зерна, не ожидая окончания перемещения зерна предыдущей партии в силос.

Такая организация работы обеспечивается благодаря наличию надвесового бункера, который делит весь маршрут на два участка: от приемного бункера до надвесового и от весов до заполняемого силоса.

Рассмотрев все затраты времени на первом участке, переходят ко второму. Закрыв надвесовую задвижку ($t_{зд} = 0,1$ мин) и подав сигнал (t'_c), весовщик взвешивает зерно ($t_{взв} = 0,2$ мин), открывает задвижку под весами и записывает результат взвешивания.

Время истечения зерна из весов составит

$$t_B + x_2 = \frac{E_B \cdot 60}{Q''_K} + \frac{7,5 (E_B + 15)}{2 (Q''_K + 80)} = \frac{60 \cdot 60}{500} + \frac{7,5 (60 + 15)}{2 (500 + 80)} = 7,68 \text{ мин.}$$

Последнее зерно поступит в силос (после истечения его из ковша) спустя время $t_{см}$ (время прохождения зерна по распределительному устройству принимают 0,1) и t''_K (время прохождения зерна по надсилосному конвейеру); его определяют по формуле

$$t''_K = \frac{2/3 l''_K}{v_K \cdot 60} = \frac{2/3 \cdot 80}{3 \cdot 60} = 0,29 \text{ мин.}$$

После поступления всего зерна первой партии в силос надсилосный транспортерщик (оператор) в зависимости от полученного задания перестраивает маршрут, переместив для этого сбрасывающую тележку ($t_{тл}$ принимают 3 мин) на другой силос, и сигнализирует весовщику о готовности второго участка маршрута к приему следующей партии.

Получив сигнал надсилосного транспортерщика, весовщик может приступить к выпуску из весов следующей партии, если она своевременно была направлена в норию и на весы. На графике (см. рис. 48) показано прохождение зерна второй партии в изложенном выше порядке.

Минимальная продолжительность рассматриваемой операции по обоим участкам составит

$$t_{\phi_1} = t + x_1 + t'_k + t_{н} + t_{зд} + t'_c = 10,28 + 1,31 + 0,38 + 1,0 + 0,1 + 0,5 = 13,57 \text{ мин};$$

$$t_{\phi_2} = t_{в} + x_2 + t_{см} + t''_k + t_{тл} + t''_c = 7,20 + 0,48 + 0,1 + 0,29 + 3,0 + 0,5 = 11,57 \text{ мин},$$

т. е. в рассматриваемом примере не учтены затраты времени на те операции, которые протекают одновременно с другими.

На графике (см. рис. 48) представлен случай, при котором лимитирующим является первый участок ($t_{\phi_1} > t_{\phi_2}$), и величина $t_{ож}$ определяется затратами времени на первом участке, т. е.

$$t_{ож_1} = t'_k + t_{н} + t_{зд} + t'_c,$$

где $t_{ож_1}$ — минимальная величина времени ожидания.

Тогда

$$t_{ож_1} = 0,38 + 1,0 + 0,1 + 0,5 = 1,98 \text{ мин, а}$$

$$K_{н} = \frac{t}{t_{\phi}} = \frac{t}{t + x_1 + t_{ож_1}} = \frac{10,28}{13,57} = 0,76.$$

Подобный случай возможен при правильно выбранных производительности надсилосного конвейера (Q''_k) и рациональной организации работы на элеваторе. При недостаточной производительности надсилосного конвейера или при задержке на втором участке со взвешиванием, перемещением тележки или с подачей сигнала возможно соотношение $t_{\phi_2} > t_{\phi_1}$, т. е. $t_{ож_2} > t_{ож_1}$. Увеличение $t_{ож}$ по сравнению с минимальной величиной приводит к увеличению периода T и снижению $K_{н}$.

График внутреннего процесса элеватора с ковшовыми весами ($E > E_{н}$), число взвешиваний $\eta_{в} > 1$. Ознакомившись с методикой графо-

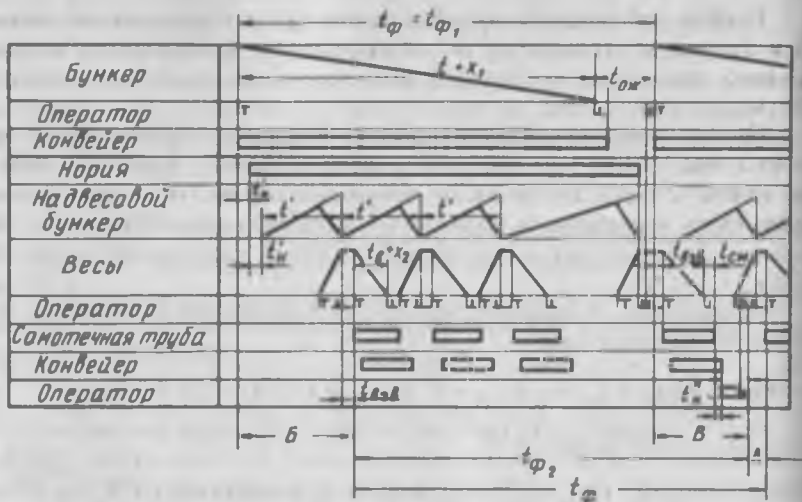


Рис. 49. График внутреннего процесса с ковшовыми весами ($n_b > 1$; $t_{\phi_1} > t_{\phi_2}$)

аналитического определения величины коэффициента использования нории в частном случае, когда масса партии не превышает грузоподъемности весов, рассмотрим более общий случай, когда масса перемещаемой партии превышает грузоподъемность весов (рис. 49).

Время ожидания $t_{ож_1}$ и $K_{н}$ нории для первого участка определяют из выше рассмотренных уравнений (для частного случая при однократном взвешивании). Время ожидания по второму участку определяется на основании данных графика (см. рис. 49) из уравнения $t_{ож_2} = t_{\phi_2} - (t + x_1)$.

Определим время t_{ϕ_2} по графику как сумму времени от начала разгрузки первой партии зерна до начала разгрузки следующей партии, получим

$$t_{\phi_2} = [(t_{н.ов} + t_{взв} + t_{зд})(n_b - 1) + t_{см} + t_{к}'' + t_{тл} + (XIII-12) + t_{с}'' - t_{зд} - t_{с}^i] + (t_b + x_2) n_b.$$

Время ожидания по второму участку $t_{ож_2}$ после подстановки будет равно

$$t_{ож_2} = [(t_{н.в} + t_{взв} + t_{зд})(n_b - 1) + t_{см} + t_{к}'' + t_{тл} + (XIII-13) + t_{с}'' - t_{зд} - t_{с}^i] - [(t + x_1) - (t_b + x_2) n_b].$$

Далее определяют коэффициент использования нории

$$K_{н} = \frac{t}{t + x_1 + t_{ож}}$$

График внутреннего процесса элеватора с порционными весами. При установке порционных весов отсутствует разделение производственного процесса на два участка. В данном случае порционные весы работают по принципу самотека.

Начало транспортирования каждой следующей партии зерна возможно лишь после прохождения последнего зерна предыдущей партии по надсилосному конвейеру, перемещения тележки и подачи сигнала приемщику о готовности маршрута. Из графика (рис. 50) следует, что

$$t_{\text{сж}} = t'_k + t_n + t_a + t_{\text{см}} + t''_k + t_{\text{тп}} + t_{\text{с}} \quad (\text{XIII-14})$$

где t_a – время, необходимое для взвешивания остатка зерна и выпуска из автоматических весов.

Время ожидания при установке порционных весов увеличивается и, следовательно, уменьшается коэффициент использования. Однако значительно меньшие размеры, простота обслуживания и возможность более высокой степени автоматизации способствуют широкому внедрению порционных весов на современных элеваторах.

Выбор производительности надсилосного конвейера. Так как нория является основной транспортной машиной элеватора, то при выборе основных параметров (Q'_k и E_b) маршрута необходимо обеспечить прежде всего более полную ее загрузку.

Для своевременной разгрузки весового ковша при отсутствии подвесовой емкости Q''_k должна быть выше Q_n .

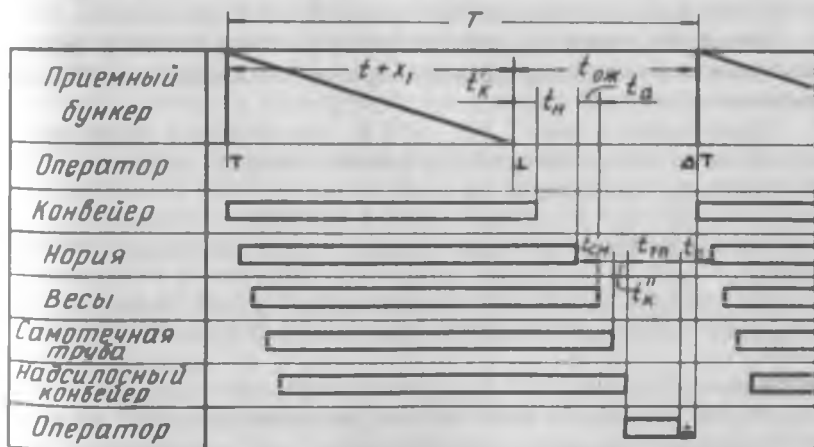


Рис. 50. График внутреннего процесса с порционными весами

Истечение зерна из весов на надсилосный конвейер не будет задерживать работу норрии, если

$$t_{\phi_2} \leq t_{\phi_1}$$

Так как самым напряженным режимом надсилосного конвейера является работа при перемещении небольших партий зерна, то для определения его производительности рассмотрим случай, когда масса перегружаемой партии меньше или равна грузоподъемности весов. Подставляя в вышеприведенное условие значения t_{ϕ_1} и t_{ϕ_2} , получим

$$t_{\text{в}} + x_2 + t_{\text{см}} + t_{\text{к}}'' + t_{\text{тл}} + t_{\text{с}}'' \leq t + x_1 + t_{\text{к}}' + t_{\text{н}} + t_{\text{зд}} + t_{\text{с}}'$$

Полагая $x_1 + t_{\text{к}}' + t_{\text{н}} + t_{\text{зд}} + t_{\text{с}}' = A$; $x_2 + t_{\text{см}} + t_{\text{к}}'' + t_{\text{тл}} + t_{\text{с}}'' = B$ и выражая время истечения зерна из весового ковша ($t_{\text{в}}$) через производительность надсилосного конвейера ($Q_{\text{к}}''$), т. е.

$$t_{\text{в}} = \frac{E_{\text{в}} \cdot 60}{Q_{\text{к}}''},$$

и решая уравнение относительно $Q_{\text{к}}''$, получим

$$Q_{\text{к}}'' \geq \frac{E_{\text{в}} \cdot 60}{t + A - B} \quad (\text{XIII-15})$$

Выбор грузоподъемности весов ($E_{\text{в}}$). При выборе грузоподъемности весов должны быть выполнены два основных условия:

1. Работа весов не должна снижать коэффициента использования норрии.

2. Один весовщик должен обслуживать не менее двух весов.

Самым напряженным режимом работы ковшовых весов является перемещение больших партий зерна, т. е. при массе партии больше грузоподъемности весов.

Если обозначить через $t' = E_{\text{в}} \cdot 60 / Q_{\text{н}}$ теоретическое время подъема норрией одного отвеса, то первое требование, пользуясь графиком, можно написать в следующем виде:

$$t' \geq t_{\text{н.в}} + t_{\text{взв}} + t_{\text{н}} + x_2 + t_{\text{зд}} \quad (\text{XIII-16})$$

При выполнении данного соотношения работа весов не будет снижать коэффициент использования норрии даже при самой напряженной работе.

Если обозначить через $t_{\text{уп}}$ время, необходимое для выполнения всех управленческих операций по обслуживанию двух весов, то второе требование можно выразить неравенством

$$t_{\text{в}} + x_2 \geq t_{\text{н.в}} + t_{\text{взв}} + t_{\text{зд}} + t_{\text{уп}} \quad (\text{XIII-17})$$

С учетом уравнений (XIII-16), (XIII-17)

$$E_B > \frac{Q_H}{60} [2 (t_{н.в} + t_{взв} + t_{зд}) + t_{уп}]. \quad (\text{XIII-18})$$

По неравенствам (XIII-15), (XIII-18) можно определить минимальные значения Q_H и E_B , удовлетворяющие условиям уравнений (XIII-16), (XIII-17).

В таблице 19 приведены результаты вычислений Q_H'' и E_B .

19. Соотношение Q_H , Q_H'' и E_B

Q_H , т/ч	E_B , т		Q_H'' , т/ч	
	расчетная	применяемая	расчетная	применяемая
100	6,1	10	128	175
175	11,9	20	217	350
350	32,0	70	384	500
500	45,8	70	589	800

§ 3. ГРАФИК СУТОЧНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРА

Для оценки производственного процесса элеватора строят суточный график, который позволяет выявить все достоинства и недостатки технологической схемы элеватора. Он является планом работы, определяющим наиболее оптимальный режим эксплуатации. Однако было бы неверным считать, что операции можно проводить только так, как это принято по графику. Каждые сутки условия работы меняются, изменяется ее объем, и поэтому нельзя предусмотреть все частные случаи. Но известная однотипность в работе, в последовательности операций может быть намечена для каждого элеватора. Это вносит организующее начало в его работу и способствует увеличению всех эксплуатационных показателей.

При помощи графика суточной работы можно проверить правильность выбора основного технологического и транспортного оборудования, вместимости оперативных силосов, мощности энергетической установки, а также выполнение максимального объема работы на элеваторе.

Разработка и широкое применение подобных графиков на практике — важная задача специалистов элеваторной промышленности.

При составлении суточного графика работы элеватора необходимо сделать следующее.

1. Определить суточный объем работы и распределение операций по сменам. За суточный объем работы элеватора принимают расчетный объем в максимально напряженный период, заложенный при определении норие-часов и выборе норий.

При распределении заданного объема операций по сменам учитывают: а) приемку зерна с железнодорожного транспорта, а также отпуск на него проводят подачами по 600...800 т одновременно с перерывами по 2...3 ч; приемку следует условно начинать с начала смены преимущественно с 8.00 до 16.00 ч; б) приемку зерна с автомобильного транспорта следует распределять по сменам в соотношении: первая 40...45 %, вторая 30...35 и третья 25...30 % суточного поступления; в) приемку зерна с водного транспорта (или отпуск) ведут с интервалами в 1...2 ч для накопления зерна в буферных бункерах; г) сушку зерна ведут непрерывно и равномерно в течение суток, заполнение надсушильных и опорожнение подсушильных бункеров следует вести ежемесячно в конце каждой смены; д) отпускать зерно на мукомольный завод следует один раз в сутки (в первую или вторую смену); е) очищать зерно надо по мере возможности в потоке.

Затем составляют таблицу по следующей форме.

20. Форма

Операция	Принятый	Всего за сутки		В том числе в смену					
		т	н-ч	первую		вторую		третью	
				т	н-ч	т	н-ч	т	н-ч

2. Составить бланк для построения графика. Распределить механизмы и оперативные силосы в левой колонке сверху вниз целесообразно в следующем порядке: а) все приемные конвейеры (с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта), а также и специальные приемные норрии; б) накопительные бункера для зерна, принимаемого с автомобильного транспорта, или буферные бункера для приемки зерна с водного транспорта; в) главные норрии элеватора, подсилосные, надсилосные, отпускные конвейеры; ж) надсепараторные бункера, сепараторы, подсепараторные бункера (соответственно для каждого сепаратора); з) надсушильные бункера, зерносушилки, подсушильные бункера; и) отпускные силосы (на железнодорожный и водный транспорт).

Во второй вертикальной колонке указывают номинальную производительность технологического и транспортного оборудования или вместимость. Счет времени на графике обычно ведут с разбивкой на часы и их десятые доли.

3. Перед нанесением операций освоить схему движения зерна и составить таблицу ходов. Вначале наносят все внешние операции — приемка зерна с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта, а также отпуск. При этом следует стремиться все принятое зерно

подавать непосредственно в надсепараторные бункера для очистки. Затем следует предусмотреть в конце каждой смены время на заполнение надсушильных бункеров и опорожнение подсушильных. К концу смены подсушильные и подсепараторные бункера должны быть свободными, что обеспечит учет работы, проделанной каждой сменой.

Внутренние операции (перемещение зерна из силоса в силос, составление помольных партий) проводят в свободное от основных операций время. Для каждой норки следует предусмотреть перерыв в работе не менее 1...2 ч для ее профилактического осмотра и мелкого ремонта. При составлении графика можно увеличить объем работы по сравнению с заданным при наличии свободного времени норки, конвейеров и сепараторов.

4. Анализ графика суточной работы элеватора заключается в окончательном подсчете выполненной работы элеватором за сутки и определении коэффициентов использования норки (по времени, по производительности), выявлении среднеэксплуатационной производительности норки и среднеоперационного коэффициента использования.

5. На том же месте, где изображен график, обязательно помещают таблицу фактически выполненных работ за сутки по сменам, условные обозначения и полученные коэффициенты использования норки.

Пример. Составить график суточной работы элеватора М-3Х175 (рис. 51). Элеватор выполняет следующий объем операций, т/сут:

Приемка железнодорожного транспорта	1800
Отпуск на мукомольный завод	300
Очистка в сепараторах	1800
Сушка в зерносушилке	390
Подготовка помольных партий	300
Внутренние перемещения	500
На элеваторе установлено оборудование, Q , т/ч:	
норки № 1, 2, 3	175
приемные конвейеры № 3, 4, 5, 6 (приемка продольного типа)	175
подсилосные конвейеры № 1, 2	175
надсилосные конвейеры № 7, 8	350
отпускной конвейер № 9	350
сепараторы ЗСМ-100 № 1, 2	100
контрольный сепаратор ЗСМ-5	5
зерносушилка ДСП-16	16

Приемный конвейер № 4 передает зерно в первую или вторую норку, конвейер № 6 — в норку № 2 или 3. Подсилосные конвейеры имеют ход № 1 в норки № 1 или 2, № 2 — в норки № 2 или 3. Надсилосные конвейеры принимают № 7 с норки № 1 или 2; № 8 — с норки 2 или 3. Сушилку обслуживает норка № 3. Подача зерна в сепараторы возможна любой норкой. Зерно из-под бункеров выпускают; из-под сепаратора № 1 в норки № 1 и 2, № 2 в норки № 2 и 3.

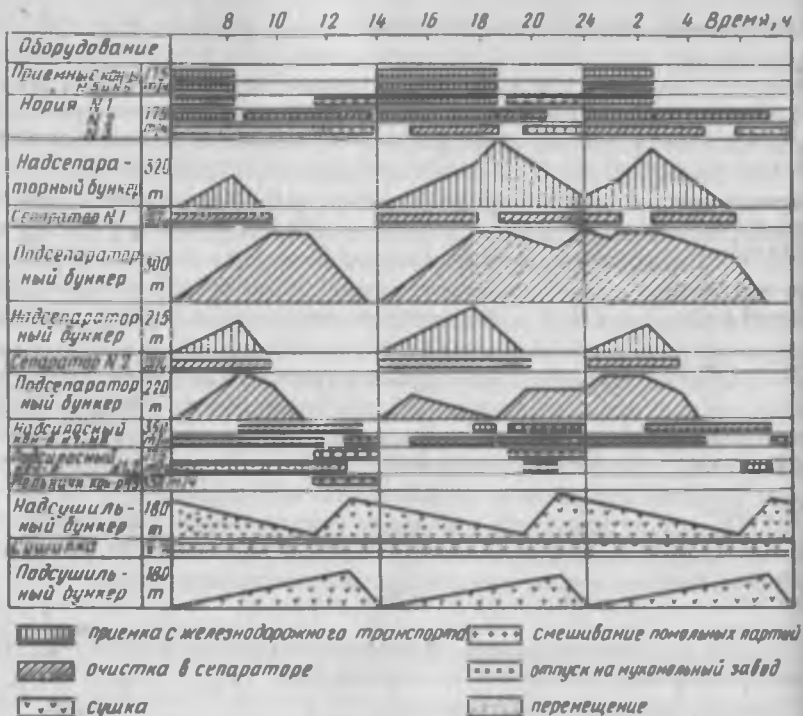


Рис. 51. График суточной работы элеватора МЗ X 175

Вместимости оперативных бункеров следующие:

Над сепаратором:	№ 1 (2,4 · 3) (3,5 · 2) $10 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 320$ т
	№ 2 (2,4 · 2) (3,5 · 2) $10 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 215$ т
Под сепаратором:	№ 1 (2,4 · 3) (3,5 · 2) $10,2 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 300$ т
	№ 2 (2,4 · 2) (3,5 · 2) $10,2 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 220$ т
Над зерносушилкой	(2,4 · 2) (3,5 · 2) $10 \cdot 0,75 \cdot 0,7 = 180$ т
Под зерносушилкой	(2,4 · 2) (3,5 · 2) $8,6 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 180$ т.

Условия проведения операций: 1) приемку зерна с железнодорожного транспорта ведут одновременно двумя потоками, причем начало операции совпадает с началом смены; 2) зерно на мельзавод отпускают в конце первой смены; 3) к концу каждой смены подсушильные и подсепараторные бункера должны быть опорожнены; 4) коэффициент использования сепаратора принят $K_{и} = 0,8$.

Распределение объемов работы (предварительное) приведено в таблице 21.

21. Распределение объемов работы по сменам

Операция	Объем, т	Число подъ- емов	K _и	Норие- часов, в сутки	В том числе в смену, т/н-ч			
					первую	вторую	третью	
Приемка с желез- нодорожного транспорта	1800	1	0,75	13,8	600	600	600	
					4,6	4,6	4,6	
Отпуск на муко- мольный завод	300	1	0,70	2,5	300	-	-	
					2,5	-	-	
Очистка зерна	1800	1	0,70	15,0	600	600	600	
					5,0	5,0	5,0	
Подготовка по- мольных партий	300	1	0,60	2,9	-	300	-	
					-	2,9	-	
Сушка зерна	390	2	0,70	6,3	130	130	130	
					2,1	2,1	2,1	
Внутренние пере- мещения	1000	1	0,50	11,4	-	-	1000	
					-	-	11,4	
					51,9	14,2	14,6	23,1

Из графика следует, что заданный объем операций выполнен с превышением: так, приемка с железнодорожного транспорта во вторую смену может быть 1200 т (вместо заданных 600 т), при этом 1100 т из них можно просепарировать в потоке. Несколько сокращен объем внутренних перемещений (до 600 т вместо заданных 1000 т), что не является серьезным недостатком. Не выполнено также условие опорожнения подсепараторных бункеров к концу смены, так как удвоился за-дания объем приемки зерна с железнодорожного транспорта.

Из графика можно также сделать вывод о нехватке надсилосных конвейеров. По этой причине в первой смене нория № 1 простаивала 3 ч, в третьей — 5,7 ч. Если было бы три надсилосных конвейера, то получили бы лучшую загрузку нории. Вместе с тем видно, что в течение суток эти конвейеры тоже загружены по времени не полностью. Оче-видно, есть другой, более оптимальный вариант распределения операций в течение суток.

Организация работы предусматривает начинать смену с приемки из вагонов с передачей всего зерна в надсепараторные бункера для по-точной очистки. Сепараторы начинают работать одновременно с началом приемки зерна. В конце смены нории переключают на операции по об-сушиванию зерносушилки, подготовке помольных партий, по отпуску зерна на мельзавод. Наличие подсепараторных бункеров большой вме-

стимости позволяет в первой смене параллельно с приемкой полностью переключить одну норию на внутренние перемещения зерна из силоса в силос.

Использование норий по времени $K_n = 0,78$ довольно высокое, хотя и неравномерное по отдельным нориям. Так, нория № 1 имеет 9 ч нерабочих, а остальные 2,5..4,0 ч с небольшими перерывами. Использование норий по производительности невелико — $K_n = 0,54$, а $K_{н,ср} = 0,7$, что объясняется несколькими заниженными расчетами K_n и значительным объемом операций с низкими коэффициентами — внутренние перемещения для освежения ($K_n = 0,5$), подготовка помольных партий ($K_n = 0,6$).

§ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ЭЛЕВАТОРА С УЧЕТОМ ЛИМИТИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

В элеваторе в процессе приемки, обработки, размещения и отгрузки зерна, как правило, принимают участие транспортное, технологическое и другое оборудование, а также различные бункера. Взаимозависимость данных элементов и их влияние на пропускную способность технологических линий можно выразить различными обобщающими коэффициентами, которые характеризуют степень загрузки и использования оборудования.

С учетом основных положений оперативного расчета фактическая (эксплуатационная) производительность (Q_{Φ}) технологической линии может быть определена по формуле

$$Q_{\Phi} = Q_T \frac{t_M}{t_M + t_{\text{отк}} + t_{\text{т.о}} + t_0}, \quad (\text{XIII-19})$$

где Q_T — теоретическая производительность линии; t_M — суммарное время производительной работы линии; $t_{\text{отк}}$ — суммарное время, связанное с отказами оборудования; $t_{\text{т.о}}$ — время, необходимое на техническое обслуживание оборудования технологической линии; t_0 — время простоя технологической линии по организационным причинам.

Фактическая производительность технологической линии и ее время работы, как правило, устанавливают за смену или более продолжительный период. Она характеризует использование оборудования, т. е. уровень организации работы. Поэтому определенная часть затрат времени по организационным причинам (t_0) может быть заранее предусмотрена и подсчитана с достаточной точностью.

Потери времени, связанные с простоями технологической линии из-за отказа оборудования за определенный период работы, подсчитывают по формуле

$$t_{\text{отк}} = t (1 - K_T), \quad (\text{XIII-20})$$

где t – период времени, за который определяют производительность технологической линии, ч; K_r – коэффициент готовности технологической линии.

Время на техническое обслуживание технологической линии ($t_{т.о}$) учитывают только при установлении производительности за период времени не менее чем за декаду. Это время может быть определено по формуле

$$t_{т.о} = (t - 70) \cdot 0,08, \quad (\text{XIII-21})$$

где 70 – период времени между обслуживаниями, ч; 0,08 – соотношение между временем, необходимым на единичное обслуживание (5,6 ч), и периодом времени между обслуживаниями.

Суммарные потери времени во многом зависят от структурной схемы технологической линии. Поэтому при определении фактической производительности линии необходимо выбрать маршрут выполнения технологической операции и установить состав оборудования.

Применительно к технологической линии, представленной на рисунке 52, фактическую производительность определяют по формуле

$$Q_{ф} = 0,6 Q_{т} [TK_r - t_{п} (N - 1)], \quad (\text{XIII-22})$$

где $Q_{т}$ – техническая производительность лимитирующего оборудования, т/ч; T – период работы, ч; K_r – коэффициент готовности технологической линии; $t_{п}$ – время, необходимое на единичное переключение маршрута при переходе с партии на партию, ч (устанавливают по лимитирующему оборудованию линии: для сепаратора – 2 ч, зерносушилки – 6 ч); N – число партий зерна; 0,6 – коэффициент неравномерности зерна (при наличии накопительных силосов можно не учитывать).

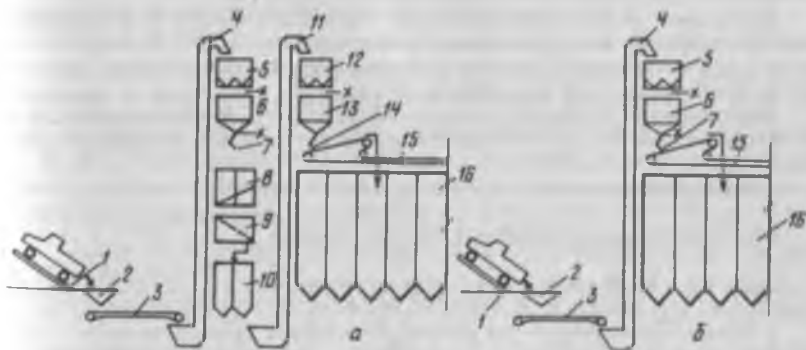


Рис. 52. Схемы технологических линий:

а – приемка зерна с автомобильного транспорта – очистка – размещение в силосах; *б* – приемка зерна с автомобильного транспорта – размещение в силосах; 1 – автомобилеразгрузчик; 2 – приемный бункер; 3, 15 – конвейеры; 4, 11 – норрии; 5, 12 – надвесовые бункера; 6, 13 – весы; 7, 14 – распределительные устройства; 8 – надсепараторный бункер; 9 – сепаратор; 10 – подсепараторный бункер; 16 – силосы

Для технологической линии (рис. 52,б) фактическую производительность определяют по формуле

$$Q_{\Phi} = 0,6 Q_T T \left(K_T - \frac{Q_T}{150} t_n \right), \quad (\text{XIII-23})$$

где 150 – величина порции зерна, перемещаемой по линии без переключения маршрута, т; t_n – время, необходимое на изменение маршрута движения зерна (при диспетчерском автоматизированном управлении $t_n = 0,05$ ч).

Аналогично определяют производительность технологических линий других маршрутов движения зерна.

Оценивают фактическую (расчетную) производительность с помощью коэффициента использования отдельной линии $K_n^{\text{л}}$ или всех линий элеватора $K_n^{\text{э}}$:

$$K_n^{\text{л}} = Q_{\Phi}' / Q_{\Phi}; \quad (\text{XIII-24})$$

$$K_n^{\text{э}} = \frac{K_n^{\text{л1}} A_1 + K_n^{\text{л2}} A_2 + \dots + K_n^{\text{лn}} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}, \quad (\text{XIII-25})$$

где Q_{Φ}' – производительность линии, установленная по фактически выполненному объему работ; $K_n^{\text{л1}}$, $K_n^{\text{л2}}$, $K_n^{\text{лn}}$ – коэффициенты использования отдельных линий; A_1 , A_2 , A_n – объемы работ, выполненные на соответствующих линиях.

П р и м е р. На технологической линии элеватора (см. рис. 52,а) автомобиль-разгрузчик АВС-50, портя производительностью 100 т/ч, сепаратор ЗСМ-100 обрабатывают пшеницу со средней влажностью 14 % и сорной примесью 5 %. Средневзвешенная грузоподъемность автомобилей составляет 10 т.

Необходимо определить фактическую производительность технологической линии за смену (8 ч). Теоретическая производительность АВС-50, портя и сепаратора с учетом принятой грузоподъемности автомобилей, состояния зерна соответственно составляет: 130 т/ч, 100 т/ч и 60 т/ч.

Теоретическую производительность оборудования, лимитирующего работу линии, устанавливаем по производительности сепаратора и принимаем равной 60 т/ч.

Коэффициент готовности (K_n) линии при 16 единицах оборудования в маршруте составляет 0,80, число партий, обрабатываемых в смену, принимаем равным 1. Подставляя данные в формулу (XIII-22), получим

$$Q_{\Phi} = 0,6 \cdot 60 [8 \cdot 0,80 - 2(1 - 1)] = 230,4 \text{ т.}$$

С учетом вышеприведенных данных фактическая производительность линии "приемка зерна с автомобильного транспорта – размещение в силосах" (см. рис. 52,б) составит

$$Q_{\Phi} = 0,6 \cdot 100 \cdot 8 \left(0,9 - \frac{100}{150} \cdot 0,05 \right) = 417,6 \text{ т.}$$

§ 5. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Имитационное моделирование в отличие от оперативного расчета позволяет оценить функционирование технологической схемы с учетом случайных процессов, происходящих в реальных условиях, и путем многократных просчетов получить средние оценки эффективности ее функционирования за определенный промежуток времени. При создании имитационных моделей технологических линий учитывают существенные особенности каждого участка приемки и обработки зерна.

Моделирующий алгоритм "Приемка зерна" (рис. 53) предназначен для имитации процесса приемки зерна с автомобильного транспорта для определения потребности оборудования и его производительности, коэффициентов использования, величины вместимости накопительных силосов, текущих затрат, штрафа за простой автомобилей и др. Существенное влияние на работу приемного устройства оказывают темпы поступления зерна, число партий зерна, грузоподъемность автомобилей и разделение их по типам. Решение названных вопросов с помощью данного алгоритма включает выполнение нижеследующих операций.

В начале алгоритма вводят исходные данные (блок 1, таблица 22) и определяют среднюю массу автомобилей и среднесуточные объемы поступления зерна по партиям 2. Далее присваивают начальные значения параметрам, характеризующим процесс приемки зерна за весь период 3. Генерируется случайная величина, и определяется время прибытия первого автомобиля 4.

За расчетный период принимаются очередные сутки 5, за которые определяются объемы поступления зерна по партиям 6, и проверяется условие: есть ли поступление зерна за очередные сутки 7?

В блоках 8, 9 и 10 проверяются условия: текущие сутки превышают период моделирования? Если очередные сутки превышают период моделирования, то вводится информация о текущих затратах 11. Таким образом получают результаты за весь период моделирования 12. В противном случае после присвоения начальных значений параметрам, описывающим процесс за сутки 13, определяются размер максимальной очереди и места ее возникновения 14.

В случае завершения очередных суток 15 результаты работы выдаются на печать 17.

Далее определяются ближайшее событие 16 и время его свершения, т. е.:

1. Прибыл очередной автомобиль 18.
2. Закончилась визировка одного из автомобилей 23.
3. Закончилось взвешивание на входных весах одного из автомобилей 30.
4. Закончилась разгрузка одного из автомобилей 37.
5. Закончилось взвешивание на выходных весах одного из автомобилей 44.

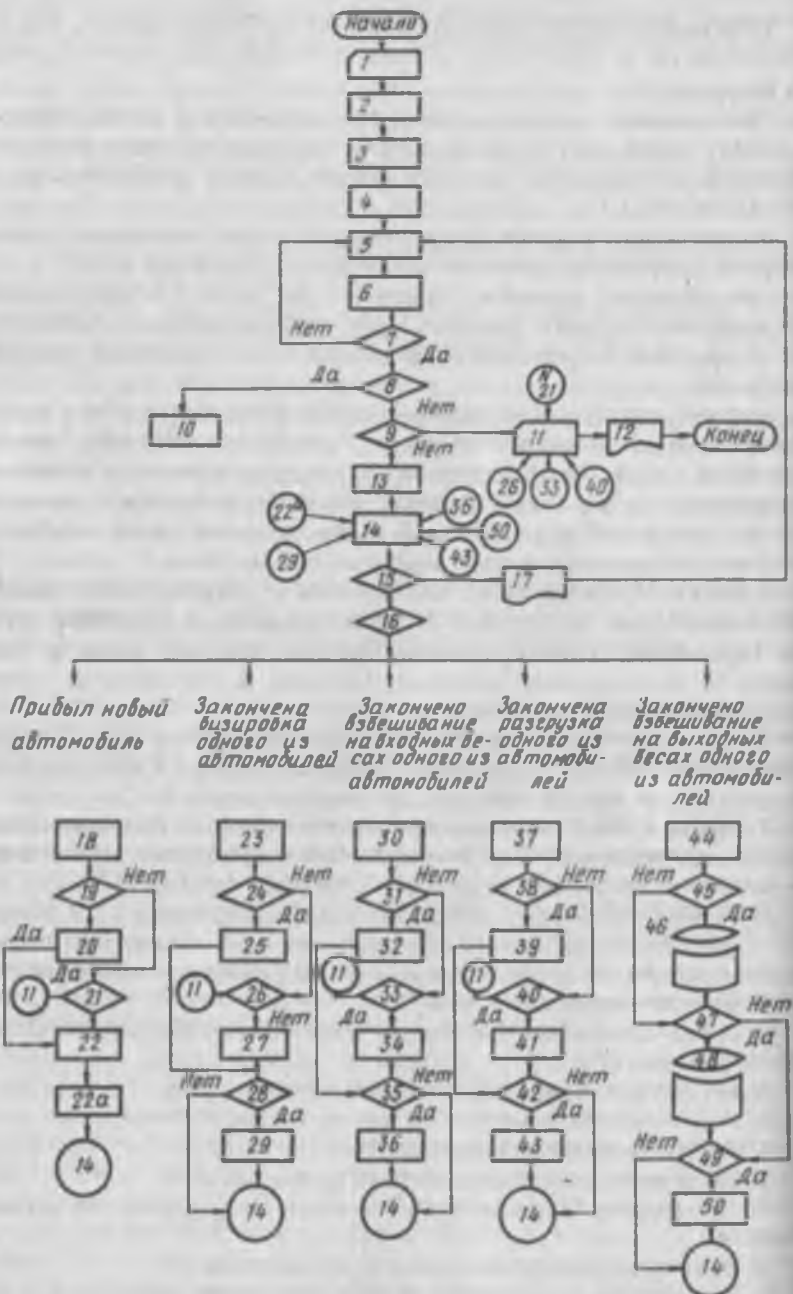


Рис. 53. Моделирующий алгоритм операции "Приемка зерна"

Если прибыл очередной автомобиль 18, то определяются в нем вероятная партия и масса зерна и проверяется условие, есть ли свободная визировка 19.

При наличии свободной визировки автомобиль устанавливается на обслуживание, определяются время освобождения визировки, суммирование времени работы и определение времени прибытия следующего автомобиля 27.

В случае занятости визировки проверяется условие: очередь на одну визировку превышает принятое количество автомобилей 21? Если очередь не превышает принятое условие, то автомобиль устанавливается в очередь 22 и определяется время прибытия следующего автомобиля 22а. В противном случае прекращается счет и определяются текущие затраты 14.

После завершения обслуживания автомобиля на визировке производится суммирование поступившего зерна 23 и проверяется наличие свободных весов 24. При наличии таковых производится установка автомобиля на обслуживание, определяется время освобождения весов и суммируется время их работы 25. При отсутствии свободных весов поступают аналогично условиям занятости визировки 26, 27.

В блоке 28 проверяется условие: есть ли очередь на визировку? При наличии таковой производится перемещение автомобилей, суммирование времени работы и определение времени освобождения визировки 29.

В случае завершения обслуживания на входных весах одного из автомобилей производится суммирование поступившего зерна 30 и проверяется условие: есть ли свободные автомобилеразгрузчики с учетом их доступности по партиям 31. При наличии свободных автомобилеразгрузчиков производится постановка автомобиля на разгрузку, определение времени освобождения автомобилеразгрузчика, суммирование времени работы, число включений и переключений линий 32.

Если свободные автомобилеразгрузчики отсутствуют, то проверяется условие: не превышает ли очередь на один автомобилеразгрузчик принятое число автомобилей 33? При отсутствии таковой очередной автомобиль устанавливается в очередь 34 и проверяется условие: есть ли очередь на входные весы 35? При наличии очереди производится постановка автомобиля из очереди на входные весы, суммируется время их работы и определяется время освобождения 36.

Если ближайшим событием является окончание разгрузки одного из автомобилей, то производится суммирование количества принятого зерна освободившегося автомобилеразгрузчика 37 и выявляются свободные выходные автомобильные весы 38. При наличии свободных выходных весов автомобиль устанавливается на взвешивание, определяется время освобождения весов и суммируется время их работы 39. В блоках 40, 41 выполняются операции аналогично операциям 33, 34.

В блоке 42 проверяется условие: есть ли в очереди автомобили

с партией зерна, которая принимается данным автомобилеразгрузчиком. При наличии таковой производится постановка автомобиля из очереди на разгрузку на этом автомобилеразгрузчике, определяется время освобождения его, суммируется время работы и определяется число включений и переключений линии 43.

И наконец, если ближайшее событие состоит в том, что закончилось взвешивание одного из автомобилей на выходных весах, то производится суммирование объемов принятого зерна 44 и устанавливается наличие заполненных накопительных силосов 45.

При наличии заполненных силосов фиксируются время заполнения, масса и партия зерна на 46. Если накопительные силосы свободны, то проверяется условие — есть ли силосы с истекшим сроком хранения зерна 47. При наличии таких силосов производится запись времени заполнения, массы и партии зерна в них 48.

Далее, при наличии очереди на выходные весы 49 производится постановка на взвешивание первого автомобиля из соответствующей очереди, определяются время освобождения весов и суммирование времени их работы 50.

Входная информация готовится в соответствии с таблицей 22. Потери времени после прибытия автомобиля на хлебоприемное предприятие (визировка — входные автомобильные весы — автомобилеразгрузчики — накопительные силосы и т. д.) определены следующим образом:

$$T_{jki}^i = T_{jk} (i-1) + t_{ji} + t_n, \quad (\text{XIII-26})$$

где T_{jki}^i — время окончания обслуживания i -го автомобиля на k -м оборудовании j -го типа; i — индекс типа автомобиля в зависимости от его массы; t_{ji} — время обслуживания i -го типа автомобиля на j -м типе оборудования; t_n — время переключения автомобилеразгрузчика.

В случае если на оборудование j -го типа нет очереди и автомобиль после окончания обслуживания на k -м оборудовании $(j-1)$ типа сразу направляют на j -й тип оборудования, то

$$T_{jki}^i = T_{(j-1)ki}^i + t_{ji} + t_n + t_B, \quad (\text{XIII-27})$$

где t_B — время включения автомобилеразгрузчика; T_{jk} — суммарное время работы k -го устройства j -го типа определяется по формуле

$$T_{jk} = \sum_{i=1}^N t_{ji}, \quad (\text{XIII-28})$$

P_{jk} — суммарную производительность k -го устройства j -го типа определяют по формуле

$$P_{jk} = \sum_{i=1}^N M_i, \quad (\text{XIII-29})$$

где M_i — масса i -го автомобиля; N — число автомобилей, которые были обслужены на данном устройстве.

где T_{z_1} – текущие затраты, приходящиеся на одну визировку за одни сутки; NS – период заготовок в сутках; NV_{iz} – число визировок; T_{z_2} – текущие затраты, приходящиеся на одни весы за одни сутки; NV – общее число весов; T_{z_3} – текущие затраты на одну минуту работы автомобилеразгрузчика; R_{ik} – время работы автомобилеразгрузчика при приемке отдельных партий зерна; NAR – общее число автомобилеразгрузчиков.

Общую сумму штрафа (SHO) при простое автомобилей определяют по формуле

$$SHO = \sum_{i=1}^{NO} SH (t_{ni} - T_{н}), \text{ если } t_{ni} > T_{н}, \quad (\text{XIII-33})$$

где NO – общее число автомобилей за весь период заготовок; SH – штраф за одну минуту сверхнормативного простоя автомобиля; t_{ni} – время нахождения i -го автомобиля на предприятии; $T_{н}$ – нормативное время пребывания автомобиля на предприятии.

С учетом результатов моделирования участка "Приемка зерна" для объема заготовок 40 тыс. т зерна получают данные, представленные в таблице 23. Кроме этого, по каждому устройству получают время работы, коэффициент использования, производительность, а также число силосов, автомобилей и др.

23. Результаты моделирования приемного устройства для хлебоприемных предприятий с объемом заготовок 40 тыс. т

Наименование	Варианты	
	Специализированная схема	Универсальная схема
Число:		
визировочных точек	2	2
автомобильных весов	2	2
автомобилеразгрузчиков	2	2
Время нахождения автомобиля на территории предприятия, мин	30	20
Текущие затраты по приему зерна, тыс. р.	4,08	4,10
Штраф за простой автомобилей на территории предприятия, тыс. р.	2,42	–

Приведенные данные таблицы показывают, что универсальная схема способствует сокращению времени нахождения автомобиля на территории предприятия и улучшению экономических показателей.

В целом эффективность внедрения универсальной схемы будет определяться с учетом сопоставления приведенных затрат отдельных вариантов. Капитальные затраты на участке "Приемка зерна" без накопительных силосов составляют 150 тыс. р., с их учетом 156,4 тыс. р. С учетом продолжительности одной поездки автомобиля 3 ч время рейса

и разгрузки в первом и втором вариантах соответственно составит 210 и 200 мин.

За сутки один автомобиль делает рейсов: по первому варианту $1440/210 = 6,86$; по второму $1440/200 = 7,2$, где 1440 – число минут в сутках.

Исходя из продолжительности периода заготовок 30 сут, средней грузоподъемности автомобиля 5 т и коэффициента суточной неравномерности 1,2, необходимое число автомобилей для вывозки 40 тыс. т зерна составит:

$$\text{По первому варианту } \frac{40 \cdot 1,2}{30 \cdot 5 \cdot 6,86} = 47;$$

$$\text{По второму варианту } \frac{40 \cdot 1,2}{30 \cdot 5 \cdot 7,2} = 44.$$

С учетом необходимого числа автомобилей, числа рейсов в сутки и стоимости перевозки зерна (1,7 р. за 1 т на расстояние 40 км) суммарные затраты на доставку зерна составят:

$$\text{По первому варианту } 47 \cdot 5 \cdot 6,86 \cdot 1,7 = 2,74 \text{ тыс. р.};$$

$$\text{По второму варианту } 44 \cdot 5 \cdot 7,2 \cdot 1,7 = 2,69 \text{ тыс. р.}$$

Приведенные затраты (тыс. р.) по рассматриваемым вариантам определяют по формуле

$$ПЗ = ТЗ + КЗK_{эф},$$

где $ТЗ$ – текущие затраты, тыс. р.; $КЗ$ – капитальные затраты, тыс. р.; $K_{эф}$ – коэффициент экономической эффективности; $K_{эф} = 0,15$.

Тогда

$$ПЗ_1 = 4,08 + 150 \cdot 0,15 + 47 \cdot 5 \cdot 0,15 + 2,74 + 2,42 + 32,8 = 99,79 \text{ тыс. р.};$$

$$ПЗ_2 = 4,10 + 156,4 \cdot 0,15 + 44 \cdot 5 \cdot 0,15 + 2,69 + 30,8 = 94,05 \text{ тыс. р.}$$

где 4,08 и 4,10 – текущие затраты при приемке зерна; $150 \cdot 0,15$ и $156,4 \cdot 0,15$ – капитальные затраты на участке приема зерна, тыс. р.; $47 \cdot 5 \cdot 0,15$ и $44 \cdot 5 \cdot 0,15$ – капитальные затраты на автомобильный транспорт, тыс. р.; 2,74 и 2,69 – затраты на доставку зерна, тыс. р.; 2,42 – штраф за простой автомобилей, тыс. р.; 32,8 и 30,8 – затраты на содержание автомобильного транспорта, тыс. р.

С учетом приведенных затрат экономическая эффективность (\mathcal{E}) от внедрения универсального приемного устройства с организацией накопительного силоса для хлебоприемного предприятия с объемом заготовок 40 тыс. т зерна составит:

$$\mathcal{E} = ПЗ_1 - ПЗ_2 = 99,79 - 94,05 = 5,74 \text{ тыс. р.},$$

которая включает сокращение капитальных затрат на автомобильный транспорт, затрат на доставку зерна и ликвидацию штрафа за простой автомобильного транспорта.

1. Как графически изобразить работу бункеров, оборудования и как определить коэффициент использования оборудования? 2. В чем состоит особенность графиков внутренней работы в зависимости от разновидности весов? 3. Расскажите о соотношении производительности норы, грузоподъемности весов и производительности надсилосного конвейера. 4. Каков порядок расчета технологической линии по лимитирующему оборудованию? 5. Какие задачи решают с помощью имитационного моделирования?

Глава XIV

СКЛАДЫ ДЛЯ ЗЕРНА И МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ БАШНИ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНОВЫХ СКЛАДОВ

Склады для зерна — это сооружения с горизонтальным или наклонным полом, предназначенные для хранения зерна насыпью, которое размещают прямо на полу и вплотную к стенам. Зерновые склады классифицируют в зависимости от способа размещения зерна, степени механизации погрузочно-разгрузочных работ, срока хранения зерна и вида строительного материала (рис. 54).

Особенность этого типа зернохранилищ состоит в том, что склады можно строить гораздо быстрее, чем элеваторы, используя местные материалы с незначительным (по сравнению с элеватором) расходом цемента и стали. В период первоначальной эксплуатации можно временно ограничиться простейшими передвижными машинами, что является существенным преимуществом складов. Однако в эксплуатации они обходятся дороже элеваторов и требуют применения ручного труда. Площадь участка, длина железнодорожных путей, автомобильных дорог получаются большими.

Одно из основных требований, предъявляемых к складам, — это экономичность как при строительстве, так и при эксплуатации. Наиболее распространенная форма склада — прямоугольник. Она позволяет для стен применять местный материал (кирпич, бут, бетонные или шлакоблоки, камень-ракушечник, сборный железобетон), а для каркаса крыши — дерево, сборный железобетон или стальные конструкции. Каркас крыши обычно сооружают из дерева или сборного железобетона.

Основные размеры склада приняты так, чтобы были выполнены все требования строительных нормативов и эксплуатационные условия, необходимые для обеспечения сохранности зерна. Площадь застройки неогнестойких складов 1200 м^2 , а огнестойких — не ограничивается. Между складами предусматривается противопожарный разрыв не менее 20 м. Однако такое размещение невыгодно: увеличиваются участок, площадь мощения, длина железнодорожных путей, дорог и т. д., а также

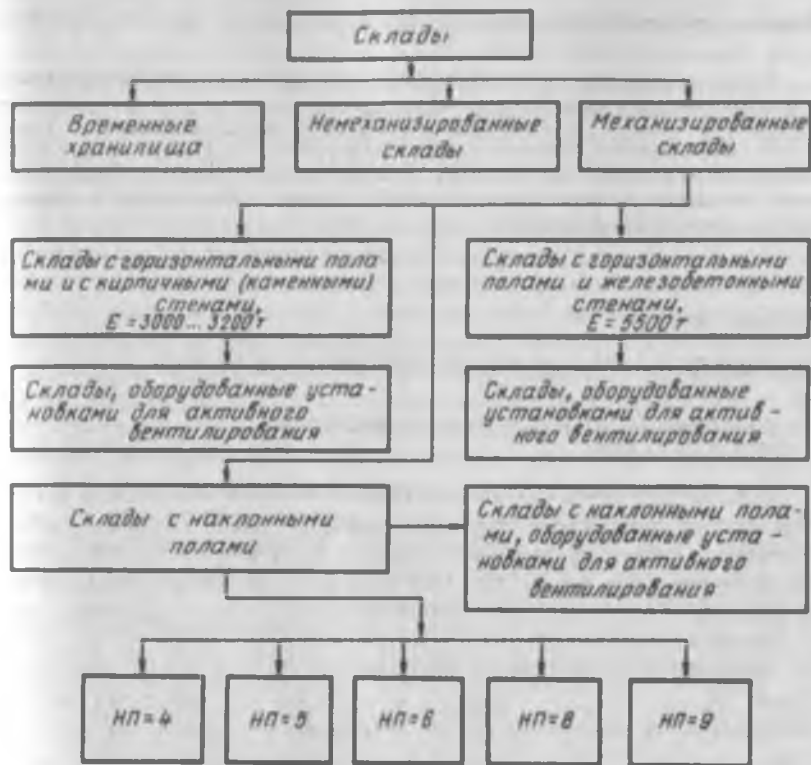


Рис. 54. Классификация зерновых складов

необходимы соединительные галереи для механизированных складов. Целесообразно разрывы заменять брандмауэрными стенами толщиной не менее 250 мм (кирпич), выходящими по бокам на 500 мм и выше крыши на 700 мм. Проемы в брандмауэрах защищают: проходы — огнестойкими дверями, для конвейеров применяют гильотины на легкоплавких подвесках. В результате использования брандмауэрных стен достигается значительная экономия площади для сооружения складов.

Склады связывают верхними и нижними конвейерами с башнями механизации, что обеспечивает удобное их использование и правильное распределение зерна по качеству. Расположение складов на площадке может быть линейным, т. е. параллельным по отношению к линии железной дороги, и торцевым. Последнее более компактное, но нарушаются нормы среднего расстояния по внутренним перемещениям зерна, т. е. увеличиваются эксплуатационные расходы и сильно осложняется увязка отдельных складов. Обычно применяют линейное расположение складов вдоль железнодорожных путей и автомобильных дорог. В этом случае

значительно упрощается увязка отдельных складов и схема движения зерна становится также проще.

Параллельно расположенные склады обязательно связывают реверсивными конвейерами. Таким образом, все линии складов увязывают между собой, что обеспечивает возможность подачи зерна из любого склада на очистку, сушку или отгрузку через башню механизации.

К складам обеспечивают удобный подъезд автомобилей. Расстояние от оси железнодорожного пути до стены склада должно быть минимально (3, 1 м), но часто это расстояние увеличивают до 5...6 м для применения передвижной механизации. Расстояние от складов до соседних сооружений выбирают в соответствии с требованиями норм пожарной безопасности. Наивысший уровень грунтовых вод на участке должен быть ниже пола подземной транспортной галереи не менее чем на 0,5 м для песчаного грунта и не менее чем на 1,5 м для глинистого. Склады с наклонными полами следует располагать так, чтобы была исключена возможность затопления подземной части атмосферными осадками.

При эксплуатации складов высоту слоя зерна принимают в зависимости от его качества, но не более расчетной (около стен 2,5 м и в середине — 5 м). Высота засыпки зерна у брандмауэрной стены, так же как и около стен, не должна превышать 2,5 м. Для этого на стенах высоту засыпки отмечают красной линией.

Паспортная вместимость склада с горизонтальным полом может быть определена по следующей формуле:

$$E_{\text{п}} = [ABh + \left(\frac{A+a}{2}\right) \left(\frac{B+b}{2}\right) (H-h)] \gamma,$$

где $E_{\text{п}}$ — паспортная (проектная) вместимость склада, т; A — внутренняя длина склада, м; B — внутренняя ширина склада, м; h — высота засыпки зерна около стен, м; a — длина насыпи зерна поверху, м; b — ширина насыпи зерна поверху, м; H — высота засыпки зерна в середине склада, м, γ — натура зерна, т/м³.

Величины a и b насыпи зерна поверху могут быть определены по формулам:

$$a = A - 2(H-h) \operatorname{ctg} \alpha; \quad b = B - 2(H-h) \operatorname{ctg} \alpha,$$

где α — угол естественного откоса, град ($\alpha=25^{\circ}$).

При размещении в складе зерна разного качества паспортную вместимость, полученную по формуле, уменьшают на 10...20 %.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СКЛАДОВ

Стены. Должны иметь достаточную прочность, рассчитанную на воздействие горизонтальной нагрузки от давления зерна и нагрузки от крыши и ветра. Одновременно стены должны хорошо защищать зерно от атмосферных осадков, обладать достаточной гигроскопичностью.

Внутренняя поверхность стен не должна иметь щелей, трещин, раковин, где могут развиваться вредители.

Стены склада подвергаются большим горизонтальным нагрузкам от бокового давления зерна. Поэтому их рассчитывают как подпорные. Конструкцию стен рассматривают как тавровое сечение, а поле стен между контрфорсами рассчитывают, как плиты, опирающиеся по трем сторонам. При расчете конструкций стен принимают во внимание трение зерна о внутреннюю поверхность стены, что позволяет значительно сократить размеры поперечного сечения и сэкономить большое количество строительных материалов. Боковое давление зерна на стены определяют по теории Кулона, принимая натуру зерна $0,8 \text{ т/м}^3$, угол естественного откоса 25° , а коэффициент перегрузки 1,3.

С учетом высоты засыпки зерна около стены (h) величины горизонтального давления (P_r) на 1 м длины склада следующие:

h , м: 0,50; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50; 3,00; 3,50; 4,00;

P_r , т: 0,08; 0,29; 0,62; 1,04; 1,56; 2,16; 2,85; 3,60.

Ввиду того что боковое давление зерна на стену распределяется неравномерно, ее толщина по высоте будет неодинаковой (рис. 55).

Принятые в типовых проектах складов из местных материалов (кирпич, камень и т. п.) размеры поперечного сечения стен с учетом расположения через каждые 3 м контрфорсов обеспечивают достаточную прочность и устойчивость стен. Для предохранения стен от влаги, которая перемещается из грунта через фундамент, между ними делают гидроизоляционную прослойку (рубероид на битуме или церизит).

Фундамент. Устраивают, как правило, из бутового камня. Размеры фундаментов принимают для расчетного сопротивления грунта $2,5 \cdot 10 \text{ Па}$ (краевого под подошвой). Чтобы предотвратить смещение стены, фундамент делают "зубом", около угла стены пол склада закругляют (для удобства зачистки от остатков зерна). Для предотвращения проникновения к фундаменту дождевых и талых вод вокруг склада предусматривают отмо-
ст-

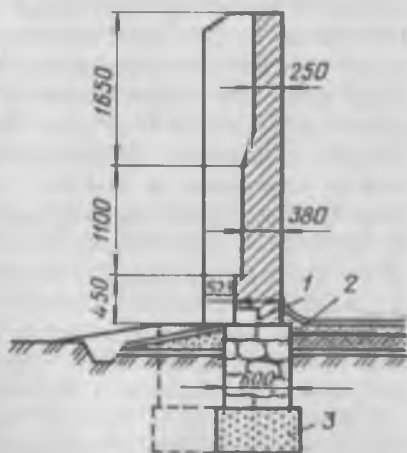


Рис. 55. Конструкция кирпичной стены склада:

1 — гидроизоляционный слой; 2 — бутовый фундамент; 3 — песчаная подушка

ку шириной 1 м (2 м при лёссовом грунте) с устройством сточных канав, отводящих воду от склада.

Ворота. Их делают по длине и в торце склада шириной 2,2 м и высотой 2,6 м. Ворота делают распашными, на давление зерна их не рассчитывают. Поэтому с внутренней стороны около проема укладывают закладные доски, которые давлением зерна прижимаются к каменной стене. Над закладными досками должна быть устроена сетка, препятствующая проникновению в склад птиц. В настоящее время склады строят только механизированными. Поэтому иметь большое число ворот нецелесообразно.

Окна. Между воротами склада в стенах над уровнем зерна делают окна (600 x 1400 мм). Оконные проемы необходимо затягивать провололочной сеткой для защиты от птиц и предотвращения попадания стекла в зерно. Оконные рамы подвешивают на горизонтальных петлях; их открывают снаружи, что позволяет проветривать склад, не заходя внутрь. Освещенность на уровне поля при электроосвещении должна быть не менее 10 лк. Рекомендуется использовать прожекторное освещение. Все это позволяет в дальнейшем обойтись без окон.

На наружных стенах монтируют рубильники и штепсельные розетки для подключения передвижных машин. Все электрооборудование и арматура, устанавливаемые в складах, должны быть в пылезащищенном исполнении.

Полы. Должны обладать необходимой прочностью, обеспечивающей восприятие сосредоточенной нагрузки от колес передвижной механизации, хорошей влагонепроницаемостью, защищать зерно от проникновения грызунов и исключать возможность развития вредителей.

В современных зерновых складах делают асфальтовые полы. Каменные и бетонные полы нежелательны, так как они разрушаются при перемещении передвижной механизации, что приводит к увеличению зольности зерна. При устройстве асфальтового пола удаляют верхний слой почвы до 200 мм и вместо него насыпают грунт, полученный при рытье траншей для фундаментов, разравнивают его и хорошо трамбуют. Подготовленную таким образом поверхность покрывают асфальтом, приготовленным на нефтяных битумах. Применять каменноугольные битумы запрещено. Асфальтовое покрытие толщиной 250...300 мм в складе устраивают на отметке, превышающей нулевую на 300 мм. В настоящее время под асфальтом делают только насыпную землю. Такая конструкция пола обладает достаточной прочностью при перемещении по нему машин передвижной механизации.

Крыша. Это важный элемент конструкции склада, так как сохранность зерна прежде всего зависит от ее водонепроницаемости. Нормальные условия хранения зерна требуют, чтобы крыша склада была прочной, легкой, огнестойкой и малотеплопроводной.

Основной каркас крыши, как правило, изготавливают из дерева. Форму, перекрывающую средний пролет, устраивают такой же конст-

рукции. Ее особенность — устройство двух подвесок, поддерживающих нижний пояс, что позволяет смонтировать продольную галерею и разместить в ней ленточный конвейер для загрузки зерна в склад. В складах из сборного железобетона и в последних проектах кирпичных складов применяют железобетонные и металлические конструкции.

Для кровли используют наиболее надежные и долговечные материалы: асбошифер, этернит, кровельную листовую сталь и рубероид. В связи с этим в типовом проекте принят угол наклона крыши 26° .

§ 3. ТИПЫ СКЛАДОВ И ИХ МЕХАНИЗАЦИЯ

Наибольшее распространение получил склад вместимостью 3200 т (рис. 56, а). Его достоинствами являются простота, возможность использования различных местных материалов и эксплуатация как при помощи передвижной механизации, так и стационарной.

Основные размеры складов выбраны так, чтобы лесоматериалы стандартных размеров можно было применять с минимальным количеством обрезков. В типовом проекте склада за основу принята стандартная длина бревен и досок 6500 мм. В продольном направлении склад разделен на девять пролетов по 6200 мм и два крайних по 3100 мм. Поперек склад разделен на три пролета: средний 11 000 мм и два крайних по 4500 мм. Широкий средний пролет позволяет удобно маневрировать передвижным механизмом внутри склада. Затраты на строительство такого склада (на 1 т вместимости) следующие: 0,585...0,615 чел.-дня и 0,450...0,600 т материала. Растущие потребности вместимости зернохранилищ обуславливают необходимость широкого внедрения индустриальных методов строительства.

Сборный железобетон наилучшим образом отвечает задачам индустриализации складского строительства и имеет ряд преимуществ: 1) обеспечивается возможность строительства независимо от времени года; 2) сокращается на стройплощадке число рабочих (экономия трудовых затрат достигает 30 %); 3) обеспечивается высокое качество строительства из сборных железобетонных элементов, изготовляемых в заводских условиях; 4) значительно сокращаются сроки строительства; 5) сокращается масса материалов, подлежащих перевозке на стройплощадку (экономия достигает 35 %).

Первый сборный железобетонный склад был запроектирован панельной конструкции вместимостью 5500 т. Внутренними колоннами с шагом 6000 мм склад в поперечном сечении разбит на три пролета: средний шириной 12 000 мм, а крайние — по 6000 мм. Наружные колонны установлены через каждые 2000 мм; их заделывают в фундаменте стального типа. Между колоннами закладывают ребристые стеновые панели, устанавливаемые на консоли колонн.

В дальнейшем ЦНИИпромзернопроект разработал типовой проект склада со стенами каркасной конструкции. Для снижения расхода бе-

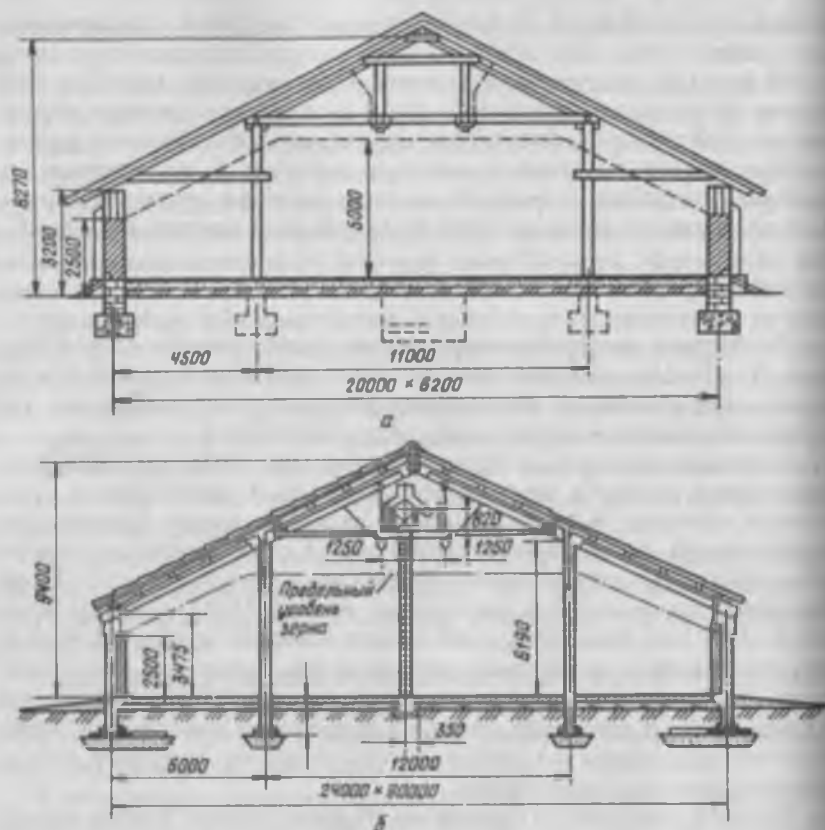


Рис. 56. Склады для зерна:

а – вместимостью 3200 т; *б* – из сборного железобетона

тона, стали и леса на строительство сборных складов был разработан новый типовой проект. Основное отличие заключалось в следующем: 1) в поперечном направлении склад представляет собой рамную систему, образуемую колоннами, ригелями и фермой (рис. 56,б); 2) жесткие узлы образуются при помощи болтовых соединений; 3) шаг наружных колонн, так же как и внутренних, принят в продольном направлении равным 6000 мм; 4) для уменьшения размеров наружных фундаментов склада предусмотрены специальные разгрузочные плиты, заанкеренные в грунте и воспринимающие горизонтальные силы сдвига от давления на стены склада.

Из сборных складов широкое распространение получил склад, который строили по типовому проекту СЗ-60 (см. рис. 56,б); в него были внесены некоторые конструктивные изменения. Затраты на строи-

тельство сборного железобетонного склада СЗ-60 (на 1 т вместимости) следующие: 0,40 чел.-дня и 0,20 т материала.

Широкое распространение получил также склад ЖБМ-61 (разработанный ЦНИИПромзернопроект), во многом похожий на склад вместимостью 3200 т. Склад ЖБМ-61 вместимостью 3000...7500 т, стены из местных материалов и внутренний каркас из сборного железобетона. Фундамент под стены делают бутовым, ленточным, а под колонны — железобетонным. Наружные стены — кирпичные (из бутового камня, крупных блоков, ракушечника), колонны — железобетонные сборные. Кровля предусмотрена из асбестоцементных листов ВО или ВУ по сборным железобетонным балкам. Трудоемкость возведения склада составляет 0,334 чел.-дня на 1 т вместимости, что на 45 % меньше по сравнению со складом вместимостью 3200 т. Во всех этих проектах принята высота зерновой насыпи около стен 2500 мм, посередине — 5000 мм. Как показал проведенный анализ, эта высота насыпи для ряда конструкций близка к оптимальной, при меньшей высоте значительно уменьшается вместимость склада, при повышении — резко утяжеляются конструкции.

При недостатке вместимости зернохранилищ в период массового поступления зерна на хлебоприемных предприятиях сооружают на специально подготовленных асфальтовых или других площадках так называемые временные хранилища, или бунты (рис. 57). Участки для площадок отводят преимущественно около железнодорожных подъездных путей, водных причалов, зернохранилищ, сушильно-очистительных и других башен механизации. На территории предприятия площадки обычно располагают между складами и параллельно их стенам с разрывом не менее

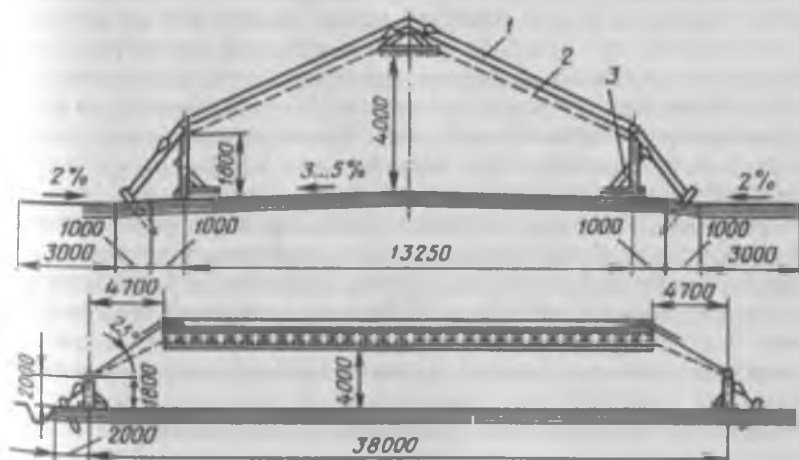


Рис. 57. Типовой бунт для зерна со стенами из хлебных щитов:

1 — брезент; 2 — веревка; 3 — хлебный щит

10 м для проездов. Если предполагается строительство складов, то асфальтированные площадки следует делать так, чтобы они могли быть использованы в дальнейшем в качестве полов этих складов.

Размеры площадок определяют с учетом местных условий и наиболее удобного размещения средств механизации. Ширина площадки рекомендуется в пределах 7...14 м, а длину определяют в зависимости от местности и количества размещаемого зерна (но не более 50...60 м). Бунты лучше всего делать на асфальтированных площадках, в крайнем случае на сухих и не затопляемых дождевыми водами грунтовых площадках, поднятых на 300...350 мм над окружающей территорией.

Площадки для временного хранения зерна сухого и средней сухости, а также оборудованных установками для активного вентилирования ограждают по периметру инвентарными хлебными щитами. Сверху бунт закрывают брезентом, который натягивают веревками или грузами. Для проветривания оставляют свободное пространство между брезентом и поверхностью зерна.

При размещении сырого и влажного зерна площадки оборудуют напольно-переносными установками для активного вентилирования или устраивают из досок или горбылей вентиляционные каналы треугольного сечения. Во избежание увлажнения зерна поверхность площадки покрывают материалами, изолирующими зерно от грунта. По данным Казахского филиала ВНИИЗ, использование полотнищ из полиэтиленовой пленки в качестве подстилающего слоя при бунтовом хранении зерна экономически целесообразно.

Опыт применения полиэтиленовых пленок, толщина 0,2...0,3 мм, усилие на разрыв $(400...100) \cdot 10^5$ Па, показал, что при хранении сухого зерна в бунтах состояние зерновой массы практически не отличается от ее состояния при хранении в бунтах, укрытых брезентом. Однако при хранении влажного и сырого зерна под пленкой конденсируется влага, которая в виде капель стекает по внутренней поверхности пленки и увлажняет поверхностный слой зерна. Поэтому при хранении влажного и сырого зерна полиэтиленовую пленку можно использовать только для укрытия бунтов во время выпадения осадков.

Для выполнения всех операций, проводимых с зерном в складах, применяют передвижные и стационарные механизмы. Многолетний опыт эксплуатации передвижной механизации в складах и на площадках с учетом предложений ВНИИЗ и ЦНИИпромзернопроект позволил установить наиболее рациональные схемы размещения машин и принципы их использования при приемке, обработке и отпуске зерна разного качества.

Несмотря на преимущества, передвижная механизация имеет много существенных и неустраняемых недостатков. Передвижные конвейеры обслуживает, как правило, бригада из трех—пяти рабочих. Эти машины узкоспециализированы, что обуславливает необходимость иметь на каждом предприятии большой набор разнообразных механизмов. Чаще

всего передвижные машины работают вне помещения, поэтому они быстро изнашиваются. Использование средств передвижной механизации требует дополнительных затрат, связанных с сооружением подсобных приспособлений и устройств.

Большинство передвижных машин имеет низкую производительность, поэтому на 1 т перемещаемого груза они расходуют больше электроэнергии, чем стационарные. Стоимость погрузочно-разгрузочных работ в два раза больше, чем при стационарной механизации. Существенный недостаток передвижной механизации в том, что она не исключает применения ручного труда, связанного с подгребанием зерна и другими видами работ. Поэтому по мере оборудования складов средствами стационарной механизации количество передвижных машин и их использование будет постепенно сокращаться. В дальнейшем передвижную механизацию на предприятиях будут применять в основном на площадках и при выполнении подсобных и случайных работ.

В складах со стационарной механизацией устанавливают верхние конвейеры для загрузки и нижние — для выгрузки зерна. Последние монтируют в галереях под полами, доступных для прохода работников, или же в специальных каналах в полу.

Над отверстиями в полу склада для выпуска зерна на конвейер обязательно устанавливают вертикальные предохранительные колонны для устранения несчастных случаев. Для дополнительной страховки может быть использована блокировка входных дверей с электродвигателями нижних конвейеров, которые немедленно останавливаются при открытии одной из дверей. При высоком уровне стояния грунтовых вод нижнюю галерею заменяют неглубоким каналом для конвейера. В этом случае управление задвижками выпускных отверстий выносят на верхнюю транспортную галерею.

При заполнении склада стационарными конвейерами зерно размещается под углом естественного откоса. Работа по заполнению зерном неиспользованной вместимости склада (около 30 %) вдоль продольных стен весьма трудоемка и ее осуществляют при помощи специальных устройств и приспособлений. Зерно самотеком выгружают на нижние конвейеры, а оставшуюся часть (40...50 %) подают на нижний конвейер при помощи зернопогрузчиков и передвижных конвейеров. Таким образом, механизированные склады с верхними и нижними транспортными галереями не исключают применения передвижной механизации и различных приспособлений.

При благоприятных гидрогеологических условиях в складах указанного типа можно вместо горизонтального пола устроить пол из двух плоскостей, расположенных наклонно по отношению к продольной оси. Наклонный угол устраивают по всей площади склада или только в его средней части (рис. 58). В этом случае решают следующие задачи: исключается необходимость применения ручного труда для подачи зерна по горизонтальному полу к выпускным отверстиям; снижается стоимость сооружения склада.

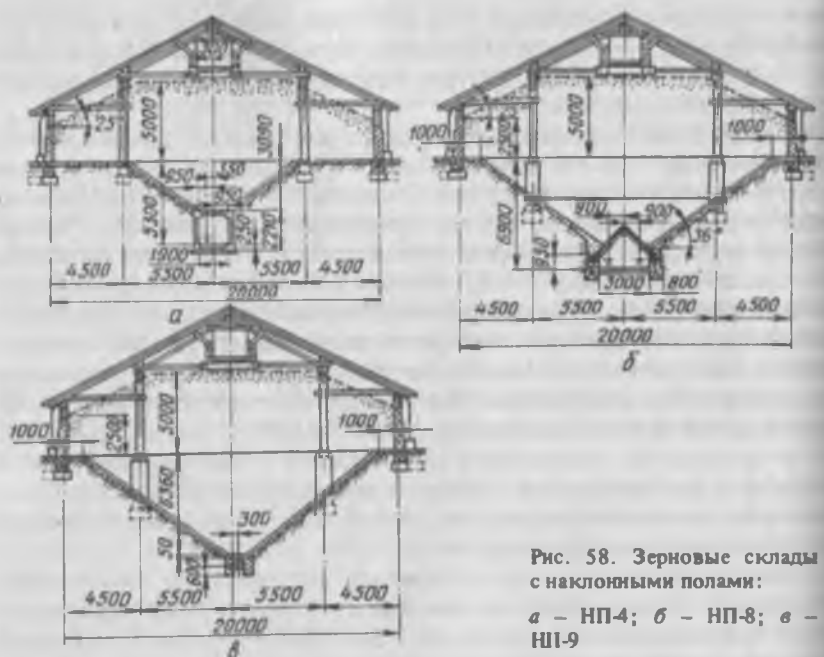


Рис. 58. Зерновые склады с наклонными полами:
 а – НП-4; б – НП-8; в – НП-9

Склады с наклонными полами строить можно только при низком расположении грунтовых вод (не ближе 10 м от поверхности земли). Серьезный недостаток эксплуатации складов с наклонными полами в том, что из-за своеобразной конфигурации зерновой насыпи и значительной ее высоты (более 10 м) по продольной оси в них не удалось практически решить задачи эффективного вентилирования и газации зерна, т.е. обеспечения условий хорошей сохранности зерна, а также осуществить контроль за его состоянием при хранении.

В таких складах можно хранить только большие партии однородного зерна (5000...8000 т). Делать в складах с наклонными полами внутренние перегородки технически трудно и дорого. Поэтому склады подобного типа можно применять в тех случаях, когда для их загрузки есть большие партии однородного сухого зерна, не требующего отдельного хранения.

Стоимость 1 т вместимости складов с наклонными полами обходится дешевле, чем стоимость складов с плоскими полами. На общую стоимость во многом оказывают влияние конструкция и строительный материал нижней галереи. В ряде случаев до 25 % общих капитальных вложений приходится на нижнюю транспортную галерею.

Стремление снизить затраты на строительство вызвало распространение складов с непроходными галереями, особенно в районах с вы-

соким стоянием грунтовых вод. Однако в этом случае наблюдается излишний расход электроэнергии, так как при устройстве закольцованного конвейера не всегда можно использовать обе ветви ленты. Большое число барабанов, значительная длина конвейерной ленты обуславливают завышенное число прокладок. Кроме того, усложняются наблюдения за лентой конвейера и его обслуживание.

Наибольшую технологическую и экономическую эффективность при механизации работ с зерном в складах дает применение аэрожелобов (рис. 59). В них используют перфорированные перегородки с подачей воздуха в массу зерна не перпендикулярно, а под углом к плоскости транспортирования. Такое направление воздушного потока обеспечивает более эффективное использование воздуха при транспортировании зерна и повышает коэффициент полезного действия аэрожелобов.

Аэрожелоба, которыми оборудуют склады, представляют собой каналы, разделенные по высоте перфорированными перегородками на две части: верхнюю — транспортирующую и нижнюю — воздухоподводящую. При подаче воздуха под перегородку вентилятором высокого или среднего давления зерновая масса, находящаяся на верхней части перегородки, начинает перемещаться к выпускным воронкам конвейера.

Перфорированную перегородку в каждом канале монтируют из чешуйчатых сит с уклоном $2...5^\circ$ в сторону движения зерна, т. е. выпускных воронок. Расстояние между осями аэрожелобов принимают $2...3$ м, их устанавливают с учетом размещения в складе выпускных воронок, опор перекрытий, дверей, контрфорсов, устройства рассекателей и др. Для полного схода зерна на поверхности сита аэрожелоба монтируют рассекатели с углом наклона плоскостей $40...45^\circ$. Пазухи рассекателей заполняют грунтом, вынутым при рытье каналов. Остов рассекателя,

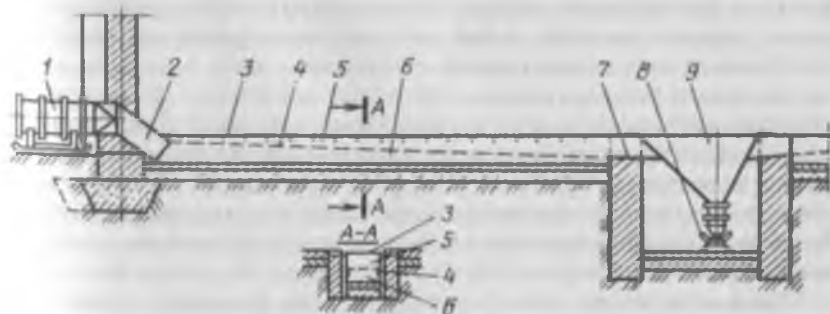


Рис. 59. Принципиальная схема аэрожелоба:

1 — осевой вентилятор; 2 — диффузор; 3 — предохранительная решетка; 4 — воздухоподводящая решетка (чешуйчатое сито); 5 — канал для транспортирования зерна; 6 — канал для распределения воздуха; 7 — тормозное устройство; 8 — ленточный конвейер нижней галереи; 9 — выпускная воронка

как правило, делают из бетона, верхний слой которого покрывают штукатуркой или асфальтом. В ряде случаев рассекатели монтируют из железобетонных плит.

Аэрожелоба как средства стационарной механизации складов обеспечивают: полную механизацию разгрузочных работ в складах без применения ручного труда; простоту устройства и обслуживания; отсутствие движущихся рабочих органов, дробящих и загрязняющих зерно; улучшение качества транспортируемого зерна вследствие продувания его воздухом и отделения легковесных примесей; возможность обработки зерна воздухом (нагрев, охлаждение) и газовыми смесями для обеззараживания зерна или протравливания семян, протекающих более эффективно, чем в плотном слое; возможность внедрения частичной или полной автоматизации погрузочно-разгрузочных работ в складах; сокращение числа рабочих, занятых на разгрузочных работах, повышение производительности труда на работах с зерном в складах с плоскими полами и сокращение издержек на 1 т комплексного грузооборота.

Однако аэрожелоба не лишены и недостатков. Например, некоторые из них: сложность строительных работ, связанных с сооружением каналов и откосов для выпуска зерна; трудности изготовления отдельных элементов аэрожелобов, в частности чешуйчатого сита; нарушение сыпучести зерна при эксплуатации складов и, как следствие, перебои в работе аэрожелобов; высокая стоимость.

§ 4. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ БАШНИ

При оборудовании складов стационарной механизацией необходимо строить специальные башни, в которых осуществляют операции по приемке, взвешиванию, очистке, сушке, отпуску зерна, а также подаче его на верхний конвейер и для приемки зерна с нижнего конвейера. Эти башни строили одновременно со складами.

В первых башнях устанавливали одну-две норы, они выполняли операции приемки зерна и передачи его на верхние конвейеры. На железнодорожный транспорт зерно отгружали одной из норий рабочей башни через самотечную трубу.

В дальнейшем появились рабочие башни с примыкающими к ним бункерами для отпуска зерна на железнодорожный транспорт и приемным устройством с автомобильного транспорта. В рабочей башне устанавливали три норы, двое ковшовых весов, сепаратор, надвесовые, а также над- и подсепараторные бункера. Подобные башни были очень громоздки. Со временем башни совершенствовались. Наиболее значительное распространение получили рабочие башни с зерносушилками.

В зависимости от состава оборудования и выполнения основных функций механизированные башни подразделяют на следующие основные типы (см. табл. 23): перегрузочные (ПБ), приемно-очистительные

(ПОБ, РБО), приемно-очистительно-сушильные (РБС), молотильно-очистительные (МОБ) и сушильно-очистительные (СОБ).

Для механизации складов ЦНИИПромзернопроект разработал типовый проект приемно-очистительной башни с оборудованием: две норрии, семь ленточных конвейеров (производительностью 100 т/ч), сепаратор (производительностью 80 т/ч). В верхней части башни установлены ковшовые весы.

Со складами подобные башни связывали верхним и нижним конвейерами. Эти башни были центральным узлом выполнения всех операций с зерном. ПОБ позволяла принимать, отпускать, очищать зерно и вести его учет. Несмотря на более совершенную конструкцию и лучшую технологическую схему, подобные механизированные башни широкого распространения не получили из-за большой высоты и стоимости.

На хлебоприемных предприятиях для приемки, обработки зерна получили значительное распространение рабочие башни РБО-3х100, предназначенные в основном для обработки сухого зерна. Три норрии производительностью по 100 т/ч и сепаратор ЗСМ-100 с той же производительностью обеспечивают одновременно с приемкой отпуск зерна в вагоны. Взвешивают зерно на порционных весах. В дальнейшем ЦНИИПромзернопроект была осуществлена некоторая модернизация рабочей башни РБО-3х100. В частности, для выгрузки зерна из автомобилей любой грузоподъемности и автопоездов с одним или несколькими прицепами использовали гидравлический универсальный автомобильеразгрузчик ГУАР-30. Вагоны загружают как через верхние люки в крыше, так и через боковые проемы при помощи вагонозагрузчика.

Для обработки зерна на хлебоприемных предприятиях, расположенных в районах поступления в основном сырого и влажного зерна, нашли широкое распространение рабочие башни с зерносушилками (РБС), которые от РБО отличаются только наличием зерносушилки.

На хлебоприемных предприятиях южных районов строят молотильно-очистительные башни МОБ-1СЖ, предназначенные для работы с товарной кукурузой. Башня МОБ-1СЖ представляет собой пятиэтажное здание высотой 14 м, где размещено все технологическое и транспортное оборудование, за исключением зерносушилки ДСП-320Т, расположенной рядом с башней. При необходимости початки кукурузы наклонным конвейером могут быть направлены, минуя молотилку, одним из верхних конвейеров в склад (навес), оборудованный установками для активного вентилирования. Затем предварительно подсушенные початки из склада передают в молотилки. Для расширения диапазона обрабатываемых культур и увеличения оперативной возможности на некоторых хлебоприемных предприятиях молотильно-очистительные башни были реконструированы. Для приемки и послеуборочной обработки зерна, поступающего с целинных земель Сибири и Северного Казахстана, было признано целесообразным массовое строительство сушильно-очистительных башен (СОБ). Строительство СОБ, являющихся

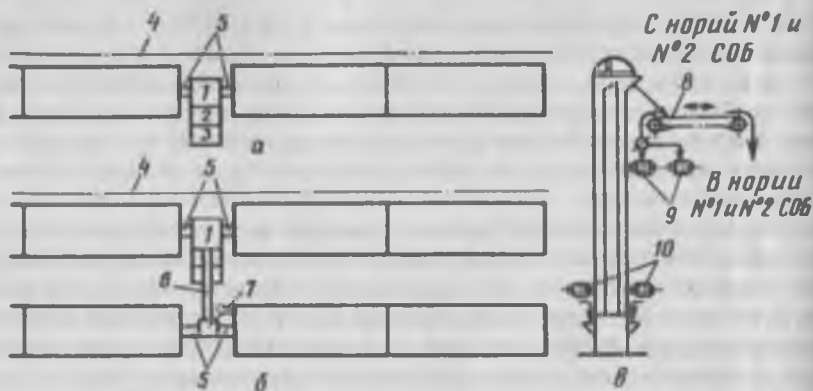


Рис. 60. Привязка складов при помощи СОБ-МК:

a – склады в одном ряду; *б* – склады в двух параллельных рядах; *в* – схема загрузки и разгрузки складов при помощи норрии; 1 – СОБ; 2 – топка зерносушилки; 3 – приемное устройство; 4 – ось железнодорожного пути; 5 – транспортные галереи; 6 – наземная галерея с реверсивным конвейером; 7 – норрия; 8 – реверсивный конвейер; 9 – надскладские конвейеры; 10 – подскладские конвейеры

центрами механизации складов, предусматривалось без применения тяжелой механизации строительных работ.

В связи с различными условиями строительства и эксплуатации СОБ в разных районах страны ЦНИИпромзернопроект разработал несколько типов башен, которые подразделяли на две группы:

СОБ-МК (монолитной конструкции), СОБ-СК (сборной конструкции), СОБ-ПО (со стенами, возводимыми в скользящей опалубке); СОБ-ИК (с кирпичными стенами), СОБ-ИС (со стенами, возводимыми в скользящей опалубке), СОБ-ИБ (со стенами из бетонных блоков).

Из первой группы наибольшее распространение получила башня СОБ-МК, привязка которой к складам показана на рисунке 60. Размеры башни в плане определяются потребной площадью сепараторного этажа, его принимают равным 12 000 x 12 000 мм (два пролета по 6000 мм, не считая топки, приемного устройства с автомобильного транспорта). Бункера сухого и сырого зерна размещены рядом с шахтой сушилки, что позволило снизить высоту башни, хотя и несколько увеличило ее размеры в плане. Оптимальная высота этажей была принята 4200 мм. Башня – четырехэтажная с общей высотой 171 300 мм. В ней размещены две норрии (производительностью по 100 т/ч), две норрии (производительностью по 45 т/ч), зерносушилка ДСП-24 СН (производительностью 24 план.т/ч), сепаратор (производительностью 80 т/ч), автоматические весы ДН-500 (ВАП-500-202), пять ленточных, три винтовых конвейера, вентиляторы и другое вспомогательное и энергетическое оборудование.

В специальной пристройке, разделенной на две части, размещены топка зерносушилки и приемное устройство с автомобильного транспорта на одну точку, оборудованное проездным автомобилеразгрузчиком. Сушильно-очистительная башня может быть размещена в разрыве между двумя группами складов (максимально по три справа и слева) или обслуживать склады в двух параллельных рядах. В последнем случае между складами второй линии строят норийную вышку, связанную с СОБ надземной галереей с реверсивным конвейером.

Автомобиль после взвешивания на весах разгружают автомобилеразгрузчиком (рис. 61). Из приемного бункера зерно конвейером передают в нории (производительностью по 100 т/ч) № 1 или 2, далее в сепаратор или бункер для сырого зерна. Затем зерно через норию № 3 (производительностью 45 т/ч) поступает в сушилку и при помощи нории № 4 (производительностью 45 т/ч) в автоматические весы ДН-500 (ВАП-500-202). Взвешенное зерно направляют в склады для сухого зерна или отгружают в железнодорожные вагоны.

Опыт строительства и эксплуатации башен СОБ-МК выявил их серьезные недостатки, основные из которых следующие: эксплуатационная производительность оказалась меньше паспортной, и расчетный объем операций не выполнялся; транспортные механизмы башни расположены так, что при одновременном отпуске зерна в вагоны и приемке с автомобильного транспорта проводить его очистку было нельзя,

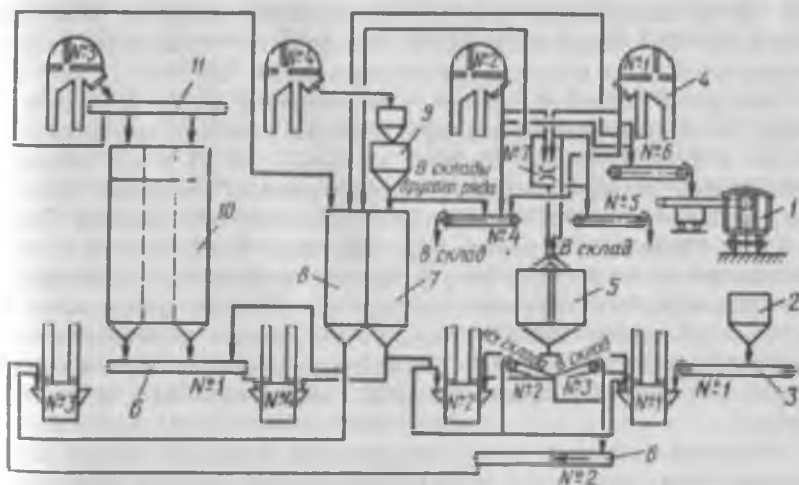


Рис. 61. Технологическая схема СОБ-МК:

1 - вагон; 2 - бункер для приемки зерна из автомобилей; 3 - конвейер; 4 - нория; 5 - сепаратор; 6 - цепной конвейер; 7 - бункер для сухого зерна; 8 - бункер для сырого зерна; 9 - автоматические весы; 10 - зерносушилка ДСП-24-СН; 11 - скребковый конвейер

так как заняты обе нории; верхние короба сушильной камеры не полностью закрывались зерном (по этой причине происходила утечка агента сушки в рабочее помещение), неудовлетворительно работала аспирация в башне, все виды отходов после сепаратора смешивались.

В дальнейшем ЦНИИпромзернопроект разработал модернизированный вариант сушильно-очистительной башни (СОБ-МКМ) с учетом выявленных недостатков. В этом варианте башни вместо винтовых конвейеров были установлены скребковые ленточные конвейеры (производительностью по 50 т/ч) и два безроликовых (производительностью по 50 т/ч). Вместо норий П-45 была предусмотрена нория П-50, а одна из норий I-100 заменена сдвоенной I-2x100.

Все это позволило: подавать зерно в сушилку непосредственно из склада, минуя механизмы оперативной части схемы; обеспечивать над верхним рядом коробов шахты сушилки зерновую подушку и "слив" излишнего зерна; работать зерносушилке независимо от других операций; осуществить раздельную уборку и хранение в двух бункерах отходов. Проведенные изменения в технологической схеме несколько увеличили оперативные возможности сушильно-очистительной башни; например, стало возможным отгружать зерно на железнодорожный транспорт потоком после приемки его с автомобильного транспорта, сепарирования и сушки.

Учитывая недостатки сушильно-очистительных башен первой группы, ЦНИИпромзернопроект разработал башни СОБ-1С, СОБ-1К и СОБ-1Б. За исключением стен, все три варианта одинаковы (СОБ-1С — основной). При создании этих СОБ отказались от ограничения высоты. Оптимальной была признана пятиэтажная башня высотой 21 000 мм, что позволило заменить бункера, расположенные рядом с шахтой сушилки, на бункер для сырого зерна вместимостью 50 т над шахтой сушилки и бункер для сухого зерна вместимостью 37 т над верхними конвейерами складов. Благодаря этому удалось сократить размеры башни в плане до 12150 x 6400 мм и уменьшить обидный объем здания на 33 %. Неудобные в эксплуатации винтовые конвейеры были заменены самотечными трубами вверху башни и скребковыми конвейерами под сушилкой. В целом набор оборудования здесь в основном такой же, как и в башнях первой группы, но благодаря лучшей компоновке технологической схемы стало возможным проводить одновременно четыре операции и усовершенствовать транспортирование и хранение отходов.

Несмотря на проводимые реконструкции, сушильно-очистительным башням обеих групп (СОБ-МКМ и СОБ-1С) был присущ один общий недостаток: технологическая схема приемки и обработки не позволяла принимать различные партии зерна. Неравномерное поступление таких партий зерна создавало большие трудности в работе СОБ, так как данные сооружения имели только одно приемное устройство.

Стремясь хотя бы частично устранить этот недостаток, ЦНИИпром-

зернопроект разработал проекты сушильно-очистительных башен СОБ-32 и СОБ-50 с зерносушилками соответственно ДСП-32 и ДСП-50. СОБ-32 по основному варианту строят из сборного железобетона (СОБ-32СК). Технологическая схема СОБ-32 при практически не изменившемся объеме работ обеспечивает большую эффективность использования технологического и транспортного оборудования и лучшее качество обработки зерна. Паспортная производительность всего транспортного оборудования башни, за исключением норрии № 2, — 100 т/ч.

К недостаткам башни СОБ-32 следует отнести отсутствие надсепараторных бункеров, которые позволили бы обеспечить лучшую загрузку и использование сепараторов. Наличие одних автоматических весов не позволяет одновременно взвешивать зерно при сушке и отгрузке в вагоны.

В башне СОБ-50 предусмотрено шесть норрий: пять производительностью по 100 т/ч и одна производительностью 50 т/ч, зерносушилка производительностью 50 т/ч, ворохоочиститель и два сепаратора производительностью по 100 т/ч для очистки зерна до и после сушки. Приемное устройство было запроектировано на два проезда при двух приемных конвейерах. По конструкции СОБ-50 представляет собой шестиэтажное здание высотой 26 400 мм и размерами в плане 14000 x 700 мм. Общий объем помещений 4300 м³, т. е. примерно равен объему рабочих зданий средних элеваторов. Стоимость СОБ-50 значительно выше, чем ранее рассмотренных башен. Главный недостаток башни СОБ-50 — малая фактическая производительность зерносушилки и недостаточная вместимость приемных бункеров, не рассчитанных на приемку большегрузных автомобилей.

Сушильно-очистительная башня СОБ-Ц50 в отличие от СОБ-50 оборудована газовой рециркуляционной зерносушилкой "Целинная-50", зерно в которую подают норрией производительностью 350 т/ч, и сепараторами ЗСМ-100 и ЗСМ-50. Кроме того, ЦНИИпромзернопроект разработал проект башни СОБ-2х25, в которой применена также газовая рециркуляционная сушилка РД-2х25. В железобетонном пятиэтажном здании установлено шесть норрий производительностью по 100 т/ч, автоматические весы, сепаратор ЗСМ-100 и зерносушилки.

Дальнейшее совершенствование механизированных башен, их конструкция и техническое перевооружение предполагают также разработку более прогрессивных и долговечных механизированных складов для приемки, хранения и отгрузки зерна.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова классификация складов? 2. Расскажите о механизации складов.
3. Какие типы механизированных башен Вы знаете? Их характеристика.

§ 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЭЛЕВАТОРА

Элеватор — это полностью механизированное зернохранилище, предназначенное для хранения зерна и выполнения с ним необходимых операций. Современный элеватор обеспечивает выполнение всех операций с максимальной эффективностью и надежным обеспечением сохранности зерна. В отличие от складов со стационарной механизацией элеватор обладает большей компактностью из-за большой высоты сооружения. В данном случае вместимость зернохранилища на 1 м² площади резко возрастает (но вместимость удорожается). В типовых зерновых складах на 1 т вместимости приходится 2,5...3,0 м³ помещения, а в элеваторах — 1,5...1,7 м³.

Важная отличительная особенность элеватора от других промышленных сооружений — это тесная связь между строительными конструкциями и транспортным, а также технологическим оборудованием. Количество и производительность оборудования прямо зависят от величины, количества и устройства силосов, материала их конструкции и расположения на площадке. Поэтому создание проекта элеватора требует самого тесного сотрудничества и коллективной работы инженеров высокой квалификации разных специальностей — строителей, механиков, технологов, электриков, экономистов и др. Только при выполнении этого условия можно создать проект элеватора, отвечающего своему назначению.

Опыт постепенного развития элеваторов разного назначения показывает, что под этим термином в широком смысле следует понимать целый комплекс зданий и сооружений, каждое из которых выполняет определенные функции. Для элеватора каждого типа устройство этих зданий, а также их оборудование могут меняться в зависимости от назначения и условий работы элеватора.

В целом элеватор, как полностью механизированное зернохранилище предназначено для выполнения всех погрузочно-разгрузочных работ, полной технологической обработки и хранения зерна, можно рассматривать как комплексное объединение следующих основных устройств и сооружений: 1) рабочее здание с технологическим и транспортным оборудованием; 2) силосный корпус с транспортным и другим оборудованием; 3) устройства для приемки зерна из автомобилей, вагонов и судов; 4) устройства для отпуска зерна на различные виды транспорта и зерноперерабатывающие предприятия; 5) цех отходов; 6) системы аспирации и удаления пыли.

Элеватор будет работать как единый производственный комплекс только в том случае, если все указанные выше устройства и сооруже-

ния будут гармонично связаны и дополнять друг друга при выполнении технологических и транспортных операций. Для каждой операции характерна определенная последовательность перемещения зерна через силосы, бункера и оборудование, которая во многом зависит от принципиальной схемы приемки и послуборочной обработки зерна.

Технологическую схему движения зерна (рис. 62) на элеваторе строят на основе принципиальной; она обеспечивает связь всех реально существующих силосов, бункеров, оборудования и устройств между собой. Так как все операции, связанные с перемещением зерна на элеваторе, всегда проходят с использованием норий, то число выполняемых одновременно перемещений не может превышать числа норий.

Технологическую схему работы элеватора строят по принципу последовательной обработки зерна в потоке от момента его приемки и до загрузки на хранение. Если производительность технологических машин ниже производительности транспортного оборудования, то машины оборудуют оперативными бункерами до и после его обработки. Благодаря этому обеспечивается непрерывность потока при обработке зерна, а также и при всех остальных операциях. Оперативные бункера обязательны также в том случае, если коэффициент использования устройств изменяется по времени (например, приемка зерна с водного транспорта). Схема движения зерна на элеваторе должна включать во всех случаях, кроме выполнения существа самой операции, количественный и качественный учет. Это достигается включением в схему весов и устройством мест отбора проб зерна для последующего его анализа.

Схему движения зерна изображают так, чтобы работники могли быстро и безошибочно составлять по ней необходимые маршруты перемещения зерна. Движение зерна всегда обозначают жирными линиями, отходов, пыли и воздуха — пунктирными или тонкими. Точка на схеме означает, что отсюда начинается движение зерна, а стрелка — кончается.

Ввиду наличия на элеваторе большого числа одноименных машин применяют соответствующую нумерацию или присваивают им какие-либо другие обозначения. Обычно порядковую нумерацию используют для обозначения приемных бункеров, конвейеров, норий, весов, сепараторов, зерносушилок, а также над- и подсепараторных бункеров. Если же число одноименных единиц значительно, а сами они близко расположены друг от друга, то в этом случае целесообразнее применять кодовую нумерацию (см. рис. 62). В ней число сотен обозначает ряд силосов, а две последние цифры — порядковый номер силоса в этом ряду; кроме того, все четные сотни в номере относятся к правому, а нечетные — к левому силосным корпусам. Можно использовать и другие обозначения: в частности, после сотен записывают цифры, которые указывают на рядность силосного корпуса и номер силоса (например, 211 — четный силосный корпус, первый ряд, первый силос).

Для удобства пользования схему движения зерна на элеваторе обыч-

Таблица 62

Нормы по этажам		Нормы при движении	
Коллекторы	Кондукторы	Коллекторы	Кондукторы
№	№	№	№
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20

Таблица силосов

Номер силоса	Средний диаметр		Высота	Объем
	в м	в футах		
№ 1	3,5	20	20	20
№ 2	6,00	150		
№ 3	7,1000	3000		

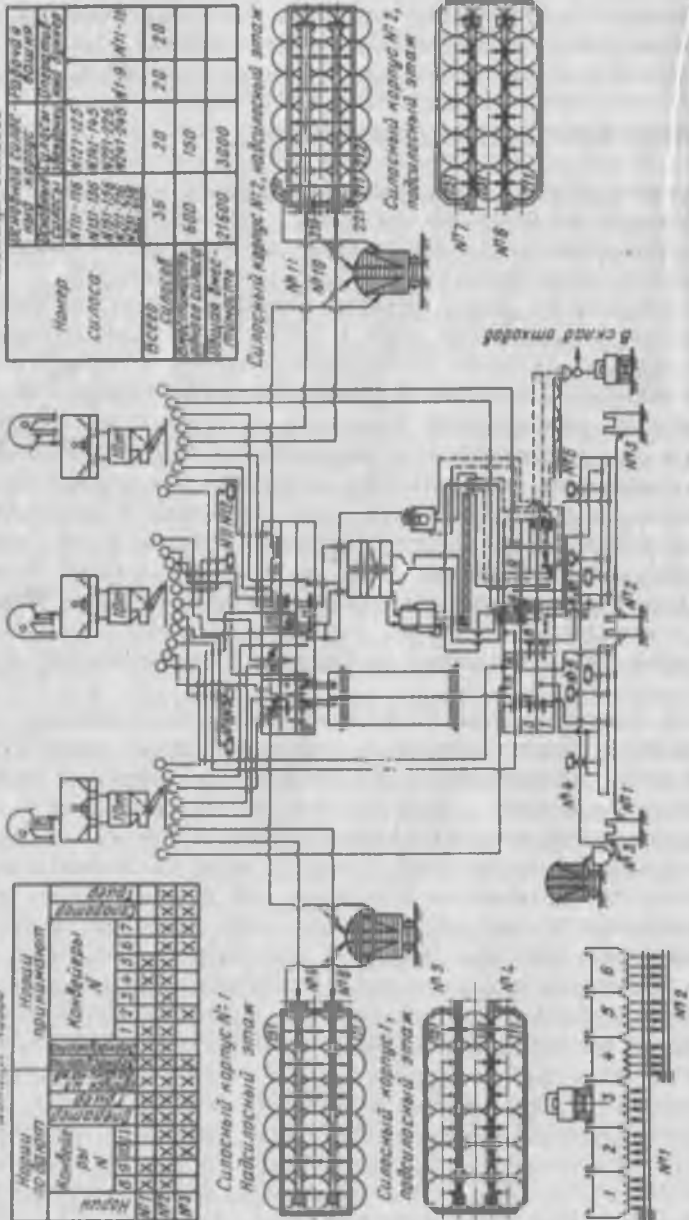


Рис. 62. Технологическая схема движения зерна на элеваторе Л13 х 100

но вычерчивают вместе с таблицами ходов и емкостей силосов и бункеров. Таблица ходов (условно сокращенная схема движения зерна) является вспомогательной и позволяет быстро и правильно определить норию, при помощи которой может быть выполнена заданная операция.

§ 2. РАБОЧИЕ ЗДАНИЯ ЭЛЕВАТОРОВ

Рабочее здание элеватора служит производственным центром, с которым связаны все остальные его цехи и устройства. Это наиболее сложный и трудоемкий при строительстве объект. Особенность рабочего здания в том, что в нем производственные помещения чередуются с бункерами и силосами. В нем сосредоточено почти все транспортное и технологическое оборудование (нории, весы, зерноочистительные машины, зерносушилки и др.).

Все помещения рабочего здания не отапливают, кроме диспетчерской и пульта управления. Пол первого этажа заглубляют по отношению к планировочным отметкам поверхности земли на 800...2500 мм, что вызвано необходимостью увязки приемных устройств с автомобильного и железнодорожного транспорта, а также размещения башмаков приемных норий. Рабочее здание проектируют на сплошных фундаментных плитах со средним давлением в основании сооружений около $3 \cdot 10^5$ Па. По стоимости рабочее здание в общем комплексе элеватора составляет 30 %.

В рабочем здании выполняют следующие основные производственные операции с зерном: 1) приемка с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта; 2) обработка; 3) перемещение для определения качества или подготовка помольных партий; 4) распределение в силосы или склады, связанные с элеватором; 5) отпуск на автомобильный, железнодорожный, водный транспорт или на предприятие.

Зерно в рабочем здании элеватора перемещается по одноступенчатой и многоступенчатой схемам. Одноступенчатая схема характеризуется тем, что в рабочем здании весы расположены выше надсилосного конвейера. В связи с этим зерно, поднятое норией, после взвешивания может быть направлено без вторичного подъема в силосный корпус, на очистку, сушку и т. д. Подобная схема отличается простотой, но связана с увеличением высоты рабочего здания (60 м и более).

Многоступенчатая схема позволяет снизить высоту рабочего здания. В этом случае в рабочем здании весы размещают ниже надсилосного конвейера и зерно для загрузки в силосы или направления в сепараторы, сушилки после взвешивания приходится вторично поднимать норией. Такую схему используют в основном в сборных рабочих зданиях пониженной высоты, что обуславливается возможностью их монтажа башенными кранами. Как недостаток многоступенчатой схемы следует отметить, что она вызывает увеличение общего числа норий, размеров рабочего здания и усложняет общую коммуникацию. Это все влечет за собой

повышенный расход электроэнергии и значительные капиталовложения и эксплуатационные расходы. В нашей стране почти все монолитные железобетонные элеваторы построены по одноступенчатой схеме. В настоящее время в связи с сооружением рабочих зданий из сборного железобетона все чаще стали применять двухступенчатую.

Объемно-планировочные решения рабочих зданий определяются технологическим процессом обработки зерна на элеваторе (приемка, очистка, сушка, взвешивание, хранение и отгрузка). Существуют два объемно-планировочных решения: 1) рабочее здание, отдельно стоящее, которое строят быстрее и с меньшими затратами труда, что объясняется меньшим строительным объемом, а следовательно, меньшим расходом бетона; 2) рабочее здание, заблокированное с силосами, что делает его более устойчивым против воздействия горизонтальных сейсмических сил снижает напряжения в основании фундаментной плиты; строительство такого здания требует значительного расхода бетона и осуществляют его в более продолжительный срок.

Современные рабочие здания элеваторов бывают железобетонные монолитные (выполненные в скользящей опалубке), железобетонные сборные и металлические. В настоящее время рабочее здание строят монолитным и сборным, причем удельный вес последних более 80 %.

В монолитных рабочих зданиях (рис. 63) при помощи скользящей опалубки возводят стены, колонны, балки. Перекрытия из-за большого количества технологических отверстий обычно выполняют из монолитного железобетона при помощи инвентарной опалубки, подвешенной к ранее возведенным балкам и стенам. Такая опалубка комплектно потупает на стройки с заводов, что позволяет многократно использовать ее.

Скользящая опалубка, представляя собой прогрессивный по сравнению со строительством в постоянной опалубке способ производства работ, позволяет возводить элеваторы в весьма короткие сроки, резко сократить сроки строительства, трудоемкость работ и расход материалов.

Одно из основных преимуществ скользящей опалубки — высокий темп бетонирования: скорость ее подъема до 3 м/сут, что определяется прежде всего непрерывностью движения, необходимой для обеспечения хорошего качества бетона. При строительстве требуется наличие большого количества высококвалифицированных рабочих, строительство зданий и сооружений производится в короткие сроки при положительной температуре воздуха.

Сборные рабочие здания, как и монолитные, подразделяют на отдельно стоящие и заблокированные с силосными корпусами. Выбор той или иной конструктивной схемы рабочего здания зависит от типа элеватора, условий изготовления сборных конструкций и других технико-экономических показателей. Каркас отдельно стоящего рабочего здания (рис. 64) выполняют в виде рамной системы в поперечном направлении

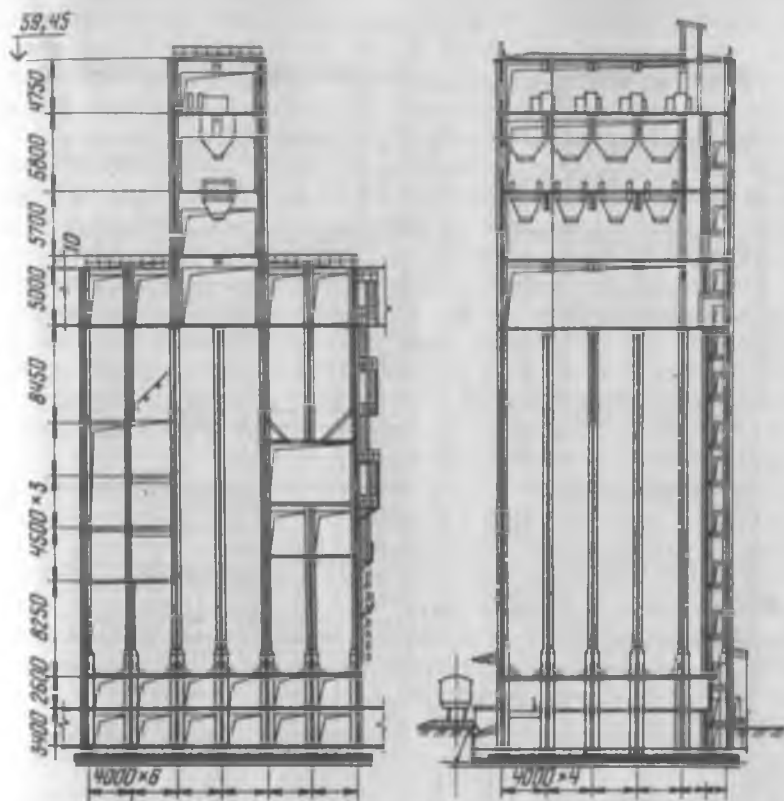


Рис. 63. Монолитное рабочее здание блокированного типа

и связей в продольном. Такое решение создает благоприятные условия изготовления и монтажа элементов каркаса. Наружные стены монтируют при помощи навесных железобетонных панелей. Общая пространственная жесткость здания обеспечивается жесткими узлами каркаса, системой вертикальных связей и перекрытиями.

Блокированное рабочее здание проектируют бескаркасным. Конструктивное решение здания основывается на сочетании силосов, бункеров и перекрытий производственных помещений, что позволяет простыми средствами обеспечить пространственную жесткость здания (рис. 65). Из-за блокировки размеры здания в плане значительно увеличиваются, что повышает устойчивость и уменьшает чувствительность здания к неравномерным осадкам.

Каркасную схему, как правило, применяют в элеваторах большой вместимости (100...150 тыс. т), где требуется установка крупногабарит-

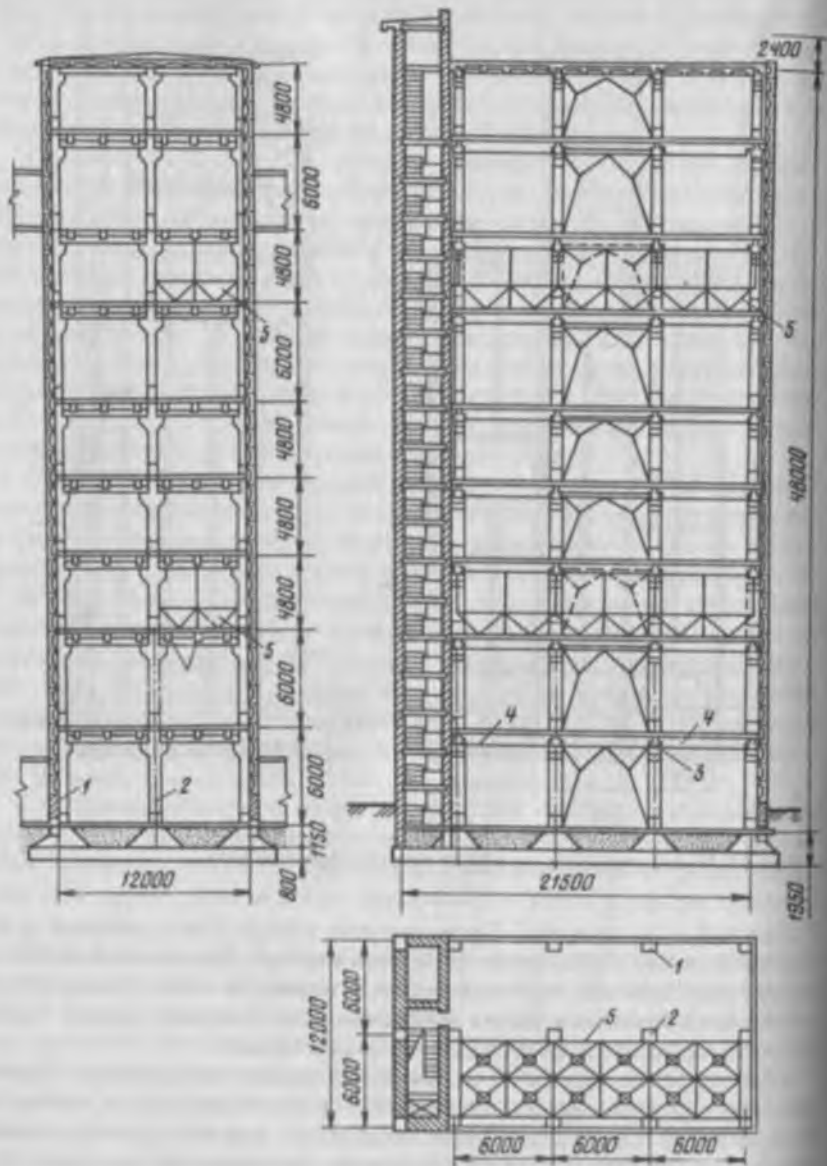


Рис. 64. Сборное рабочее здание каркасного типа:

1, 2 – колонны; 3 – ригели; 4 – балки; 5 – стальные бункера

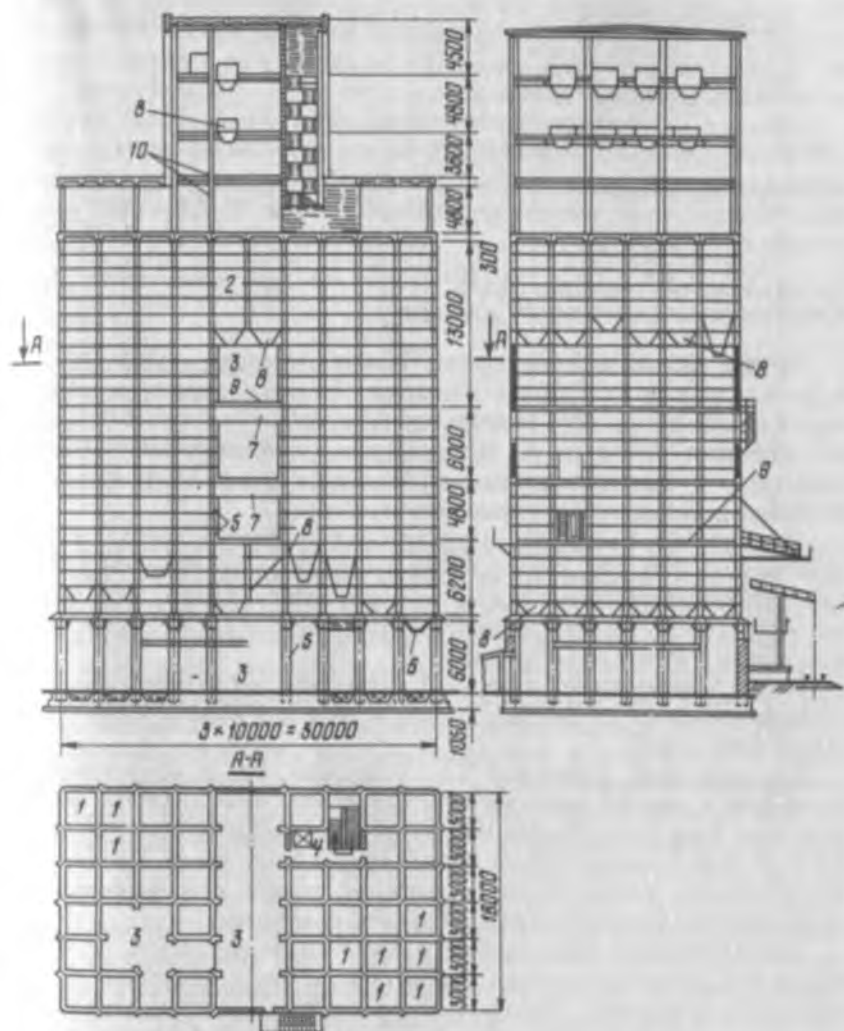


Рис. 65. Сборное рабочее здание сблокированного типа:

1 - силосы; 2 - бункера; 3 - производственные помещения; 4 - лифт; 5 - подсилосные колонны; 6 - железобетонные сборные воронки; 7 - ригели; 8 - стальные воронки; 9 - сборно-монолитные перекрытия; 10 - стальной каркас надстройки

ного оборудования в рабочем здании, а силосы требуются большой вместимости. Для элеваторов малой и средней вместимости (до 50 тыс. т) предпочтительна схема заблокированного рабочего здания. Рабочее здание и силосные корпуса в этом случае возводят, как правило, с применением одних и тех же элементов.

Сборные сооружения дороже монолитных, что вызвано высокой стоимостью сборного железобетона, но это удорожание перекрывается экономической эффективностью, достигаемой в результате ускорения строительства, снижения его трудоемкости, затрат на временные сооружения и пр.

§ 3. РАЗМЕЩЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Нория. Основная транспортная машина, которая определяет тип и мощность рабочего здания элеватора. На современных элеваторах норрии в рабочем здании обеспечивают выполнение различных операций, что позволяет рассчитать их по суммарному суточному объему работ. Элеваторы с взаимозаменяемыми норриями проще в эксплуатации, необходимо меньше обслуживающего персонала.

В настоящее время на элеваторах устанавливают норрии производительностью 100, 175, 350 т/ч. Норрии производительностью 100, 175 т/ч, как правило, располагают вдоль рабочего здания с поворотом потока зерна на угол 90° , а производительностью 350, 500 т/ч — поперек рабочего здания в специальных шахтах.

Весы. Устанавливают в верхней части рабочего здания (при одноступенчатой схеме элеватора), в центральной или нижней (при многоступенчатой схеме).

На элеваторах монтируют как ковшовые, так и автоматические весы. Тем и другим свойственны преимущества и недостатки. Ковшовые весы дают более точные показания при взвешивании зерна, коэффициент использования норрий в этом случае будет выше. Как недостаток ковшовых весов следует отметить то, что они сложны в эксплуатации, требуют большой площади и высоты помещения.

Автоматические весы удобны и просты в эксплуатации, занимают небольшой объем помещения и практически почти полностью исключают обслуживающий персонал. К недостаткам следует отнести то, что они снижают коэффициент использования норрий, особенно при перемещении небольших партий зерна, и ненадежны в работе.

Для непрерывной и устойчивой работы весов предусматривают над- и подвесовые бункера. В соответствии с утвержденными нормами вместимость бункеров рекомендуется принимать в зависимости от производительности транспортных машин и механизмов, обслуживающих весы (табл. 24).

При наличии весопечатающего механизма и автоматического управления задвижками над- и подковшовыми весами вместимость над-

24. Вместимость надвесовых и подвесовых бункеров

Весы	Производительность (не менее) транспортных механизмов, обслуживающих весы, т/ч	Вместимость бункеров (не менее), м ³	
		над весами	под весами
Ковшовые:			
Э-70	350	90	—
341В-20А	100 и 175	30	—
120К-10	50 и 100	15	—
121К-5	50	7	—
Автоматические:			
ДН-4000 (ВАП-4000-216)	350	40	4
ДН-2000 (ВАП-2000-243)	175	20	2
ДН-1000-2 (ВАП-1000-212)	100	12	1
ДН-500 (ВАП-500-202)	50	6	0,5

Примечание. В скобках указана марка по преискуранту.

ними можно принимать равной вместимости весового ковша. Ковшовые весы устанавливаются, как правило, без подвесового бункера, так как он увеличивает высоту рабочего здания на 5...6 м. Его отсутствие компенсируют установкой транспортного оборудования, принимающего зерно после весов, большей производительности, чем основные норрии.

Зерноочистительное оборудование. Размещение этого оборудования во многом зависит от производительности транспортного оборудования. Если производительности зерноочистительного и транспортного оборудования равнозначны, то можно обойтись без буферной вместимости, и то только тогда, когда производительность норрий не более 100 т/ч.

Зерноочистительное оборудование на элеваторах можно размещать по одной из следующих четырех схем. В первых двух (рис. 66, д, б) предусмотрена жесткая связь между транспортным и технологическим оборудованием. При подобных схемах требуется обязательное наличие обходных самотечных труб, так как производительность зерноочистительного оборудования в значительной степени зависит от качественного состояния зерна. Непосредственная связь транспортного и технологического оборудования находила свое отражение при строительстве сушильно-очистительных башен и отдельных хлебоприемных элеваторов (в основном глубинных).

Третья схема (рис. 66, в) нашла свое применение на элеваторах, имеющих различные производительности норрий на приемке и уборке зерна из-под сепаратора (например, на мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы, элеваторе в г. Николаеве).

На современных элеваторах с неспециализированными норриями над и под зерноочистительными машинами (рис. 66, г) предусматривают

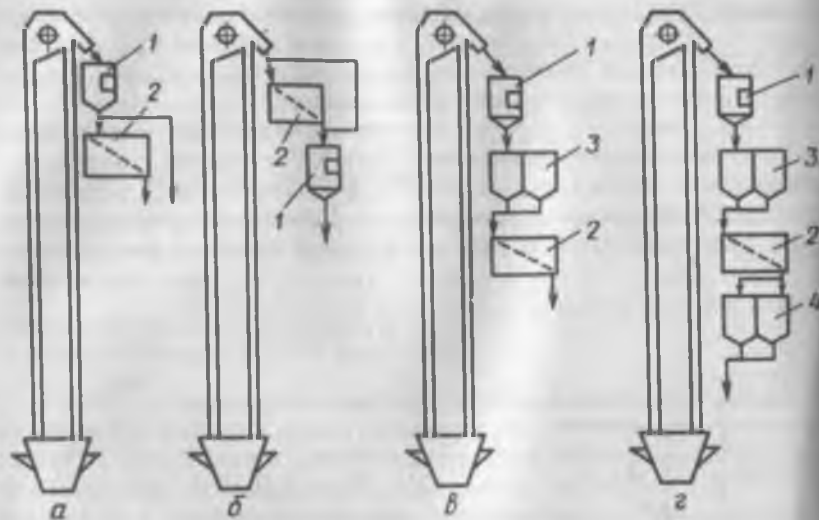


Рис. 66. Размещение зерноочистительного оборудования в рабочем здании:

1 — автоматические весы, 2 — сепаратор; 3 — надсепараторные бункера; 4 — подсепараторные бункера

бункера. Зерноочистительные машины располагают в средней части рабочего здания так, чтобы над сепараторами были бункера. Контрольные сепараторы и триеры, как правило, устанавливают на одном этаже после основных зерноочистительных машин. Отходы контролируют непосредственно в рабочем здании элеватора. Вариант размещения контрольных сепараторов в отдельном здании с последующим возвращением зерна в рабочее здание элеватора не получил широкого распространения.

Зерносушилки. В современные элеваторы зерносушилка входит в качестве самостоятельного производственного участка. Ее расположение определяют в зависимости от местных условий, производительности основного оборудования, объема и продолжительности сушки и нормальной работы зерносушилки и элеватора, предусматривая специальные бункера для размещения сырого и просушенного зерна. Зерносушилки размещают по одной из шести схем.

Зерносушилку на одной фундаментной плите с рабочим зданием через лестничную клетку (рис. 67,а) устанавливали на мукомольных и базисных элеваторах (мелькомбинат им. С. М. Кирова, Кировский Омский элеватор и др.). Подобная схема удобна тем, что к рабочему зданию элеватора можно пристроить зерносушилку любой производительности. Передачу зерна в сушилку и уборку просушенного осуществляют при помощи верхнего и нижнего конвейеров.

Вторую схему (рис. 67,б) применяли на хлебоприемных элеваторах типа Л2х100. Широкого распространения она не нашла, так как при сушке использовали надсилосный и подсилосный конвейеры, а главное, нарушался тепловой режим силосного корпуса.

Третья схема (рис. 67,в) нашла достаточно широкое распространение на современных мукомольных элеваторах единой конструкции (М2х100, М3х100, М2х175, М3х175), на хлебоприемных элеваторах типа Л3х100. Несмотря на компактность размещения сушилки, ее хорошую связь с технологическим и транспортным оборудованием элеватора, подобная схема применима в том случае, если не требуется большая зерносушильная мощность.

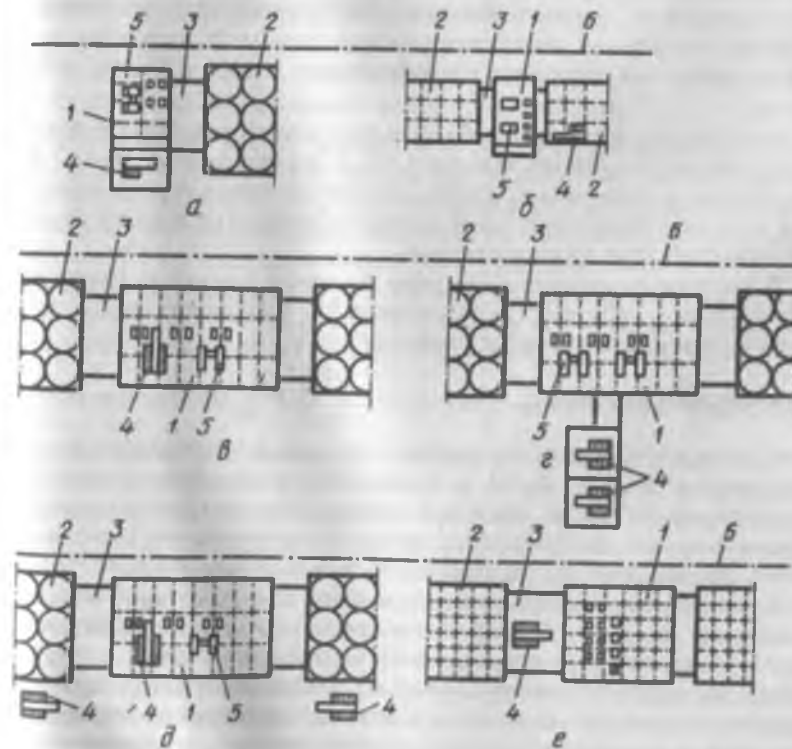


Рис. 67. Размещение зерносушилки в элеваторе:

а — на одной фундаментной плите с рабочим зданием (через лестничную клетку); б — в силосном корпусе; в — в рабочем здании; г — в отдельном здании; д — в рабочем здании и около силосного корпуса (открытого типа); е — между рабочим зданием и силосным корпусом; 1 — рабочее здание; 2 — силосный корпус; 3 — соединительная галерея; 4 — зерносушилка; 5 — сепаратор; 6 — железнодорожный путь

В районах с большим объемом поступления сырого и влажного зерна наиболее применима четвертая схема (рис. 67,з), предусматривающая установку сушилок в отдельном цехе, связь с которым осуществляют через верхний и нижний конвейеры. Подобное размещение зерносушилок нашло широкое применение на хлебоприемных элеваторах типа ЛЗх 175, Л4х 175.

В последние годы на многих элеваторах были построены зерносушилки открытого типа (рис. 67,д). Их обычно устанавливали около силосного корпуса. При этом чаще всего рядом расположенные силосы выполняют роль надсушильной и подсушильной вместимости. Связь их осуществляли при помощи дополнительно установленных норд и конвейеров. При установке зерносушилок открытого типа значительно сокращаются капиталовложения, но усложняется эксплуатация, особенно в условиях восточных районов страны. В настоящее время зерносушилки открытого типа устанавливают только в южных районах страны.

В последних проектах хлебоприемных элеваторов стали применять зерносушилки открытого типа (рис. 67,е), расположенные между рабочим зданием и силосным корпусом. Данное решение в определенной степени устраняет недостатки пятой схемы и упрощает прокладку инженерных коммуникаций вдоль элеватора.

В отдельных случаях возможны и другие варианты размещения зерносушилок, которые обуславливаются специфическими особенностями данного элеваторного комплекса.

§ 4. СИЛОСНЫЕ КОРПУСА

Силосные корпуса — это основные составные части элеватора как по занимаемому объему, так и по значению в компоновке комплекса в целом. Основной объем работ при строительстве элеватора приходится на долю силосных корпусов. Чем больше его вместимость, тем большую долю в объеме элеватора занимают силосные корпуса.

Главная задача силосного корпуса — это сохранить зерно без потерь и снижения качества. С этой точки зрения он должен удовлетворять ряду требований: защищать зерно от атмосферных осадков, быстрых изменений наружной температуры; не допускать конденсации пара воды на внутренних поверхностях, проникновения вредителей, задержки зерна при опорожнении силоса и быть безопасным в пожарном отношении; быть оптимальным по технико-экономическим показателям.

Материалом для возведения современных силосных корпусов служит монолитный и сборный железобетон, сталь. Из всех строительных материалов наибольшее распространение получил железобетон (монолитный и сборный).

Силосный корпус состоит из трех основных элементов: 1) подсилосного, или цокольного, этажа, включающего днище и служащего для раз-

мещения нижних конвейеров, предназначенных для разгрузки силосов, и самотечных труб; 2) силосной части, включающей силосы или ячейки для хранения зерна; 3) надсилосной галереи, в которой располагают надсилосные конвейеры, служащие для заполнения силосов.

В настоящее время строят силосы различной формы в плане: круглые, квадратные, прямоугольные и многогранные: шести-, восьми-, двенадцатигранные. В практике строительства элеваторов наибольшее распространение получили силосы круглого сечения. Диаметры силосов были унифицированы и приняты равными 6 и 7 м, а на основании проведенного ЦНИИпромзернопроект анализа — только 6 м. Это объясняется тем, что в силосах с диаметром больше 6 м приходится значительно увеличивать количество арматуры, так как давление возрастает прямо пропорционально гидравлическому радиусу

$$R_r = S / L,$$

где S — площадь поперечного сечения силоса; L — его периметр.

При диаметре силоса меньше 6 м получается перерасход бетона. На отдельных предприятиях используют монолитные силосы больших диаметров. В частности, на Семипалатинском ордена Ленина мукомольно-комбикормовом комбинате построено из монолитного железобетона два силоса ϕ 18 м и вместимостью 16 тыс. т каждый.

Квадратные силосы не строят больше чем размером 4 x 4 м, в противном случае получается перерасход металла и бетона, так как с увеличением величины пролета l изгибающий момент $M_{изг}$ растет в квадратичной зависимости ($M_{изг} = \frac{pl^2}{24}$). Другие формы силосов — шестигран-

ные, восьмигранные и т. д. — не получили распространения ввиду меньшей экономической целесообразности и более сложной конструкции.

Расположение силосов круглого сечения может быть рядовое и шахматное. Наличие наружных звездочек при шахматном расположении силосов несколько повышает коэффициент использования объема силосного корпуса, но дугообразные стены усложняют конструкцию и увеличивают удельный расход стали.

Высота железобетонного силосного корпуса определяется допустимой нагрузкой на грунт под подошвой фундаментной плиты. Увеличение массы позволяет существенно снизить удельную стоимость строительства, так как при этом стоимость подсилосного этажа изменяется незначительно, а стоимость надсилосной галереи и оборудования остается неизменной. Исходя из среднего давления на грунт под подошвой фундаментной плиты в $3 \cdot 10^4$ Па, для типового силосного корпуса принята высота 30 м. В отдельных случаях она бывает больше (например, высота силосов элеватора в г. Свердловске, стоящего на скальных грунтах, равна 40 м). Экспериментальные силосные корпуса при мельзаводе № 1 в Куйбышеве имеют высоту, равную 50 м.

Монолитные силосные корпуса. Стены силосов в монолитном железобетоне возводят при помощи скользящей опалубки. При этом толщину стен принимают не менее 150 мм. Строительство монолитных силосов при помощи скользящей опалубки осуществляют так же, как монолитные рабочие здания.

Кроме стен силосов, на долю которых приходится до 70 % всего объема железобетона, в силосном корпусе значительную роль играет подсилосный этаж, воспринимающий весьма значительные нагрузки от массы зерна и вышележащих конструкций.

В настоящее время подсилосный этаж строят по двум вариантам. В первом подсилосное помещение может быть со стенами, опирающимися непосредственно на фундамент без промежуточной поддерживающей конструкции; второй вариант включает промежуточную конструкцию с колоннами, на которые опираются стены силосов и днища.

Преимущество подсилосного помещения с силосами, возводимыми непосредственно на фундаменте корпуса, — их простота выполнения и сокращение сроков строительства. Скользящую опалубку устанавливают непосредственно на фундаментной плите и с ее помощью возводят стены не только силосов, но и подсилосного этажа (с оставлением в них необходимых проемов). Силосный корпус в целом получает значительную пространственную жесткость, что позволяет применять эту конструкцию в сейсмических районах.

Наиболее просто конструкция подсилосного этажа подобного типа решается для корпусов с квадратными силосами. В этом случае опорными частями, поддерживающими силосы, служат узлы пересечения стен, усиленные пилястрами необходимого сечения. Для корпусов с круглыми силосами при подсилосных этажах с монолитными колоннами последние располагают под местами соединения стен силосов, обычно по одной колонне на каждое соединение. Под наружными стенами колонны устанавливают на тех же осях, что и для внутренних силосов.

В местах опирания на фундаментную плиту колонны снабжены подколонниками, обычно квадратными. Колонны имеют канители вытянутой формы по направлению стыков смежных силосов. Капители необходимы для увеличения площади колонн при передаче вертикальных давлений в местах опирания стен. По капителям устанавливают монолитную безбалочную плиту, в которой предусматривают отверстия для стальных воронок, образующих днища круглых силосов.

Подсилосный этаж в сборном варианте для корпуса с круглыми силосами выполняют по аналогичной схеме. Монолитные подколонники стаканного типа составляют одно целое с фундаментной плитой. Колонна в верхней части имеет две консоли, на которые опирается сборная капитель со сквозным гнездом. В гнездо входит расположенный выше консолью оголовок колонны.

Пол подсилосного этажа делают асфальтобетонным по бетонной

подготовке, укладываемой на грунтовую подсыпку, высота которой вместе с полом обычно равна высоте подколонников. Наружные стены подсилосного этажа обычно строят из местных материалов с оконными проемами. Надсилосные галереи включают перекрытие силосов, являющееся полом галереи, стены и крышу с поддерживающей конструкцией. Надсилосные галереи выполняют рамной конструкции, опоры которой устанавливают над точками касания силосов. Перекрытие надсилосной галереи проектируют как в монолитном, так и в сборном исполнении. Ограждающие конструкции надсилосной галереи (стены и крыша) обычно изготавливают в сборном железобетоне или с асбестоцементным заполнением по стальному каркасу.

Сборные силосные корпуса. Производство работ при помощи скользящей опалубки, как было отмечено выше, сопряжено с рядом особенностей, которые не позволяют вести строительство элеваторов круглый год и в больших масштабах. Массовое строительство этих сооружений может быть выполнено только при дальнейшей индустриализации и широком применении сборного железобетона. При использовании сборных железобетонных элементов существенно повышается качество изделий, так как их изготавливают в заводских условиях на механизированных поточных линиях, а также сокращаются трудоемкость, число рабочих, и строительство ведут круглый год.

В практике отечественного элеваторостроения нашли применение два основных решения сборных силосных корпусов: 1) со стенами, собираемыми из объемных блоков полной заводской готовности; 2) со стенами из укрупненных объемных блоков, собираемых на строительной площадке из плит для квадратных силосов или из сегментов — для круглых (табл. 25).

При первом решении блоки соединяют на болтах, для монтажа стен требуются минимальные затраты. К недостаткам относят ограниченный размер объемных блоков, неполную загрузку подвижного состава при перевозке блоков и более сложное изготовление блоков по сравнению с линейными элементами. По второму решению — изготовление панелей или сегментов (как гладких, так и ребристых) несложно, перевозка элементов удобна, при хранении в штабелях они занимают мало места. Однако увеличивается трудоемкость работ по монтажу силосов из-за укрупнительной сборки и в большем объеме добавляются сварочные работы.

В СССР первый экспериментальный силосный корпус сборной конструкции был построен в 1958 г. в городе Купино Новосибирской области. Размеры силосного корпуса вместимостью 7,3 тыс. т в плане 16 100 x 22 400 мм при высоте силосов 30 800 мм. Корпус состоит из 35 силосов размерами 3200 x 3200 мм каждый. Силосы смонтированы из пространственных четырехугольных элементов и плоских плит. Пространственные элементы установлены в шахматном порядке, а по наружному контуру смонтированы плоские плиты. Масса простран-

25. Конструктивные решения силосных корпусов элеватора из сборного железобетона

Схематический план корпуса и основного элемента стен силосов	Шифр проекта или конструкции	Вместимость корпуса, тыс. т	Размеры силосов, мм	Характеристика основного элемента стен силосов	
		"Купино"	7,3	3200x3200x30000	Объемный прямоугольник с гладкими, без выступов стенами
		СКР-3x3	10,3	3000x3000x30000	Объемный, с односторонними ребрами
		СК2Р-3x3	10,3	3000x3000x30000	Объемный, с двухсторонними ребрами (типа "Кзыл-ту")
		СОГ-3x3	10,3	3000x3000x30000	Объемный, с гладкими стенами (типа "Купино")
		ПНОЗ	10,3	3000x3000x30000	Объемный, из предварительно напряженного железобетона
		"Болшево" с размерами 4x4	6,4	4000x4000x30000	Панель с двухсторонними ребрами, укрупняемая на строительстве в объемные элементы размером 4x4 м
		"Болшево" с диаметрами ϕ 6 м	11,6	ϕ 6000 и звездочки	Железобетонные, предварительно напряженные кольца ϕ 6 м, укрупняемые на строительстве из тубингов
		Экспериментальный на мелькомбинате им. Цюрупы	30,0	ϕ 6000 и звездочки	Железобетонные силосы из сборных, предварительно напряженных элементов

Схематический план корпуса и основного элемента стен силосов	Шифр проекта или конструкция	Вместимость корпуса, тыс. т	Размеры силосов, мм	Характеристика основного элемента стен силосов
	<p>Экспериментальный на мелькомбинате № 4</p>	<p>34,0</p>	<p>φ 6000 и звездочки</p>	<p>Железобетонные слосы из сборных, предварительно напряженных элементов</p>
	<p>СКСП 6-36</p>	<p>24,3</p>	<p>φ 6000 и звездочки</p>	<p>Железобетонные слосы из сборных элементов полигонального типа</p>

венных элементов размерами в плане 3200 x 3200 мм высотой 1000 мм и толщиной 100 мм — 32 т. Элементы в углах связаны болтами. Горизонтальное соединение силосов по высоте сделано на растворе с установкой металлических штырей ϕ 16 мм. Наружные плоские плиты прикреплены к пространственным элементам при помощи сварки.

Трудоемкость возведения силосного корпуса в Купино на 33 % меньше трудоемкости возведения аналогичного корпуса в скользящей опалубке. К недостаткам следует отнести больший расход стали, чем при строительстве по типовому проекту силосного корпуса в круглыми силосами ϕ 6 м, возводимыми в скользящей опалубке.

В г. Болшеве Московской области (на элеваторе при комбикормовом заводе) был построен сборный силосный корпус с силосами ϕ 2,97 м. Вместимость корпуса 5250 т, в нем 36 силосов, расположенных в шесть рядов. Стены монтировали из колец ϕ 2970 мм, их высота 1340 мм. Сечение сборного кольца двутавровое с толщиной стенки 60 мм и полки 100 мм. Силосный корпус не нашел распространения.

На этом же предприятии было осуществлено опытное строительство силосного корпуса вместимостью 5900 т. Девять силосов ϕ 5860 мм, высотой 28350 мм расположены в три ряда. Стены монтировали из предварительно напряженных железобетонных колец ϕ 5860 мм, высотой 750 мм. Толщина ребер 150 мм, стен 60 мм.

Кольца собирали на строительной площадке на специальном кондукторе с гидравлическими домкратами из восьми сегментных панелей длиной 2150 мм, массой 375 кг. Каждое кольцо при сборке армировали двумя рядами предварительно напряженной арматуры. Смежные кольца соединяли болтами. Вертикальные стыки смежных колец заделывали бетоном.

При строительстве корпуса впервые в нашей стране подсилосный этаж возводили из сборного железобетона. На монолитную фундаментную плиту было установлено 48 колонн сечением 450 x 450 мм, высотой 6500 мм. На каждые две колонны монтировали общую капитель, а на нее — панели сборных днищ.

В процессе строительства силосного корпуса выявились некоторые недостатки: сложность и трудоемкость укрупнительной сборки, ненадежность защиты кольцевой арматуры от коррозии. Между тем технико-экономические показатели этой конструкции — одни из наилучших среди других типов сборных корпусов, а размер силоса оптимален для эксплуатационников (табл. 26).

Опыт проектирования и строительства первых сборных квадратных силосов был впоследствии использован при разработке типовых квадратных силосов с размерами ячейки 3000 x 3000 мм, монтируемых из объемных элементов.

Наряду с силосными корпусами типа СКР-3x3 были разработаны СКР-3 x 3 (с двухсторонними ребрами), СОГ-3 x 3 (с гладкими стенами типа "Купино"), ПНОЭ из предварительно напряженного железобетона.

Схематический план корпуса и основного элемента стен силосов	Шифр проекта или конструкции	Выместимость корпуса, тыс. т	Размеры силосов, мм	Характеристика основного элемента стен силосов
	Экспериментальный на меляксомбляте № 4	34,0	φ 6000 и звездочки	Железобетонные силосы из сборных, предварительно напряженных элементов
	СКСП 6-36	24,3	φ 6000 и звездочки	Железобетонные силосы из сборных элементов полYGONАЛЬНОГО типа

венных элементов размерами в плане 3200 x 3200 мм высотой 1000 мм и толщиной 100 мм — 32 т. Элементы в углах связаны болтами. Горизонтальное соединение силосов по высоте сделано на растворе с установкой металлических штырей ϕ 16 мм. Наружные плоские плиты прикреплены к пространственным элементам при помощи сварки.

Трудоемкость возведения силосного корпуса в Купино на 33 % меньше трудоемкости возведения аналогичного корпуса в скользящей опалубке. К недостаткам следует отнести больший расход стали, чем при строительстве по типовому проекту силосного корпуса в круглыми силосами ϕ 6 м, возводимыми в скользящей опалубке.

В г. Болшеве Московской области (на элеваторе при комбикормовом заводе) был построен сборный силосный корпус с силосами ϕ 2,97 м. Вместимость корпуса 5250 т, в нем 36 силосов, расположенных в шесть рядов. Стены монтировали из колец ϕ 2970 мм, их высота 1340 мм. Сечение сборного кольца двутавровое с толщиной стенки 60 мм и полки 100 мм. Силосный корпус не нашел распространения.

На этом же предприятии было осуществлено опытное строительство силосного корпуса вместимостью 5900 т. Девять силосов ϕ 5860 мм, высотой 28350 мм расположены в три ряда. Стены монтировали из предварительно напряженных железобетонных колец ϕ 5860 мм, высотой 750 мм. Толщина ребер 150 мм, стен 60 мм.

Кольца собирали на строительной площадке на специальном кондукторе с гидравлическими домкратами из восьми сегментных панелей длиной 2150 мм, массой 375 кг. Каждое кольцо при сборке армировали двумя рядами предварительно напряженной арматуры. Смежные кольца соединяли болтами. Вертикальные стыки смежных колец заделывали бетоном.

При строительстве корпуса впервые в нашей стране подсилосный этаж возводили из сборного железобетона. На монолитную фундаментную плиту было установлено 48 колонн сечением 450 x 450 мм, высотой 6500 мм. На каждые две колонны монтировали общую капитель, а на нее — панели сборных днищ.

В процессе строительства силосного корпуса выявились некоторые недостатки: сложность и трудоемкость укрупнительной сборки, ненадежность защиты кольцевой арматуры от коррозии. Между тем технико-экономические показатели этой конструкции — одни из наилучших среди других типов сборных корпусов, а размер силоса оптимален для эксплуатационников (табл. 26).

Опыт проектирования и строительства первых сборных квадратных силосов был впоследствии использован при разработке типовых квадратных силосов с размерами ячейки 3000 x 3000 мм, монтируемых из объемных элементов.

Наряду с силосными корпусами типа СКР-3x3 были разработаны СК2Р-3 x 3 (с двухсторонними ребрами), СОГ-3 x 3 (с гладкими стенами типа "Купино"), ПНОЭ из предварительно напряженного железобетона.

26. Технико-экономические показатели силосных корпусов (на 1 т вместимости)

Силосный корпус	Расход бетона, стали		Трудоёмкость строительства, чел.-дн.	Сметная стоимость строительства, р.
	м ³	кг		
Монолитный с силосами ϕ 6000 мм, возводимыми в скользящей опалубке	0,248	15,0	1,080	19,0
Сборный с квадратными силосами размерами 3200 x 3200 мм (типа "Купино")	0,173	20,2	0,417	24,0
Сборный с силосами ϕ 6000 мм из предварительно напряженных колец (типа "Болшево")	0,174	12,7	0,456	21,0
Сборный из объемных блоков, монтируемых из ребристых плит размером 4000x4000 мм	0,158	14,2	0,370	21,2
Сборный из объемных блоков размером 3000x3000 мм полной заводской готовности:				
СКР-3x3	0,165	13,1	0,309	18,2
СК2Р-3x3	0,160	12,0	0,297	17,5
СОГ-3x3	0,176	14,7	0,329	19,6
ПНОЭ-3x3	0,169	11,0	0,327	18,7
Сборный с силосами ϕ 12000 мм со сварным стыком	0,122	32,0	Нет данных	22,1
Сборный с силосами ϕ 6000 мм (мелькомбинат № 4)	0,186	19,9	0,409	Нет данных
Сборный СКСП 6-36 с силосами ϕ 6000 мм	0,213	12,3	0,176	39,9

* Данные получены по материалам ЦНИИпромзернопроект.

Силосный корпус из сборных, предварительно напряженных элементов, построенный на мелькомбинате № 4 в Москве, является наиболее прогрессивным по сравнению с аналогичными типовыми проектами. Силосы ϕ 6000 мм монтировали из колец высотой 1200 мм, которые, в свою очередь, собирали из четырех сегментных элементов. Сборные криволинейные элементы толщиной 150...180 мм и длиной 4500 мм имели на концах специальные металлические пластины, при помощи которых их соединяли. Силосный корпус предусматривает специальную конструктивную защиту вертикальных и горизонтальных швов.

В 1988 году разработан силосный корпус СКСП 6-36 вместимостью 24,3 тыс. т из сборных железобетонных элементов полигонального типа с диаметром силосов 6000 мм. Силосы монтируют из колец высотой 1180 мм, которые, в свою очередь, собирали из четырех сегментных элементов толщиной 160 мм. Силосный корпус предусматривает спе-

циальную конструктивную защиту вертикальных и горизонтальных швов.

Проекты силосных корпусов с силосами ϕ 12 000 мм и более не находят широкого применения. Слишком большие силосы затрудняют формирование крупных однородных партий зерна, а также изготовление, монтаж конструкций и размещение их на территории предприятия.

Как показывают технико-экономические данные, оптимальные размеры силосов определяются многими факторами: их технологическим назначением, наименьшими затратами материалов и стоимостью, использованием территории, удобствами изготовления, транспортирования, монтажа и др.

Однако сборные железобетонные силосы имеют главный недостаток — пропускают воду на стыках.

Стальные силосы. В последние годы в практике строительства зернохранилищ применяли стальные силосы, получившие распространение в основном за рубежом. Экспериментальное строительство и эксплуатация металлических зернохранилищ показали, что они во многих районах нашей страны обеспечивают сохранность зерна и имеют ряд преимуществ перед железобетонными силосами. Срок строительства металлических зернохранилищ в 6...9 раз меньше, удельный расход металла на 1 т вместимости не превышает удельного расхода в железобетонных силосных корпусах, стоимость 1 т вместимости примерно в два раза ниже. Кроме того, металлические зернохранилища требуют меньшего по численности обслуживающего персонала, а также расходов на их эксплуатацию и ремонт.

Первые экспериментальные металлические зернохранилища вместимостью 1,5 тыс. т были построены в г. Целинограде и г. Алма-Ате.

ЦНИИпромзернопроект разработал два проекта силосов (табл. 27) — один вместимостью 2550 т, другой вместимостью 3000 т. Первый имеет ϕ 18 000 мм, высоту 11 900 мм и возводится методом рулонирования; второй — такого же диаметра, но высотой 15 000 мм и возводится методом навивки.

Для контроля за температурой хранящегося зерна в силосах предусмотрены термоподвески, в днищах устроены каналы с аэрожелобами открытого типа, между ними смонтированы рассекатели.

Опыт строительства и эксплуатации металлических зернохранилищ показывает необходимость проведения следующих мероприятий:

совершенствованию устройств выгрузки зерна из силосов обуславливает необходимость создания металлических силосов с коническим днищем. Создание такого силоса позволило бы выгружать зерно самоотеком, как в железобетонных силосах;

оборудовать силосы устройствами для выравнивания поверхности насыпи с целью обеспечения равномерного прохождения воздуха при вентилировании зерна;

предусмотреть возможность переключения активного вентилирова-

26. Технико-экономические показатели силосных корпусов (на 1 т вместимости)

Силосный корпус	Расход бетона, стали		Трудоемкость строительства, чел.-дн.	Сметная стоимость строительства, р.
	м ³	кг		
Монолитный с силосами ϕ 6000 мм, возводимыми в скользящей опалубке	0,248	15,0	1,080	19,0
Сборный с квадратными силосами размерами 3200 x 3200 мм (типа "Купино")	0,173	20,2	0,417	24,0
Сборный с силосами ϕ 6000 мм из предварительно напряженных колец (типа "Болшево")	0,174	12,7	0,456	21,0
Сборный из объемных блоков, монтируемых из ребристых плит размером 4000x4000 мм	0,158	14,2	0,370	21,2
Сборный из объемных блоков размером 3000x3000 мм полной заводской готовности:				
СКР-3x3	0,165	13,1	0,309	18,2
СК2Р-3x3	0,160	12,0	0,297	17,5
СОГ-3x3	0,176	14,7	0,329	19,6
ПНОЭ-3x3	0,169	11,0	0,327	18,7
Сборный с силосами ϕ 12000 мм со сварным стыком	0,122	32,0	Нет данных	22,1
Сборный с силосами ϕ 6000 мм (мелькомбинат № 4)	0,186	19,9	0,409	Нет данных
Сборный СКСП 6-36 с силосами ϕ 6000 мм	0,213	12,3	0,176	39,9

* Данные получены по материалам ЦНИИпромзернопроект.

Силосный корпус из сборных, предварительно напряженных элементов, построенный на мелькомбинате № 4 в Москве, является наиболее прогрессивным по сравнению с аналогичными типовыми проектами. Силосы ϕ 6000 мм монтировали из колец высотой 1200 мм, которые в свою очередь, собирали из четырех сегментных элементов. Сборные криволинейные элементы толщиной 150...180 мм и длиной 4500 мм на концах специальные металлические пластины, при помощи которых их соединяли. Силосный корпус предусматривает специальную конструктивную защиту вертикальных и горизонтальных швов.

В 1988 году разработан силосный корпус СКСП 6-36 вместимостью 24,3 тыс. т из сборных железобетонных элементов полигонального типа с диаметром силосов 6000 мм. Силосы монтируют из колец высотой 1180 мм, которые, в свою очередь, собирали из четырех сегментных элементов толщиной 160 мм. Силосный корпус предусматривает специальную

конструктивную защиту вертикальных и горизонтальных швов.

Проекты силосных корпусов с силосами ϕ 12 000 мм и более не находят широкого применения. Слишком большие силосы затрудняют формирование крупных однородных партий зерна, а также изготовление, монтаж конструкций и размещение их на территории предприятия.

Как показывают технико-экономические данные, оптимальные размеры силосов определяются многими факторами: их технологическим назначением, наименьшими затратами материалов и стоимостью, использованием территории, удобствами изготовления, транспортирования, монтажа и др.

Однако сборные железобетонные силосы имеют главный недостаток — пропускают воду на стыках.

Стальные силосы. В последние годы в практике строительства зернохранилищ применяли стальные силосы, получившие распространение в основном за рубежом. Экспериментальное строительство и эксплуатация металлических зернохранилищ показали, что они во многих районах нашей страны обеспечивают сохранность зерна и имеют ряд преимуществ перед железобетонными силосами. Срок строительства металлических зернохранилищ в 6...9 раз меньше, удельный расход металла на 1 т вместимости не превышает удельного расхода в железобетонных силосных корпусах, стоимость 1 т вместимости примерно в два раза ниже. Кроме того, металлические зернохранилища требуют меньшего по численности обслуживающего персонала, а также расходов на их эксплуатацию и ремонт.

Первые экспериментальные металлические зернохранилища вместимостью 1,5 тыс. т были построены в г. Целинограде и г. Алма-Ате.

ЦНИИпромзернопроект разработал два проекта силосов (табл. 27) — один вместимостью 2550 т, другой вместимостью 3000 т. Первый имеет ϕ 18 000 мм, высоту 11 900 мм и возводится методом рулонирования; второй — такого же диаметра, но высотой 15 000 мм и возводится методом навивки.

Для контроля за температурой хранящегося зерна в силосах предусмотрены термоподвески, в днищах устроены каналы с аэрожелобами открытого типа, между ними смонтированы рассекатели.

Опыт строительства и эксплуатации металлических зернохранилищ показывает необходимость проведения следующих мероприятий:

совершенствование устройств выгрузки зерна из силосов обуславливает необходимость создания металлических силосов с коническим днищем. Создание такого силоса позволило бы выгружать зерно самоотеком, как в железобетонных силосах;

оборудовать силосы устройствами для выравнивания поверхности насыпи с целью обеспечения равномерного прохождения воздуха при вентилировании зерна;

предусмотреть возможность переключения активного вентилирова-

27. Технико-экономические показатели силосов для хранения зерна (на 1 т вместимости)

Тип проекта	Вместимость, тыс. т	Диаметр силоса, мм	Высота силоса, мм	Расход стали, бетона		Трудоемкость, чел.-дн.	Стоимость, тыс. р.
				т	м ³		

Силосы, возводимые методом рулонирования

Типовой ЦНИИпром-зернопроект	2,55	18000	11900	22,3	114	176	22,1
Разрешенный к применению ЦНИИпром-зернопроект	1,84	15200	11800	27,2	159	210	23,6
Экспериментальный ЦНИИпромзернопроект	2,70	18000	11800	21,0	117	150	20,7
Повторно применяемый ГосНИИсредазпромзернопроект	1,80	15200	11800	32,9	130	220	22,3

Силос, возводимый методом навивки

Типовой ЦНИИпром-зернопроект	3,00	18000	15000	18,8	100	150	18,8
------------------------------	------	-------	-------	------	-----	-----	------

Силосный корпус из сборного железобетона

СКС-3х60 с конструктивной защитой	11,2	3000х х3000	30000	22,7	201	220	32,4
-----------------------------------	------	----------------	-------	------	-----	-----	------

ния с нагнетания на отсос, что позволит предотвратить образование конденсата на внутренней поверхности кровли и стенок силоса при значительной разнице температуры зерна и окружающего воздуха, а также при обнаружении очагов самосогревания;

необходим поиск средств для антикоррозийной защиты стальных силосов.

Перспективным направлением в строительстве навивных силосов является использование алюминиевых сплавов.

§ 5. ПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕВАТОРОВ

Приемные устройства с автомобильного транспорта. Объем погрузочно-разгрузочных работ на хлебоприемных предприятиях исчисляется сотнями миллионов тонн. Из них на работы, связанные с погрузкой и разгрузкой автомобилей и железнодорожных вагонов, приходится более 60 %. Все это предъявляет большие требования к приемным устройствам элеваторов.

Приемка зерна с автомобильного транспорта является основной операцией на хлебоприемных предприятиях в период заготовок зерна.

От правильной организации данной операции зависит, смогут ли предприятия в установленные сроки принять, разместить и обработать все поступающее от колхозов и совхозов зерно различного качества и целевого назначения при минимальных затратах и простоях автомобильного транспорта.

Успешное выполнение приемки зерна с автомобильного транспорта зависит от состава, количества и производительности оборудования устройств, соответствующих характеру поступления автомобильного транспорта: его типу и грузоподъемности, числу и объемам доставляемых партий зерна различных культур и их качества.

Максимальное часовое поступление зерна ($q_{\text{ч}}$) при разработке разгрузочных устройств определяют по формуле

$$q_{\text{ч}} = \frac{0,8 A k_{\text{с}} k_{\text{ч}}}{P_{\text{р}} t},$$

где 0,8 — коэффициент; A — количество зерна, поступающего от хлебодатчиков автомобильным транспортом за весь период заготовок; $k_{\text{с}}$, $k_{\text{ч}}$ — коэффициенты суточной и часовой неравномерности поступления зерна; $P_{\text{р}}$ — продолжительность расчетного периода заготовок; t — расчетное время подвоза зерна.

Современное приемное устройство с автомобильного транспорта, представляющее собой полностью механизированный цех, создано на основе многолетнего опыта проектирования, строительства и эксплуатации. Первые приемные устройства выполняли в виде небольших бункеров, расположенных вдоль элеватора. Они вполне справлялись с погрузочно-разгрузочными работами в тот период, когда зерно от хлебодатчиков принимали небольшими партиями. С течением времени приемное устройство с автомобильного транспорта изменяли в связи с увеличением объема заготовок зерна и сокращением сроков его приемки.

Развитие средств механизации, автоматизации и дистанционного управления в последние годы способствовало совершенствованию приемных устройств, дальнейшему повышению их пропускной способности (рис. 68). С ростом разновидностей и грузоподъемности автомобильного транспорта, поступающего на хлебоприемные предприятия, стали широко внедрять автомобилеразгрузчики различной грузоподъемности.

Внедрение высокопроизводительных и наиболее совершенных автомобилеразгрузчиков позволило хлебоприемным предприятиям резко повысить среднюю грузоподъемность автомобилеразгрузчиков. Если в 1976 г. на хлебоприемных предприятиях страны на долю автомобилеразгрузчиков грузоподъемностью до 7 т приходилось 10 %, то в 1988 г. автомобилеразгрузчики имели грузоподъемности 15, 20, 30 т и более.

С началом серийного выпуска универсальных автомобилеразгрузчиков АВС-50М-1 и У15-УРАГ технически решена проблема выгрузки зерна из всех видов автомобилей и автопоездов. Широкое распространение получил автомобилеразгрузчик У15-УРАГ. Он предназначен для

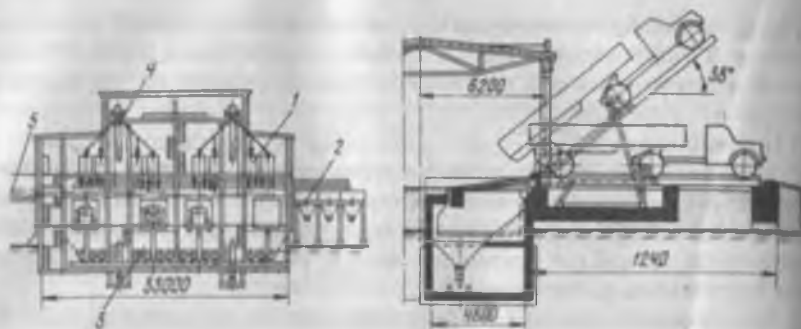


Рис. 68. Приемное устройство для зерна с автомобильного транспорта:

1 — ворохоочистители; 2 — бункера для отходов; 3 — приемные бункера; 4 — норы; 5 — приемные конвейеры

разгрузки зерна через открытый задний борт из одиночных автомобилей и седельных тягачей с полуприцепами и разгрузки через боковой борт одиночных автомобилей и прицепов общей массой до 20 т без расцепки прицепов от автомобилей. К 2000 г. предусматривается замена маломощных автомобилеразгрузчиков на разгрузчики У15-УРАГ и АВС-50М-1.

До последнего времени применяли специализированные приемные устройства, что существенно влияло на оперативную возможность и снижало коэффициент использования приемного оборудования. Например, для автомобилеразгрузчиков он уменьшается до 0,16 при разгрузке зерна главных партий.

Как показывают исследования, оперативная работа приемных устройств зависит от: темпов поступления зерна и типов автомобилей, доставляющих зерно на элеватор; количества разнородных партий зерна и его качества; типов автомобилеразгрузчиков, установленных в приемных устройствах; уровня технической эксплуатации оборудования.

С учетом отмеченных факторов современное приемное устройство должно включать в себя универсальный автомобилеразгрузчик, приемный бункер, работающий по принципу самотека, специализированные на приемке транспортные механизмы (конвейер, норы) и накопительные бункера для формирования поступающих партий зерна.

Наличие накопительных бункеров в приемном устройстве делает его универсальным в технологическом отношении, т. е. позволяет принимать и формировать несколько партий зерна и повышает использование основных норий, другого транспортного и технологического оборудования элеватора.

Накопительные бункера необходимо предусматривать непосредственно при приемном устройстве с автомобильного транспорта. На эл-

наторах, имеющих значительные размеры рабочего здания, можно по примеру элеватора ЛВ4х175 предусмотреть накопительные бункера в здании, тем самым не создавать для них на территории предприятия отдельного сооружения.

Приемные устройства с железнодорожного транспорта. Перевозки зерна на железнодорожном транспорте занимают довольно значительное место в общем объеме перевозок. В настоящее время в стране этим транспортом ежегодно перевозят около 100 млн т зерна. Уровень механизации этих работ составляет 96 %, из них на долю стационарной механизации приходится более 70 %.

При проектировании устройств для погрузки и разгрузки железнодорожных вагонов расчетный объем операции определяют по формуле

$$B = \frac{A k_M k_C}{30 M},$$

где A – годовой объем погрузки (разгрузки) зерна; k_M, k_C – коэффициенты месячной и суточной неравномерности; 30 – среднее число дней в месяце; M – расчетное число месяцев в году, в течение которых производится погрузка (разгрузка) зерна.

Современное приемное устройство с железнодорожного транспорта выполняют в виде отдельного сооружения, расположенного на некотором расстоянии от элеватора. Простейшее приемное устройство (аналогичное приемному устройству с автомобильного транспорта) – бункер, в который зерно выгружают из вагона. Затем зерно передают в основную норию при помощи специального конвейера.

Вагоны можно разгружать при помощи: стационарных или передвижных механических лопат ТМЛ; инерционных вагоноразгрузчиков ЦНИИМПС; пневматических всасывающих установок.

Применение пневматических установок увеличивает расход электроэнергии, но при этом значительно облегчается труд и достигаются нормальные санитарные условия для рабочих. Наиболее распространен способ разгрузки вагонов при помощи стационарной механической лопаты, производительность которой 100...120 т/ч.

Сооружение приемных устройств с железнодорожного транспорта обходится очень дорого, а при высоком уровне грунтовых вод приходится устраивать очень сложную и дорогостоящую гидроизоляцию. Поэтому широкое применение находит приемное устройство с бункерами мелкого заложения. Отличительная особенность этого типа приемного устройства следующая: небольшая глубина заложения бункеров; необходимость одновременной разгрузки вагона и работы приемного конвейера из-за малой вместимости бункера (6...10 т), сравнительно короткое расстояние приемного устройства от рабочего здания элеватора (из-за незначительного заглубления 3 м); стоимость такого устройства значительно ниже, чем при бункерах глубокого заложения.

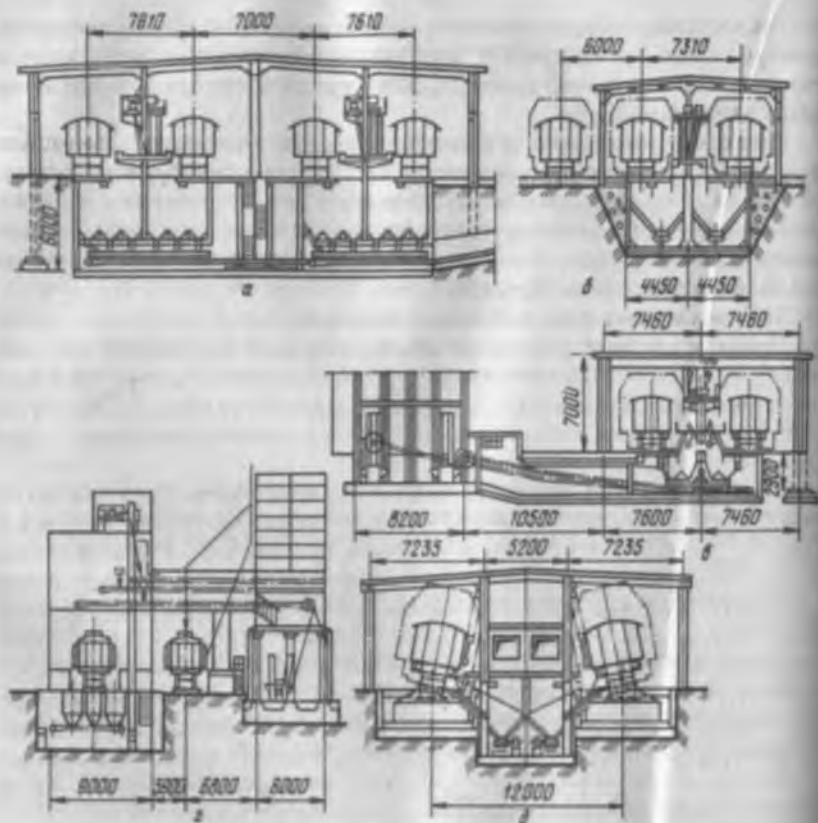


Рис. 69. Приемные устройства для зерна с железнодорожного транспорта:

а – поперечного типа; *б* – продольного типа; *в* – с бункерами мелкого заложения; *г* – с норями; *д* – с установкой для инерционной разгрузки вагонов

Приемное устройство с бункерами мелкого заложения при использовании механических лопат приемлемо для элеваторов с норями производительностью 100 т/ч. Для норий производительностью 175 т/ч эти бункера не обеспечивают их полную загрузку, поэтому необходимо приемное устройство с бункерами полного заложения поперечного и продольного типов (рис. 69).

В приемном устройстве поперечного типа конвейеры расположены перпендикулярно железнодорожным путям, а в продольном – параллельно. Приемное устройство поперечного типа полного профиля дает наиболее короткую линию передачи зерна, требует наименьшего числа электродвигателей и обеспечивает лучшую эксплуатационную работу.

Как недостаток следует отметить, что большое заглубление приемных бункеров (6,5...7,5 м) требует значительных капитальных затрат и сложных гидроизоляционных работ. Длина железнодорожных путей получается значительной.

При продольном типе приемного устройства значительно сокращается длина железнодорожных путей; заглубление бункеров составляет 4,0...5,5 м, что позволяет легко увязывать это устройство с рабочим зданием элеватора, выбирая необходимую глубину заложения фундаментной плиты последнего. Однако в этом случае характерны значительно большая длина передачи зерна, большее число электродвигателей и более сложное обслуживание конвейеров.

Сложность строительных работ и значительные капитальные вложения, связанные с сооружением приемных устройств, обуславливают необходимость технических решений, способствующих повышению уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ при приемке зерна с железнодорожного транспорта.

В настоящее время ведутся работы по дальнейшему совершенствованию существующих и поиску новых типов приемных устройств, а также способов разгрузки железнодорожных вагонов. Одна из причин в том, что для перевозки зерна начали внедрять вагоны-зерновозы (хопперы). Перспективным типом будет вагон с раздвижными крышами и саморазгружающийся вагон-зерновоз. Вагон-зерновоз грузоподъемностью 70...100 т разгружают без рабочих в течение 3...4 мин. Для разгрузки зерновозов на элеваторах предусматривается создание дополнительных и реконструкция существующих приемных устройств.

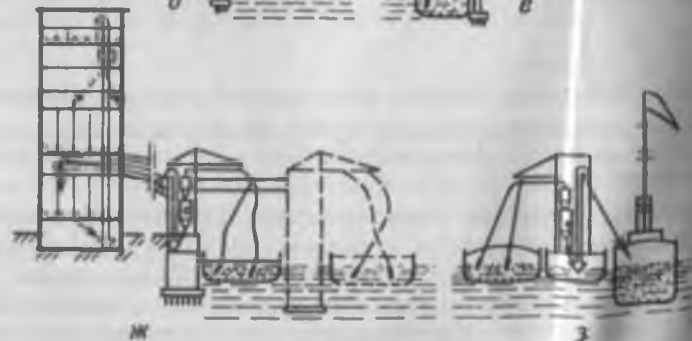
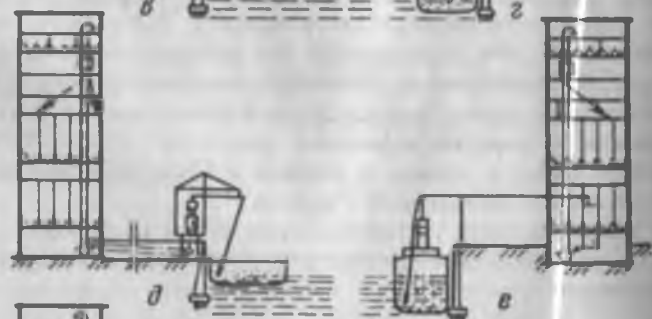
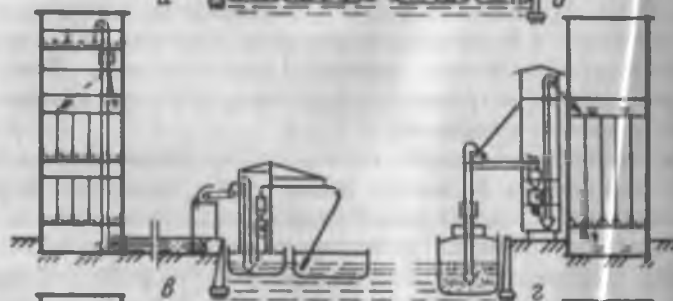
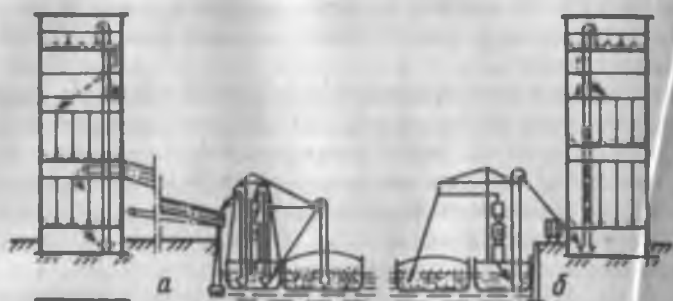
Приемные устройства с водного транспорта. Объем погрузочно-разгрузочных работ с зерном на водном транспорте составляет около 10...12 % от общего объема работ с зерном.

При проектировании устройств для погрузки (разгрузки) морских и речных судов расчетную пропускную способность устройств определяют по формуле

$$C = \frac{Ak_m k_c}{30 M}$$

где A – годовой грузооборот причала; k_m, k_c – коэффициенты месячной и суточной неравномерности; 30 – среднее число дней в месяце; M – число месяцев в году.

Приемные устройства с водного транспорта (барж, судов) в силу ряда специфических условий в каждом отдельном случае сооружают применительно к местным условиям (рис. 70). К ним относят: разнообразие подвижного состава водного транспорта как по водоизмещению, так и по конструкции (расположение люков и число трюмов); непостоянство горизонта воды у причала и рельефа берега; расположение элеватора относительно причала.



И

З

Для выгрузки зерна из барж применяют два способа: механический и пневматический. Механический способ выгрузки зерна осуществляют при помощи грейферных кранов, выгружающих зерно из трюмов. Выгрузку зерна из барж при помощи грейферных кранов применяют на предприятиях с приемной способностью до 100 т/ч. Грейфер портального крана забирает зерно из баржи и подает его в бункер, из него по самоходным трубам в вагон, на конвейер или в зернохранилище.

Пневматический способ приемки зерна осуществляют стационарными, передвижными и плавучими установками. Этот способ — наиболее производительен и требует минимальной затраты рабочей силы, хотя пневматические установки потребляют большее количество электроэнергии, чем отпускные нории или грейферные краны (в 3...5 раз). Принято считать, что при пневматическом способе выгрузки зерна расходуется 2,5...4,0 кВт · ч на 1 т принятого зерна.

Важное достоинство пневматического приема в том, что всю работу проводят в хороших санитарно-гигиенических условиях (отсутствие пыли), а зерно можно забирать из самых удаленных уголков трюма. Поэтому в настоящее время при строительстве элеваторов в речных и морских портах предпочтение отдают пневматическим приемным устройствам.

Процесс выгрузки зерна пневматическим транспортом принято делить на три этапа:

первый — начало разгрузки, когда после погружения сопла в зерновую массу наблюдается самостоятельный приток зерна к всасывающим отверстиям сопла; в этот период пневматическая установка имеет максимальную производительность;

второй — промежуточный, т. е. зерно выгружают около бортов в кормовых и носовых участках трюма с перестановкой сопел с одного места на другое, наращивая при этом гибкие рукава и частично подгребая зерно; производительность установки на этом этапе начинает заметно снижаться.

Рис. 70. Приемные устройства для зерна с водного транспорта:

а — через плавучий норийный перегружатель на стационарный береговой конвейер; б — через плавучий пневматический перегружатель в норию элеватора; в — через плавучий пневматический перегружатель в бункер, расположенный на берегу; г — через морскую башню в силосы элеватора; д — через береговой передвижной перегружатель и конвейер; е — стационарная пневматическая установка для приемки зерна, размещенная в рабочем здании элеватора; ж — стационарная пневматическая установка, размещенная в башне, которая находится на берегу или вынесена к элеватору (показана пунктиром); з — перегрузка зерна из речной баржи в морское судно при помощи пневматического перегружателя

третий — конечный, когда осуществляют зачистку судна от остатков и работу по выгрузке зерна выполняют с применением ручного труда, при этом производительность установки минимальна.

С учетом отмеченных этапов выгрузки зерна из судов и барж различают три производительности пневматической установки: техническую, фактическую и эксплуатационную. Последняя составляет 65...75 % от технической производительности, обусловленной паспортом на данную установку. Эксплуатационная производительность пневматической установки зависит от ряда факторов, и в первую очередь от культуры зерна (пшеница, рожь и др.), конструкции судна (чем больше его вместимость и чем больше глубина трюма, тем больше коэффициент использования установки). Для повышения загрузки оборудования элеватора между разгрузочными устройствами и нориями элеватора предусматривают приемные бункера. При их отсутствии резко снижается коэффициент использования норий элеватора. Взвешивают принимаемое зерно в самой приемной установке, промежуточной башне или на элеваторных весах.

Схемы пневматических установок во многом одинаковы и не зависят от производительности и типоразмеров применяемого оборудования. Стационарные пневматические установки, как и большинство плавучих, оборудованы двумя и более разгрузителями, размещаемыми в отдельных башнях вдоль причала. Из них зерно при помощи конвейера передают в промежуточную башню и далее в элеватор или непосредственно в элеватор, минуя промежуточную башню. Расчетная производительность разгрузителя 25...50...100 т/ч на одну башню, а суммарная — до 300 т/ч (при трех башнях).

Плавучие пневматические перегружатели применяют на многих элеваторах для приемки зерна с водного транспорта, а также для разгрузочных работ на рейде из барж в морские суда и обратно. Плавучие пневматические перегружатели имеют ряд преимуществ перед стационарными: 1) производительность и расход электроэнергии не зависят от уровня воды, так как подъем зерна из разгружаемого судна до делителя постоянен; 2) большая подвижность, так как плавучие пневматические перегружатели можно использовать для обслуживания различных причалов данного порта, кроме того, могут выполнять транзитные операции, как, например, перевалку зерна из речных барж непосредственно в морские суда; 3) при надобности плавучие пневматические перегружатели обслуживают перевалочные операции и другом порту.

Плавучие пневматические перегружатели оборудуют высокопроизводительными машинами и механизмами. Техническая производительность плавучего пневматического перегружателя 175 т/ч (эксплуатационная 120 т/ч), расход электроэнергии 2,28 кВт · ч на 1 т принимаемого зерна.

Наряду со стационарными и плавучими пневматическими установками на элеваторах находят применение береговые передвижные прием-

ные установки, которые монтируют в специальных башнях или на порталах, перемещаемых по рельсам. Выгруженное из судов зерно после разгрузителя при помощи нории, смонтированной на установке, и транспортера передают в элеватор.

В некоторых случаях на речных элеваторах используют также передвижные установки, оборудование которых смонтировано на шасси автомобиля. Производительность таких установок до 50 т/ч. Подобные пневматические установки можно применять также при выгрузке зерна из вагонов, автомобилей, немеханизированных складов и погрузке его на различные транспортные средства.

В настоящее время находят применение более эффективные передвижные пневматические перегружатели ТА-45, ТА-46 производительностью 175 и 120 т/ч.

В. ОТПУСКНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕВАТОРОВ

Зерно из элеватора можно отпускать на автомобильный, железнодорожный и водный транспорт, а также на предприятие. К отпускным устройствам предъявляют те же требования, что и к приемным, т. е. обеспечение выполнения операций в установленные сроки, исключая порчу и потери зерна, полная механизация погрузочных работ, минимальные капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Устройства для отпуска зерна на автомобильный и железнодорожный транспорт. Отгрузка зерна на автомобильный транспорт — сравнительно небольшая по объему операция, исключая те элеваторы, которые отпускают зерно для нужд местных предприятий, а также глубинные хлебоприемные предприятия, отгружающие зерно целиком на автомобильный транспорт. Отпуск зерна на автомобильный транспорт осуществляют насыпью. Как правило, для этой цели у силосного корпуса в верхней части делают отсеки вместимостью примерно 20 т, из которых зерно самотеком по трубам поступает в кузов автомобиля. Взвешивают зерно на автомобильных весах.

Отгрузка зерна на железнодорожный транспорт, так же как и его приемка с автомобильного, — основная операция хлебоприемного элеватора. Зерно на железнодорожный транспорт отпускают и на других элеваторах (базисных, перевалочных, портовых и др.), но эта операция может носить как регулярный, так и случайный характер.

Производительность и качественная эксплуатация оказывают большое влияние на эффективность использования железнодорожного транспорта в целом. Дело в том, что в процессе оборота вагона он находится в составе поезда в движении сравнительно небольшое количество времени. Остальное время приходится на простой в пунктах погрузки и выгрузки зерна, а также на узловых и сортировочных железнодорожных станциях. В связи с этим выбор наиболее производительного способа отгрузки зерна в вагоны в конечном итоге сокращает его оборот,

следовательно, в течение года в одном и том же вагоне можно перевезти большее количество зерна.

На современных элеваторах до последнего времени применяли разнообразные отгрузочные устройства, которые с некоторой степенью условности можно разделить на два типа в зависимости от производительности оборудования: 1) для элеваторов, оборудованных нориями производительностью до 100 т/ч; 2) для элеваторов, оборудованных нориями производительностью свыше 100 т/ч.

В первом случае зерно отгружают при помощи отсеков, устраиваемых в силосном корпусе или в рабочем здании, через самотечные трубы, заканчивающиеся гибкими наконечниками. При незначительной высоте самотечных труб применяют различные установки и приспособления, способствующие повышению производительности подобных отгрузочных устройств и облегчению труда рабочих.

При загрузке вагонов из элеватора, оборудованного нориями производительностью 175 т/ч и более, применяют специальные разбрызгиватели.

Использование железнодорожных вагонов с верхними люками для загрузки зерном привело к реконструкции существующих и созданию новых отгрузочных устройств на элеваторах. На элеваторах основной способ — это загрузка вагонов при помощи отгрузочных труб через верхние люки (рис. 71). Этот способ позволяет быстро заполнить вагоны зерном без участия людей, освободив их от тяжелой работы.

Отпускные устройства на водный транспорт. Различают отгрузку зерна в речные суда и морские. Это объясняется в основном объемами работ, различной грузоподъемностью и конструкцией судов. Речные суда — суда беспалубные, грузоподъемность которых 1000, 2000, 3000 т. Морские суда строят многопалубными, большой грузоподъемности.

При организации отпускных устройств на водный транспорт стремятся сделать так, чтобы мощность этих устройств была как можно больше и не зависела от работы элеватора. Для этого предусматривают специальные промежуточные накопительные бункера: для отпуска зерна в речные суда вместимостью 500...1000 т, а в морские 3000...4000 т.

Конструкции отпускных устройств могут иметь различное исполнение, которое зависит от ряда специфических условий (отдаленность элеватора от причальной линии, рельеф, грузоподъемность судов и т. п.). Основное условие правильного устройства погрузочной установки для отпуска зерна в суда — это создание достаточно протяженного фронта погрузки для равномерной и одновременной подачи зерна во все трюмы. Этого достигают в большинстве случаев путем устройства галерей, параллельных причалам, с несколькими отпускными транспортерами и отпускными трубами.

Зерно и суда подают, в зависимости от производительности и условий погрузки, обычно двумя, тремя и четырьмя параллельно установленными конвейерами. Для погрузки зерна в любой трюм без перед-

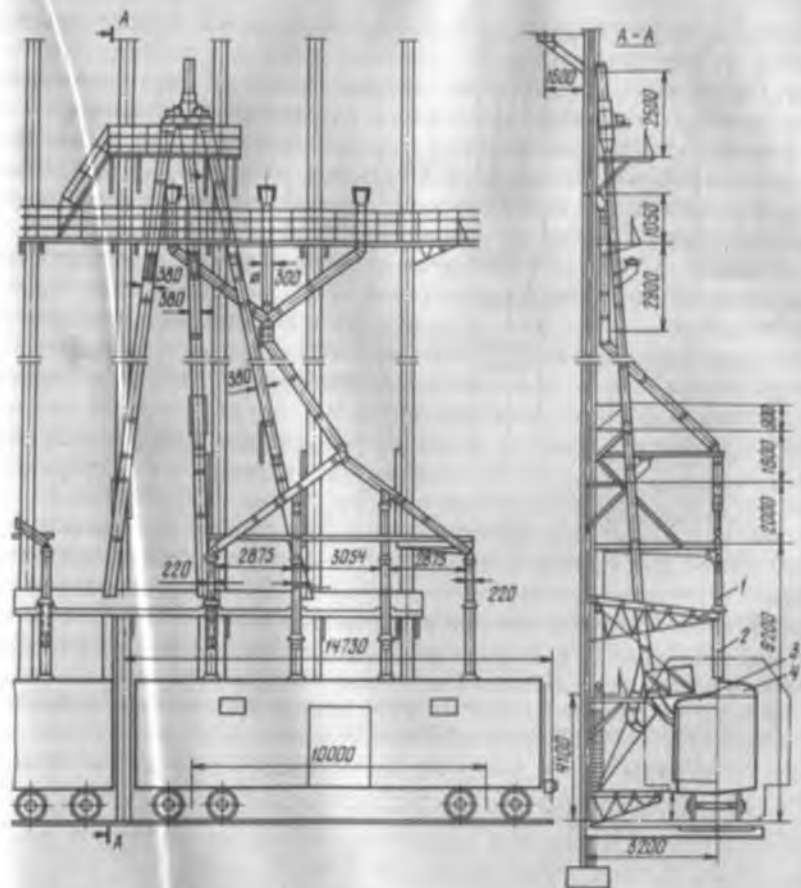


Рис. 71. Устройство для отпуски зерна через люки в крыше вагона:

1 – шарнир неподвижной трубы; 2 – подвижная телескопическая труба; 3 – вагон переоборудованный; 4 – вагон новой конструкции

вижки судна конвейеры оборудуют сбрасывающими тележками, позволяющими подавать зерно в воронки всех отпускных труб вдоль транспортёрной галереи. К отпускным трубам предъявляют много требований: они должны поворачиваться в вертикальной плоскости, изменяться по длине, а также поворачиваться вокруг вертикальной оси. Отпускные трубы в плане размещают так, чтобы их радиус действия перекрывал всю площадь загружаемого судна. Расстояние между соседними отпускными трубами принимают 20...25 м, а высоту – 20...22 м. Управляют отпускными трубами при помощи электрических лебедок.

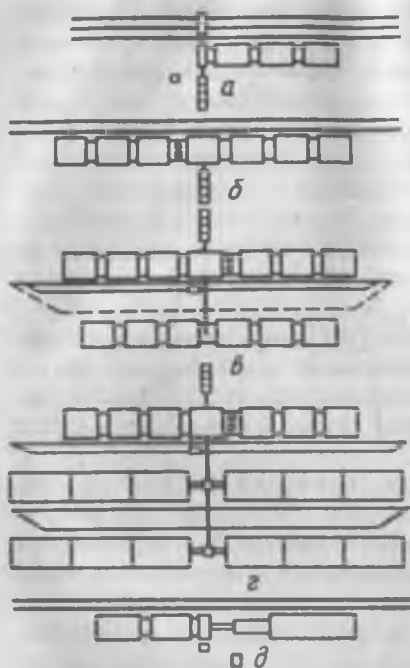


Рис. 73. Схемы компоновки рабочего здания и силосных корпусов:

а — однокрылого элеватора; *б* — двухкрылого элеватора; *в* — элеватора по двухлинейной схеме; *г* — элеватора с двумя линиями складов для зерна; *д* — мукомольный элеватор

схемы достигается подачей зерна с каждого подсилосного конвейера минимум в две норы и на каждый надсилосный конвейер — минимум из двух распределительных устройств.

Наиболее проста схема однокрылого элеватора (рис. 73, *а*). При таком расположении рабочего здания и силосных корпусов требуется наименьшее количество конвейеров. Недостаток ее в том, что при расширении силосного корпуса необходимо устанавливать очень длинные конвейеры

(150 м и более), соответственно увеличивается время передвижения разгрузочных тележек.

Двукрылая схема элеватора (рис. 73, *б*) исключает указанные недостатки и позволяет связать с рабочим зданием значительно больше силосов. Кроме того, в двукрылой схеме лучше используется весь комплекс транспортного и технологического оборудования. К недостаткам двукрылой схемы относятся сложность схемы движения зерна, а также ухудшение естественной освещенности производственных помещений.

При необходимости иметь большую силосную вместимость может быть применена схема, показанная на рисунке 73, *в*, где взаимная компоновка сооружений обеспечивает высокий коэффициент застройки территории. Подобный принцип размещения сооружений по нескольким параллельным линиям используют при взаимной увязке элеватора и складов для зерна (рис. 73, *г*).

У мукомольного элеватора с одной стороны рабочего здания расположены силосные корпуса, а с другой — мукомольный завод со складом готовой продукции (рис. 73, *д*). В этом случае создается удобная прямая транспортная связь элеватора с мукомольным заводом и приемными устройствами.

Портовые и базисно-перевалочные элеваторы komponуют по однокрылой схеме, что обеспечивает необходимую связь рабочего здания с силосными корпусами и приемно-отпускными устройствами. Приемно-отпускные устройства увязывают с рабочим зданием так, чтобы надземные и подземные галереи имели минимальную протяженность и были обеспечены удобные подъезды и подходы. Для автомобильного и железнодорожного транспорта приемные и отпускные устройства располагают с разных сторон элеватора, а для водного транспорта — в зависимости от размещения элеватора относительно водного причала. Приемные устройства с автомобильного и железнодорожного транспорта соединяют с рабочим зданием конвейерами, установленными в подземных галереях. В последнее время на современных элеваторах приемные устройства с автомобильного и железнодорожного транспорта соединяют с рабочим зданием надземными галереями. Железнодорожные пути на предприятиях, связанных с водным транспортом, проходят, как правило, между элеватором и причалом. При этом транспортные галереи обычно располагают выше габарита приближения строений к железнодорожным путям.

Увязка приемно-отпускных устройств может иметь различные исполнения, и в каждом конкретном случае ее решают с учетом местных условий так, чтобы приемно-отпускные устройства обеспечивали выполнение необходимых операций в полном объеме, в установленные сроки, без простоев и требовали минимальных капиталовложений и эксплуатационных затрат.

§ 8. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ

Отходы, получаемые при очистке, в зависимости от содержания в них зерна делят на три категории: первая — зерновые отходы с содержанием зерна от 30 до 50 % (включительно) и от 10 до 30 % (включительно); вторая — зерновые отходы с содержанием зерна от 22 до 10 %; третья — зерновые отходы (сход с приемного сита и проход через подсевное сито), содержащие зерна не более 2 %, соломистые частицы, лузгу, аспирационную пыль, кукурузные обертки. Побочные продукты и отходы, содержащие свыше 10 % зерен пшеницы или ржи или свыше 20 % зерна других культур, относимых по стандарту к основному зерну, подлежат дополнительной обработке для извлечения из них основного зерна.

Смешивать отходы разных категорий не разрешается, так как это может затруднить их обработку или привести к невозможности дальнейшего использования на кормовые цели. Отходы, получаемые при очистке зерна, и пыль удаляют из элеватора, что улучшает санитарно-гигиенический режим, устраняет возможность взрывов и загораний и облегчает борьбу с вредителями хлебных запасов.

Количество отходов, получаемых при очистке зерна, зависит от его чистоты. С учетом кондиций на заготавливаемое зерно (сорная примесь 5 и зерновая 8 %) и распределяемое (соответственно 3 и 5 %) количество отходов составляет примерно 5 % всего грузооборота элеватора. При этом необходимо учитывать, что совершенствование техники и технологии в сельском хозяйстве и значительное улучшение агротехники выращивания урожая в дальнейшем будут способствовать снижению засоренности заготавливаемого зерна и уменьшению получаемых при его очистке отходов.

На мукомольных, базисных, портовых и других элеваторах, на которые поступает более чистое зерно, количество отходов составляет примерно 1 % от массы принятого зерна.

В связи с увеличивающимся из года в год выпуском комбикормов возник вопрос обеспечения их производства зерном и зернопродуктами. Направление на выработку комбикормов пшеницы с пониженными мукомольными и хлебопекарными качествами вполне обоснованное решение. Хлебоприемным предприятиям рекомендовано не только очищать зерно от примесей, но и сортировать его для выделения мелкой фракции, предназначенной для комбикормовых заводов. На элеваторах, СОБ и других технологических линиях с учетом местных условий предстоит значительная работа по изменению существующих схем обработки зерна.

При каждом элеваторе или другом зернохранилище обязательно предусматривают цех (склад) отходов, в задачу которого входят приемка, хранение и отпуск отходов на автомобильный (железнодорожный) транспорт. В настоящее время всю обработку и контроль отходов осуществляют в рабочем здании элеватора. Для обработки и контроля отходов устанавливают контрольные сепараторы и триеры на специальном этаже ниже основных сепараторов, что упрощает технологическую схему обработки и освобождает от дополнительного обслуживающего персонала.

Отходы, получаемые в контрольных сепараторах, самотеком или скребковыми конвейерами направляют в специальные бункера, расположенные в нижней части рабочего здания элеватора, затем пневматической установкой транспортируют в специальный склад отходов (рис. 74), откуда их отпускают потребителям или вывозят для уничтожения. При расчете вместимости бункеров объемную массу отходов следует принимать по данным, приведенным ниже.

Вид отходов	Средняя объемная масса, кг/м ³
Ветровые отходы	
ворохоочистителей	400
сепараторов первой и второй очистки	300

Подсевные отходы сепараторов	700
Сход с сортировочного сита	300
Овсюг	500
Куколь	700
Зерновая смесь	600
Аспирационная пыль и стержни кукурузы	200

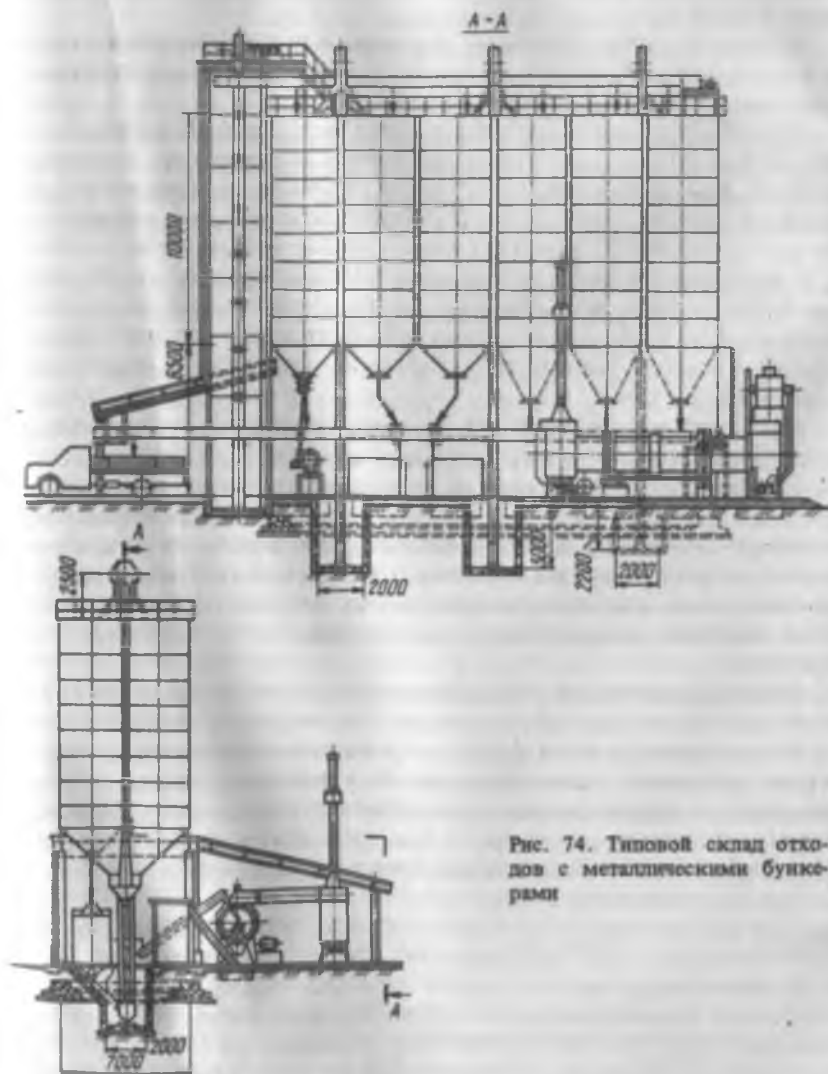


Рис. 74. Типовой склад отходов с металлическими бункерами

Склад отходов представляет собой железобетонное сооружение, возводимое в опалубке. На хлебоприемных предприятиях строят также цех отходов с металлическими бункерами, сепараторами, овсюгоотборочными машинами и зерносушилкой барабанного типа. В этом случае предусматривают обработку и сушку отходов, передаваемых из элеватора и подвозимых автомобилями от СОБ и других башен. На некоторых хлебоприемных элеваторах в рабочем здании для отходов предусмотрены специальное отделение с бункерами необходимой вместимости, а также дробилки для измельчения отходов.

На элеваторе ЛС-4х175 аспирационные отходы, проход подсевок сит и сход с сортировочных направляют самотеком отдельно в специальные бункера, затем поочередно на цепной конвейер, а с него, в зависимости от содержания зерна, в сдвоенную норрию производительностью 20 т/ч. Одна ее половина транспортирует отходы, подлежащие обработке в двух сепараторах ЗСМ-10, в специальные бункера рабочего здания, а вторая — отходы III категории в бункера, установленные около элеватора.

Отходы, обработанные в сепараторах ЗСМ-10, распределяют следующим образом: сход с подсевок сит, зерно или побочные продукты направляют в специальный бункер рабочего здания и далее нориями в силосы; проход подсевок сит подают в сдвоенную норрию производительностью 10 т/ч, которая в зависимости от содержания зерна в отходах подает их в бункер для отходов или на повторную обработку. На крупных мелькомбинатах сооружают специальные цехи, в которых предусматривают приемку отходов с мукомольного завода и элеватора, хранение, дробление отходов и отпуск на автомобильный транспорт.

Запас вместимости цеха отходов рассчитан на 4...5 сут (за исключением отходов III категории — на 1 сут). Цехи и склады отходов на предприятиях размещают с учетом свободного подъезда к ним автомобилей, на которые в основном отгружают отходы.

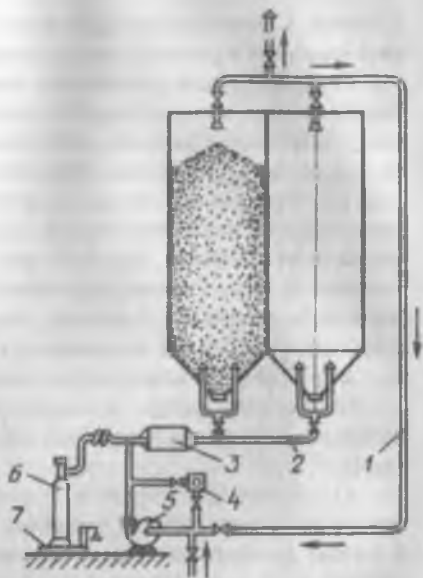
§ 9. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕВАТОРОВ

В технологическом процессе на современных элеваторах наряду с транспортным и технологическим оборудованием находят широкое применение многочисленные специальные устройства (установки), которые позволяют обеспечить более правильную оценку состояния зерна, сохранность его качества, а также улучшить работу основного оборудования, повысить его производительность. К ним относят устройства для газации зерна и его вентилирования, для устранения самосортирования зерна, для дистанционного измерения температуры и др.

Устройства для газации зерна в силосах. Согласно нормам технологического проектирования в элеваторах, которые принимают зерно, зараженное вредителями, следует предусматривать не менее двух силосов, герметизированных и оборудованных устройством для газации

Рис. 75. Схема стационарной установки для газации зерна в силосах:

1, 2 – газопроводы; 3 – смешительная камера; 4 – газоанализатор; 5 – вентилятор; 6 – баллон с газом; 7 – весы



зерна и приборами для измерения и регулирования концентрации газа.

Для газации зерна в силосах применяют специальные установки, работающие по принципу рециркуляции на газовоздушной смеси. Стационарная установка (рис. 75) состоит из лечебных силосов, баллона с газом, смешительной камеры, вентилятора, газопроводов и прибора для измерения концентрации газовой смеси. При необходимости обеззараживания мелких партий зерна, продукции и мягкой тары может быть предусмотрена газовая камера. Газопровод всасывающим и выхлопным патрубками соединен с атмосферой.

Газацию зерна в рециркуляционных установках проводят по следующей схеме. Вентилятором 5 в смешительную камеру подают воздух и газ из баллона 6. Полученную в камере газовоздушную смесь нагнетают через газораспределительные трубы в силос, где она замещает воздух межзернового пространства. Пройдя через зерновую массу, газовоздушная смесь поступает через вентиль в газопровод 1 и возвращается к вентилятору. Таким образом, вся система работает по замкнутому циклу. Количество поданного в силосы газа определяют при помощи весов 7, а концентрацию газовой смеси в силосах – газоанализатором 4. Дегазацию зерна осуществляют продуванием через силос атмосферного воздуха и выводом его наружу.

Для эффективного применения химических средств борьбы с вредителями зерна в лечебных силосах элеватора предусматривают надежную герметизацию всей рециркуляционной системы. Герметизация газопроводов не представляет трудности, а обеспечить герметичность самих стен силосов – сложная проблема. В настоящее время для герметизации стен силосов их внутри покрывают эпоксидной смолой. Кроме необходимой герметизации стен силосов тщательно герметизируют загрузки и выпускные люки. Это достигается применением специальных

крышек с резиновыми прокладками на загрузочных люках и подвижных заслонок с резиновыми прокладками в выпускных люках.

Устройства для устранения самосортирования зерна. Процесс самосортирования характеризуется разделением зерновой массы по размерам, аэродинамическим свойствам, абсолютной и удельной массам составляющих ее частиц. При этом оказывают влияние также коэффициенты трения и влажность. В результате самосортирования нарушается однородность зерновой массы, образуются участки с повышенным содержанием примесей, где часто развивается самосогревание, ухудшается аэрация и т. д. Самосортирование может происходить при перевозках зерна в автомобилях и вагонах, перемещении транспортными машинами и движении по ситам зерноочистительных машин, трубам и т. д., а также при загрузке и опорожнении силосов, бункеров.

Самосортирование, происходящее при заполнении силосов, увеличивается при выпуске зерна из силосов. Здесь возможны два вида истечения:

1) частичным столбом с образованием воронки на поверхности зерна; из силоса сначала вытекает зерновой столб из центральной части, а потом в образовавшуюся воронку постепенно стекает зерно с периферии; этот вид истечения наиболее типичный и способствует самосортированию зерна; однако положительно то, что давление не увеличивается, так как около стен зерно находится в покое, усилия распора от движущейся в центре силоса узкой струи зерна воспринимаются неподвижным слоем зерновой массы;

2) всем столбом, что наблюдается при гладких стенах силосов, а также при больших размерах выпускного отверстия по отношению к площади днища; зерно в таких силосах не самосортируется, но величина давления зерна на стены резко возрастает, что нежелательно.

Для устранения динамического давления на стены возможны следующие решения: ребра, выступающие внутрь силоса, решетчатые трубы, устанавливаемые над выпускным отверстием, объединение круглых силосов с выпуском зерна через звездочку (рис. 76). Устройство в силосах решетчатых труб и перепускных отверстий в стенах кроме устранения динамического давления на стены способствует уменьшению самосортирования зерна. Последнее можно также устранить при загрузке силосов, сделав качающийся разбрызгиватель или вращающийся конус с желобом. Они заставляют зерновую струю равномерно перемещаться по площади поперечного сечения силоса.

Устройства для дистанционного измерения температуры. В производственных условиях необходимо периодически измерять температуру зерна в процессе его сушки, и особенно при хранении в складах и силосах элеватора. Повышение температуры свидетельствует об активизации биохимических процессов и необходимости проведения различных технологических операций для обеспечения его качественной сохранности.

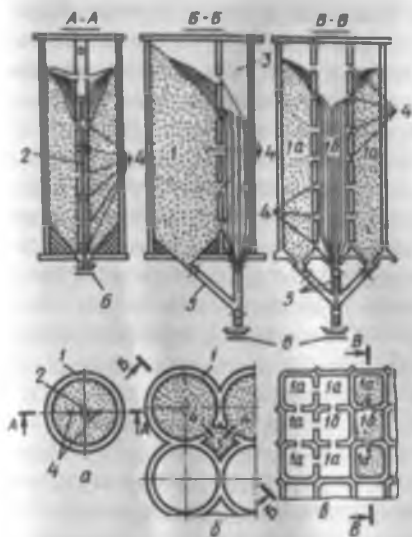


Рис. 76. Выпуск зерна из силосов:
a — через разгрузочную трубу; *б* — через звездочку; *1* — силос (*1a* — пассивный, *1б* — активный); *2* — разгрузочная труба; *3* — звездочка; *4* — отверстия в стенах; *5* — само-течные трубы; *б* — конвейеры



Рис. 77. Термоподвеска:
1 — головка; *2* — промежуточный термометр; *3* — гибкий трос; *4* — концевой термометр

Для измерения температуры зерна в насыпи относительно небольшой высоты (4...5 м) обычно используют термоштанги. При их погружении на такую глубину требуются большие усилия и значительные потери времени. При большой высоте насыпи зерна в складах с наклонными полами и силосах элеватора термоштанги позволяют измерять температуру только верхних слоев, тогда как температуру зерна, находящегося в средней и нижней частях, измерить нельзя.

В этих случаях используют специальные системы, основанные на дистанционном измерении температуры зерна электрическим методом. Системы состоят из датчиков температуры, вторичных приборов, схем управления и элементов связи. В качестве датчиков температуры применяют низкоомные терморезисторы (термометры сопротивления), а вторичных приборов — логометры или уравновешенные мосты. Терморезисторы встраивают в специальный кабель — трос (термоподвеску), который подвешивают в силосе (рис. 77).

Для контроля температуры зерна в силосах элеватора применяют системы дистанционного контроля ДКТЭ-4, ДКТЭ-4М, ДКТЭ-4МГ и системы дистанционного автоматического контроля типа МАРС-1500. Система ДКТЭ-4 предусматривает контроль температуры зерна с центрального пульта. При нажатии необходимой кнопки включается соответствующая термоподвеска и приборы (логометры) показывают температуру по всем установленным датчикам. Для ее проверки на другой термоподвеске нажимают соответствующую кнопку и т. д. Автоблокировка исключает возможность одновременного присоединения к приборам более одной термоподвески.

Система ДКТЭ-4М позволяет контролировать значительно большее количество термоподвесок. В ней дополнительно установлены переключатели силосных корпусов и номеров релейных шкафов, в которых собраны в группы кабели, идущие от термоподвесок. При использовании системы ДКТЭ-4М переключателями включают необходимую термоподвеску и затем кнопками подключают логометры к соответствующим терморезисторам. На сигнальном табло по загоревшейся лампочке устанавливают номер выбранного шкафа и термоподвески.

Система ДКТЭ-4МГ более совершенна, чем система ДКТЭ-4М. Она отличается конструкцией пульта управления, релейного шкафа, схемой измерения и типом реле, применяемых в цепях управления и измерения. Эта система может обслуживать до 12 силосных корпусов. Оптимальный режим, при котором обеспечивается вероятность безотказной работы, — шесть силосных корпусов.

Рассмотренным системам дистанционного контроля температуры зерна в силосах элеватора присущ один общий недостаток — все измерения проводит оператор, который затрачивает много времени для измерений и записи их в журнал.

Система ДАКТ (дистанционный автоматический контроль температуры) обеспечивает автоматическое подключение датчиков к вторич-

ным приборам и регистрацию температуры. Эта система не требует постоянного присутствия оператора; температура измеряется автоматически во всех точках с записью на бумажной ленте. Если в какой-либо точке температура превышает нормальную, то автоматически записываются эти показания и посылается аварийный сигнал.

Широкое распространение получила система ДАКТ с машиной МАРС-1500, обеспечивающая контроль температуры зерна от -30 до $+50$ °С. Она может работать в автоматическом режиме обегания датчиков или в режиме вызова датчиков одной термоподвески. Система может включаться в работу автоматически от контакта часов, установленных на пульте, или оператором.

Кроме того, выпускают машину М-5. Применение новой элементной базы (микросхем) изменило конструкцию пульта, а также принципиальные электрические схемы. В М-5 в качестве программирующего устройства, обеспечивающего работу системы, применен синхронизатор вместо механического коммутатора, как в МАРС-1500.

В складах для зерна термометрические установки не нашли широкого применения из-за конструктивных недостатков термоподвесок, особенно их крепления.

Для дистанционного измерения температуры зерна, хранящегося в складах и на площадках (бунтах), применяют зерновые электротермометры ЭТЗ-58 и измерительные комплекты ДКТТ-1. Комплект состоит из электрического термощупа ТМЩ-П и переносного измерительного прибора ПИП-2Щ. Диапазон измерения температуры 0...50 °С.

Широкое распространение находят индикаторы температуры ИТЭ-1. Индикатор состоит из блока индикации, термоштанги и кабеля. Порядок индикации температуры зерна включает следующие операции:

погружение термоштанги в насыпь зерна;

установление допустимой температуры зерна для соответствующей точки контроля;

определение фактической температуры зерна (если светится левый светодиод — температура зерна меньше показания на шкале индикатора, если правый — температура зерна больше показания на шкале; оба светятся — температура зерна соответствует показанию индикатора).

10. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОПЕРАЦИЯМИ

Системы управления работой элеватора. Современный элеватор представляет собой комплекс высокомеханизированных технологических линий, на котором все работы, связанные с приемкой, улучшением качества зерна, его хранением и опуском, полностью механизированы. За обслуживающим персоналом остаются функции настройки производственного процесса, управления, контроля за хранящимся зерном и др.

ции. На диспетчерском столе устанавливают телефоны, микрофоны, громкоговорители, поисковые и вызывные кнопки, ключи управления, а на щите сигнализации — измерительные приборы, визуальные и световые сигнальные указатели мнемонических схем производственных процессов.

Системы ДАУ элеваторов, как правило, оборудуют пультами единой конструкции, включающей диспетчерский стол и щит сигнализации. На вертикальной панели щита изображена мнемоническая схема с символами (и смонтированными в них сигнальными лампами) машин и механизмов, установленных в элеваторе. Положение клапанов, задвижек, работа электродвигателей и заполнение бункеров фиксируют загоранием сигнальных ламп.

Цвета стеклянных колпачков сигнальных ламп соответствуют: зеленый — положению задвижек, клапанов, сбрасывающих тележек и поворотных труб; молочный — работе электродвигателей машин; красный — верхнему уровню зерна в бункерах, а также сигналу аварии; желтый — среднему и нижнему уровням зерна в бункерах, предупреждение.

В верхней части щита расположены амперметры, включенные в сеть электродвигателей норий и показывающие степень их загрузки, а следовательно, и загрузки технологических линий, в которых работают нории. В боковых частях панели сделаны символы силосов с смонтированными в них лампами, сигнализирующими об открытии подсилосных задвижек (слева) и о положении передвижных надсилосных тележек (справа). На наклонной панели диспетчерского стола расположены кнопки управления электродвигателями машин и механизмов элеватора и кнопки включения предупредительной сигнализации о дистанционном пуске машин и механизмов. Пульт управления в комплексе с релейной логической частью обеспечивает связанную систему управления всеми процессами элеватора.

Технико-экономическая эффективность. Для определения экономической эффективности различных систем дистанционного управления необходимо сопоставить материальные затраты с преимуществами и экономией, которые дает автоматизация производственных процессов на элеваторе.

Система автоматизированного управления современных элеваторов обеспечивает: 1) улучшение условий труда и сокращение обслуживающего персонала, в частности таких специальностей, как мотористы головок норий; 2) снижение расхода электроэнергии; 3) сокращение затрат на ремонт оборудования; 4) улучшение оперативных возможностей, выражающихся в ускоренной обработке транспортных средств (разгрузка автомобильного транспорта и вагонов, погрузка вагонов), повышение эффективности использования основного оборудования элеватора; 5) уменьшение возможности смешивания зерна различных партий, так как круг работников, по вине которых может произойти

такая ошибка, ограничивается квалифицированными специалистами лаборатории и диспетчерами-операторами; 6) улучшение работы по созданию помольных партий на мукомольных элеваторах; 7) создание возможностей для лучшей организации работ, повышение производительности труда и увеличение грузооборота элеватора.

Для определения экономической эффективности автоматизации сначала находят размер дополнительных капиталовложений, необходимых для внедрения автоматизации, а затем рассчитывают экономию от снижения себестоимости вырабатываемой продукции на промышленных предприятиях или издержек обращения.

Экономия от снижения себестоимости \mathcal{E}_c вырабатываемой продукции определяют по формуле

$$\mathcal{E}_c = C_1 - C_2 = (C'_1 - C'_2) B,$$

где C_1 — себестоимость продукции до внедрения автоматизации; C_2 — то же, но после внедрения; C'_1 — себестоимость единицы продукции до внедрения автоматизации; C'_2 — то же, но после внедрения; B — годовой объем выпуска продукции.

Экономия от снижения издержек обращения $\mathcal{E}_н$ вычисляют по формуле

$$\mathcal{E}_н = (I_1 - I_2) K,$$

где I_1 — затраты на 1 т общего комплексного грузооборота до внедрения автоматизации; I_2 — то же, но после внедрения; K — объем общего комплексного грузооборота за год.

После этого находят срок окупаемости капитальных вложений $T_{ок}$ и соответствующий коэффициент экономической эффективности E по формулам

$$T_{ок} = K_d / \mathcal{E} \text{ и } E = \mathcal{E} / K_d = 1 / T_{ок},$$

где K_d — дополнительные капиталовложения и затраты на внедрение автоматизации; \mathcal{E} — экономия.

Срок окупаемости капиталовложений и коэффициент экономической эффективности сравнивают с нормативными показателями. Если они соответствуют или лучше нормативных, автоматизацию рекомендуют к внедрению.

Дальнейшее совершенствование диспетчеризации управления элеваторными операциями включает внедрение прогрессивных технических средств, использование микроэлектроники и за счет этого упрощение технологических схем, обеспечивающих наивысшую производительность, наименьшие затраты и полную сохранность зерна.

В технологическом процессе на элеваторе все машины и механизмы объединены в так называемые маршруты. Их создают из групп машин, механизмов и приборов, обеспечивающих перемещение зерна из одного силоса в другой, а также аспирационного оборудования, служащего для обеспыливания транспортных машин и силосов. Началом маршрута обычно считают задвижку под опорожняемым силосом, окончанием — верхний датчик заполняемого силоса.

В отличие от других предприятий (мукомольных заводов, хлебо-заводов) на элеваторе наблюдается большая смена технологических и транспортных операций. Даже в пределах одной операции часто приходится перестраивать схему движения зерна (например, при приемке зерна с автомобильного транспорта). При этом должна быть обеспечена сохранность качества и устранена возможность смешивания зерна.

Максимальное использование производственной мощности технологических линий и оперативной возможности элеватора во многом зависит от времени, затрачиваемого на перестройку маршрута, устойчивой работы машин и автоматического включения их при аварии или неправильной настройке маршрута. Все это дает основание считать централизацию оперативного управления и контроля производственным процессом как необходимое средство, обеспечивающее нормальную работу элеватора.

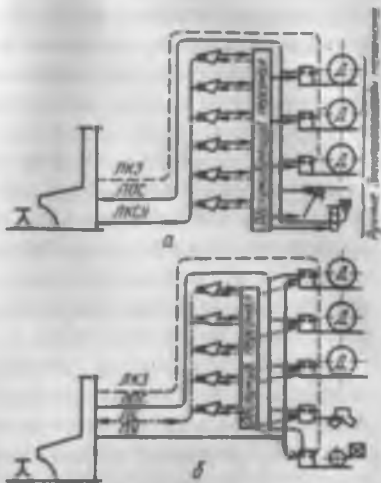
На современных элеваторах эти вопросы решают путем широкого внедрения средств автоматизации и организации диспетчерского управления всеми операциями с частичной или полной автоматизацией отдельных процессов. Между диспетчером и рабочими элеватора предусматривают надежно работающую связь — телефонную или селекторную с громкоговорителями. В зависимости от вида связи, участия диспетчера и обслуживающего персонала в работе элеватора диспетчерское управление выполняют по различным схемам. С переводом всего оборудования на индивидуальный привод начали осуществлять переход сначала к дистанционному, затем к диспетчерскому и, наконец, к дистанционному автоматизированному управлению работой элеватора.

При дистанционном управлении (рис. 78,а) электродвигатели пускают при помощи магнитных пускателей, кнопки которых находятся на небольшом расстоянии. Диспетчер в этом случае руководит работой, ведет учет производственных операций по перемещению зерна, следит за загрузкой основных машин. Дистанционное оперативное руководство осуществляют при помощи телефонной или двухсторонней громкоговорящей связи. Автоблокировка транспортных машин отсутствует, т. е. в случае аварийной остановки одной из машин в маршруте остальные продолжают работать, что может привести к завалу.

С развитием средств автоматизации на элеваторах стали монтировать системы диспетчерского управления (ДУ), которые предусматривали (кроме телефонной и двухсторонней громкоговорящей связи) дистанционный пуск транспортных и аспирационных машин (кроме

Рис. 78. Схема управления работой элеватора:

а — дистанционная; *б* — дистанционно-автоматизированная; ЛКСУ — линия командной связи управления; ЛОС — линия ответа сигнализации; ЛКЗ — линия контроля загрузки; ЛУ — линия управления; ЛС — линия связи



сепараторов и вентиляторов зерносушилки) с одного центрального пульта; дистанционный контроль за работой машин и положением перекидных клапанов, задвижек, поворотных труб, сбрасывающих тележек при помощи сигнальных ламп, установленных на пульте; дистанционный контроль за заполнением оперативных бункеров в рабочем здании элеватора; автоблокировку электродвигателей транспортных машин.

При ДУ сокращается численность обслуживающего персонала, повышается оперативная возможность оборудования. Обслуживающий персонал необходим только на рабочих местах, где остаются механизмы с ручным приводом, перепускные клапаны, задвижки, сбрасывающие тележки, поворотные трубы.

Система диспетчерского автоматизированного управления (рис. 78,б) кроме элементов диспетчерского управления предусматривает централизованное управление не только электродвигателями транспортных машин и аспирации, но и механизмами настройки схемы движения зерна (задвижки, перекидные клапаны, сбрасывающие тележки, поворотные трубы), а также развернутую схему противоаварийной (противозавальной) автоблокировки.

Машинами и механизмами элеватора диспетчер управляет с пульта, расположенного в отдельном помещении. Пульт управления представляет собой устройство, с помощью которого диспетчер средствами автоматики и связи осуществляет автоматизированное управление производственными процессами и получает необходимую информацию о его ходе. Пульты управления бывают местными, они находятся непосредственно около обслуживаемого объекта, и дистанционными, с которых воздействуют на обслуживаемые объекты с большого расстояния, используя элементы автоматики.

В большинстве случаев всю аппаратуру пульта управления, где сосредоточены связь, сигнализация, контроль и управление, размещают на диспетчерском столе и контрольном вертикальном щите сигнализа-

1. Требования, предъявляемые к схеме движения зерна на элеваторе. 2. Какие варианты размещения технологического и транспортного оборудования Вы знаете? 3. Типы силосных корпусов и их характеристика. 4. Современные приемно-отпускные устройства и их характеристика.

Глава XVI

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕВАТОРОВ

§ 1. ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ

Основная задача заготовительных элеваторов: приемка зерна от хлебодатчиков с одновременной его классификацией, обработка для улучшения качества, составление крупных партий зерна из отдельных мелких, размещение, хранение и отгрузка зерна по назначению. Характерная особенность этих зернохранилищ — наличие развитого приемно-отпускного фронта. Поступление зерна ограничивается очень короткими сроками (15...30 дней), что увеличивает вместимость зернохранилищ. Для заготовительного элеватора средней полосы ориентировочное распределение годового объема работ норий приведено ниже.

Приведенные величины для каждого конкретного случая могут иметь определенные отклонения; их уточняют на основе технико-экономических обоснований.

Наименование операций	Объем А
Приемка зерна	1,0
Транспортирование зерна, прошедшего поточную очистку в сепараторах	1,0
Повторная очистка 60 % принятого зерна, включающая подачу в сепараторы и уборку после них, т. е. очистку, проводимую в процессе хранения после сушки при составлении помольных партий (2 · 0,6)	1,2
Подачу на сушку и уборку после сушки 60 % принятого зерна	1,2
Перемещение зерна (проветривание, охлаждение и т. д.)	0,3
Отпуск зерна	1,0
Итого	5,7 А

С учетом коэффициента оборота для заготовительных элеваторов (1,1...1,5) общий объем работ норий составит $5,7 А \times 1,5 = 8,55 А$.

Параметры работы заготовительного элеватора. Грузооборот определяется экономическим обоснованием, т. е. выявляют районы тяготения к элеватору, посевные площади и перспективы их роста, наличие высева

мости зернохранилищ в данном районе и другие экономические показатели.

Вместимость вычисляют из расчета: общего количества зерна в зачетной массе, поступающего за весь период заготовок; переходящего остатка на начало заготовок; отгрузки в течение месяца за период заготовок 10 % годового поступления зерна; коэффициента на размещение различных культур и разнокачественных партий этих культур.

Приемную способность определяют по графику поступления зерна. Расчетный период наиболее интенсивного поступления и приемки зерна зависит от сроков уборки и климатических условий. Объем приемки зерна с автомобильного транспорта в максимально напряженные сутки находят по формуле

$$q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = \frac{K_1 A K_c}{T},$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий количество зерна, поступающего в основной период заготовок; A — количество зерна, поступающего на хлебоприемный элеватор; K_c — коэффициент суточной неравномерности поступления зерна, $K_c = 1,3 \div 1,6$; T — период заготовок, $T = 15 \dots 30$ дней.

Отпускную способность определяют следующим образом:

$$q_{\text{сут}}^{\text{отп}} = \frac{B K_c}{30},$$

где B — объем отгрузки зерна за месяц; K_c — коэффициент суточной неравномерности отгрузки зерна, $K_c = 2,0$.

Часовую отгрузочную способность элеватора находят так же, как и приемную, но чаще всего из условия загрузки маршрута, регламентированного договором с железной дорогой. При отпуске зерна на водный транспорт суточную производительность корректируют с учетом судосуточных норм в зависимости от грузоподъемности судна.

Объем очистки определяют в зависимости от качества зерна. В настоящее время все зерно, поступающее на заготовительный элеватор, подвергают очистке, т. е. $q_{\text{сут}}^{\text{оч}} = q_{\text{сут}}^{\text{пр}}$ (раньше норма была $q_{\text{сут}}^{\text{оч}} = 0,5 q_{\text{сут}}^{\text{пр}}$).

Объем сушки определяют в зависимости от количества сырого и влажного зерна, поступающего на элеватор. Общая производительность зерносушилок должна обеспечивать сушку всего сырого и влажного зерна до кондиционного состояния в течение расчетного периода сушки (не менее 30 дней).

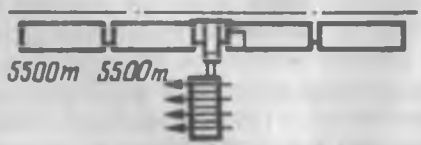

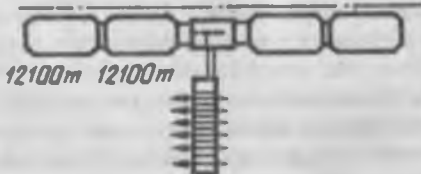
Типы элеваторов. Заготовительные элеваторы являются наиболее представительными в элеваторной промышленности, на их долю приходится около 70 % вместимости всех элеваторов. С развитием сельского хозяйства и изменением характера заготовок зерна наблюдается

тенденция к увеличению вместимости элеваторов, мощности их оборудования; постоянно совершенствуется технологическая схема приемки, обработки, размещения и отгрузки зерна (табл. 28).

Элеватор Л-2х100 получил широкое распространение в различных регионах страны. В элеваторе был сохранен корпус с квадратными силосами размером 3200 x 3200 мм (по типу элеватора ДЛ-5500). Силосный корпус — железобетонный, трехрядный, высота 25 000 мм, стены опираются непосредственно на фундаментную плиту. Вместимость одного силоса 150...170 т, что позволяет при необходимости размещать в элеваторе большое количество различных партий зерна.

По компоновочной схеме элеватор Л-2х100 значительно отличается от прежних типов заготовительных элеваторов. За основу была принята двукрылая схема с рабочим зданием в центре и силосными корпусами по обеим сторонам. Она позволила увеличить в два раза отпускную способность элеватора.

28. Типовые проекты заготовительных элеваторов и их технико-экономические показатели

Тип элеватора	Схема элеватора	Вместимость, тыс. т	Обору-
			Число и производительность норрий, т/ч
Л-2х100		11,0...22,0	2х100
Л-2х100 для сейсмических районов		11,0...22,0	2х100
Л-3х100		25...50	3х100

Особенность строительных конструкций элеватора Л-2х100 в том, что скользящую опалубку собирали прямо на фундаментной плите. Несущие колонны образовывали в местах пересечения стен с учетом вутов и прилегающих к ним коротких участков стен.

Элеватор оборудован двумя норриями И-100, семью ленточными конвейерами (два надсилосных производительностью по 175 т/ч, два подсилосных, два для приемки зерна с автомобильного транспорта и один с железнодорожного). Производительность нижних конвейеров 100 т/ч.

Зерно взвешивают в двух ковшовых весах грузоподъемностью 10 т. Для очистки установлено два сепаратора и дисковый триер, а для контроля отходов, получаемых при очистке, предусмотрен сепаратор. Зерно сушат в сушилке ЗСЗ-8, которую встраивают в один из силосных корпусов на месте четырех силосов, расположенных около рабочего здания. Незанятая часть силосов над и под зерносушилкой

казатели

Производство	Число и марка сушилки	Возможная суточная работа, т				Примечание
		Приемка	Очистка	Сушка	Отпуск	
Число и производительность сепаратора, т/ч						
2х40	ЗСЗ-8	1500	580	176	1160	Элеватор предназначен для хлебоприемного предприятия с грузооборотом до 40 тыс. т
2х40	ЗСЗ-8	1500	580	176	1160	То же, что для элеватора Л-2х100
1х100	ДСП-24	2500	750	528	1160	Элеватор предназначен для хлебоприемных предприятий с грузооборотом до 70 тыс. т

Тип элеватора	Схема элеватора	Вместимость, тыс. т	Обору-
			Число и производительность норий, т/ч
Л-4х175		50...100,0	4х175
Л-3х175		25,0...500,0	3х175
ЛВ-4х175		82,4	4х175 + + 3х100
ЛМ-4х100		12,0...24,0	4х100
Полноборный элеватор "Спичка"		32,2	6х175

Дование		Возможная суточная работа, т				Примечание
Число и производительность сепаратора, т ф/ч	Число и марка сушилки	Прив-ка	Очист-ка	Сушка	Отпуск	
4x100	3xДСП-32	5000	2500	2100	1160	Элеватор предназначен для хлебоприемных предприятий с грузооборотом 100 тыс. т. и более
2x100	2xДСП-32	3500	1750	1400	1160	Элеватор предназначен для хлебоприемных предприятий с грузооборотом от 70 до 100 тыс. т
4x100	2xДСП-32 + + 2xДСП-32OT	3600	3340	3600 (до сушки) 3340 (после сушки)	2320	Элеватор предназначен для хлебоприемных предприятий с грузооборотом 100 тыс. т и более
2x100 + + 4x50	2xДСП-32OT	-	3340	-	-	Возможная суточная работа и грузооборот примерно такие же, как у элеватора ЛЗХ x175
4x100	2xДСП-32OT	-	3340	-	-	То же

используется как надсушильная емкость и подсушильная. Зерно с автомобильного транспорта принимают в отдельном здании, где расположены автомобилеразгрузчики и приемные бункера.

Эlevator Л-2х100С разработан на основе элеватора Л-2х100 для строительства в районах с сейсмичностью 8...9 баллов и на слабых грунтах. Эlevator состоит из рабочего здания и двух пятирядных силосных корпусов. Рабочее здание имеет высоту от нулевой отметки фундамента 481 700 мм, высоту силосного корпуса 32 000 мм. Особенность этого элеватора в том, что рабочее здание и первый силосный корпус расположены без разрыва на одной фундаментной плите. Компонировка оборудования и оснащение элеватора аналогичны основному варианту.

Эlevator Л-3х100 был разработан для строительства главным образом в районах освоения целинных и залежных земель. При наличии в хозяйствах больших посевных площадей на хлебоприемные предприятия поступают большие партии однородного по качеству зерна. Для их хранения нет необходимости иметь на элеваторе большое количество отдельных силосов небольшой вместимости.

В этом проекте принят типовой силосный корпус с круглыми железобетонными силосами (высота 30 000 мм, ϕ 6000 мм, толщина стен 160 мм). Вместимость каждого силоса 600 т. Для выполнения такого объема работы установлены три норрии производительностью 100 т/ч каждая. Зерно взвешивают в рабочем здании в ковшовых весах грузоподъемностью 10 т. Здесь же установлены зерносушилка производительностью 24 т/ч, сепаратор производительностью 80 т/ч, контрольный сепаратор для отходов, триеры, а также предусмотрены оперативные силосы для кратковременного хранения зерна, отпускные бункера на железную дорогу, бункера для отходов и пыли, диспетчерская комната.

Для элеваторов этого типа, как и для последующих, характерно расположение рабочего здания параллельно железнодорожным путям, что позволило удобно ввести в него конвейер из приемного устройства, силосных корпусов и приема с железной дороги и обеспечить возможность установки под погрузку одновременно четырех большегрузных вагонов.

Эlevator Л-4х175 наиболее мощный из серии типовых заготовительных элеваторов. Он оборудован четырьмя норриями производительностью 175 т/ч и обеспечивает грузооборот 100 тыс. т и более в год. В этом элеваторе (рис. 79) применены типовые силосные корпуса вместимостью по 25 тыс. т с шестирядным расположением силосов ϕ 600 мм и высотой 30 000 мм. В связи с этим требовалась установка кроме основных дополнительных подсилосных и надсилосных конвейеров, связывающих силосные корпуса с рабочим зданием. Две зерносушилки ДСП-32 размещены в отдельном здании, которое расположено между рабочим зданием и приемным устройством.

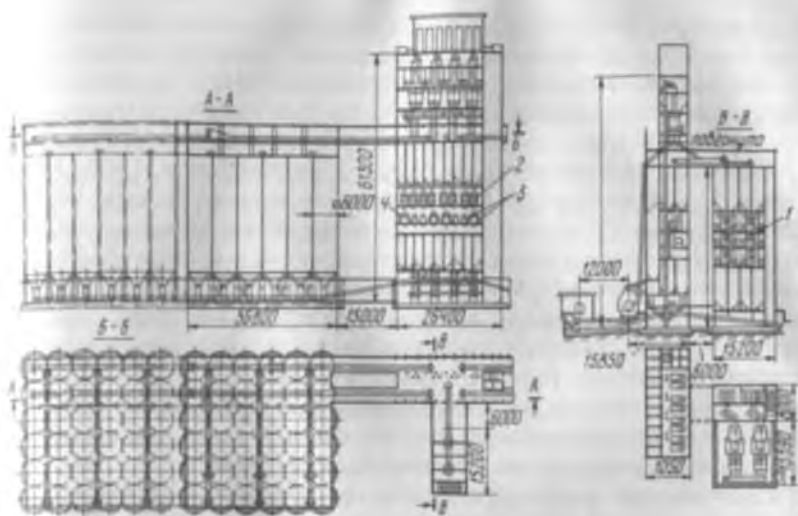


Рис. 79. Элеватор Л-4 x 175:

1 — зерносушилки; 2, 4 — сепараторы; 3 — триеры

Зерноочистительное отделение отличается большой мощностью; оно оборудовано четырьмя сепараторами производительностью по 100 т/ч каждый и четырьмя триерами. Для контроля отходов установлено четыре сепаратора производительностью по 10 т/ч. Отходы, получаемые при очистке зерна, и пыль после циклонов собирают в специальных бункерах рабочего здания и затем пневматическим транспортом направляют в цех отходов.

Элеватор Л-3x175 по компоновке основных сооружений аналогичен элеватору Л-3x100. Отличие состоит лишь в том, что в рабочем здании размещены два сепаратора производительностью по 100 т/ч, контрольные сепараторы и триеры. Две зерносушилки ДСП-32 смонтированы в отдельном здании и связаны с рабочим зданием верхними и нижними конвейерами. Элеватор может обеспечить грузооборот 70...100 тыс. т в год. Приемное устройство принято такого же типа, как и в элеваторах Л-3x100, Л-4x175, и имеет шесть проездов с автомобилеразгрузчиками.

Рабочие здания элеваторов Л-3x100, Л-3x175 и Л-4x175 имеют одинаковую сетку колонн 2400x3500 мм, причем трехнорийные рабочие здания имеют по длине восемь панелей по 2400 мм, четырехнорийные — по 11 000 мм. Применение трехпролетных рабочих зданий (в поперечном направлении) позволило сделать в них отпускные бункера, оперативные силосы, помещение диспетчерской и для электроаппаратуры, бункера для нили и отходов, шахту для лифта.

Элеваторы ЛВ-3х175 и ЛВ-4х175 в отличие от выше рассмотренных предусмотрены применительно для восточных районов страны. (Индекс ЛВ означает линейный восточный). Элеватор ЛВ-3х175 дополнительно оборудован ворохоочистителями, сепараторами, четвертой норией, в связи с чем повысились ее маневренность и оперативные возможности.

Полноборный элеватор с рабочим зданием (РЗС-1-63) вместимостью 35 200 т впервые был построен на станции Спицевка Ставропольского края. По конструктивной схеме рабочее здание силосного типа, в котором часть силосов по высоте здания перекрыта и образует производственные помещения. Жесткость рабочего здания обеспечивается силосной частью, бункерами, мощными ригелями междуэтажных перекрытий, а также монолитными плитами перекрытий, связанными с силовыми арматурой. Размеры здания в плане 15 000х27 000 мм, высота 4000 мм. Однако уменьшение высоты обусловило необходимость установки дополнительных норий, что сделало схему движения зерна более сложной и ухудшило эксплуатационные условия.

На элеваторе установлено шесть норий производительностью по 175 т/ч, из которых три предназначены для подъема зерна после взвешивания в автоматических весах, расположенных в нижней части рабочего здания. В нем установлено четыре сепаратора производительностью по 100 т/ч, которые размещены на двух этажах. Зерно сушат в двух сушилках ДСП-320Т, расположенных рядом с силосным корпусом. Цех отходов на элеваторе встроены в рабочее здание.

Элеватор ЛС-6х100 в отличие от предыдущего имеет одноступенчатую схему подъема зерна. Верхняя часть рабочего здания выполнена из стальных несущих конструкций; его размеры в плане 18 000х30 000 мм, высота 53 550 мм. Пролет основных производственных помещений уменьшен до 6000 мм в результате размещения норий в силосных ячейках. Увеличение высоты рабочего здания способствовало значительному упрощению технологической схемы элеватора.

На элеваторе кроме шести норий производительностью по 100 т/ч установлено три сепаратора производительностью 100 т/ч, восемь триеров. В рабочем здании размещены также цех отходов с сепаратором ЗСМ-100, спаренная нория П-2х20, две дробилки для отходов, отпускные скребковые конвейеры с бункером вместимостью 200 т. Зерно в южных районах сушат в сушилках ДСП-320Т, а на элеваторах в восточных районах – РД-2х25-70. Для приемки с автомобильного транспорта предусмотрено устройство, оборудованное двумя автомобилеразгрузчиками ПГА-25.

Элеватор ЛС-4х175 в своем исполнении учитывает недостатки элеватора ЛС-6х100, выявленные в процессе строительства и эксплуатации. Технологическая схема рассчитана на приемку зерна без ограничения по засоренности и влажности. Приемное устройство с автомобильного транспорта имеет два проезда с автомобилеразгрузчиками ПГА-25М с приставками АРУ-1 и два проезда с автомобилеразгруз-

чиками ПГА-25 без приставок. Для очистки зерна от грубых примесей в приемном устройстве установлены ворохоочистители. Для сушки зерна применены две сушилки РД-2х25-70. Затем зерно поступает в сепараторы и дисковые триеры для окончательной очистки. Взвешивают зерно в автоматических весах.

Общая вместимость элеватора 50 тыс. т, которая включает вместимость четырех корпусов (по 11,2 тыс. т), располагаемых по обе стороны от рабочего здания, имеющего вместимость 5,3 тыс. т.

Элеватор ЛСВ-4х175 представляет собой усовершенствованный элеватор ЛС-4х175. В элеваторе ЛСВ-4х175 весы перенесены снизу рабочего здания наверх. Это значительно упростило технологическую схему элеватора, но вызвало необходимость увеличения высоты здания с 45 000 до 56 700 мм.

На элеваторе предусмотрены приемка зерна из автомобилей и вагонов, очистка, сушка, погрузка в железнодорожные вагоны со взвешиванием. Для приемки зерна из автомобилей предназначено приемно-очистительное устройство на четыре проезда. Зерно сушат в двух сушилках РД-2х25-70. Общая вместимость и объем выполняемых операций такие же, как у элеватора ЛС-4х175.

Элеватор вместимостью 150 тыс. т для районов заготовок предназначен для приемки, хранения и отгрузки зерна и обеспечивает механизацию всех операций с зерном. Он состоит из шести силосных корпусов вместимостью по 23 800 т, расположенных по обе стороны рабочего здания, в котором накопительные силосы имеют вместимость 5230 т.

Схема движения зерна на элеваторе предусматривает приемку зерна с автомобильного и железнодорожного транспорта, очистку, сушку, хранение и погрузку его в вагоны и автомобили со взвешиванием. Зерно с автомобильного транспорта выгружают в приемном устройстве на четыре проезда. Приемка и отпуск зерна в вагоны предусмотрены в приемно-отпускном устройстве. Для сушки зерна применяют две сушилки РД-2х25-70. После сушки зерно поступает в сепараторы и дисковые триеры для окончательной очистки. Взвешивают зерно на автоматических весах ДН-2000.

Элеватор вместимостью 150 тыс. т для районов потребления предназначен для длительного хранения зерна и состоит из шести силосных корпусов вместимостью по 25 400 т и рабочего здания вместимостью 4800 т. Оборудование позволяет принимать зерно из автомобилей и железнодорожных вагонов, очищать, сушить, грузить его в железнодорожные вагоны и на автомобильный транспорт. Для сушки зерна применяют сушилку РД-2х25-70. После сушки зерно направляют в сепаратор и дисковые триеры для окончательной очистки. Взвешивают зерно в автоматических весах ДН-2000.

Элеватор РЗС-5х175 вместимостью 150 тыс. т включает шесть силосных корпусов СКМ-6х36, приемные устройства с автомобильного

транспорта и железной дороги, отпускные устройства на железнодорожный и автомобильный транспорт, зерносушилки РД-2х25-70, бункера отходов. Размеры рабочего здания в плане 24 000х30 000 мм, высота — 57 400 мм.

На одной фундаментной плите сооружают производственные помещения размерами в плане 6000х30 000 мм и расположенные с двух сторон от рабочего здания силосные и оперативные бункера с размерами в плане 9000 х 30 000 мм каждый общей вместимостью 11 730 т. Верхняя часть здания имеет каркасную металлическую конструкцию. В рабочем здании установлено следующее транспортное и технологическое оборудование: пять норий II-175, пять автоматических весов ДН-2000, пять поворотных труб на 12 направлений ВШ-8 по четыре комплекта сепараторов ЗСМ-100 и триеров — овсюгоотделителей ЗТО-5Р.

Силосные корпуса вместимостью 23 800 т каждый расположены в шесть рядов по шесть силосов в ряд. Диаметр силосов — 6000 мм, высота — 30 000 мм. Стены, кроме стен подсилосного этажа, — монолитные железобетонные, возводятся в скользящей опалубке. Силосы загружают при помощи шести ленточных конвейеров (по три с каждой стороны рабочего здания) производительностью по 175 т/ч, разгружают восемь такими же конвейерами.

В дальнейшем к элеваторам с рабочим зданием РЗС-5х175 стали привязывать силосные корпуса СКС-3х144 вместимостью 27 тыс. т, приемные устройства с автомобильного транспорта с автомобилеразгрузчиками У15-УРВС и АСВ-50141 с тремя входными ленточными конвейерами производительностью по 175 т/ч. Для увеличения приемной способности в некоторых элеваторах этого типа установлены нории производительностью 350 т/ч. В приемных устройствах с железной дороги применяют вагонеразгрузчики ВРГ и ВГК.

Экспериментальный элеватор вместимостью 110 тыс. т, построенный на станции Долинской Кировоградской области, по объемно-планировочному и технологическому решениям отличается от элеваторов, строящихся по типовым проектам. Устройство для приемки зерна с автомобильного транспорта расположено между силосным корпусом и рабочим зданием на высоте 5200 мм над нижней соединительной галереей. Въезд и съезд на автомобилеразгрузчики У15-УРВС предусмотрены по железобетонным пандусам.

Каждая приемная линия включает ленточный конвейер под автомобилеразгрузчиком и норию II-175. Зерно с каждой нории через соответствующий поворотный круг может поступать в три накопительных бункера в рабочем здании. Такая компоновка позволяет на каждой линии осуществлять поочередную приемку трех партий зерна, а в целом на элеваторе — 12 партий. Взвешивание выгруженного из автомобилей зерна предусмотрено на ковшовых весах грузоподъемностью 20 т, которые совмещены с приемными бункерами и расположены под автомобилеразгрузчиками.

На приемной линии предусмотрена механизированная система отбора и передачи в лабораторию образцов зерна из каждого автомобиля. Отбор образцов зерна осуществляется пробоотборником в головке приемной норы в процессе поступления зерна из ковша весов в накопительные бункера рабочего здания. При этом на приемной линии формируется среднесуточный образец, который передается ковшевым контейнером в лабораторию. Такое решение принято для совмещения операций — взятия проб, выгрузки и взвешивания зерна. В силосной части рабочего здания предусмотрен производственный этаж, в котором установлены приемно-отпускные конвейеры на железнодорожный транспорт и сепараторы. В средней части рабочего здания имеется надстройка в два этажа, где смонтированы головки норий и конвейеры для передачи зерна с одной транспортно-технологической линии на другую.

Новые решения заложены в конструкции элеватора. Силосы ϕ 6000 мм состоят из колец с предварительно напряженной арматурой. Для накопления зерна при отгрузке на железную дорогу в рабочем здании предусмотрена вместимость, равная массе одного маршрута. Такая же вместимость имеется для приемки зерна с железнодорожного транспорта.

В приемно-отгрузочном устройстве с железной дороги смонтированы двое ковшевых весов грузоподъемностью по 100 т, что позволяет загружать вагоны полностью без дополнительной дозировки. Контроль внутренних операций с зерном осуществляется с помощью точных автоматических весов. На элеваторе установлена машина М-5 для автоматического дистанционного контроля температуры хранящегося зерна.

Элеватор вместимостью 26 тыс. т (Ужгородский комбинат хлебопродуктов) построен на комплектном оборудовании, изготовленном в ЧССР. Рабочее здание и силосный корпус построены полностью из металла. Рабочее здание имеет 12 этажей, его размеры: длина 29 500 мм, ширина 8400 мм, высота 48 600 мм, фундаменты — монолитные; стены подсилосного этажа (высотой 3800 мм) также из монолитного железобетона.

Конструкция рабочего здания включает шарнирно-опорные стальные стойки коробчатого сечения, раскрепленные вертикальными решетчатыми связями. Стены обшиты двойными волнистыми алюминиевыми листами со слоем теплоизоляции из минерального войлока толщиной 40 мм.

Силосный корпус один, он примыкает к рабочему зданию по его длине. В силосном корпусе 18 силосов ϕ 7600 мм, расположенных с сеткой 3000x6000 мм. Высота силосов 3000 мм.

Стены силосов сварены из панелей размером 75 000x3000 мм с таким расчетом, чтобы в плане цилиндр состоял из восьми частей. Толщина стенки силоса 4 и 3 мм. С внешней стороны стенки силосов ук-

реплены ребрами жесткости из прокатного двутаврового профиля. Между силосами имеется десять звездочек.

Элеватор оборудован нориями и цепными конвейерами производительностью 120 т/ч, тремя ворохоочистителями производительностью 120 т/ч каждый и двумя сепараторами производительностью по 75 т/ч, а также двумя автоматическими весами ДН-1000. Всего в элеваторе 11 норий, три линии цепных конвейеров надсилосных и пять подсилосных.

Для приемки зерна с железной дороги установлены вагоноразгрузчик ВРГ и нория производительностью 350 т/ч. Управление всеми машинами и механизмами производится с центрального пульта управления, расположенного на втором этаже рабочего здания.

§ 2. БАЗИСНЫЕ И ПЕРЕВАЛОЧНЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ

В элеваторной промышленности базисные и перевалочные элеваторы большого удельного веса не имеют, хотя и играют значительную роль в работе всей системы зернохранилищ.

Базисные элеваторы предназначены для хранения крупных партий зерна; их строят на пути движения зерновых потоков в пунктах большого потребления. Они позволяют рассчитать вместимость из заготовительных предприятий на среднюю урожайность, а не максимум, т. е. снижают необходимую вместимость зернохранилищ, которые принимают зерно непосредственно от хлебосдатчиков.

В зависимости от места расположения базисных зернохранилищ определяют характер их операций. Им присущ сильно развитый приемно-отпускной фронт. Вместимость базисных зернохранилищ большая. Обоснование необходимости строительства базисного элеватора и выбор площадки требуют тщательного, глубокого и всестороннего изыскания, так как сложность работы элеваторов — в значительных количествах перевалок.

Назначение перевалочных зернохранилищ — перегрузка зерна с одного вида транспорта на другой (с водного транспорта на железнодорожный и с железнодорожного на водный). В отдельных случаях перевалочные зернохранилища выполняют функции перевалки зерна с узкой колеи железной дороги на широкую. Кроме того, они позволяют использовать для перевозок зерна самый дешевый вид транспорта — водный.

Наилучшей схемой перевозки зерна могли бы быть судно — вагон или вагон — судно. Однако в этом случае возникают большие трудности с погрузочно-разгрузочными работами и излишние затраты, обусловленные неизбежным простоем барж или вагонов, так как их грузоподъемность в большинстве случаев превышает массу зерна, перевозимого в железнодорожных составах. Кроме того, требуется формирование крупных однородных партий зерна. Поэтому задача пере-

валочного зернохранилища — не только перегрузка зерна с одного вида транспорта на другой, его обработка, но и формирование необходимых партий зерна.

Вместимость перевалочного зернохранилища составляет примерно 15–17-кратный суточный запас и зависит от интенсивности подвоза зерна. Обычно вместимость этих зернохранилищ относительно небольшая (25...50 тыс. т), иногда ее увеличивают до 100 и более тыс. т. В этом случае перевалочный элеватор превращается в базисный.

В СССР в большинстве случаев функции базисных зернохранилищ совмещаются с перевалочными, что экономически выгодно, так как дополнительные погрузочно-разгрузочные расходы в определенной степени компенсируются более низкой стоимостью водных перевозок. Коэффициент оборота перевалочных зернохранилищ 3,6...6,0, а при малой вместимости 10 и более. Нории в этих зернохранилищах обычно устанавливают производительностью 175...350 т/ч.

Годовой объем работы базисных и перевалочных элеваторов приведен в таблице 29. С учетом коэффициентов грузооборота общий объем работ норий базисного и перевалочного элеваторов составит: базисного — $5,6 \cdot 3,5 = 19,6 А$, перевалочного — $3,4 \cdot 6,0 = 20,4 А$, в то время как у заготовительных он 8,5 А. Таким образом, использование норий в базисных и перевалочных элеваторах выше, чем в заготовительных.

29. Годовой объем работ норий базисных и перевалочных элеваторов

Наименование операций	Объем А	
	базисный	перевалочный
Приемка	1,0	1,0
Очистка:		
при приемке	$0,5 \cdot 1 = 0,5$	$0,3 \cdot 1 = 0,3$
в процессе хранения	$0,5 \cdot 2 = 1,0$	$0,2 \cdot 2 = 0,4$
Сушка	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	$0,15 \cdot 2 = 0,3$
Внутренние перемещения	$0,5 \cdot 2 = 1,0$	$0,15 \cdot 2 = 0,3$
Подсортировка	$0,5 \cdot 1 = 0,5$	—
Инвентаризация	$0,2 \cdot 1 = 0,2$	$0,1 \cdot 1 = 0,1$
Отпуск	1,0	1,0
Всего	5,6А	3,4А

Ввиду специфики работы данных зернохранилищ, их значительно меньшего количества по сравнению с заготовительными проектирование и строительство базисных и перевалочных элеваторов ведется в основном по индивидуальным проектам.

Наиболее характерны элеваторы и в Кировск-Омске и Тольятти. Кировск-Омский элеватор имеет вместимость 162 тыс. т, принимает

зерно с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта и отгружает на железнодорожный.

В рабочем здании установлено пять норий производительностью по 350 т/ч, пять ковшовых весов грузоподъемностью по 70 т, четыре сепаратора производительностью 100 т/ч. Зерно сушат в четырех сушилках, расположенных в отдельном здании, примыкающем к лестничной клетке рабочего здания.

Семирядный силосный корпус состоит из силосов ϕ 7000 мм и высотой 30 000 мм, расположенных в шахматном порядке. Элеватор, оборудованный системой дистанционного управления, выполняет следующий объем погрузочно-разгрузочных операций, т/с:

Приемка с транспорта:	
автомобильного	6000
водного	8000
Отгрузка на железную дорогу	8000

Элеватор в г. Тольятти предназначен в основном для приемки зерна, поступающего железнодорожным транспортом, и перевалки его в речные суда. Кроме того, элеватор принимает зерно с автомобильного, водного транспорта и отгружает его на железнодорожный.

В рабочем здании элеватора установлено четыре нории производительностью 175 т/ч, четверо ковшовых весов грузоподъемностью 20 т, два сепаратора производительностью 100 т/ч и два контрольных сепаратора производительностью 5 т/ч. Зерно сушат в сушилке производительностью 24 т/ч.

§ 3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ПОРТОВЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ

В системе зернохранилищ производственные и портовые элеваторы выполняют важную роль в решении основных задач государственного хлебооборота. На данные предприятия зерно поступает из заготовительных, базисных, перевалочных и других элеваторов. В ряде случаев на производственные и портовые элеваторы зерно поступает непосредственно от хлебодатчиков.

К производственным зернохранилищам относят элеваторы, которые строят при мукомольных, крупяных и др. заводах. Так как большую часть зерна перерабатывают в муку, то к основному типу производственного зернохранилища относят мукомольные элеваторы. Их основное назначение — это обеспечение зерном соответствующего качества перерабатывающих предприятий. На мукомольных элеваторах создают трех-четырёхмесячный запас зерна для обеспечения стабильного режима работы и возможности подбора больших однородных партий зерна, организуют также подготовку зерна к помолу — очистку, сушку, подсортирование и др.

Грузооборот мукомольного элеватора определяется суточной производительностью завода Q (т/год)

$$Q = q_3 T,$$

где q_3 – производительность мукомольного завода, т/сут; T – число рабочих дней в году.

Как грузооборот мукомольного элеватора, так и коэффициент грузооборота изменяются в зависимости от вида подвоза и роли местного поступления зерна (заготовок). Чем больше поступление зерна с автомобильного транспорта, тем больше требуется вместимость элеватора. Приемка зерна преимущественно с водного транспорта также обуславливает необходимость большой вместимости, так как поступление зерна на элеватор ограничивается навигационным периодом (примерно 6 мес).

Годовой объем работы норий мельничного элеватора характеризуется данными, приведенными ниже.

Наименование операций	Объем A
Приемка зерна	1,0
Очистка:	
при приемке $(0,5 \cdot 1)$	0,5
при хранении $(0,5 \cdot 2)$	1,0
Сушка $(0,2 \cdot 2)$	0,4
Составление помольных партий, сепарирование и инвентаризация $(0,5 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 + 0,2 \cdot 1)$	1,7
Отпуск зерна	1,0
Итого	5,64

С учетом коэффициента грузооборота 3...4 общий объем работ норий элеватора составит $5,6 \cdot 4 = 22,4 A$.

Развитие производственных элеваторов осуществляется по индивидуальным и типовым проектам.

Из индивидуальных проектов представляют интерес элеваторы М4х350 в Москве (мелькомбинат № 4), мелькомбинат им. С. М. Кирова в Ленинграде. На данных элеваторах, имеющих высокую техническую оснащенность, технологические процессы выполняются с использованием современных средств автоматизации и управления производством.

В элеваторах (типовые проекты М-2х100, М-2х175, М-3х100 и М-3х175) учтено все положительное в проектировании и строительстве элеваторов по индивидуальным проектам. Рабочие здания этих элеваторов имеют одну и ту же конструкцию (строительная сетка 2400х3500 мм), одинаковую лестничную клетку, одинаковую высоту этажей. Два крайних пролета у всех рабочих зданий выделены для зерносушилки ДСП-12.

Наименование операций	Объем, А
Приемка	1,0
Очистка при приемке и в процессе хранения (0,2 · 1 + 0,2 · 2)	0,6
Сушка (0,1 · 2)	0,2
Перемещение при формировании партий (0,5 · 1)	0,5
Освежение зерна с сепарированием и инвентаризация (0,1 · 2 + 0,1 · 1)	0,3
Отпуск зерна	1,0
Итого	3,6А

По объему работы портовый элеватор близок к перевалочному. Николаевский элеватор — первый советский портовый элеватор. Силовосный корпус состоит из 144 силосов ϕ 4000 мм при высоте 20 000 мм и 119 силосов-звездочек. Общая вместимость элеватора вместе с отпусковыми бункерами (вместимость 7,2 тыс. т) 41,2 тыс. т. Схема движения зерна в элеваторе — ступенчатая, норрии специализированы. Производительность оборудования на приемке зерна 100 т/ч при девяти параллельных линиях, а оборудования, работающего на отпуск, — 200 т/ч при шести линиях. На элеваторе установлено 44 норрии. Из-за сложности схемы движения зерна и конструктивной схемы оперативная возможность элеватора получилась значительно меньше по сравнению с расчетной.

Интерес представляет Одесский портовый элеватор. Его вместимость с учетом расширения составляет 150 тыс. т. Элеватор оснащен пятью норриями производительностью по 350 т/ч, пятью ковшовыми весами грузоподъемностью 70 т, четырьмя сепараторами производительностью по 100 т/ч и зерносушилкой ДСП-16.

Элеватор за сутки принимает с железнодорожного транспорта 8,0 тыс. т зерна, из барж и небольших каботажных судов — 2,5 тыс. т и отгружает в морские суда до 15 тыс. т. Зерно на суда отгружают с пирса, выступающего в море на 250 м. На этом же пирсе расположена стационарная пневматическая установка для разгрузки судов малого каботажа. Элеватор отпускает также зерно на Одесский мельзавод № 1 посредством ленточных конвейеров, расположенных в надземных галереях.

Новоталинский портовый элеватор (рис. 80), являющийся составной частью зерноперегрузочного комплекса, был сдан в эксплуатацию в декабре 1986 г. Элеватор включает высокопроизводительные приемно-отгрузочные устройства с водного и железнодорожного транспорта. Особенностью данного элеватора является то, что приемно-отгрузочные операции могут осуществляться без участия рабочего здания. Рабочее здание с силосами используется в основном для временного хранения и определенной технологической обработки зерна. Преобладание приемно-отгрузочных операций дает основание считать, что данный элеватор можно отнести к перевалочным элеваторам.



Рис. 80. Новоталинск-Юрий элеватор:

1 — социально-бытовое помещение; 2 — лаборатория; 3 — станция погрузки вагонов; 4 — силосный корпус; 5 — нижняя галерея; 6 — машинная башня; 7 — угольная башня; 8 — многоярусная галерея

Вместимость элеватора составляет 300 тыс. т (четыре силосных корпуса по 12 силосов в каждом корпусе). Диаметр силоса — 12 000 мм, высота 66 700 мм.

Внутренние транспортные линии имеют производительность 625 т/ч каждая. Производительность линий (подающих и убирающих зерно), связанных с сушилкой, — 100 т/ч. Транспортные линии, обслуживающие зерноочистительное оборудование, — 300 т/ч.

Основными операциями элеватора являются следующие:

перегрузка зерна из морских судов в железнодорожные вагоны или суда у причала;

выгрузка зерна из морских судов у пирса, причала, а также из железнодорожных вагонов для временного хранения зерна в элеваторе;

погрузка зерна из элеватора в железнодорожные вагоны или суда у причала;

обработка зерна до необходимых кондиций.

Для выполнения основных операций элеватора предусмотрено: два передвижных механических перегружателя производительностью по 1000 т/ч каждый;

два передвижных пневматических перегружателя производительностью 250 т/ч каждый;

три ленточных конвейера для транспортировки зерна производительностью 1250 т/ч каждый.

Перегружатели и ленточные конвейеры сооружены на пирсе, который одновременно может разгружать два морских судна грузоподъемностью по 104,1 тыс. т каждое.

На причале для разгрузки или погрузки одного судна грузоподъемностью до 47,24 тыс. т предусмотрено:

один передвижной комбинированный перегружатель производительностью 1250 т/ч при погрузке и 500 т/ч при разгрузке;

один реверсивный ленточный конвейер производительностью 1250 т/ч для погрузки и 500 т/ч для разгрузки.

На элеваторе одновременно могут осуществляться следующие операции:

разгрузка морских судов у пирса, погрузка речных судов у причала, погрузка железнодорожных вагонов;

разгрузка морских судов у пирса, разгрузка судов у причала, погрузка железнодорожных вагонов;

погрузка морских судов у причала, разгрузка железнодорожных вагонов.

На одном морском судне можно доставлять или отгружать до трех зерновых культур. Одновременно выгружают максимальные две зерновые культуры. Погрузка вагонов может вестись одновременно на трех погрузочных путях. Для разгрузки вагонов предусмотрен только один путь. Одновременная погрузка и разгрузка вагонов не предусмотрена.

Весы имеют входные вместимости примерно на 450 т каждая, что позволяет сглаживать неравномерности и неполадки при погрузке вагонов, переключать поток зерна между двумя соседними погрузочными путями. При длительном прерывании погрузки вагонов зерно, выгружаемое из судна, автоматически направляется на промежуточное хранение. Весы имеют выходные вместимости примерно 70 т каждая.

Механизированные линии внутри элеватора работают с половинной производительностью внешних транспортных линий. Поэтому при приемке зерна поток равномерно разделяется перед ковшовыми весами и подается параллельно в два силоса. По этой же причине зерно при выгрузке, как правило, выдается одновременно из двух силосов, причём оба потока зерна объединяются.

Контроль качества всего перегруженного и хранящегося в элеваторе зерна производится в лаборатории. Во всех важных точках линий для транспортирования зерна находятся автоматические пробоотборники, которые, за небольшим исключением, автоматически по системе пневмопочты передают пробы в лабораторию.

Автоматизированная система управления (АСУ) построена таким образом, что в любое время обеспечиваются максимально возможная надежность в работе и готовность системы.

Предусмотрены следующие режимы работы АСУ:

полностью автоматизированный режим;

диалог между человеком и машиной ограничивается заданием плановых данных, запросом сообщений и сводок и вводом данных и команд, которые система не может определить сама;

полуавтоматический режим;

ручной режим (аварийный режим).

Автоматизированная система управления комплексом перегрузки зерна включает пять функциональных комплексов:

производственное планирование;

управление предприятием;

управление процессами;

регистрация производственных данных;

производственные сводки.

Зерноперегрузочный комплекс рассчитан на годовой оборот 4,5 млн т зерна при перегрузке из судов у пирса и 1 млн т зерна, принимаемого железнодорожных вагонов.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы параметры работы заготовительных элеваторов? 2. Опишите работу базисных и перевалочных элеваторов. 3. Какова характеристика портовых и производственных элеваторов?

СКЛАДЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА§ 1. СКЛАДЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МУКИ
И КРУПЫ В ТАРЕ

Продукты переработки зерна — мука, крупа менее стойки при хранении, поэтому их сохранность во многом зависит от хранения, их конструкций и механизации. Для бесперебойного обеспечения потребителей этими продуктами требуется создание некоторых запасов, которые хранят примерно от двух недель до нескольких месяцев, а в некоторых случаях более года.

На перерабатывающих предприятиях (мукомольных и крупяных заводах) муку и крупу хранят несколько дней, а остальное время в складах потребителей, реализационных базах и отдельных хлебоприемных предприятиях. Комбикорма, содержащие кроме измельченного зерна мясокостную и рыбную муку, жир и другие компоненты, еще менее стойки. Поэтому комбикорма хранят непродолжительно и, как правило, в хорошо аэрируемых помещениях. Продукты переработки зерна хранят в таре в одно-, двух- или трехэтажных складах или без тары в хранилищах специальной конструкции, оборудованных стационарной механизацией.

На перерабатывающих предприятиях и в некоторых случаях на реализационных базах для хранения муки и крупы в таре строят специальные склады. Обычно такие склады каркасной конструкции из сборного железобетона с сеткой колонн 6000х6000 мм.

До применения сборного железобетона склады строили из монолитного железобетона с сеткой колонн 5000х5000 мм. В них могут быть как балочные перекрытия, так и безбалочные. Первые увеличивают потери полезной площади и создают худшие условия для хранения муки, так как между верхними рядами мешков и перекрытиями из-за балок наблюдаются застои воздуха, т. е. ухудшается аэрация помещения.

На хлебоприемных предприятиях и большинстве реализационных баз под склады готовой продукции используют типовые зерновые склады, которые в любое время можно использовать для хранения зерна. Однако совместное хранение готовой продукции в таре и зерна в одном складе запрещается, так как перемещение зерна вызывает образование пыли и может загрязнить готовую продукцию.

Мешки с мукой и крупой в складах укладывают в штабель, тройником, пятериком или четвериком (рис. 81). При хранении готовой продукции с повышенной влажностью, менее стойкой и требующей лучшей естественной вентиляции, мешки укладывают колодцем (по

Рис. 81. Размещение мешков с мукой в складе для хранения:

а — способы укладки мешков в штабеля: I — тройником; II — пятериком; III — четвериком; IV — колодцем; б — схема расположения штабелей в складе (размеры даны в метрах)

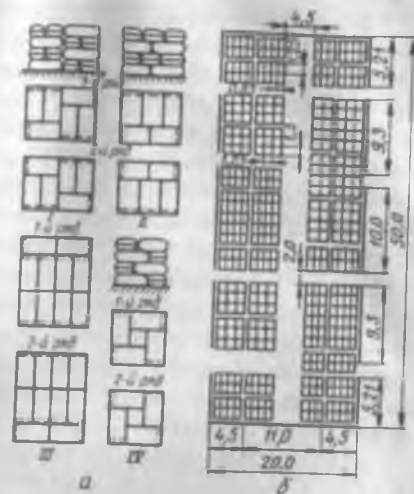
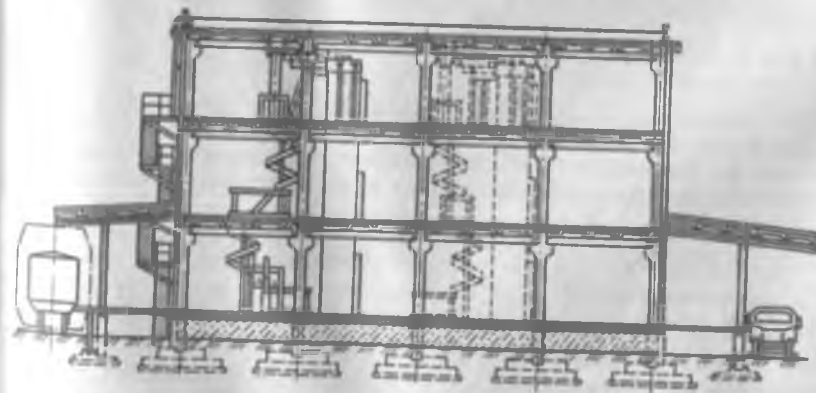


Рис. 82. Склад из сборного железобетона для хранения муки в таре



четыре мешка). На складах перерабатывающих предприятий обычно штабеля укладываются посменно, а на реализационных базах при получении готовой продукции с железной дороги — повагонно общей массой не более 60 т.

Высота укладки зависит от вида продукции, ее влажности и температуры воздуха в складе. В районах с жарким климатом высоту штабеля в теплое время года уменьшают на один-два ряда по сравнению с нормами, указанными в инструкции по хранению зерна и зерновых продуктов. По высоте в штабель укладывают от 6 до 14 рядов мешков. Если высота более десяти мешков, каждый ряд выше десятого укладывают с отступом внутрь на ширину одного мешка, т. е. на 500 мм. Обычно мешки укладывают на деревянные поддоны высотой примерно 100 мм.

Между штабелями, штабелями и стенами оставляют подходы (примерно 700 мм) и проходы шириной 2500...4500 мм, необходимые для наблюдения за хранящейся продукцией, ее проветривания и применения средств механизации. В складах готовой продукции широко внедряют комплексную механизацию работ с тарными грузами на базе применения пакетоформирующих машин и организации пакетного способа обработки грузов при доставке их потребителям.

При хранении мешков в складе стремятся к тому, чтобы каждый штабель примыкал хотя бы одной стороной к главному проходу, в противном случае трудно применять механизацию. Степень рационального размещения штабелей в складе оценивают коэффициентом использования площади склада, который в зависимости от используемой механизации и других факторов имеет следующие значения: передвижная механизация 0,5...0,65; электропогрузчики 0,6...0,75; стационарная механизация 0,65...0,85.

Необходимая площадь склада F (m^2) для укладки готовой продукции в мешках, а также количество продукции в таре, размещаемой в складе, можно определить по следующей зависимости:

$$F = \frac{1000Gf}{zqK}$$

где G – масса груза, который необходимо разместить в складе, т; f – площадь одного мешка, m^2 (в среднем считают $0,9 \cdot 0,5 = 0,45 m^2$ для мешков $q = 70$ кг и $0,3 m^2$ для мешков $q = 50$ кг); z – число мешков, уложенных в штабель; q – масса одного мешка с продукцией, кг; K – коэффициент использования площади склада.

На рисунке 82 показан типовой трехэтажный склад с размерами в плане 24 000х60 000 мм. Вместимость склада при десяти рядах в штабеле 3000 т, а при 12 рядах – 3600 т, при этом перекрытия рассчитаны на максимальную нагрузку 20 кН/ m^2 . Для удобства отгрузки продукции на железнодорожный и автомобильный транспорт пол первого этажа сделан на подсыпке высотой 1100 мм от головки рельса. На этой высоте снаружи около склада со стороны железной дороги и противоположной стороны сооружают платформы шириной 4150 мм с навесами над ними.

Мешки с мукой из выбойного отделения подают ленточным конвейером на пакетоформирующую установку, затем сформированные пакеты на поддонах при помощи электропогрузчиков транспортируют и укладывают в штабеля, на третий этаж их подают грузовым лифтом. В складе предусмотрено также отделение для фасовки готовой продукции в бумажные пакеты или коробки.

Тарное хранение муки и крупы в складах обеспечивает хорошую сохранность качественных характеристик готовой продукции. Однако этому способу присущи и существенные недостатки, сдерживающие его широкое распространение: требуются большое количество тары,

значительные затраты ручного труда на упаковку, укладку и перевозку продукции и сложные системы комплексной механизации. Кроме того, после опорожнения мешков в них остается до 100...150 г муки, которую можно извлечь только посредством выколачивания мешков, что создает дополнительные трудности и ускоряет износ ткани. Так как грузооборот перерабатывающих предприятий велик, затраты при тарном способе хранения и транспортирования значительны.

Поэтому бестарное хранение и перевозка продуктов переработки зерна без тары – основные направления технического прогресса, комплекса работ, связанных с хранением и доставкой продукции перерабатывающих предприятий потребителям.

§ 2. БЕСТАРНЫЕ ХРАНИЛИЩА ДЛЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

Бестарное хранение муки пониженной влажности (не более 13%), как показали исследования ВНИИЗ, ЦНИИпромзернопроект и других организаций, возможно насыпью в специальных силосах размером в плане от 1500х1500 до 4000х4000 мм, высотой не более 15 000 мм. Силосы рекомендуется оборудовать специальными вибраторами или аэраторами, которые способствуют вытеканию муки. Лучшую технологическую эффективность дает аэрирование муки воздухом, при этом мука приобретает свойства текучести и через шлюзовую затвор под силосами свободно поступает в выпускной рукав. Ширина выпускных отверстий в силосах для хранения муки должна быть не менее 400 мм, а длина примерно равна ширине силоса. Конусной части днища придают угол наклона не менее 60° . На характер и интенсивность вытекания муки из силосов оказывают существенное влияние кроме влажности и срока хранения такие факторы: сорт и крупность муки; материал и техническое состояние стен силосов и др.

Силосы для хранения продуктов переработки зерна строят из железобетона, листовой и профилированной стали. Несмотря на преимущества силосов из листовой и профилированной стали (несложность работ при сооружении, непроницаемость для атмосферной влаги и более надежное хранение муки в течение продолжительного времени), их применение связано с определенными недостатками – высокая теплопроводность и негигроскопичность стен.

Бестарные хранилища представляют собой сложные сооружения, которые, помимо силосов для хранения продуктов переработки зерна, включают целый комплекс транспортного, весового и другого оборудования (рис. 83).

ЦНИИпромзернопроект разработал серию проектов бестарных хранилищ из сборного железобетона, рассчитанных на хранение 0,5, 0,75, 1,5 и 2,5 тыс. т муки (табл. 30).

30. Технико-экономические показатели бестарных хранилищ для муки (данные ЦНИИпромэнергопроект)

Показатель	Вместимость хранилища, тыс. т			
	0,30	0,50	0,75	1,50
Силосы:				
число	8	10	16	24
тип	Сборный железобетонный			
Вид транспорта	Аэрожелоба			
Сметная стоимость 1 т вместимости, р.	495	340	266	224

Технологическая схема бестарного хранения вместимостью 300 т (рис. 84) предусматривает раздельное хранение муки по сортам и применение аэрозольного транспорта для передачи ее из мукомольного завода в силосы. При их заполнении осуществляют аэрацию. Для этого силосы оборудованы системой перфорированных труб, через которые подают сжатый воздух. В каждом силосе установлен датчик для определения верхнего и нижнего уровня муки. Разгрузка силосов и загрузка автомуковозов мукой осуществляется при помощи цепных конвейеров, аэрожелобов или аэрозольного транспорта.

При строительстве мукомольных заводов на комплектном оборудовании бестарное хранение муки осуществляется в 26 силосах вместимостью по 100 т каждый (рис. 85). Силосы расположены в пяти продольных рядах по шесть в каждом. Общая вместимость отделения бестарного хранения муки – 2600 т. Все силосы оборудованы виброразгрузчиками, под которыми установлены винтовые питатели У2-БПВ-20, выполняющие функции ограничителей производительности, так как

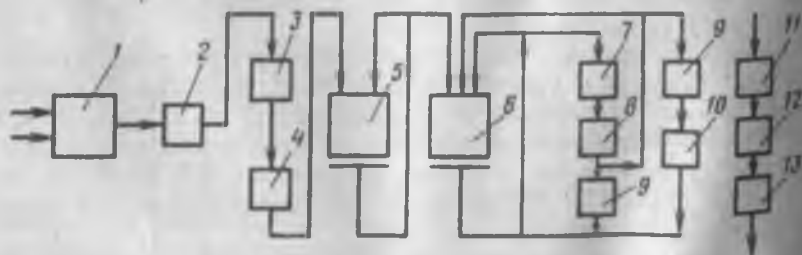


Рис. 83. Схема технологического процесса в складе бестарного хранения муки и отрубей:

1 – размольное отделение; 2 – весы для взвешивания муки в потоке; 3 – контрольный рассев; 4 – эжектор; 5 – смесительные силосы; 6 – основные силосы для хранения муки; 7 – контрольный рассев перед выбойным отделением; 8 – весовые аппараты; 9 – отпусковые силосы; 10 – автомуковозы; 11 – весы для отрубей; 12 – силосы для отрубей; 13 – выбойные аппараты отрубей

виброразгрузчики являются лишь побудителями истечения муки и их производительность превышает возможность аэрозольтранспортных линий. Винтовые питатели подают муку на пять основных продольных сборных шнеков, производительность которых 36 т/ч. Муку из силосов выпускают поочередно. Электрическая блокировка исключает одновременную выгрузку из двух и более силосов.

Из силосов муку можно направить в бункера над многокомпонентными весовыми дозаторами, над весовыбойными аппаратами, в бункера отпускного устройства на автомобильный и железнодорожный транспорт и в бункер над фасовочным автоматом. Перед поступлением в шлюзовую питатель аэрозольтранспортной линии муку контролируют в отсеивающих машинах А1-БПК.

Для выбоа муки в мешки используют два карусельных весовыбойных аппарата АДК-50-ЗВМ производительностью 600 мешков/ч каждый. Над весовыбойными аппаратами расположены четыре бункера вместимостью по 40 т для муки и один бункер вместимостью 20 т для манной крупы. Мука из бункеров при помощи виброразгрузчиков по самотечным трубам ϕ 300 мм поступает в питающие устройства весовыбойных аппаратов. Каждый весовыбойный аппарат оборудован тремя парами питателей, что позволяет выбивать поочередно три сорта муки без зачистки питателей. Выбой манной крупы проводят на одном из двух весовыбойных аппаратов. Наряду с выбоем муки в мешки предусмотрена фасовка муки и крупы.

Отруби, получаемые в процессе размола зерна, имеют большую влажность (16,5 %) и крупность. Для улучшения сыпучести крупные отруби при транспортировании по пневмотранспортной сети подсушивают в среде воздуха с температурой 110...160°C. Подсушенные отруби после разгрузки объединяют с остальными отрубями. После посекционного взвешивания отруби аэрозольтранспортной линии производительностью 5 т/ч направляют в бункер вместимостью 20 т. Затем отруби направляют на гранулирование или на комбикормовый завод, или на отпускное устройство, обслуживающее автомобильный транспорт. Гранулированные отруби после охладителя норией и далее цепным конвейером направляют в четыре силоса вместимостью 400 т.

Отруби грузят в вагоны одновременно из четырех силосов в четыре загрузочных люка вагона при помощи четырех конвейеров производительностью до 50 т/ч каждый и отпускных устройств. Вагоны гранулированными отрубями загружают в устройстве для бестарного отпуска муки. Поэтому одновременно отгружать муку без тары на железную дорогу и отруби в вагоны невозможно.

Гипропищепром и ГосНИИсредазпромэзернопроект разработали металлические хранилища для муки (склад бестарного хранения муки вместимостью 220 т и установку по перегрузке муки из вагонов-муковозов в автомуковозы). Склад бестарного хранения вместимостью 220 т (рис. 86) частично открытого типа предусматривается для стро-

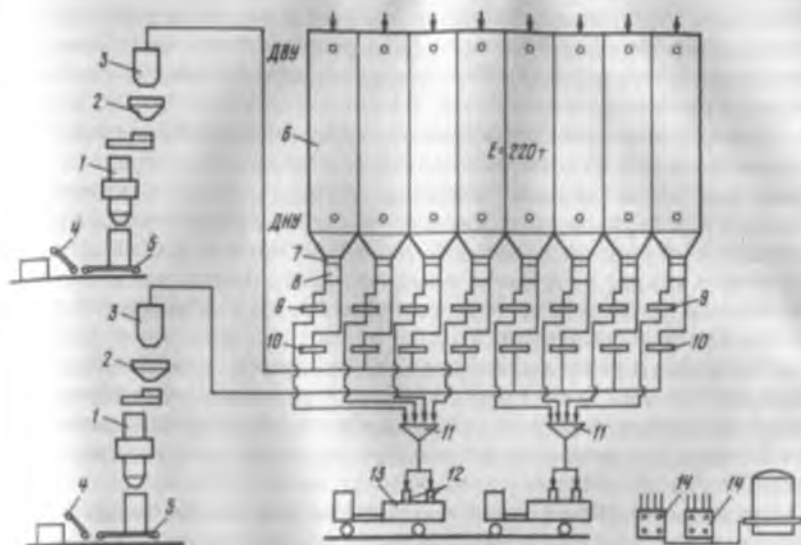


Рис. 86. Склад вместимостью 220 т бестарного хранения муки:

1 – весовые дозаторы ДВМ-50П; 2 – бункера над дозатором; 3 – винтовые конвейеры; 4, 10 – ленточные конвейеры; 5 – мешкозащивочные машины ЗЗЕМ; 6 – бункера для муки; 7 – винтовой питатель; 8 – коробка; 9 – винтовые питатели; 11 – воронки; 12 – отпускное устройство; 13 – автомукоевоз; 14 – приемные щитки

ительства при действующих хлебозаводах, кондитерских и макаронных фабриках и других предприятиях. Склад запроектирован в комплексе с подсобно-производственным корпусом, в котором расположены просеивательное, весовое, аспирационное отделения, пульт управления, электрощитовая, воздушная компрессорная станция, вентиляторы и бытовые помещения.

В складе установлено восемь металлических силосов. Нижняя часть силосов, два фильтра, питатели и переключатели размещены в специальном подсилосном помещении. Вместимость каждого силоса 28 т. Общая вместимость составляет 224 т, что обеспечивает семисуточную потребность предприятия в муке.

Доставка муки на склад предусматривается автомукоевозами, оборудованными компрессорами для пневматической разгрузки и подачи муки аэрозольтранспортом в силосы на хранение. Для подачи муки от автомукоевоза к каждому силосу запроектирован отдельный трубопровод. Под каждым силосом установлен шлюзовой питатель. Подача муки на производство осуществляется аэрозольтранспортом. Трубопроводы муки двухпозиционными переключателями соединены в две линии подачи муки на просеивание. Просеянная и взвешенная мука

шнековыми питателями подается с помощью двухпозиционных переключателей в любом из производственных бункеров. Бесперебойная выгрузка муки из силосов и бункеров обеспечивается установкой виброразгрузчиков.

Для очистки транспортирующего воздуха предусматриваются аспирация весового отделения и фильтры. Обеспечение линий аэрозольного транспорта муки сжатым воздухом осуществляется компрессорной станцией. Контроль за расходом муки осуществляется с помощью автоматических порционных весов и тензодатчиков на производственных бункерах. Склад и воздушная компрессорная станция работают в автоматическом режиме. Годовой грузооборот склада составляет 10 560 т.

Установка по перегрузке муки из вагонов-муковозов в автомуковозы предназначена для приемки, хранения и отпуска муки потребителям. Приемка муки предусмотрена из одиночных вагонов-муковозов грузоподъемностью до 52 т с четырьмя цистернами общим объемом 86 м³ двумя аэрозольтранспортными линиями производительностью 50 т/ч.

Хранение муки по сортам осуществляется в восьми металлических силосах общей вместимостью 220 т, снабженных виброразгрузчиками производительностью 40 т/ч. Отпуск муки потребителям из металлических силосов предусматривается шнековыми питателями производительностью 30 т/ч каждый через отпускное устройство одновременно в два автомуковоза.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие требования предъявляют к конструкциям и механизации складов для хранения муки в таре? 2. В чем состоят особенности бестарных хранилищ? Их преимущества и недостатки.

Глава XVIII

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХЛЕБОПРИЕМНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Технологический процесс организуют и осуществляют в соответствии с принципиальной схемой приемки, обработки, хранения и отгрузки зерна на хлебоприемных предприятиях и специальными инструкциями, в которых отражены вопросы проведения отдельных операций с зерном, режимы работы технологических линий и каждого вида оборудования. Контроль за качеством зерна на всех операциях технологического процесса и соблюдением правил размещения, обработки и хранения зерна осуществляют работники лабораторий предприятия.

При проведении технологического процесса должны быть предусмотрены меры защиты работающих от возможного действия опасных и вредных производственных факторов. Результаты проведения технологического процесса оформляются документами, предусмотренными правилами ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИЕМКИ ЗЕРНА И ЕГО ОТГРУЗКИ С ПРЕДПРИЯТИЯ

Перед началом заготовок зерна разрабатывают план его приемки, размещения и обработки, который составляют с учетом: планируемого объема заготовок, предполагаемого качества зерна; рационального использования вместимости зернохранилищ, технологического и транспортного оборудования для обеспечения сохранности зерна и формирования отдельных партий в зависимости от качества, количества и целевого назначения зерна; проведения послеуборочной обработки зерна в сроки, обеспечивающие его полную сохранность, максимальной степени механизации работ на всех операциях с зерном при минимальном объеме внутренних перемещений. Разработка плана приемки и размещения зерна предусматривает составление технологической карты, которая позволяет определить на каждой технологической линии и разгрузочной точке максимально возможное часовое и суточное поступление определенного типа автомобилей с зерном. На основе плана приемки, размещения и обработки зерна (технологических карт) предприятия рассчитывают суточные графики доставки зерна.

До начала приемки зерна составляют карту-схему движения автомобильного транспорта к местам разгрузки, которую вывешивают на видном месте при въезде на предприятие. На каждую автомобильную партию зерна выписывают накладную, где указывают: наименование хозяйства, номер и принадлежность автомобиля, вид сдаваемого зерна, культуру, массу. Автомобили, доставляющие зерно, подвергают осмотру и отбору проб на визировочной площадке в соответствии с действующими инструкциями. Специалисты визировочной лаборатории определяют влажность, засоренность, зараженность, типовой и подтиповый состав, цвет, запах зерна и составляют среднесуточный образец на однородные партии зерна от каждого хозяйства. По результатам анализа зерно направляют на разгрузку в соответствии с планом приемки, обработки и размещения зерна. Массу принимаемого зерна определяют путем взвешивания на автомобильных весах предприятия.

Размещение отдельных партий зерна осуществляют с учетом действующих стандартов и инструкций. Зерно, прибывающее железнодорожным транспортом, взвешивают на вагонных весах или приписных весах элеватора. До разгрузки вагоны должны быть осмотрены работниками хлебоприемного предприятия и представителями железной

дороги. На поступающее зерно в железнодорожных вагонах должны быть накладные и документы о качестве и количестве зерна. Подачу вагонов с зерном на предприятия, уборку порожних осуществляет железнодорожная станция; маневровые работы проводят обычно средствами хлебоприемного предприятия.

Во время работы автомобилеразгрузчиков необходимо следить за нормальной работой гидравлического подъемного механизма, не допуская утечки масла, засасывания воздуха в гидросистему через неплотности трубопровода и насоса, попадания зерна и масла под автомобилеразгрузчик. При эксплуатации механических лопат и вагоноразгрузчиков нужно следить за сохранностью тросов; рабочим запрещается находиться впереди щита лопаты. При эксплуатации навесных вагоноразгрузчиков перед началом работы необходимо убедиться в правильном направлении вращения крыльчатки, вести контроль за равномерной загрузкой вагона. При эксплуатации самотечных труб для загрузки вагонов через люки в крыше нужно проверить правильность действия системы тросов и блоков, осуществляющих погружение гибких загрузочных насадок в люки; перед пуском зерна необходимо убедиться в правильной установке труб в загрузочных люках; перед закрытием люков в крыше вагонов необходимо убедиться, что в самотечной трубе нет остатков зерна.

§ 3. ОБРАБОТКА ЗЕРНА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Зерно, поступающее на предприятие, подвергают необходимой обработке (очистке, сушке, обеззараживанию, охлаждению и др.) в сроки, обеспечивающие сохранность его качества. Требования к качеству зерна в зависимости от назначения регламентируются государственными стандартами, отраслевыми нормативными требованиями и инструкциями.

Зерно перед сушкой предварительно очищают от грубых, крупных и легких примесей. При очистке зерна необходимо выполнять следующие основные требования: рационально использовать оборудование; полностью загружать зерноочистительные машины с учетом оптимального режима работы и заданной технологической эффективности; строго соблюдать санитарно-гигиенический режим и технику безопасности. Надежная работа зерноочистительных машин и качественная очистка достигаются при правильном обслуживании зерноочистительного оборудования, регулярном проведении технического ухода, систематическом контроле за технологическим процессом обработки зерна.

Установление режима работы сепаратора можно считать окончательным, если в результате выбранного режима из очищенного зерна будет выделено не менее 50 % отделимой примеси. При содержании в продуктах или отходах свыше 10 % зерна пшеницы или ржи или свыше

20 % зерен других культур, относимых по стандарту на эти культуры к основному зерну, побочные продукты и отходы подлежат дополнительной очистке для извлечения основного зерна. Побочные продукты и отходы должны по качеству соответствовать техническим условиям или техническим требованиям. Смешивать отходы разных категорий запрещается.

Выполнение планов сушки и обеспечение качества просушенного зерна зависят от правильной организации всех операций, связанных с процессом зерносушения. Организация процесса сушки включает следующие основные элементы: разработка мероприятий, обеспечивающих выполнение плана, повышение производительности зерносушильных установок, снижение затрат на сушку; выбор оптимальных режимов сушки, контроль за процессом сушки с анализом и учетом работы зерносушилок; внедрение передовых методов труда. Плановое рабочее время для стационарной сушилки устанавливают 615 ч, а для передвижной — 540 ч в месяц.

Контроль за технологическим процессом сушки осуществляет обслуживающий персонал в соответствии с температурными режимами. По отбираемым лаборантом через каждые 2 ч пробам зерна до и после сушки определяют температуру зерна, запах, цвет, влажность, количество и качество клейковины (в пшенице), зараженность. Для крупных культур определяют дополнительно наличие ошелушенных и битых зерен, для риса — трещиноватость, а для пивоваренного ячменя до сушки — жизнеспособность, после сушки — всхожесть и энергию прорастания. При сушке зерна, зараженного вредителями, хлебных запасов для обеззараживания руководствуются Инструкцией по борьбе с вредителями хлебных запасов.

При сушке зерна в рециркуляционных сушилках особое внимание должно быть уделено регулированию разгрузочных механизмов, установленных под шахтами промежуточного и окончательного охлаждения. После заполнения зерном шахт промежуточного и окончательного охлаждения, а также теплообменника до уровня сливной самонесущей трубы на $\frac{1}{3}$ заполняют оперативный бункер. Это зерно необходимо для добавки и в теплообменник в целях компенсации усушки зерна в начальный период сушки в режиме полной рециркуляции.

Сушилку включают в режим полной рециркуляции без подачи теплоты. После обкатки механизмов под нагрузкой пускают топку в соответствии с Инструкцией по эксплуатации топок зерносушилок, работающих на жидком топливе. После того как температура зерна в теплообменнике будет ниже предельно допустимой на 10...15 °С, включают вентилятор первой зоны охлаждения, а через 5...10 мин — вентилятор второй и третьей зон охлаждения. При достижении в теплообменнике, шахтах промежуточного и окончательного охлаждения заданной величины влажности зерна работу зерносушилки с режимом полной рециркуляции переводят в рабочий режим непрерывной сушки.

В рабочем режиме непрерывной сушки ведут систематический контроль за следующими показателями технологического процесса: температурой агента сушки на входе в камеру нагрева; температурой агента сушки на выходе из камеры нагрева; температурой нагрева зерна в теплообменнике; температурой зерна на выходе из камеры окончательного охлаждения; влажностью просушенного и охлажденного зерна после камеры окончательного охлаждения; нагрузкой на рециркуляционные нории; степенью загрузки зерносушилки сырым зерном, не допуская снижения уровня зерна в теплообменнике и его переполнения, а также степенью заполнения зерном приемного бункера над камерой нагрева.

Для сохранения качества сырого и влажного зерна, ожидающего сушки, применяют активное вентилирование путем снижения температуры, а также охлаждения хранящегося зерна с целью повышения его стойкости, предотвращения развития плесеней и вредителей хлебных запасов. Порядок и режим работы установок для активного вентилирования и наблюдения за состоянием зерна регламентированы Инструкцией по активному вентилированию и соответствующими нормативными документами.

Основой системы мероприятий по защите зерна от вредителей является выполнение профилактических мер, заключающихся в строгом соблюдении санитарного режима, тщательном контроле за состоянием по зараженности поступающего на предприятие и хранящегося зерна.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ЗЕРНОМ В СИЛОСАХ ИЗ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА И В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗЕРНОХРАНИЛИЩАХ

При подготовке силосов из сборного железобетона и металлических зернохранилищ к эксплуатации особое внимание обращают на водонепроницаемость стыков соединений. Для этого проводят искусственное дождевание в соответствии с Временной методикой производственных испытаний на водонепроницаемость стен сборных железобетонных силосов и Временной инструкцией по хранению зерна в металлических зернохранилищах.

Для предотвращения сверхнормативных осадков и кренов сборных элеваторов необходимо: обеспечить удаление с территории атмосферных и отработавших производственных и хозяйственных вод; не допускать фильтрации воды под сооружения; строго соблюдать правила первичной загрузки силосных сооружений. Силосные корпуса и силосные части рабочих зданий загружают поярусно; каждый ярус имеет высоту в одну треть высоты силоса, но не более 10 000 мм. Последовательность загрузки отдельных силосов в каждом ярусе должна обеспечить соблюдение равномерной загрузки в плане, недопущение односторонней загрузки в продольном и поперечном направлениях. Весь процесс первичной загрузки проводят в течение одного месяца с одинаковой продолжительностью загрузки каждого яруса. После загрузки дают месячную выдержку

ку, после чего проводят первичную разгрузку в порядке, обратном первичной загрузке.

При хранении зерна в силосах из сборного железобетона раз в месяц проводят контроль качества поверхностного слоя зерна; из силосов, не обеспечивающих необходимой водонепроницаемости, перемещают зерно; срок перемещения не должен превышать пяти суток после выпадения атмосферных осадков, в результате которых наблюдалось сплошное намокание наружных стен.

При эксплуатации металлических зернохранилищ необходим постоянный контроль за исправным состоянием защитных покрытий кровли и стен. Процессу приемки зерна в металлические зернохранилища предшествуют тщательная подготовка аэрожелобов и при необходимости ремонт или замена вышедших из строя чешуйчатых сит и других элементов днища. На хранение в металлические зернохранилища зерно закладывается в сухом и очищенном состоянии.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

В элеваторной промышленности принята система планово-предупредительного ремонта (ППР), которая включает:

текущее наблюдение и периодический осмотр состояния оборудования элеваторов, механизированных башен и складов для своевременного выявления неисправностей и их устранения;

подготовку зданий и сооружений к использованию, а машин и оборудования — к работе; защиту от атмосферных, тепловых и прочих воздействий внешней среды;

уход за зданиями, сооружениями и оборудованием во время их эксплуатации с соблюдением установленных режимов использования и наблюдения;

своевременное и качественное проведение текущего и капитального ремонта, осуществляемого в планово-предупредительном порядке.

Текущий ремонт обеспечивает нормальную техническую эксплуатацию зданий, сооружений, технологического и транспортного оборудования путем небольших по объему и несложных по исполнению работ.

Капитальный ремонт — это сравнительно большие работы по объему и техническому исполнению, которые обеспечивают восстановление отдельных частей зданий, сооружений и оборудования, изношенных в результате эксплуатации, до первоначального их состояния. Вид ремонта (текущий или капитальный) определяют по объему предстоящих работ.

Своевременное и регулярное проведение ППР имеет большое практическое значение, так как исключаются длительные остановки оборудования, удлиняются сроки между капитальными ремонтами и обеспе-

чивается нормальная эксплуатация хозяйства с минимальными денежными, материальными и трудовыми затратами. Планирование ППР осуществляют по основным графикам круглогодичного ремонта оборудования, которые составляют ежегодно до начала года главный механик и энергетик и утверждает главный инженер предприятия.

Планирование ремонтов увязывается с нагрузкой элеватора в течение года, которая может быть оформлена в виде графика, наглядно показывающего периодичность осмотров и ремонтов с количеством часов предполагаемой загрузки оборудования в отдельные дни, недели и месяцы. На выполненные ремонтные работы составляется акт о приеме с указанием качества и объема выполненных работ, а также возможности нормальной эксплуатации отремонтированных объектов, оборудования и сооружений в целом.

§ 6. ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ

В процессе обработки, транспортирования и затаривания хлебопродуктов в оборудовании, сооружениях и производственных помещениях образуется пыль, которая, находясь во взвешенном состоянии в концентрациях между нижним и верхним пределами воспламенения, при наличии источника зажигания достаточной энергии может взорваться.

Взрыв в любом из помещений рабочего здания элеватора распространяется на лестничную клетку, а из нее в другие помещения. Поэтому между производственными помещениями, лестничной клеткой и другими помещениями элеватора должно быть предусмотрено устройство тамбур-шлюзов или открытых переходных площадок, как правило, расположенных около наружных стен и имеющих в пределах тамбура легкобрасываемые ограждающие конструкции. Наружные ограждающие конструкции рабочих зданий, лестничных клеток, галерей, надсилосных и подсилосных этажей силосных корпусов элеваторов должны быть обеспечены легкобрасываемыми конструкциями. К ним относят: окна, конструкции из асбоцементных, алюминиевых и стальных листов и т. п. Легкобрасываемые конструкции покрытий должны проектироваться массой не более 120 кг/м^2 .

Размер проема в противопожарной стене для прохождения конвейерной ленты должен быть по ширине и высоте минимальным и не более чем требуется для свободного прохода ленты с зерном. В данных проемах должны быть установлены автоматические ленточные клапаны или другие устройства для автоматического перекрытия при возникновении пожаров и взрывов. Норийные трубы при проходе норий внутри бункеров и силосов должны быть металлическими с толщиной стенки не менее 2 мм.

Конструкции, вид исполнения, способ установки и класс изоляции применяемых электрических машин, аппаратов, приборов, кабелей, проводов и прочего электрооборудования должны соответствовать

требованиям Правил устройства электроустановок и требованиям правил пожарной безопасности.

Здания производственных корпусов и складов должны быть оборудованы молниезащитными устройствами. Защита от статического электричества должна осуществляться в соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности. При проведении огневых работ (электросварочных, газосварочных, газорезательных и др.) необходимо руководствоваться Правилами пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ.

Безаварийная работа элеваторов, как и других предприятий, обеспечивается системой профилактических мероприятий. В зависимости от степени совершенства конструктивных, объемно-планировочных решений, качества оборудования трудоемкость поддержания необходимого режима будет различной. Совершенствование технологического процесса, оборудования и предприятия в целом способствует повышению устойчивости работы предприятия.

Повышение взрывопожаробезопасности на элеваторах обуславливает необходимость следующих мероприятий:

- зерносушилки предусматривать отдельно стоящими;
- циклоны системы аспирации устанавливать вне производственных помещений;
- отбор крупных примесей, пыли и металлопримесей предусматривать на линии подачи зерна в рабочем здании элеватора;
- компоновку аспирационных сетей предусматривать не более чем одной взрывоопасной технологической машиной в сети;
- бункера для сбора и хранения пыли предусматривать вне производственных помещений;
- все силосы, звездочки и бункера изолировать друг от друга (исключить наличие перепускных и вентиляционных окон);
- работы в здании, силосные корпуса, приемно-отпускные устройства, конвейерные галереи выполнять с учетом норм и требований, предъявляемых к зданиям и сооружениям, относящимся к категории Б по взрывопожаробезопасности.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Состояние техники безопасности и производственной санитарии на предприятиях должно соответствовать Правилам техники безопасности и производственной санитарии и стандартам системы безопасности труда. При проведении производственного процесса должны быть предусмотрены меры защиты работающих от возможного действия опасных и вредных производственных факторов в соответствии с отраслевым стандартом.

На предприятиях все силосы и бункера закрывают сплошным перекрытием с устройством в них загрузочных и лазовых люков, в которых

кроме крышек должны быть прочные металлические решетки с ячейками размером не более 250 x 75 мм. Аспирацию silosов предусматривают так, чтобы при заполнении их зерном вытесненный воздух не поступал в рабочее помещение. Воздух аспирационных сетей перед выбросом в атмосферу очищают в циклонах или фильтрах, которые периодически проверяют на содержание в них пыли. Выбросы пыли в атмосферу аспирационными и пневмотранспортными установками не должны превышать предельно допустимых выбросов (ПДВ) или временно согласованных выбросов (ВСВ).

Для измерения температуры и отбора проб зерна, хранящегося в silosах и бункерах, опускать людей в них запрещается. Спуск рабочих в silосы и бункера проводят только в исключительных случаях при наличии письменного распоряжения начальника цеха. Ответственный за эту работу лично проверяет проветривание silосов, состояние лебедки, троса, люльки, пояса, каната, шлангового противогаза, монтажной каски и следит за безоговорочным соблюдением каждым в отдельности рабочим всех мер безопасности при подготовке к спуску, опусканию и производству работ в silосе.

К спуску в silос, бункер и обслуживанию лебедки с предохранительным канатом допускают рабочих, специально обученных безопасным методам работы. Рабочий, опускаемый в silос, должен иметь медицинское заключение, разрешающее по состоянию здоровья работу на спуск в silос.

Машины, аппараты, механизмы, самотечный транспорт и другое производственное оборудование размещают так, чтобы монтаж, ремонт и обслуживание их были удобны и безопасны. При размещении конвейеров ширина проходов для обслуживания должна быть для ленточных и цепных конвейеров не менее 750 мм. Ширина прохода между параллельно установленными конвейерами — не менее 1000 мм. Выпускные воронки для подачи зерна на нижний конвейер в механизированных зерновых складах с плоскими полами оборудуют горизонтальными решетками и прочно прикрепленными к полу вертикальными колоннами, предохраняющими работающих от затягивания в воронку.

Доступ людей на насыпь зерна для измерения температуры в складах может разрешаться только при исключении возможности запуска нижнего конвейера и под наблюдением заведующего складом. Движущиеся части производственного оборудования, выступающие концы валов, открытые передачи (шкивы, ремни), приводные, натяжные, поворотные барабаны конвейеров и прочие элементы должны иметь ограждения.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите об организации технологического процесса на предприятии.
2. Какие взрывопожаробезопасные требования предъявляют к хранилищам? 3. Каковы требования техники безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды на хлебоприемных предприятиях и элеваторах?

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА СУШКИ ЗЕРНА

Глава XIX

АКТИВНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ЗЕРНА

§ 1. ВИДЫ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

В зависимости от назначения различают несколько видов вентилирования. Активное вентилирование зерна разделяют на профилактическое и проводимое для охлаждения насыпей, их промораживания, подсушивания зерна, ликвидации самосогревания, прогрева семян перед посевом, дегазации. Профилактическое вентилирование предназначено для предотвращения самосогревания зерна. Его проводят периодически, используя преимущественно ночное время суток и временное похолодание. Вентилирование для охлаждения зерна проводят для снижения его температуры до 10...0 °С, при которой физиологические и микробиологические процессы в зерновой массе затормаживаются, а вредители практически впадают в анабиоз.

Партии зерна принимают и формируют для хранения в непрерывно изменяющихся условиях окружающей среды. В результате этого изменяются температура и влажность самого зерна, создаются различия в температуре и влажности, что способствует перемещению (миграции) влаги по направлению теплового потока. При этом возможна конденсация парообразной влаги. Выпадение конденсата приводит к местному повышению влажности и, как следствие, к резкому увеличению энергии дыхания, что сопровождается дополнительным выделением теплоты и воды и возникновением самосогревания зерна. Это может быть предотвращено только своевременным вентилированием.

Вентилирование для промораживания зерна проводят для снижения его температуры ниже 0 °С. В замороженном зерне не только активность физиологических и биохимических процессов снижается до минимума, но и жизнедеятельность микроорганизмов и вредителей хлебных запасов приостанавливается, они перестают размножаться. При температуре -4...-5 °С впадают в состояние глубокого ооченения, а при длительном воздействии отрицательных температур — погибают. При охлаждении зерна до -15 °С большинство клещей и других насекомых погибает в течение суток. В этой связи вентилирование для промораживания может быть использовано для обработки зараженного зерна.

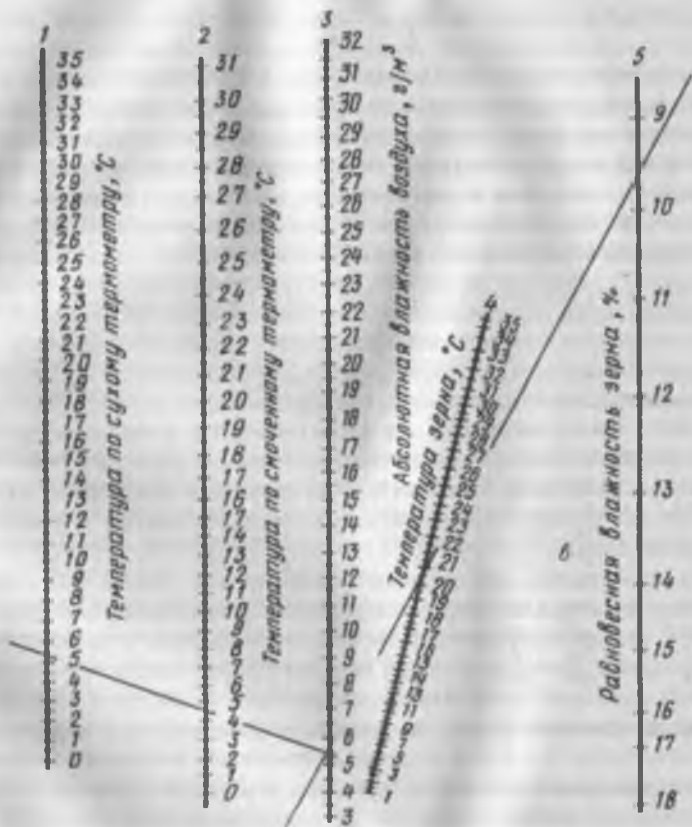


Рис. 87. Номограмма для определения возможности активного вентилирования зерна (при температуре воздуха выше 0 °C)

от его температуры и влажности, свойств и состояния зерна, совокупность которых называется режимами вентилирования.

Средняя удельная подача $q_{\text{ср}}$ — это один из основных параметров режима процесса вентилирования

$$q_{\text{ср}} = V/M,$$

где V — количество (расход) воздуха, м³/ч; M — количество (масса) вентилируемого зерна, т.

Зерновая масса охлаждается и подсушивается не сразу по всей высоте насыпи, а зонами. Для обеспечения эффективного вентилирования всей насыпи с учетом возможных застойных зон требуется большая средняя удельная подача воздуха, величина которой может быть учтена коэффициентом потребности

$$P_q = 1/K_q,$$

где K_q – коэффициент удельной подачи воздуха для застойной зоны.

Коэффициент потребности P_q показывает, во сколько раз должна быть увеличена средняя удельная подача воздуха в зерновую насыпь, чтобы в заставные зоны можно было направить воздух в достаточном количестве и тем самым достигнуть усиленно-равномерного вентилирования, и зависит от размера промежутка между воздухораспределительными щелями и высотой насыпи (табл. 31).

31. Коэффициент потребности в удельной подаче P_q для застойных зон (для плоскопараллельного потока)

Высота зерновой насыпи, м	Размер глухого промежутка между воздухораспределителями, м										
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0
0,5	1,02	1,08	1,15	1,43	1,75	2,06	2,38	2,69	2,98	3,13	3,25
0,75	1,01	1,05	1,10	1,27	1,50	1,73	1,97	2,20	2,38	2,49	2,55
1,0	1,00	1,03	1,07	1,19	1,37	1,54	1,71	1,87	2,02	2,09	1,15
1,5	1,00	1,02	1,04	1,13	1,24	1,37	1,48	1,59	1,68	1,72	1,75
2,0	1,00	1,01	1,03	1,09	1,19	1,28	1,35	1,43	1,51	1,54	1,57
2,5	1,00	1,00	1,02	1,07	1,15	1,23	1,29	1,34	1,40	1,43	1,45
3,0	1,00	1,00	1,10	1,10	1,12	1,18	1,23	1,28	1,34	1,36	1,38
3,5	1,00	1,00	1,01	1,04	1,10	1,15	1,20	1,24	1,30	1,32	1,33
4,5	1,00	1,00	1,01	1,04	1,08	1,12	1,16	1,19	1,23	1,25	1,26

Нормы удельной подачи воздуха для застойных зон приведены ниже.

Начальная влажность зерна

Норма удельной подачи воздуха, м³/ч на 1 т (не менее)

Для зерна всех культур (кроме риса)

14	18
18	23
18	30
20	43
21	51
22	62
23	72
24	85
25	100
26	115

Для кукурузы в початках

18	30
20	40
25	45
30	50
35	55
40	60

Чтобы рассчитать количество воздуха, требуемое для вентилирования, надо знать P_q , норму удельной подачи воздуха q_n , необходимую для обеспечения эффективного вентилирования застойных зон в насыпи, и количество вентилируемого зерна. Потребный расход воздуха V ($\text{м}^3/\text{ч}$) для активного вентилирования определяют по формуле

$$V = q_n P_q M.$$

На практике при наличии конкретного вентиляционного оборудования (типа установки) потребный расход воздуха в зерновую насыпь обеспечивают регулированием высоты насыпи (масса зерна). Тогда количество зерна, которое можно загрузить на установку, находят по формуле

$$M = V/q_n P_q.$$

Существующие установки для активного вентилирования зерна обеспечивают следующие минимальные значения средней удельной подачи атмосферного воздуха при вентилировании зерна различных культур (табл. 32) и кукурузы в початках (табл. 33) при допустимой высоте насыпи, приведенной в табл. 34.

Продолжительность активного вентилирования зерна для снижения температуры (в том числе охлаждения его до температуры $0...10^\circ\text{C}$ и промораживания) практически не зависит от температурного перепада ($t_z - t_n$). При этом необходимо учитывать отставания процесса охлаждения в застойных зонах насыпи. Если процесс активного вентилирования зерна не сопровождается снижением его влажности, то на охлаждение всей зерновой насыпи до температуры, близкой к температуре наружного воздуха, требуется около 2000 м^3 воздуха на 1 т зерна для каждого участка установки.

Продолжительность охлаждения зерна τ на установке для активного вентилирования с учетом задержки охлаждения застойных зон можно определить по формуле

$$\tau = \frac{2000 P_a}{q_{\text{ср}}},$$

где $q_{\text{ср}}$ — фактическая средняя удельная подача воздуха на данной установке.

Сроки вентилирования партии зерна и очередность обработки устанавливаются в зависимости от температуры и влажности зерна. Греющееся зерно вентилируют непрерывно в любые часы суток независимо от метеорологических условий и влажности воздуха до тех пор, пока оно не будет охлаждено до температуры, близкой к температуре наружного воздуха.

Режим искусственного охлаждения зерна. Искусственное охлаждение способствует сохранности исходного качества свежубранного зерна,

32. Минимальные значения средней удельной подачи воздуха при активном вентилировании зерна

Влажность зерна, %		Удельная подача воздуха, м ³ /(ч · т) на установках, не менее					
зерновых и бобовых культур (кроме кукурузы в початках)	масличных культур (подсолнечника и клещевины)	СВУ-63	УСВУ-62	СВУ-2	СВУ-1	ИПЗП-48	ГИПЗП-55
		16	8	25	25	35	40
18	9	30	35	45	50	55	40
20	10	45	55	70	80	90	60
22	11	65	80	110	130	155	95
24	12	90	115	165	210	270	140
26	13	120	160	240	-	-	200

33. Средняя удельная подача атмосферного воздуха и максимальная высота насыпи

Влажность зерна кукурузы, %	Удельная подача воздуха, м ³ /(ч · т), не менее	Высота насыпи, м, не более
18	30	3,5
20	40	3,0
25	45	2,5
30	50	2,2
36	55	1,8
40	60	1,5

34. Высота (м) при вентилировании зерна на различных установках

Влажность зерна, %	СВУ-63 и СВУ-63М		УСВУ-62		СВУ-2		СВУ-1	
	для пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, бобовых	для проса, гречихи, масличных	для пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы, бобовых	для проса, гречихи, масличных	для пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы, бобовых	для проса, гречихи, масличных	для пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы, бобовых	для проса, гречихи, масличных
16	7,0	4,5	7,0	4,2	5,0	3,0	3,5	2,3
18	5,8	4,1	5,6	3,7	4,8	3,8	2,6	1,9
20	4,5	3,4	4,0	3,0	3,8	2,4	1,6	-
22	3,1	2,7	2,7/2,4	2,5	1,8	-	-	-
24	2,3	2,1	1,9/1,8	1,7	-	-	-	-
26	1,7	1,7	-	-	-	-	-	-

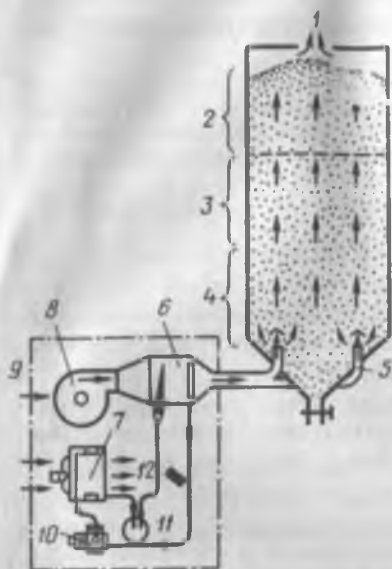


Рис. 88. Принципиальная схема установки для охлаждения зерна в силосе элеваторов:

1 — выход теплого отработанного воздуха; 2 — зона неохлажденного зерна; 3 — зона охлаждения; 4 — зона охлажденного зерна; 5 — поступление холодного зерна; 6 — охладитель воздуха (испаритель); 7 — конденсатор; 8 — вентилятор; 9 — засасывание атмосферного воздуха; 10 — компрессор; 11 — сборник; 12 — теплый отработавший воздух

снижает интенсивность его дыхания и сокращает потери сухого вещества, тормозит и останавливает развитие микрофлоры и вредителей хлебных запасов. Временная консервация холодом влажного и сырого зерна увеличивает ежегодный период использования зерносушилок, сокращает затраты на их эксплуатацию. Применяют охлаждение зерна при помощи холодильных машин непосредственно на хлебоприемных предприятиях, особенно для риса, семян подсолнечника и клещевины.

Для охлаждения зерна в силосах элеваторов часто используют схему вертикального продувания искусственно охлажденным воздухом снизу вверх. Принципиальная технологическая схема охлаждения зерна в силосах элеватора приведена на рисунке 88. Охлажденный воздух от холодильной установки поступает в зерновую массу снизу, а отработавший — удаляется через верхний загрузочный люк силоса. Зерно можно охлаждать как при полной загрузке силоса зерном, так и при частичной. В силосах некоторых элеваторов нашли способы горизонтального продувания насыпи.

Передвижные холодильные машины ХМВ-1-30, КЛА-40/2, КЛА-5032 и Г-100 применяют для охлаждения зерна в складах, а машины КЛА-40/7 и КЛА-50/7 — для охлаждения зерна в элеваторах.

При охлаждении риса в складах и силосах элеваторов, а также семян подсолнечника и клещевины в складах рекомендуется применять режимы, разработанные ВНИИЗ и его Кубанским филиалом (табл. 35, 36).

35. Режимы охлаждения риса в складах и силосах элеваторов

Влажность зерна, %	Температура зерна, °С		Температура воздуха на входе в насыпь, °С	Примерная продолжительность охлаждения, ч	Удельная подача воздуха, м ³ /(ч·т)	Допустимая продолжительность хранения зерна без доохлаждения, сут
	до охлаждения	после охлаждения				
<i>В складах</i>						
До 15,0	20...30	10...15	8...10	40...48	20	Более 120
15,0...17,0	20...30	5...10	4...8	28...36	30	80...120
17,1...19,0	20...30	5...10	4...8	24...30	40	20...80
19,1...21,0	20...30	5...10	4...8	20...24	40	8...20
21,1...25,0	20...30	3...5	2...4	12...15	70	3...8
<i>В силосах</i>						
15,0	25...30	15	5...10	72	20	Более 120
15,1...17,0	25...30	10	5...8	36	30	100
17,1...19,0	25...30	10	5...8	24	40	40
19,1...21,0	25...30	5	3...5	24	50	20
21,1...23,0	25...30	5	3...5	15	60	10

36. Режимы охлаждения семян подсолнечника и клещевины в складах

Влажность семян, %	Минимальная удельная подача воздуха, м ³ /(ч·т)	Продолжительность вентилирования, ч	Максимальная высота насыпи семян, м	
			СВУ-1	СВУ-2
<i>Подсолнечник</i>				
5,0...7,0	15	72	3,0	4,0
7,1...9,0	25	30	2,5	4,0
9,1...11,0	35	24	2,0	3,7
11,1...13,0	45	24	1,5	2,9
<i>Клещевина</i>				
7,0...9,0	15	72	3,0	3,0
9,1...11,0	20	60	2,5	3,0
11,1...13,0	25	48	2,0	2,5
13,1...15,0	35	36	1,5	2,0

3. ТЕХНИКА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Установки для активного вентилирования зерна в складах. Используют установки следующих типов: стационарные, напольно-переносные (передвижные); холодильные установки, применяемые для охлаждения и консервации зерна, подразделяют на стационарные, полустационарные и передвижные.

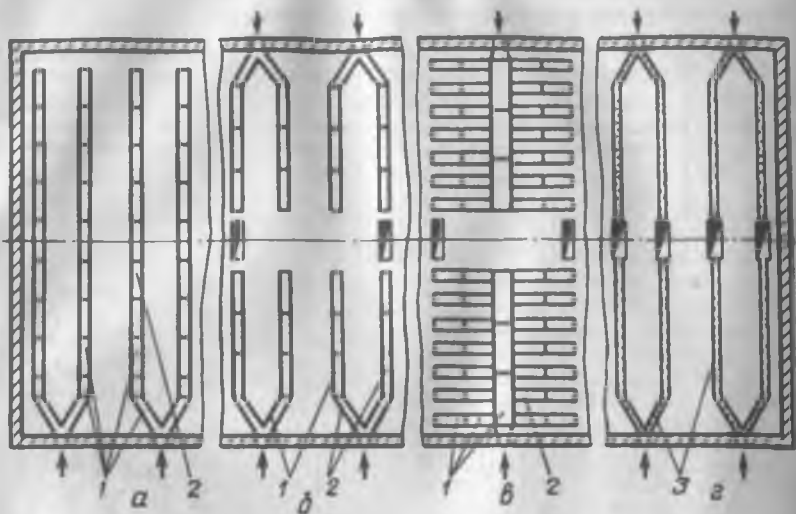


Рис. 89. Схема стационарных установок для вентилирования зерна в складах с горизонтальными полами:

а – СВУ-1; б – СВУ-2; в – СВУ-63; г – аэрожелоба; 1 – деревянные щиты; 2 – щели для выхода воздуха; 3 – перфорированное перекрытие вентиляционных каналов

Наиболее распространены стационарные установки для активного вентилирования зерна в типовых складах с горизонтальными полами конструкции ВНИИЗ – СВУ-1 и модернизированные СВУ-1М, СВУ-2, СВУ-63 и более ранние модификации СВУ-3 и УСВУ-62, а также аэрожелоба (рис. 89). Из напольно-переносных установок для складов и площадок используют установки ЦНИИПЗП (ГИПЗП), передвижные трубные установки ВНИИЗ – ПВУ-1, телескопические вентиляционные установки ТВУ-2 (рис. 90). Для вентилирования зерна в складах с наклонными полами используют установки Ростовского ПЗП и "Каркас" ВЗИП (рис. 91).

Установка СВУ-1 имеет воздуховоды, устроенные в полу склада и накрытые сплошными деревянными щитами. Магистральные каналы – воздуховоды постоянной ширины (в нижней части 400 мм, в верхней 900 мм) и переменной глубины, которая в начале канала 500 мм, в конце 70 мм. Каждые два канала с одной стороны попарно объединены и патрубком выведены через отверстие в стене за пределы склада. Стенки каналов выкладывают из кирпича, бетона и оштукатуривают. Вверху по бокам каналов сделаны полки шириной 250 мм, на которые брусками опираются щиты. Одну пару объединенных каналов – воздуховодов называют секцией. Типовой склад для зерна вместимостью 3200 т оборудуют десятью секциями.

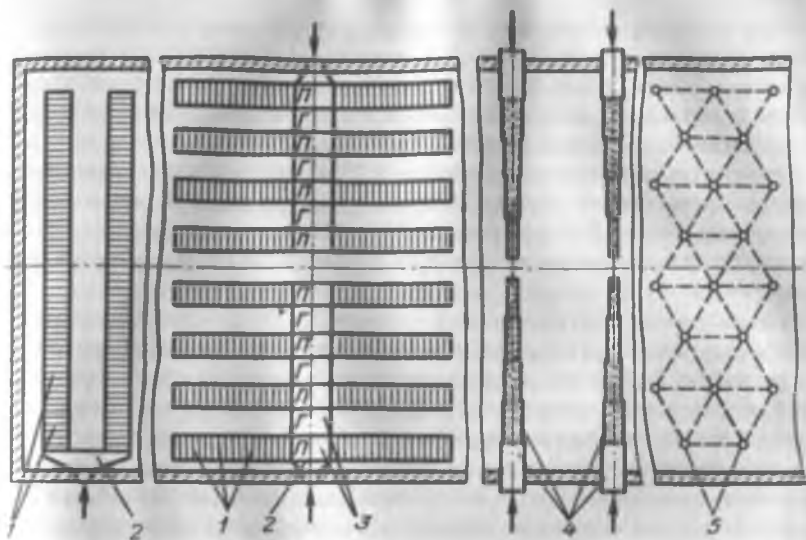


Рис. 90. Схемы напольно-переносных установок для вентиляции зерна в складах и на площадках:

1 – деревянные решетки; 2 – переходные патрубки; 3 – проходные (П) и глухие (Г) деревянные щиты; 4 – телескопические трубы; 5 – трубы ПВУ-1

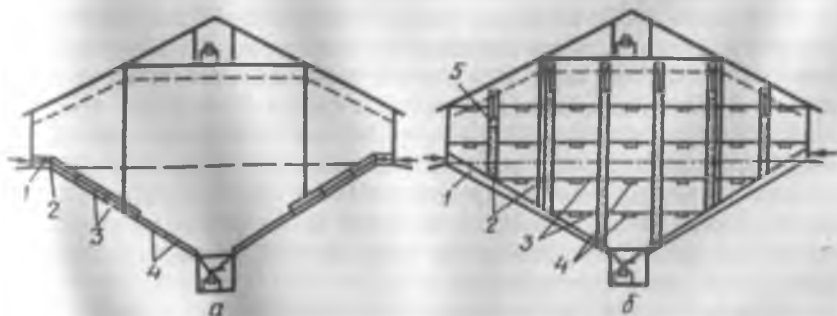


Рис. 91. Схема стационарных установок для вентиляции зерна в складах с наклонными волами:

а – Ростовского Промзернопроекта: 1 – поворотная заслонка; 2 – переходный патрубок; 3 – верхний канал; 4 – нижний канал; б – "Каркас" ВЗИПП: 1 – наклонный канал; 2 – перфорированные вертикальные трубы; 3 – стальные струны; 4 – термоподвески; 5 – запорный поршень

Для вентилирования зерна снаружи склада к переходному патрубку присоединяют вентилятор. Воздух, нагнетаемый вентилятором в магистральный канал, через щели, образуемые между боковыми краями щитов и вертикальными стенками полок, входит в зерновую насыпь, пронизывает ее, охлаждая и подсушивая зерно.

В модернизированной установке СВУ-1М расстояние между осями каналов-воздуховодов 2350...2390 мм и несколько более широкие деревянные щиты (910 мм вместо 810). Сечение канала в свету также увеличено, что позволило снизить аэродинамическое сопротивление сети.

Стационарная вентиляционная установка СВУ-2 — это видоизмененная конструкция установки СВУ-14, в которой каналы-воздуховоды уменьшены в 2 раза. Их располагают симметрично по обе стороны продольной оси склада, не доводя до нее на 500 мм. Воздух в каналы подводят через 26 входных патрубков, установленных в продольных стенах склада по 13 с каждой стороны. Стационарные вентиляционные установки СВУ-63 и УСВУ-62 предназначены для вентилирования партий с целью снижения температуры зерна и сушки теплым воздухом.

В этих установках глухие промежутки между щелями не превышают 500...600 мм. Каналы их обеспечивают пропуск большого количества воздуха и равномерное его распределение по всей площади пола склада. Благодаря этому в рассматриваемых устройствах по сравнению с другими установками, например СВУ-1 и СВУ-2, можно вентилировать в 1,5...2,5 раза больше зерна. При формировании партий зерна над устройствами СВУ-63 и УСВУ-62 допускается значительно большая высота насыпи, чем над другими установками.

Установкой УСВУ-62 можно оборудовать склады без нижней транспортной галереи, а также имеющие такую галерею. При оборудовании установкой УСВУ-62 складов с нижней транспортной галереей магистральный канал, не меняя его профиля, доводят вплотную до стены галереи. Сверху над галереей на полу склада укладывают напольные воздухораспределительные решетки любой конструкции, но так, чтобы промежутки между ними не превышали 500 и 600 мм, а одним краем они перекрывают частично щиты боковых каналов. Тем самым пространство по решеткам соединяется через щели бокового канала установки с ее воздухопроводящей сетью.

Зерно рекомендуется вентилировать одновременно с двух сторон склада не менее чем в четырех соседних секциях. После достижения нужной эффективности переставляют только два противоположных вентилятора. Другие два, подающих воздух в секции между огражденными и греющимися участками, оставляют на месте. Они создают заградительную воздушную зону, которая не пропускает теплоту и влагу из необработанных участков насыпи и охлаждение.

Выполнение перечисленных рекомендаций повысит эффективность

вентиляции зерна стационарными установками и облегчит их эксплуатацию.

Напольно-переносные установки ГИПЗП-48 и ГИПЗП-55 получили широкое распространение. В типовом складе вместимостью 3200 т зерна размещают восемь отдельных секций установки — по одной против каждого дверного проема. В них монтируют входной патрубок, устанавливают закладные доски и присоединяют вентилятор. Поперек склада от дверного проема до его продольной оси укладывают на пол четыре деревянных проходных и три глухих щита, образующих магистральный канал. Длина щита 1290 мм, ширина 1815 мм, высота 207 мм.

Несмотря на простоту устройства и эксплуатации, напольно-переносные установки имеют следующие недостатки. Щиты и решетки выступают над уровнем пола и существенно затрудняют применение передвижных механизмов при погрузочно-разгрузочных работах с зерном в складах и на площадках. Эксплуатация установок сопряжена с большой затратой ручного труда. Деревянные части установок, особенно щиты и решетки, часто ломаются, и ежегодно приходится восстанавливать до 50 % элементов конструкции.

Напольно-переносные установки часто применяют для вентиляции зерна на площадках. При этом торцы крайних решеток и последнего щита заглушают, прибавляя к ним сплошные доски, что способствует более равномерному распределению воздуха по обрабатываемому массиву и лучшей продувке. Правила вентиляции зерна на напольно-переносных установках и порядок перестановки вентиляторов такие же, как и на стационарных.

Однотрубная переносная вентиляционная установка ПВУ-1 состоит из составной трубы, погружаемой сверху в зерновую насыпь, и индивидуального вентилятора, надеваемого на нее сверху. Установку используют группами, т. е. одновременно не менее семи труб, расставляемых в насыпи по углам равносторонних треугольников в три и более рядов. Составная труба, служащая воздухопроводом, имеет нижнюю и верхнюю части и переходную конусную муфту для присоединения вентилятора. Диаметр трубы 102 мм, толщина стенок 1,5...2,0 мм. Нижний отрезок длиной 2150 мм с одного конца сделан на конус, облегчающий погружение в насыпь. Резьбовая муфта на другом конце служит для присоединения вибромолота, верхнего отрезка трубы или переходной муфты. Нижняя часть трубы (около 600 мм) — сетчатая, с отверстиями ϕ 2 мм. Длина верхнего отрезка трубы 1500 мм, он служит для удлинения трубы при большой высоте насыпи. Трубу погружают в зерновую насыпь и извлекают из нее при помощи вибромолота.

Установка ПВУ-1 предназначена для ликвидации гнездового самонагрева, но ее можно применять и для профилактического вентилирования. Иногда для вентилирования зерна используют другую передвижную трубную установку — аппарат для газации зерна 4-АГ. Он отли-

чается от установки ПВУ-1 тем, что воздух в трубы подают одним вентилятором через систему гибких трубопроводов, а зерно продувается только нагнетанием. Кроме того, в каждую трубу направляют значительно (в 4...6 раз) меньше воздуха.

Установки Ростовского ПЗП и "Каркас" ВЗИПП используют для вентилирования и газации зерна в складах с наклонными полами. Установка Ростовского ПЗП состоит из деревянных воздуховодов, параллельно уложенных на наклонных скатах пола склада. Установка обеспечивает продувание насыпи снизу вверх.

Установка "Каркас" выполнена из перфорированных металлических воздуховодов, смонтированных рядами вертикально над магистральными наклонными воздуховодами. Эта установка обеспечивает поперечное (горизонтальное) продувание слоев насыпи от одного ряда вертикальных перфорированных воздуховодов, в которые нагнетают воздух вентиляторами, до соседнего такого же ряда воздуховодов, из них этот воздух отсасывают. Перфорированные воздуховоды установки "Каркас" удерживаются в вертикальном положении стальными струнами.

Наклонные магистральные каналы устроены в полу хранилища заподлицо с полом и имеют съемное деревянное перекрытие, исключая попадание зерна в каналы. Верхний конец канала при помощи переходного патрубка выводят за пределы хранилища, нижний заканчивают сетчатой задвижкой, открывающейся при выпуске просыпей зерна из наклонного канала. Вдоль каждого магистрального канала на определенном расстоянии вертикально устанавливают перфорированные распределительные каналы. Между стойками хранилища натянуты поперечные и продольные прутковые струны. Все натянутые струны образуют единый пространственный каркас, надежно стягивающий стены хранилища. Вертикальные распределительные перфорированные трубы крепят к струнам посредством хомутов. В каждой трубе предусмотрен специальный поршень, подвешенный на тонком тросе. При перемещении поршня по трубе достигают равномерного распределения воздуха или фумигата по обрабатываемой насыпи с любой конфигурацией ее поверхности.

Многотрубные установки применяют на хлебоприемных предприятиях активного вентилирования и газации зерна в складах с наклонными полами. Установка состоит из воздухораспределительной трубы размером 400 x 400 мм, вентиляционного воздуховода размером 300 x 300 мм, расположенных в шахматном порядке диффузора, вентилятора, патрубков и колен для соединений между собой воздуховодов. Расстояние между входными патрубками 2000...10 000 мм. К одному вентилятору подключено пять вентиляционных воздуховодов. Нижние концы воздуховодов заканчиваются над перекрытием нижней галереи, а верхние через дверные проемы выводятся за пределы склада.

Воздух, нагнетаемый вентиляторами через окна воздуховодов, поступает в зерновую массу, пронизывая ее снизу.

Для вентилирования зерна на площадках, под навесом и на токах колхозов и совхозов, а также в складах изготовляют телескопические вентиляционные установки ТВУ-2, представляющие собой пятизвенную трубу телескопического типа. Все звенья трубы — полые стальные цилиндры со стенками толщиной 2 мм. У первого звена стенки сплошные, а у остальных четырех — перфорированные с отверстиями ϕ 3 мм. К первому звену приварены салазки, на которых трубу в собранном виде перемещают по территории предприятия или перевозят на автомобиле от одного хозяйства к другому.

Сквозь всю трубу телескопического типа проходит стальной трос длиной 12 000 мм, ϕ 9,9 мм. Один конец его закреплен фиксаторами за последнее звено, а другой заканчивается петлей и выходит за пределы первого звена. Когда звенья трубы совмещены, конец троса с петлей свертывают кольцами в передней части первого звена, закрываемого крышкой, чтобы избежать самопроизвольного растягивания трубы во время перемещения или перевозки, трос закрепляют зажимом.

На площадке или току установки расставляют попарно одну против другой и растягивают каждую во всю ее длину. В растянутом виде длина установки 98 600 мм, а расстояние между торцами последних звеньев противоположащих установок не должно превышать 1000...2000 мм.

Установки для активного вентилирования зерна в силосах элеваторов. Для вентилирования зерна в силосах элеваторов применяют три различные установки, принципиальные схемы которых представлены на рисунке 92. Установки напорно-прямоточные обеспечивают продольное (или вертикальное) продувание зерновой насыпи снизу вверх.

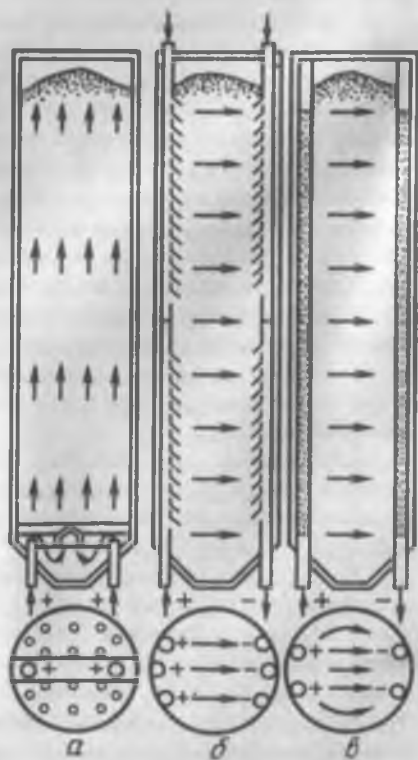


Рис. 92. Схемы установок для вентилирования зерна в силосах элеваторов: а — ГИПЭП-49; б — МТИП и ЦНИИЭП-сельстрой; в — ВЗИП и Краснодарского управления хлебопродуктов

Воздух от вентилятора напорно-прямоточной установки поступает через одну или две трубы под короб, из которого входит в зерновую массу и пронизывает ее. Удаляется воздух из силоса через верхний загрузочный люк. Установка позволяет вести вентилярование зерна при частичной или полной загрузке силоса.

Две другие установки предусматривают поперечное (или горизонтальное) продувание зерновой насыпи в силосе от одной стены к другой. Напорно-отсасывающая жалюзийная установка, разработанная ЦНИИЭПсельстроем, состоит из шести или четырех вертикальных жалюзийных воздухопроводов полукруглого сечения, смонтированных внутри силоса по три (или по два) воздуховода друг против друга. Каждый воздухопровод в средней части делится по длине глухой перегородкой пополам. Три (или две) половины воздухопроводов, объединенные фасонными воздуховодами в над- и подсилосном помещениях, образуют секции. В левые две секции снизу и сверху два вентилятора нагнетают воздух, а из противоположных правых двух секций такие же два вентилятора его отсасывают. Вентиляцию зерна этой установкой осуществляют только при полной загрузке силоса.

Напорно-отсасывающая трубная установка с поперечным продуванием насыпи, разработанная в первом варианте ВЗИП совместно с Краснодарским производственным управлением хлебопродуктов, состоит из четырех или шести воздухопроводов, которые монтируют внутри силоса попарно на расстоянии 0,4 диаметра силоса друг от друга. Каждый воздухопровод состоит из набора перфорированных металлических звеньев или чередующихся между собой двухметровых звеньев со сплошными и перфорированными стенками. Каждая пара или три вертикальных воздухопровода объединяют фасонными воздуховодами в подсилосном и надсилосном помещениях в секции, в одну из которых вентилятор нагнетает воздух, а из противоположной секции другой такой же вентилятор отсасывает его.

С 1981 г. применяют установки У1-УВС для вентиляции зерна в силосах элеваторов (рис. 93), разработанные Краснодарским филиалом ЦКТБ ВНИИЗ.

Аэрожелоба. Аэрожелобами называют устройства для вентиляции и транспортирования зерна, в которых в качестве воздухораспределителя используют жалюзийные или чешуйчатые сита с направленным выходом струй воздуха.

К наиболее распространенным аэрожелобам открытого типа относятся двухсторонние аэрожелоба АРВ конструкции ЦКТБ ВНИИЗ (рис. 94). Открытыми их называют потому, что над воздухораспределительными решетками аэрожелобов имеются только съемные предохранительные решетки, основное назначение которых — предохранить воздухораспределительные решетки и кромки каналов от разрушения при перемещении технических средств передвижной механизации в складе.

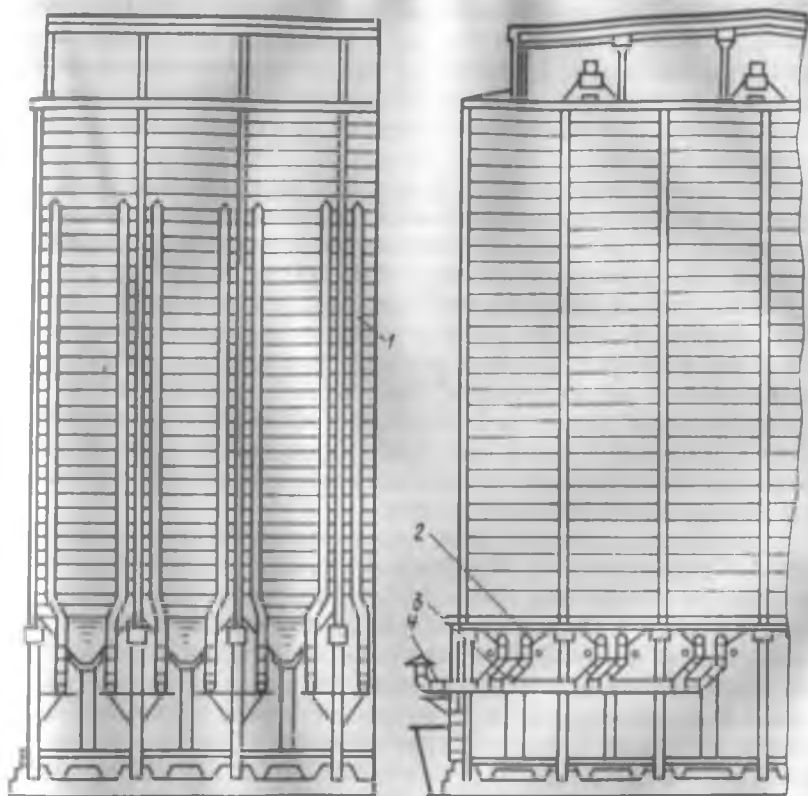


Рис. 93. Схема размещения установки У1-УВС в круглых сборных силосах:

1 – воздуховод; 2 – запорный клапан; 3 – подсилосный воздуховод; 4 – вентилятор СВМ-6М

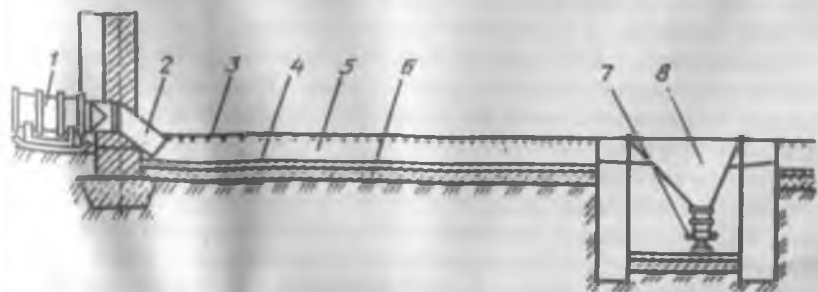


Рис. 94. Аэрожелоб АРВ (в складе вместимостью 3200 т):

1 – вентилятор; 2 – диффузор; 3 – предохранительная решетка; 4 – воздухо-распределительная решетка; 5 – канал для зерна; 6 – канал для воздуха; 7 – конвейер; 8 – выпускная воронка

В типовом складе вместимостью 3200 т монтируют 48 аэрожелобов по 24 с каждой продольной стороны. В середине склада аэрожелоба соединяют с выпускными воронками. В складе предусмотрено устройство конусных рассекателей (скатов) между аэрожелобами. Каждый аэрожелоб состоит из переходного патрубку, двухсекционного канала и выпускной воронки.

Аэрожелоба регулируют и налаживают на нормальную работу при выгрузке зерна с влажностью до 15,5 %. Подача воздуха вентилятором аэрожелоба по сравнению со стационарными установками СВУ-2 снижается в 1,6...2,3 раза и составляет 3,4...6,8 тыс. м³/ч.

Охлаждение и просушивание зерна при вентилировании аэрожелобами происходят прежде всего в участках, находящихся непосредственно над каналами. По мере удаления участков насыпи от каналов эффективность вентилирования зерна падает и достигается за более продолжительное время. Для повышения эффективности аэрожелобов ВНИИЗ рекомендует вести продувание одновременно не менее десятком смежными вентиляторами (по пять с каждой продольной стороны склада), размещенными друг против друга.

Аэрожелоба закрытого типа, разработанные Казахским филиалом ВНИИЗ, включают воздухоподводящий канал, ограниченный сверху чашуйчатым ситом. Над ситом по всей его длине установлен короб, прикрепленный к боковым стенкам транспортирующего канала с помощью ребер жесткости, служащих одновременно и предохранительной решеткой. Между вертикальными стенками транспортирующего канала и короба по всей длине аэрожелоба имеются две параллельные загрузочные щели. К вертикальным стенкам короба прикреплены выклонные из трехслойной прорезиненной ленты эластичные клапаны, отклонение которых ограничено с внутренней стороны вертикальными планками.

Выгрузка остатков зерна после окончания выпуска его самотеком осуществляется подачей в воздухоподводящий канал воздуха с необходимыми аэродинамическими характеристиками. При этом слой зерна на сите приходит в состояние псевдооживления. Транспортирование псевдооживленного слоя сыпучей массы осуществляется в результате воздействия гравитационных сил, а также организованного потока воздуха под коробом, используемого для частичного пневмотранспортирования псевдооживленного слоя зерна. Одновременно происходит равномерное питание зерном транспортирующего канала двумя потоками через загрузочные щели по всей длине аэрожелоба. Такой процесс выгрузки обеспечивает стабильность производительности, а запыленный воздух отводится с помощью короба к циклонам.

Эффективность работы аэрожелобов закрытого типа существенно зависит от герметичности всей системы. Работа аэрожелобов в металлических зернохранилищах обеспечивается при скоростях фильтрации 0,98...2 м/с.

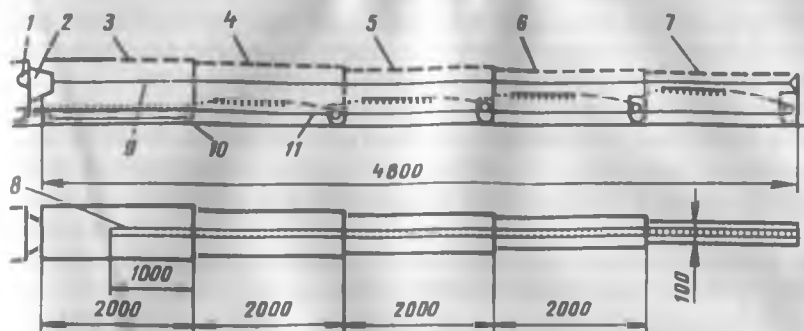


Рис. 95. Передвижной телескопический аэрожелоб ПТА:

1 – вентилятор; 2 – переходный патрубков; 3, 4, 5, 6, 7 – соответственно первое, второе, третье, четвертое, пятое звенья аэрожелоба; 8 – перфорированная дорожка; 9 – внутренний трос задвижек; 10 – салазки; 11 – люк

Для получения стабильной производительности аэрожелоба по транспортированию зерна необходимо также постоянное давление воздуха под чешуйчатым ситом вдоль канала, для этого его сечение делают переменным, а сито наклонным. Надежность и эффективность работы закрытых аэрожелобов зависят от влажности и засоренности зерна и герметичности всей системы.

Передвижной телескопический аэрожелоб (ПТА) состоит из пяти звеньев, которые можно растягивать на максимальную длину до 1000 мм и сокращать до 2600 мм. В растянутом виде аэрожелоб находится в рабочем состоянии, а при совмещении звеньев его транспортируют к месту назначения или хранят (рис. 95).

Для оснащения типового зернового склада необходимы 24 установки, которые размещают на расстоянии 5000 мм друг от друга и 3000...4000 мм от торцевых стен хранилища по 12 с каждой стороны. Одними концами ПТА висят над выпускными воронками склада, а другими через отверстия в стенах и через дверные проемы выходят за пределы хранилища. Оснащенный таким образом зерновой склад готов к загрузке зерном. Перед загрузкой все люки в звеньях аэрожелобов открывают, для чего смещают с них задвижки. Смещенные задвижки присоединяют затем к тросу, петлю которого укладывают в начале первого звена за пределами склада.

Загрузку хранилища лучше начинать с одного из его торцов с тем, чтобы вентиляция уже загруженной массы не дождалась окончания загрузки всего хранилища. После загрузки хотя бы одной пары противоположных аэрожелобов можно начать вентиляцию загруженной массы. Его целесообразно вести не менее чем на двух парах

противоположно расположенных аэрожелобов, благодаря чему достигается более равномерное распределение воздуха по насыпи и, следовательно, более равномерное охлаждение и просушка зерна.

Во избежание сдвига телескопических аэрожелобов из первоначального положения загружаемой зерновой массой целесообразно загрузку хранилища проводить так, чтобы струя зерна с верхней транспортной галереи падала непосредственно в аэрожелоб, а не возле него.

§ 4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УСТАНОВОК ДЛЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Технико-экономические показатели работы установок для активного вентилирования и охлаждения зерна могут быть представлены следующими данными (табл. 37). В складах с горизонтальными полами наиболее низкий уровень издержек, равный 21...22 к. на 1 т охлажденного зерна, наблюдается при эксплуатации стационарных установок СВУ-2 и СВУ-1. При организации активного вентилирования в силосах элеваторов издержки на охлаждение зерна примерно равны издержкам при вентилировании зерна в складах и на площадках, что предопределяет целесообразность не менее широкого применения и распространения активного вентилирования зерна в силосах элеваторов.

37. Технико-экономические показатели установок для вентилирования зерна (по данным Б. Е. Мельника)

Установки	Затраты на 1 т охлажденного зерна			
	электро-энергии, кВт · ч	труда, чел. · ч	амортизационные отчисления, к.	издержки, к.
СВУ-1	3,63	0,030	10,3	22,0
СВУ-2	2,07	0,050	11,7	21,0
УСВУ-62 и СВУ-63	1,13	0,080	18,1	29,0
Аэрожелоба	2,02	0,010	26,0	42,0
Ростовский филиал	3,73	0,010	2,4	31,0
Промзернопроект				
"Каркас" ВЗИПП	0,75	0,008	2,8	24,0
ГИПЗП-48	3,50	0,063	16,2	30,0
ГИПЗП-55	1,03	0,082	19,3	30,0
ТВУ-2	1,66	0,018	10,7	21,0
ПВУ-1	2,03	0,097	40,5	62,0
ВЗИПП и Краснодарского управления хлебопродуктов	2,20	0,026	10,4	20,0
МТИПП и ЦНИИЭПсельстрой	3,60	0,026	16,6	3,1

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сушкой называется процесс удаления из материала любой жидкости, в результате чего в нем увеличивается относительное содержание сухой части. На практике при сушке влажных материалов, в том числе зерна, удаляют главным образом воду, поэтому под сушкой понимают процесс обезвоживания материалов. По энергетическому признаку различают два принципа обезвоживания: удаление влаги без изменения и с изменением его агрегатного состояния.

Первый принцип обезвоживания может быть осуществлен механическим способом (прессование, центрифугирование и др.) или при непосредственном контакте влажного зерна с веществами, имеющими более низкий потенциал переноса, например при сушке сырого зерна в смеси его с сухим, при хранении зерна в смеси с гранулированным силикагелем и т. д. Второй принцип сушки связан с сообщаемой зерну извне затратой теплоты на фазовое превращение влаги. Такая сушка называется тепловой.

Сушка является типичным нестационарным необратимым процессом, при котором влагосодержание зерна меняется как в объеме, так и во времени и сам процесс стремится к равновесию. Основой теории сушки являются закономерности переноса теплоты и влаги во влажном зерне при взаимодействии его с нагретыми газами.

§ 2. ВЛАЖНОЕ ЗЕРНО КАК ОБЪЕКТ СУШКИ

Влага в зерне. В сушильных процессах влажное зерно рассматривают как смесь абсолютно сухого вещества и влаги:

$$M = M_c + w, \quad (XX-1)$$

где M и M_c — соответственно масса влажного и абсолютно сухого зерна, кг; w — масса (количество) влаги, кг.

В технике и практике сушки пользуются тремя понятиями, определяющими содержание влаги в зерне: влажность на общую массу, влажность на сухое вещество и влагосодержание.

Влажность на общую массу (%) рассчитывают как отношение количества влаги (W) зерна к общей его массе

$$w = W/M \cdot 100 = \frac{W}{M_c + W} \cdot 100. \quad (XX-2)$$

Влажность на сухое вещество (w_c) представляет собой отношение массы влаги в зерне к массе сухого его вещества, т. е.

$$w_c = W/M_c. \quad (XX-3)$$

Если соотношение (XX-3) выражают не в процентах, а в килограммах на килограмм сухого вещества, т. е. в долях единицы, то его обычно называют влагосодержанием и обозначают через H :

$$H = W/M_c = w_c/100. \quad (XX-4)$$

Формы связи влаги в зерне. Влага в зерне имеет различные формы связи с твердым скелетом: от самой прочной, обусловленной молекулярными силами, до чисто механического удерживания влаги на поверхности зерна. Для удаления из зерна влаги необходимо разрушить их связи, затратив определенную энергию.

П. А. Ребиндер предложил классифицировать формы связи воды со скелетом твердого тела при сушке зерна. Связь влаги с зерном характеризуется величиной свободной энергии изотермического обезвоживания — работой, необходимой для удаления 1 моля при постоянной температуре без изменения состава вещества при данном влагосодержании.

Энергия (Дж/моль), затраченная на удаление 1 кг/моль воды из влажного зерна, определяется по уравнению

$$E = -RT \ln \varphi, \quad (XX-5)$$

где R — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль · К); φ — относительная влажность воздуха, доли единицы.

При наличии в зерне свободной влаги $\varphi = 1$ и $E = 0$. По мере удаления влаги прочность связи ее с зерном увеличивается и энергия связи влаги E возрастает.

Согласно классификации П. А. Ребиндера все формы связи влаги делят на три большие группы: химическая связь, физико-химическая связь, физико-механическая связь.

К термодинамическим параметрам влагопереноса зерна относятся потенциал влагопереноса, удельная изотермическая влагоемкость и термоградиентный коэффициент. Потенциалами влагопереноса служат химический потенциал μ и экспериментальный потенциал переноса влаги θ_3 .

Химический потенциал μ применяют в области гигроскопического состояния влаги. Он определяется влагосодержанием и температурой зерна, выражается в Дж/моль и по абсолютной величине тождествен энергии связи влаги E .

Универсальным потенциалом влагопереноса в области гигроскопического и влажного состояния при любом влагосодержании является экспериментальный потенциал влагопереноса θ_3 , величина которого зависит как от влагосодержания, так и от внешних параметров — температуры и влажности воздуха.

Удельная изотермическая влагоемкость C (моль/Дж) введена по аналогии с удельной теплоемкостью и служит характеристикой влагоаккумулирующей способности зерна. Для практических целей величину C можно определять двумя способами: исходя из химического потенциала влагопереноса, рассчитанного по термодинамическим уравнениям, причем для гигроскопической области $|\mu| = E$, или исходя из экспериментального потенциала переноса влаги θ_3 .

§ 3. ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ КАК АГЕНТ СУШКИ

Для зерна наибольшее распространение получила тепловая сушка. При конвективной сушке теплоту, необходимую для испарения влаги, зерну передает агент сушки, который совершает термодинамическую работу, расходуя свою энергию на испарение влаги из зерна. В качестве агента сушки применяют воздух или смесь его с газообразными продуктами сгорания топлива. Концентрация топочных газов в этой смеси очень мала, в зерносушилках она не превышает 5 %. Поэтому агент сушки по физическим свойствам почти не отличается от воздуха.

В естественных условиях воздух всегда содержит некоторое количество паров воды, т. е. представляет собой влажный газ, состоящий из смеси сухих газов с парами воды в перегретом состоянии. В сушильной технике воздух представляется как смесь сухой части и перегретого водяного пара, т. е. как ненасыщенный газ.

Термодинамические параметры состояния влажного воздуха. Состояние влажного воздуха определяется следующими параметрами: температурой, давлением, удельным объемом (плотностью), влажностью, влагосодержанием и энтальпией.

Согласно закону Дальтона каждый газ, входящий в состав смеси, имеет равную с другими температуру, равномерно заполняет весь объем смеси и находится под своим собственным парциальным (частичным) давлением, которое пропорционально плотности.

Следовательно, общее давление влажного воздуха P можно представить в виде суммы парциальных давлений сухого воздуха P_c и водяного пара P_n :

$$P = P_c + P_n. \quad (XX-6)$$

Удельный объем ($\text{м}^3/\text{кг}$) влажного воздуха представляет собой отношение объема влажного воздуха V к суммарной массе сухого воздуха m_c и пара m_n , входящих в данный объем, т. е.

$$V = \frac{V}{m_c + m_n}. \quad (XX-7)$$

В расчетах удобнее пользоваться удельным объемом, отнесенным к массе сухой части воздуха

$$V_c = V/m_c. \quad (XX-8)$$

Насыщение воздуха влагой, т. е. содержание водяного пара в воздухе, характеризуется абсолютной влажностью.

Относительная влажность φ характеризует степень насыщения воздуха паром и равна отношению количества водяного пара в данном объеме воздуха к максимально возможному его количеству при данном давлении и температуре.

Влагосодержанием d называется масса водяного пара (g), отнесенная к 1 кг сухого воздуха:

$$d = 1000 m_p / m_c = 1000 \rho_p / \rho_c, \quad (XX-9)$$

где ρ — плотность водяного пара.

Влагосодержание показывает, сколько граммов влаги приходится на 1 кг сухой части воздуха (масса сухого воздуха в процессе сушки неизменна) в данном объеме влажного воздуха.

Влагосодержание ненасыщенного воздуха d не зависит от температуры, т. е. при нагреве остается постоянным. Влагосодержание насыщенного воздуха d_n увеличивается с ростом температуры. Разность влагосодержания ($d_n - d$) характеризует свободную влагоемкость воздуха — способность поглощать влагу.

Энтальпия — это функция состояния влажного воздуха, равная сумме внутренней энергии и потенциальной энергии (произведению давления на объем).

Энтальпия влажного воздуха I равна сумме энтальпий отдельных компонентов

$$I = I_c + I_p = C_c t + \frac{d}{1000} i_p, \quad (XX-10)$$

где I_c — энтальпия сухого воздуха, кДж/кг; I_p — энтальпия водяного пара, кДж/кг; i_p — энтальпия перегретого пара, кДж/кг.

Для практических расчетов для определения энтальпии может быть использована формула Л. К. Рамзина:

$$I = 1,01 t + (2500 + 1,88 t) d / 1000. \quad (XX-11)$$

$I-d$ диаграмма влажного воздуха. Параметры влажного воздуха: температура, относительная влажность, влагосодержание, энтальпия — находятся в определенной зависимости друг от друга. На основании этого составлена и $I-d$ диаграмма.

Для лучшего расположения рабочего поля диаграммы на плоскости чертежа и удобства пользования ее строят в косоугольной системе координат (рис. 96) обычно с углом между осями 135° . По оси абсцисс откладывают влагосодержание, по оси ординат — значения энтальпии влажного воздуха. Координатная сетка образована семейством прямых,

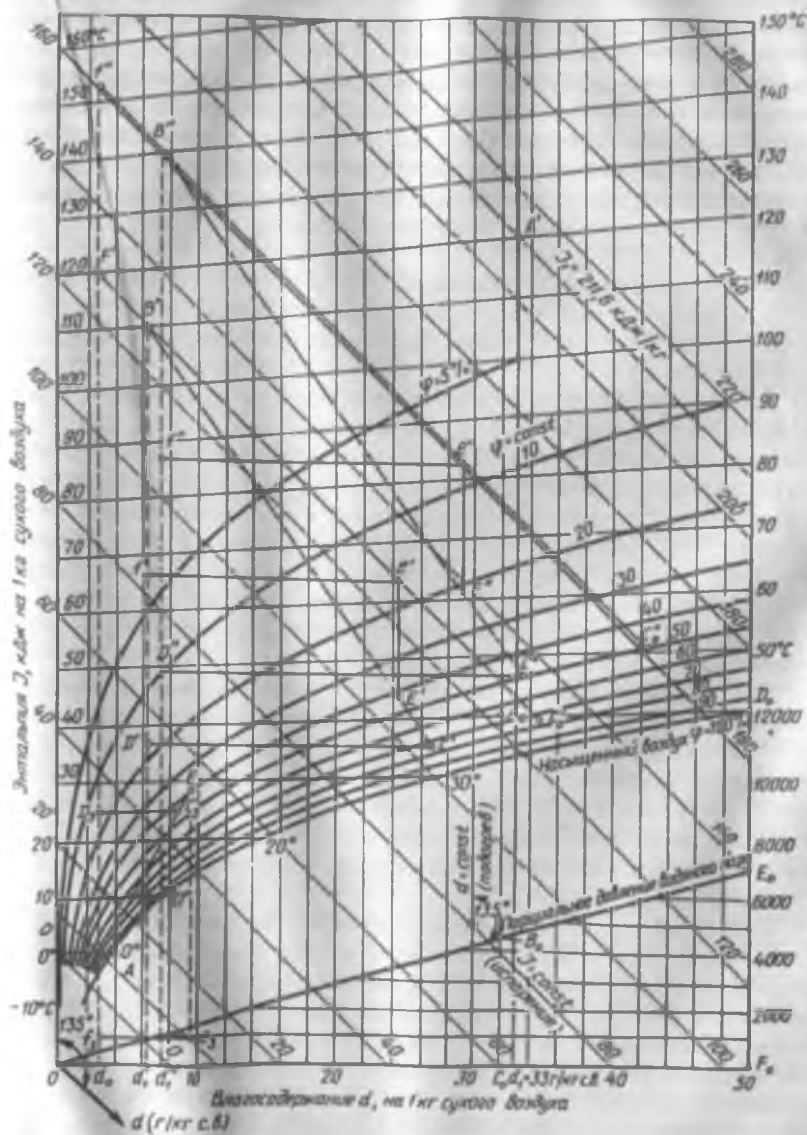


Рис. 96. I - d -диаграмма влажного воздуха

параллельных осям координат. Линии постоянного влагосодержания ($d = \text{const}$) в этом случае изображают на диаграмме вертикальными прямыми, а линии постоянной энтальпии ($I = \text{const}$) — наклонными прямыми, расположенными под углом 45° к первым.

Рабочее поле располагается в верхней части диаграммы. Поэтому нижнюю ее часть отсекают горизонтальной прямой, на которой отложено влагосодержание (в масштабе $1 \text{ мм} = 0,2 \text{ г/кг}$). Эту линию проводят так, чтобы в рабочее поле диаграммы можно было захватить некоторую область отрицательных температур (при сушке зерна обычно до -15°C). По оси ординат отложены величины энтальпии (в масштабе $1 \text{ мм} = 0,5 \text{ кДж/кг}$).

Линия постоянной относительной влажности $\varphi = 100\%$ разделяет $I-d$ диаграмму на две части: расположенную выше линии — область ненасыщенного воздуха и ниже ее — область тумана, или ненасыщенного воздуха.

Линию $\varphi = 100\%$ называют линией насыщения влажного воздуха водяным паром. На $I-d$ диаграмму наносят линии постоянной относительной влажности ($\varphi = \text{const}$), постоянной температуры ($t = \text{const}$), а также вспомогательные линии парциального давления. Линии $\varphi = \text{const}$ построены по точкам пересечений линий и соответствующих изотерм и имеют вид расходящегося пучка. Давление пара и относительная влажность воздуха зависят не только от влагосодержания и давления насыщенного пара, но и от общего давления влажного воздуха B . Поэтому для расчета процессов сушки $I-d$ диаграмму строят для определенного постоянного общего давления.

При помощи диаграммы можно по двум заданным определить остальные параметры влажного воздуха, пользуясь для этого пересечением основных линий или графическим интерполированием. Кроме указанных основных линий на $I-d$ диаграмме нанесена вспомогательная линия (от точки $d = 0$) для определения парциальных давлений водяного пара во влажном воздухе. Цифровые значения парциальных давлений приведены в нижней части диаграммы на крайней правой вертикали в масштабе $1 \text{ мм} = 100 \text{ Н/м}^2$.

Смесь воздуха с продуктами сгорания топлива. В подавляющем большинстве зерносушилок в качестве агента сушки используют смесь воздуха с продуктами сгорания топлива, применяя непосредственный воздух в топке, как более экономичный метод по сравнению с калориферным подогревом воздуха. Для этих целей следует применять жидкое (дизельное, тракторный керосин) и газообразное (природный горючий газ) топливо.

По своим физическим свойствам смесь воздуха с топочными газами близка к влажному воздуху. Поэтому при расчете зерносушилок, работающих на смеси, пользуются уравнениями и таблицами, составленными для влажного воздуха. При этом необходимо определить влагосодержание и энтальпию агента сушки (с учетом состава топлива, количества

воздуха для его горения). Влагосодержание агента сушки зависит от количества влаги в топливе, а также от влагосодержания наружного воздуха, необходимого для сгорания топлива и получения агента сушки необходимой температуры.

Энтальпию агента сушки определяют по $I-d$ диаграмме или таблицам.

§ 4. ТЕПЛО- И ВЛАГООБМЕН В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ЗЕРНА

Сушка зерна представляет собой комплекс одновременно протекающих и взаимосвязанных явлений.

К ним относятся: передача теплоты от агента сушки к поверхности зерна и испарение влаги и перенос ее с поверхности зерна в окружающую (сушильную) среду (внешний тепло- и влагообмен); перемещение теплоты и влаги внутри зерна (внутренний тепло- и влагоперенос).

Внешний тепло- и влагообмен. Способность воздуха характеризуется разностью температур воздуха по сухому t_c и смоченному t_m термометрам. Эту разность называют потенциалом сушки.

При сушке поверхность зерновки нагревается, часть влаги с ее поверхности испаряется и создаются градиенты влагосодержания, температуры и давления. Молекулы пара диффундируют через пограничный слой и поглощаются агентом сушки. Обязательное условие процесса удаления влаги с поверхности зерновки — это наличие разности между парциальным давлением у ее поверхности и в агенте сушки.

Внутренний тепло- и влагоперенос. Зерно имеет сложную геометрическую форму, а зерновой слой представляет собой дисперсную среду, в которой зерновки ориентированы в пространстве произвольно. Кроме того, процессы переноса теплоты и влаги внутри зерна взаимосвязаны и взаимно влияют один на другой, а теплофизические и влагообменные свойства зерна зависят от его влажности и температуры, вследствие чего дифференциальные уравнения тепло- и влагопереноса носят нелинейный характер. При сушке влага на поверхности зерна или внутри него превращается в пар и уносится в окружающую среду. С самого начала процесса поле влажности внутри зерна становится непригодным: на поверхности зерна влажность меньше, чем внутри, и появляется градиент концентрации влаги, под действием которого влага перемещается к поверхности зерна (явление влагопроводности).

По мере испарения влаги из зерна градиент концентрации ее уменьшается. Следовательно, уменьшается плотность потока влаги и снижается влажность поверхности зерна. Дальнейшее снижение количества влаги, поступающей изнутри зерна, приводит к углублению зоны испарения и повышению температуры зерна. При этом изменяется и механизм переноса влаги внутри зерна: влага до зоны испарения перемещается в виде жидкости, а от зоны испарения до поверхности и в окружающую

среду движется и переносится в виде пара. При сравнительно интенсивной сушке поверхность испарения начинает углубляться внутрь зерна с самого начала с одновременным повышением температуры его поверхности.

Знание закономерности процесса дает возможность управлять механизмом внутреннего тепло- и влагопереноса в зерне путем изменения режимных параметров и применения различных приемов и методов тепловой обработки.

Кинетика сушки зерна. Сушка – процесс нестационарный, т. е. и влажность, и температура, и скорость обезвоживания зерна изменяются во времени. Для изучения особенностей этих изменений и характера процесса сушки пользуются графическими зависимостями, построенными по экспериментальным данным в соответствующих координатах.

График изменения влажности зерна w во времени при определенных постоянных параметрах ($t = \text{const}$, $\varphi = \text{const}$, $v = \text{const}$) агента сушки носит название кривых сушки и строится в координатах $w_c - \tau$. На рисунке 97 приведена кривая сушки зерна как типичного представителя коллоидных капиллярно-пористых тел.

В начале процесса влажность зерна снижается незначительно за счет испарения поверхностной влаги, что изображается плавным участком K_0K_1 на кривой сушки. Затем испарение влаги из зерна все более усиливается за счет повышения интенсивности внутреннего тепло- и влагопереноса, что на графике изображается прямилинейным отрезком K_1K_2 (I период) до так называемой критической точки (K_2), определяемой некоторым критическим значением влажности (I период сушки), после достижения которого наступает падение интенсивности сушки. С этого момента времени и до конца процесса влажность зерна постепенно снижается по убывающей линии K_2K_3 (II период сушки), приближаясь к равновесной влажности, по достижении которой сушка прекращается.

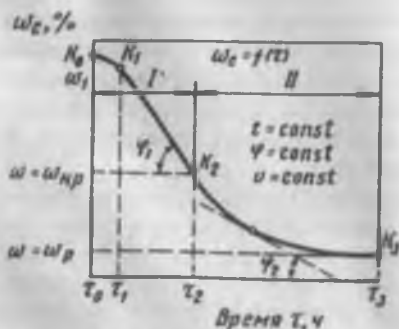


Рис. 97. Кривая сушки

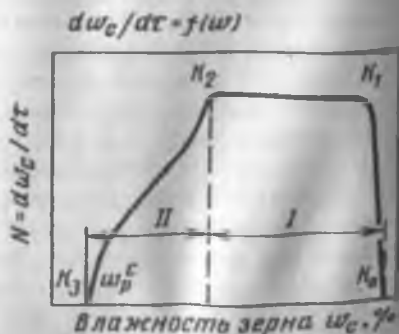


Рис. 98. Кривая скорости сушки

График, изображающий изменение влажности зерна в единицу времени ($N = dw_c/d\tau$) в координатах $N - w_c$ (рис. 98), называется кривыми скорости сушки. Его строят методом графического дифференцирования по кривым сушки.

В начале процесса скорость сушки увеличивается от 0 до определенного максимального значения и в интервале K_1K_2 , т. е. на протяжении первого периода, она постоянна, поэтому его называют периодом постоянной скорости сушки. Затем начиная с критической точки на протяжении всего II периода скорость сушки постепенно падает до нуля. Поэтому второй период называют периодом падающей (убывающей) скорости сушки.

Графики, характеризующие изменение температуры зерна в процессе сушки, строят в координатах $\theta - w_c$ или $\theta - \tau$ (рис. 99). В начале сушки температура зерна быстро повышается до определенной температуры, близкой к температуре мокрого термометра, на уровне которой остается постоянной на всем протяжении первого периода сушки. Это свидетельство того, что вся теплота, сообщаемая зерну, расходуется на испарение. Начиная с критической точки K_2 температура зерна повышается, приближаясь к концу процесса к температуре агента сушки.

Таким образом, процесс сушки можно разделить на два значительно друг от друга отличающихся периода: I период сушки характеризуется постоянством как скорости сушки, так и температуры зерна, а II — падающей скоростью сушки и повышающейся температурой зерна.

Интенсивность испарения влаги в I периоде пропорциональна разности парциальных давлений на поверхности зерна и в сушильной среде и определяется условиями внешнего тепло- и влагообмена. По мере дальнейшей сушки интенсивность внутреннего влагопереноса начинает постепенно снижаться в связи с удалением из зерна более прочно связанной влаги. Все это находит отражение в углублении зоны испарения и непрерывном повышении температуры зерна во II периоде сушки.

Интенсивность испарения влаги в I периоде пропорциональна разности парциальных давлений на поверхности зерна и в сушильной среде и определяется условиями внешнего тепло- и влагообмена. По мере дальнейшей сушки интенсивность внутреннего влагопереноса начинает постепенно снижаться в связи с удалением из зерна более прочно связанной влаги. Все это находит отражение в углублении зоны испарения и непрерывном повышении температуры зерна во II периоде сушки.

§ 5. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА

Расчет процесса сушки зерна состоит в определении количества испаренной влаги, расхода агента сушки и воздуха, расхода теплоты, с учетом которых рассчитывают основные габариты камер нагрева, сушильных и охладительных шахт и других узлов зерносушилок. Расчет

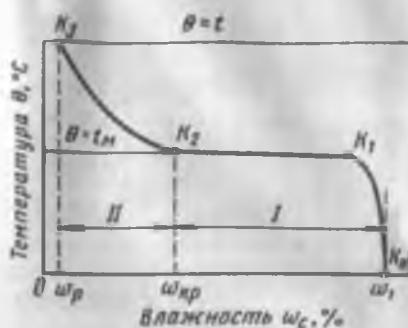


Рис. 99. Температурная кривая

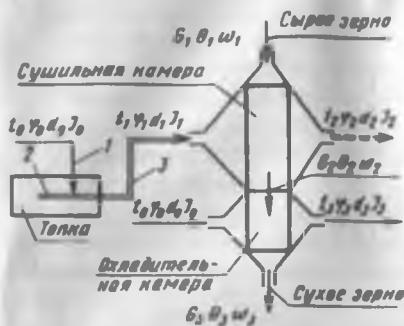


Рис. 100. Схема процесса сушки зерна

сушильную шахту, в которой находится сырое зерно (с параметрами G_1, θ_1, w_1). Здесь агент сушки передает теплоту, которая затрачивается как на нагрев зерна, так и на испарение из него влаги. Испарившаяся влага поглощается агентом сушки. При этом происходит изменение параметров и зерна (G_2, θ_2, w_2), и агента сушки (t_2, φ_2, d_2, I_2).

В охлаждающей шахте теплота передается от зерна воздуху. В результате охлаждения и частичного испарения влаги параметры воздуха изменяются до t_3, φ_3, d_3, I_3 . Просушенное и охлажденное (G_3) зерно выпускается из сушилки с параметрами θ_3 и w_3 .

Для расчета испаренной влаги составляют материальный баланс с учетом постоянства количества сухого вещества зерна в процессе сушки

$$G_1 = G_2 + W, \text{ откуда } W = G_2 - G_1, \quad (\text{XX-12})$$

где W – испаренная влага, кг/ч; G_1 и G_2 – расход сухого и сырого зерна, кг/ч.

Принимая во внимание, что зерно состоит из сухого вещества (G_c) и влаги, запишем:

$$G_1 = G_c + \frac{G_1 w_1}{100}; \quad G_c = G_1 \frac{100 - w_1}{100}; \quad (\text{XX-13})$$

$$G_2 = G_c + \frac{G_2 w_2}{100} \text{ и } G_c = G_2 \frac{100 - w_2}{100},$$

где G_c – расход сухого вещества, кг/ч.

Следовательно,

$$G_1 \frac{100 - w_1}{100} = G_2 \frac{100 - w_2}{100}; \quad (\text{XX-14})$$

$$G_2 = G_1 \frac{100 - w_1}{100 - w_2} \text{ и } G_1 = G_2 \frac{100 - w_2}{100 - w_1}.$$

конвективной сушки зерна проводят наиболее распространенным графоаналитическим методом (с учетом статики процесса), в основу которого положены материальный и тепловой балансы сушилки.

На рисунке 100 показана схема непрерывно действующей сушилки. Воздух 1 (с параметрами t_0, φ_0, d_0, I_0) смешивается в топке с продуктами сгорания топлива 2. Газовоздушная смесь 3, т. е. агент сушки (с параметрами t_1, φ_1, d_1, I_1), поступает в суши-

Расход агента сушки рассчитывают на основе баланса влаги и постоянства массы сухой газозвоздушной смеси (L , кг/ч). На основании равенства количества входящего в сушилку и выходящего из нее зерна можно составить уравнение

$$G_1 \frac{w_1}{100} + L \frac{d_1}{1000} = G_2 \frac{w_2}{100} + L \frac{d_2}{1000}, \quad (\text{XX-15})$$

где $G_1 w_1/100$ и $G_2 w_2/100$ – количество влаги в зерне соответственно до и после сушки, кг/ч; $Ld_1/1000$ и $Ld_2/1000$ – количество влаги в агенте сушки соответственно до и после сушки, кг/ч.

Откуда

$$\frac{G_1 w_1}{100} - \frac{G_2 w_2}{100} = W = L \frac{d_2 - d_1}{1000} \quad (\text{XX-16})$$

или

$$L = \frac{1000 W}{d_2 - d_1}. \quad (\text{XX-17})$$

Удельный расход (l , кг/кг) агента сушки составит

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1000}{d_2 - d_1}. \quad (\text{XX-18})$$

Расчет расхода тепла на сушку проводят на основе теплового баланса сушильной шахты. Тепло, вносимую в сушильную шахту с агентом сушки (LI_1), и тепло, поступающую с зерном ($G_1 C_1 \theta_1$), определяют следующим образом:

$$LI_1 = LI_0 + Q;$$

$$G_1 C_1 \theta_1 = G_2 C_2 \theta_1 + WC_B \theta_1, \quad (\text{XX-19})$$

где I_1 – энтальпия агента сушки, кДж/кг; I_0 – энтальпия воздуха, кДж/кг; Q – количество сообщенной воздуху теплоты, кДж/ч; C_1 и C_2 – удельная теплоемкость зерна до и после сушки, кДж/(кг · град); C_B – удельная теплоемкость влаги (воды), кДж/(кг · град).

В самой сушильной шахте может быть дополнительный источник тепла (Q_d).

Теплота уносятся из сушильной шахты с отработавшим агентом сушки (LI_2) и с просушенным зерном ($G_2 C_2 \theta_2$). Кроме того, могут быть потери теплоты в окружающую среду.

Составим уравнение теплового баланса в виде

$$LI_0 + Q + G_2 C_2 \theta_1 + WC_B \theta_1 + Q_d = LI_2 + G_2 C_2 \theta_2 + Q_{\text{ос}}. \quad (\text{XX-20})$$

Отсюда определим расход теплоты на сушку

$$Q = L (I_2 - I_0) - G_2 C_2 \theta_1 - W C_B \theta_1 - Q_D + G_2 C_2 \theta_2 + Q_{oc}.$$

Разность $(G_2 C_2 \theta_2 - G_2 C_2 \theta_1)$ — это расход теплоты на нагрев зерна, обозначим ее через $Q_{гн}$:

$$Q_{гн} = G_2 C_2 (\theta_2 - \theta_1). \quad (XX-21)$$

Разделив на W обе части уравнения, после преобразований получим удельный расход теплоты

$$q = \frac{Q}{W} = l (I_2 - I_0) - [(C_B \theta_1 + q_D) - (q_{гн} + q_{oc})]. \quad (XX-22)$$

Выражение в квадратных скобках представляет разность добавленной и затрат теплоты в сушильной шахте, обозначаемую через Δ , т. е.

$$\Delta = [(C_B \theta_1 + q_D) - (q_{гн} + q_{oc})]. \quad (XX-23)$$

Тогда

$$q = l (I_2 - I_0) - \Delta. \quad (XX-24)$$

Расход теплоты на нагрев воздуха можно также определить по изменению его энтальпии в нагреваемом устройстве (калорифере) сушилки

$$q = l (I_1 - I_0). \quad (XX-25)$$

Уравнение, характеризующее изменение энтальпии в сушильной шахте, имеет вид

$$U_2 = U_1 + \Delta \quad \text{или} \quad U_1 = U_2 - \Delta,$$

откуда

$$I_1 = I_2 - \Delta/l. \quad (XX-26)$$

Расчет расхода воздуха на охлаждение просушенного зерна производится на основе уравнений балансов влаги и теплоты охлаждающей шахты:

$$\frac{G_2 w_2}{100} + L_x \frac{d_0}{1000} = G_3 \frac{w_3}{100} + L_x \frac{d_3}{1000}, \quad (XX-27)$$

где L_x — расход сухого воздуха, кг/ч.

$$G_2 \frac{w_2}{100} - G_3 \frac{w_3}{100} = L_x \frac{d_3 - d_0}{1000} ; \quad (\text{XX-28})$$

$$W_x = L_x \frac{d_3 - d_0}{1000}. \quad (\text{XX-29})$$

Удельный расход воздуха

$$l_x = \frac{L_x}{W_x} = \frac{1000}{d_3 - d_0}. \quad (\text{XX-30})$$

Расход воздуха должен быть достаточным как для поглощения испаренной влаги W_x , так и для охлаждения зерна с θ_2 до θ_3 .

Графоаналитический расчет проводят с использованием $I-d$ диаграммы влажного воздуха (см. рис. 96) и полученных выше аналитических зависимостей. Для построения процессов на $I-d$ диаграмме необходимо нанести три точки, характеризующие состояние воздуха, агента сушки до и после сушильной шахты. На пересечении изотермы t_0 и линии φ_0 находим точку A , характеризующую состояние воздуха до нагревательного устройства (калорифера). Учитывая, что процесс нагрева воздуха в калорифере характеризуется постоянством влагосодержания, проводим через точку A линию $d_0 = \text{const}$ до пересечения с $t_1 = \text{const}$ и получаем точку B . Она определяет состояние агента сушки до поступления в сушильную шахту. Строим на $I-d$ диаграмме процесс для теоретической сушилки, для которой $\Delta = 0$ и $I_1 = I_2$, что изображается линией $I_1 = \text{const}$, проходящей через точку B до пересечения с линией относительной влажности φ_2 в точке C_0 , определяющей состояние отработавшего агента сушки. Весь процесс теоретической сушилки изображается линиями AB и BC_0 .

Для реальных зерносушилок $\Delta < 0$ и $I_2 < I_1$, следовательно, линия BC должна пройти ниже линии BC_0 , т. е. линии $I_1 = \text{const}$, и, естественно, она должна пройти через точку B с координатами d_1 и I_1 и через точку C с координатами d_2 и I_2 . Заменяя в известном соотношении $I_1 = I_2 - \Delta/l$ значение l через $l = 1000/(d_2 - d_1)$, получим

$$\Delta = \frac{I_2 - I_1}{d_2 - d_1} 1000. \quad (\text{XX-31})$$

Это выражение при $\Delta = \text{const}$ справедливо для любой точки процесса; например для точки E с координатами d и I , лежащей на линии BC , т. е.

$$\Delta = \frac{I - I_1}{d - d_1} 1000. \quad (\text{XX-32})$$

Здесь разность $(I - I_1)$ изображена на $I - d$ диаграмме отрезком eE в масштабе M_I , т. е. $eEM_I = I \cdot d$ и аналогично $d - d_1 = efM_d$.

$$\text{Тогда } \Delta = \frac{eEM_I}{efM_d} 1000 \text{ или } eE = ef \frac{\Delta}{1000} \frac{M_d}{M_I}. \quad (\text{XX-33})$$

Для построения на $I - d$ диаграмме линии BC необходимо на линии $I_1 = \text{const}$ наметить произвольную точку e , измерить расстояние от нее до линии $d_1 = \text{const}$ (отрезок ef) и затем из точки e по линии $d = \text{const}$ отложить отрезок eE , величину которого определить по уравнению (XX-33).

Отрезок eE откладываем вниз по вертикали ($\Delta < 0$). Точку B соединяем прямой с точкой E , продолжая ее до пересечения с заданной линией $\varphi = \text{const}$ и получим точку C . После этого определяем удельные расходы агента сушки и теплоты, используя формулы (XX-18) и (XX-25). Подставляя вместо $(d_2 - d_1)$ ее значение CDM_d и вместо $I_1 - I_0$ соответственно ABM_I , получим

$$l = \frac{1000}{CDM_d} \quad \text{и} \quad q = \frac{AB}{CD} 1000 \frac{M_I}{M_d}$$

При расчете сушилки, работающей на смеси воздуха с продуктами сгорания топлива, влагосодержание смеси d'_1 рассчитывают по формуле, откладывают это значение на линии шкалы влагосодержания и проводят линию $d'_1 = \text{const}$ до пересечения с изотермой t_1 , на пересечении которых находят точку B , характеризующую состояние агента сушки до поступления его в сушильную камеру. Линия AB изображает процесс смешения воздуха с продуктами сгорания топлива.

Построение процесса проводят так же, как описано выше, и определяют удельные расходы агента сушки и теплоты по формулам:

$$l = \frac{1000}{C'D'M_d} \quad \text{и} \quad q = \frac{AF}{C'D'} 1000 \frac{M_I}{M_d}$$

Для определения расхода воздуха на охлаждение зерна на линии $I_0 = \text{const}$, проведенной через точку A , намечают произвольную точку e , измеряют расстояние $e_x f_x$ от точки e до линии $d_0 = \text{const}$. Затем определяют $e_x E_x = e_x f_x \frac{\Delta_x}{1000} \cdot \frac{M_d}{M_I}$, откладывают отрезок eE от точки e вверх по линии $d = \text{const}$.

Точку A соединяют прямой с точкой E , продолжая ее до пересечения с заданной t_3 или φ_3 , и находят точку C . Из нее опускают перпенди-

куляр $C_x D_x$ на линию $d_0 = \text{const}$ и определяют расход воздуха по формуле

$$l = \frac{1000}{C_x D_x M_d}$$

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой зерно как объект сушки? 2. Что такое агент сушки?
3. Расскажите о явлении тепло- и влагообмена в зерне.

Глава XXI

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ЗЕРНА

§ 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА

Сушка — технологический процесс, который должен обеспечить сохранность и улучшить качество зерна в соответствии с его назначением. Рассмотрим некоторые особенности строения и свойств зерна, которые имеют значение для организации процесса сушки.

Строение зерна. Зерно представляет собой по природе коллоидное, по структуре — капиллярно-пористое тело и состоит из оболочек, зародыша и эндосперма. Плодовые оболочки пшеницы и ржи состоят из трех слоев плотных одревесневших клеточных стенок с большим количеством микропор капилляров и пустот, через которые пары воды легко могут проникать или удаляться.

Особенности строения зерновок овса, ячменя, риса, гречихи и проса, заключающиеся в наличии цветковых пленок, а у некоторых из них и воздушной прослойки, предопределяет своеобразный механизм внутреннего переноса влаги и ее испарения.

У овса и ячменя цветковые пленки срашены с плодовой оболочкой зерновки. Плодовая оболочка гречихи неплотно охватывает ядро, срастая с ним лишь в одной точке у основания. Размер воздушной прослойки между плодовой оболочкой и ядром колеблется в пределах 0,3 ... 0,7 мм.

Особенность анатомического строения зерновки гречихи предопределяет сравнительно легкое растрескивание ее оболочек, что необходимо учитывать при обосновании режимов сушки.

Пленка зерновки проса, плотно охватывая ядро, не срастается с ним по всей поверхности. Под пленкой имеется небольшая воздушная прослойка. Под влиянием градиентов температуры и влагосодержания, возникающих при сушке, пленка может растрескиваться, оголяя ядро, которое также легко раскалывается.

Второй слой оболочек называют семенным. Они также состоят из трех слоев и отличаются от плодовых относительно малой проницаемостью. Под семенными оболочками расположен алейроновый слой, состоящий из одного ряда толстостенных клеток. Алейроновый слой, так же как и семенная оболочка, обладает высокой гидрофильностью. Чем больше толщина алейронового слоя, тем в большем количестве зерно поглощает влагу. Основная часть зерна — эндосперм, состоящий из тонкостенных крупных клеток, заполненных в основном крахмальными зернами.

Главная часть зерна — зародыш. В отличие от оболочек и эндосперма он состоит из живых клеток, отличается наиболее сложным строением и наибольшей чувствительностью. К тому же влажность зародышевой части всегда выше средней влажности зерна в целом.

Семена зернобобовых культур (горох, вика, соя, люпин, нут) состоят из двух семядолей, зародышевого корешка, стебелька и почечки. Сверху семядоли покрыты семенной оболочкой, состоящей из клеток, плохо пропускающих влагу.

Семена масличных культур по строению резко отличаются от семян злаковых и зернобобовых культур. Семена подсолнечника заключены в плодовую оболочку — лужгу, которая обладает высокой гигроскопичностью и обеспечивает быстрое обезвоживание. Между плодовой оболочкой и ядром находится воздушная полость, которая замедляет прогрев ядра при сушке.

Форма и размеры зерен. При оценке формы обычно пользуются толщиной, шириной и длиной зерновки. Они необходимы для определения площади геометрической поверхности и объема зерновок.

Химический состав зерна. В зерне содержатся белки, углеводы, жиры, минеральные вещества, витамины и ферменты. Для сушки зерна наибольшее значение имеют не только общий химический состав, но и распределение отдельных веществ в различных его частях.

Сушка как технологический процесс вызывает перестройку всей сложной системы зерна как живого организма. Под влиянием нагрева и перемещения влаги в зерне активизируются физико-химические и биохимические процессы, вызывающие количественное и качественное изменение химических веществ, их перераспределение между анатомическими частями.

При сушке зерна происходит разрушение его структуры вследствие развития в зерне объемно-напряженного состояния, обусловленного неравномерным распределением влаги по ~~аналитическим~~ частям зерна и разной скоростью ее удаления.

Появляющиеся в процессе сушки трещины могут находиться внутри эндосперма или выходить на поверхность, при этом могут быть повреждены алейроновый слой, а затем и оболочка. Если трещины не нарушают алейроновый слой, приводящий ростковые вещества к зародышу, то посевные качества зерна не снижаются. Однако технологические,

в частности крупяные, достоинства зерна в этом случае ухудшаются, так как алейроновый слой и оболочки не могут служить надежной защитой ядра от раскалывания при переработке.

Образованию и развитию микротрещин способствует интенсивное перемещение влаги внутри зерна. Чем выше скорость перемещения влаги, тем выше интенсивность образования трещин. Градиент влаго-содержания, образующийся на поверхности зерна, в первый момент времени значителен. Влага, находящаяся в капиллярах оболочек зерна, вследствие углубления зоны испарения быстро превращается в пар. Резкое увеличение объема образующегося пара вызывает деструктивные изменения оболочек и поверхностного слоя зерна.

Границы предельно допустимых температур нагрева зерна зависят от многих факторов, в том числе от влажности зерна, степени его зрелости, сорта, состояния белкового комплекса, интенсивности теплового воздействия и скорости обезвоживания.

Изменения технологических свойств зерна могут наступать не только по причине его перегрева, но и вследствие искусственного нарушения связи влаги с твердым скелетом зерна, вызывающего перестройку микро-структуры его тканей, а в наиболее неблагоприятных случаях трещинообразование или даже раскалывание зерна. Подобно тому как скорость и продолжительность теплового воздействия влияют на состояние белкового, углеводного и липидного комплексов зерна, так и скорость извлечения влаги из зерна влияет на его качество.

Таким образом, термоустойчивость является комплексной технологической характеристикой зерна, включающей и биологическую устойчивость к тепловому воздействию, и механическую сопротивляемость внутренним разрушающим силам, возникающим под влиянием градиентов температуры и влагосодержания, и служит основой выбора методов и обоснования режимов сушки зерна различных культур.

§ 2. МЕТОДЫ СУШКИ ЗЕРНА

Интенсивность тепло- и влагообмена обусловлена в основном перепадом парциальных давлений водяных паров, определяемым перепадом температур зерна и сушильной среды, а следовательно, получением теплоты извне. Поэтому в основу классификации методов сушки положены способы передачи теплоты просушиваемому зерну.

В современных установках наиболее часто теплота передается зерну от перемещающегося агента сушки (нагретого воздуха или смеси воздуха с топочными газами), т. е. традиционным конвективным методом. При конвективной сушке зерно может находиться в состоянии плотного, неподвижного, гравитационного, движущегося, псевдооживленного, виброкипящего, падающего или взвешенного слоя.

Теплота может быть передана зерну от нагретых поверхностей, используя ее теплопроводность, кондуктивным методом. В качестве

нагретой поверхности используют трубы, обогреваемые паром, горячей водой или газом.

При искусственном уменьшении давления воздуха над высушиваемым зерном влага из него испаряется и при низких температурах. Такой метод называется вакуум-сушкой, при этом используют кондуктивный теплоподвод. С углублением вакуума снижается температура в сушильной шахте, что, в свою очередь, интенсифицирует теплопередачу от поверхности нагрева к зерну.

Теплота может сообщаться зерну посредством тепловых лучей или в результате радиации (солнечная сушка или сушка инфракрасными лучами). Этот метод называют радиационным. При инфракрасном облучении плотность теплового потока на поверхности зерна в 20 . . . 100 раз выше, чем при конвективной сушке. Возможны также нагрев и сушка в электрическом поле высокой частоты. Эти методы целесообразно использовать для предварительного нагрева зерна в сочетании с конвективной сушкой.

Контактная (сорбционная) сушка предназначена для обезвоживания влажного зерна при контакте с гигроскопическими веществами (сорбентами), например при смешивании влажного и сухого зерна. В качестве сорбентов могут служить хлористый кальций и различные отходы сельскохозяйственного и другого производства.

Наиболее перспективны методы комбинированной сушки (конвективно-контактный, конвективно-кондуктивный, конвективно-радиационный), которые используют в сушилках с рециркуляцией, с предварительным нагревом зерна.

§ 3. РЕЖИМЫ СУШКИ ЗЕРНА

Под режимами сушки понимают совокупность основных параметров процесса, определенное целенаправленное сочетание которых обуславливает интенсивность тепло- и влагообмена, обеспечивает сохранение и улучшение качества просушенного зерна. К основным параметрам относят температуру, влажность и скорость агента сушки, температуру, влажность, назначение и род культуры зерна, продолжительность сушки.

Температура агента сушки является одним из основных параметров и определяет интенсивность нагрева зерна и испарения из него влаги. Высокая температура и низкая относительная влажность подаваемого в сушилку агента сушки способствуют интенсификации процесса сушки в целом. Однако значение температуры ограничено необходимостью обеспечения сохранности и улучшения качества зерна. Высокая относительная влажность и низкая, приближающаяся к температуре зерна в сушильной шахте температура отработавшего агента сушки являются свидетельством максимального использования его сушильной способности как теплоносителя и влагопоглотителя и служат критерием экономичности процесса.

Влажность зерна оказывает существенное влияние на выбор температурных режимов сушки. Термоустойчивость зерна, характеризующая предельно допустимой температурой его нагрева, в большей степени зависит от начальной влажности: чем больше влажность зерна, тем менее оно термоустойчиво, и наоборот. Влажность зерна после сушки выбирают из условий хранения и переработки.

Для выбора температурных режимов имеет значение продолжительность процесса нагрева зерна. При обосновании режимов сушки должны приниматься во внимание особенности технологических свойств, определяемые его целевым назначением и родом культуры, способами уборки и разнокачественностью по степени зрелости.

Сушка зерна продовольственного назначения. При сушке такого зерна применяют режимы в соответствии с Инструкцией по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок. Пшеницу влажностью более 20 % и пивоваренный ячмень влажностью более 19 % в прямоточных сушилках сушат за два пропуска, а в рециркуляционных — за один. При сушке пшеницы учитывают исходное качество клейковины — крепкой, хорошей, слабой. Сушка пшеницы со слабой клейковиной при повышенной температуре приводит к уплотнению клейковины и, следовательно, к улучшению ее качества. В шахтных зерносушилках применяют в основном восходящие температурные режимы, сущность которых заключается в повышении температуры агента сушки по мере снижения влажности зерна в сушильной шахте с учетом термоустойчивости. При сушке риса и кукурузы для крахмало-паточной промышленности применяют исходный температурный режим. Это вызвано необходимостью уменьшить образование трещин в зерне, число которых особенно резко возрастает при пониженной влажности зерна, и предотвратить снижение выхода крупы и качества сырья для крахмало-паточной промышленности.

Режим сушки зависит не только от культуры, исходной влажности и качества зерна, но и от его дальнейшего назначения. Так, кукурузу, предназначенную для пищевого концентратной промышленности, сушат, используя семенные режимы. Кукурузу для крахмало-паточной промышленности сушат при более высокой температуре, а при сушке кормовой кукурузы температуру повышают еще более.

Пшеницу сильных, твердых и ценных сортов сушат в шахтных зерносушилках при пониженных температурных режимах, чтобы максимально сохранить высокое качество зерна. На хлебоприемных предприятиях, располагающих достаточной сушильной мощностью, при сушке продовольственной пшеницы с хорошей клейковиной также рекомендуется применять режим, установленный для пшеницы сильных сортов.

Снижение влажности за один пропуск в шахтных (прямоточных) сушилках не должно превышать при сушке 3 % (табл. 38), других

Вопросы для самоконтроля

1. Какие методы сушки зерна Вы знаете? 2. Расскажите о режимах сушки зерна разных культур.

Глава XXII

ТЕХНИКА СУШКИ ЗЕРНА

§ 1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЗЕРНОСУШИЛКАМ

Сушка зерна — технологический процесс. Одним из основных требований является то, что зерносушилки должны обеспечить полное сохранение, а в необходимых случаях и улучшение качества зерна в соответствии с его назначением. В связи с этим конструкция сушилки должна прежде всего обеспечивать равномерный нагрев и сушку зерна при надежном контроле температуры и влажности его в процессе сушки. При этом должны быть исключены механическое травмирование зерна, потери полноценного зерна (уноса) отработавшим агентом сушки.

Зерносушилки должны иметь достаточно высокую производительность, отвечающую требованиям бесперебойной приемки зерна и максимального сокращения сроков уборки урожая. При этом они должны быть экономичными по удельным расходам теплоты и электроэнергии, иметь возможно меньшую металлоемкость.

Зерносушилки должны обеспечивать одновременную сушку зерна с различной начальной влажностью, что позволит формировать партии поступающего зерна не по влажности, а по сортам и другим признакам, определяющим его пищевые и технологические свойства.

В случае необходимости зерносушилки должны обеспечить термическое обеззараживание зерна. Зерносушилки должны обеспечить эффективное охлаждение просушенного зерна. В связи с тем что в зерносушилках используется достаточно высокая температура, возрастают требования в части пожарной безопасности. Противопожарными правилами предписывается соблюдение чистоты в помещении, а систематическое наблюдение — за работой выпускного механизма, состоянием топки, дымовых труб, искроулавливающих устройств, выхлопных труб двигателей, электропроводки, пусковых приборов и предохранителей.

Нарушение требований техники безопасности при эксплуатации зерносушилок может привести к авариям и несчастным случаям в результате взрыва газов, ожогов, отравления газом и т. п. Поэтому для обслуживающего персонала зерносушилки должны быть снабжены инструкциями по ее эксплуатации, технике безопасности, пожарной

безопасности и производственной санитарии, они должны удовлетворять современным требованиям защиты окружающей среды от вредных выбросов. Зерносушилки должны быть оснащены системами автоматического контроля и регулирования процесса сушки и иметь высокие технико-экономические показатели работы.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕРНОСУШИЛОК

Зерносушилки классифицируют по разнообразным принципам, важнейшими из которых являются: способ подвода теплоты к просушиваемому зерну, состояние зернового слоя, конструкция сушильной (нагревательной) шахты, режим и принцип работы, конструктивное исполнение.

В большинстве современных зерносушилок используют конвективный метод сушки при различном (неподвижное, движущееся, псевдооживленное или взвешенное) состоянии зернового слоя. Используется кондуктивный способ подвода теплоты, например, в сушилках с рециркулирующей зерна, в которых теплота, подведенная к зерну конвективным путем, в ходе сушки перераспределяется в результате кондуктивного теплообмена, при смешивании рециркулирующего нагретого (сухого) и холодного (свежего) зерна.

По режиму и особенностям принципа работы сушилки делят на периодически действующие (в которых зерно загружают в сушильную шахту, высушивают до требуемой влажности без перемещения, а затем и полностью выгружают), на непрерывно действующие (в которых зерно в процессе сушки перемещается от места загрузки к месту его выгрузки), на прямоточные (в которых зерно проходит через сушильную шахту один раз) и на рециркуляционные (в которых часть просушенного зерна возвращается и смешивается со свежим поступающим на сушку зерном).

По конструктивным особенностям сушильных (нагревательных) шахт различают шахтные, рециркуляционные с высокоинтенсивными нагревательными устройствами (пневмотрубы, камеры с тормозящими элементами), барабанные, камерные и др. Кроме того, зерносушилки разделяют на стационарные и передвижные.

§ 3. ШАХТНЫЕ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Шахтная зерносушилка представляет собой одну или две вертикальные прямоугольные камеры, называемые шахтами, которые заполняются доверху просушиваемым зерном.

Стенки шахт изготовляют из сборных железобетонных панелей или металла (стали). Верхняя часть шахты является сушильной камерой, состоящей из одной или преимущественно двух, а иногда и более зон сушки; в нижней части шахты находится охлаждающая камера (зона



Рис. 101. Короба шахтной зерносушилки:

а — типа ДСП; б — РД-2х25-70

охлаждения). Над шахтами предусмотрены бункера для создания определенного запаса зерна. Высоту надсушильного бункера выбирают, исходя из условия предотвращения возможности утечки агента сушки. Для этого минимальная толщина слоя зерна около стен бункера должна быть не менее 500 мм.

Для подвода свежего и отвода отработавшего агента сушки устанавливают по всей высоте шахты так называемые короба, образующие подводящие и отводящие каналы, изготовленные из листовой стали толщиной 2 мм.

Число коробов в шахте определяют с учетом того, чтобы скорость отработавшего агента при выходе из отводящих коробов составляла в среднем 6 м/с (во избежание выдувания зерна из шахты).

Короба имеют преимущественно пятигранную форму (рис. 101). Нижняя грань (основание) в коробах отсутствует. Верхние грани короба имеют угол наклона к горизонту не менее $53 \dots 55^\circ$ для лучшего скольжения по ним зерна. Радиус закругления между верхними гранями делают небольшим (около 5 мм) во избежание задержки зерна и скопления сора на верхнем ребре коробов.

Короба со стороны подвода агента сушки открыты, а с другой закрыты. Отводящие короба, наоборот, открыты со стороны выхода отработавшего агента сушки. Подводящие и отводящие короба в боль-

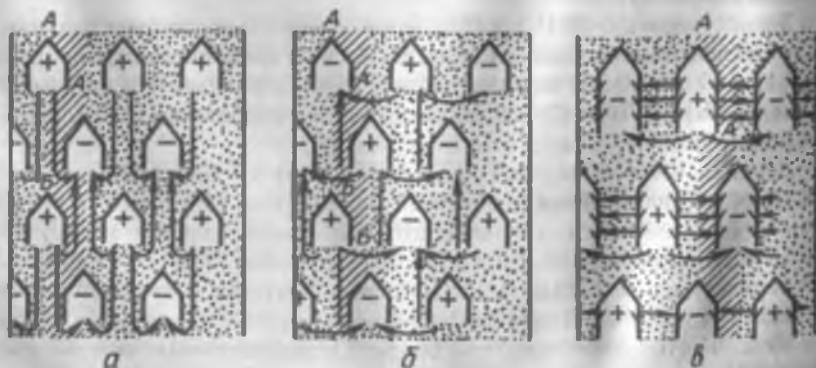


Рис. 102. Схема расположения коробов в шахте зерносушилки ("+" — подводящие, "-" — отводящие короба)

шинстве зерносушилок чередуются через один ряд (рис. 102), а в отдельных — они расположены в одном ряду через один. В некоторых зерносушилках (ЗСПЖ-8; К4-УСА) устанавливают короба-жалюзи. Чтобы слой зерна, перемешающийся около стенок шахты, лучше перемешивался, устанавливают полукороба, которые следует делать отводящими.

Для лучшего перемешивания зерна короба располагают в шахматном порядке. Число подводящих и отводящих коробов обычно одинаковое. Расстояние между коробами для прохождения зерна в наиболее узком месте обычно делают не более 90 . . . 100 мм. Ширина коробов — 100 мм, что позволяет отбирать из них пробу для определения температуры нагрева зерна.

Устройства (механизмы), регулирующие выпуск зерна из шахт и устанавливаемые под ними, называются выпускными, или разгрузочными. В шахтных зерносушилках применяют выпускные устройства непрерывного и периодического действия, а также комбинированные.

Зерносушилки ДСП (двухступенчатые) разработаны ЦНИИпром-зернопроект производительностью 12, 16, 20, 24, 32 и 50 пл.т/ч.

Зерносушилка ДСП-12 состоит из одной шахты размером в плане 3250 x 1100 мм и высотой 12 600 мм, выполненной из монолитного железобетона.

Сушилка ДСП-24 имеет две шахты (такие, как у ДСП-12), между которыми расположена воздухораспределительная камера, размеры ее такие, как у шахты. По высоте шахта разделена на сушильную шахту, имеющую 31 ряд коробов, и охладительную шахту, состоящую из 7 рядов коробов с шахматным расположением коробов с шагом по 200 мм как по вертикали, так и по горизонтали. В каждом нечетном ряду устанавливают 16 коробов, а в четном — 15 коробов и 2 полукороба. Под сушильной и охладительной шахтами находятся затворы периодического действия.

Зерносушилка ДСП-24-СН (сниженная) производительностью 20 т/ч разработана на базе сушилки ДСП-24 со снижением высоты шахты с 12 600 до 10 300 мм для установки ее в сушильно-очистительной башне (СОБ). ДСП-24-СН состоит из двух железобетонных шахт сборной конструкции.

Верхняя часть сушильной шахты (15 рядов коробов) служит первой зоной сушки. Ниже расположена вторая зона (9 рядов коробов). В охладительной шахте 14 рядов коробов. Число коробов в ряду 16 или 15 и 2 полукороба.

Зерносушилки ДСП-16 и ДСП-32 (рис. 103). Их устройство такое же, как у сушилок ДСП-12 и ДСП-24, но они имеют большее число рядов коробов. Шахты выполнены из сборных железобетонных панелей высотой 800 мм каждая. Высота шахты — 11 800 мм, размеры каждой шахты в плане — 32 500 x 1000 мм. В наружных стенках шахты сделаны люки для очистки шахты от сора, препятствующего движению

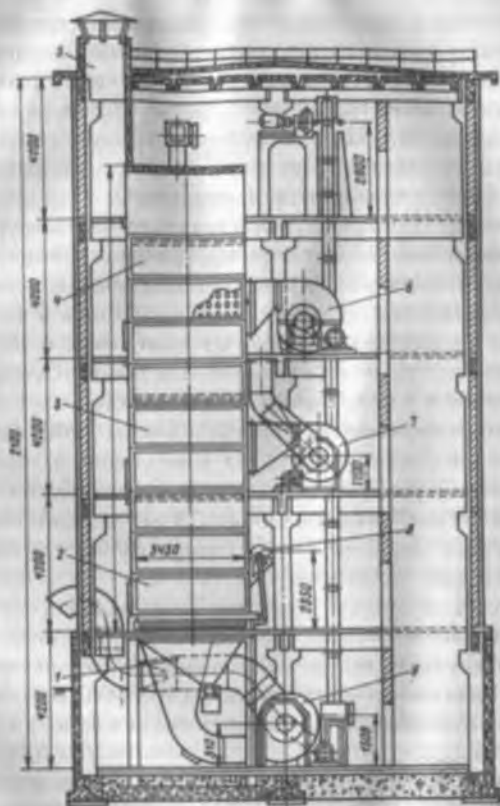


Рис. 103. Общий вид зерносушилки ДСП-32:

1 – подсушильный бункер; 2 – зона охлаждения; 3 – вторая зона сушки; 4 – первая зона сушки; 5 – отвод отработавшего агента сушки; 6 – вентилятор первой зоны сушки; 7 – вентилятор второй зоны сушки; 8 – редуктор; 9 – вентилятор зоны охлаждения

зерна. В каждой шахте установлено 55 рядов подводящих и отводящих коробов (37 рядов в сушильной шахте и 18 – в охлаждающей).

Топка работает на жидком топливе и оборудована средствами автоматизации, обеспечивающими поддержание заданной температуры агента сушки и постоянного давления топлива перед форсункой, зажигание топлива при пуске сушилки и отключение при случайном погашении факела в процессе работы.

В элеваторах Л-3 x 175 и Л-4 x 175 зерносушилки ДСП-32 устанавливаются группами по две и три. Для каждой зерносушилки предусмотрены над- и подсушильные бункера (емкостью соответственно 280 и 300 т), в которых установлены измерительные преобразователи уровня.

При отсутствии зерна в надсушильном бункере электродвигатели вентиляторов сушильной шахты отключаются. Наличие больших над- и подсушильных бункеров обеспечивает бесперебойную работу сушилки и облегчает выдерживание графика работы элеватора. Оборудование в сушилке заблокировано. Например, при остановке подсилосного конвейера прекращает работу выпускной затвор зерносушилки. Пуск электродвигателей вентиляторов дистанционный.

Зерносушилка ДСП-32-ОТ металлической конструкции, открытого типа. Устанавливают ее на открытой площадке, под навесом. Шахта состоит из семи отдельных секций, выполненных из стали толщиной 3 мм, по устройству она аналогична железобетонной шахте сушилки ДСП-32. По высоте шахты разделены на сушильную с 38 рядами коробов и охладительную шахту с 18 рядами коробов по 16 коробов в нечетном и по 15 коробов и 2 полукороба в четном ряду.

Ширина воздухораспределительной камеры 900 мм, высота — 11 570 мм. Короба изготовлены из оцинкованной стали толщиной 1,6 мм. Над шахтой расположен металлический бункер (из листовой стали толщиной 5 мм) вместимостью 23 м³ со сливной самотечной грубой для возврата лишнего зерна. Размеры бункера в плане — 3200 x 3700 мм, его высота — 2500 мм.

Наружные стенки шахты утепляют минеральной ватой и сверху закрывают кровельной сталью. Отводящие короба защищены от дождя и ветра специальными предохранительными козырьками из оцинкованной стали. Преимущество сушилки ДСП-32-ОТ состоит в том, что ее полностью изготавливают в заводских условиях и только собирают на месте установки.

Зерносушилка ДСП-50 разработана для установки ее в сушильно-очистительных башнях (СОБ). Устройство шахты такое же, как у сушилки ДСП-32, но габариты шахты сушилки ДСП-50 больше: размеры в плане — 3770 x 1200 мм, высота — 13 275 мм.

В сушильной шахте установлено по 38 рядов коробов, в охладительной шахте по 19. В каждом нечетном ряду расположено 19 коробов и в четном ряду — 18 коробов и 2 полукороба. Размер воздухораспределительной камеры в плане — 3770 x 1000 мм и высота — 13 275 мм. Устройство топки такое же, как и у сушилки ДСП-32.

Зерносушилка ЛСО-40 открытого типа, металлическая. Состоит из двух шахт, смонтированных на общей станине. Каждая из шахт, в свою очередь, включает надсушильный бункер (с конусом-рассекателем для равномерного распределения зерна по сечению бункера), первую и вторую зоны сушки, разделенные зоной отлежки, зону охлаждения (отделена от второй зоны сушки зоной отлежки — нейтральной зоной), выпускное устройство (рис. 104).

Надсушильный бункер смонтирован при помощи фланцевых соединений из пяти одинаковых по высоте секций, соответствующих размерам шахты. Зоны сушки и охлаждения шахты также монтируют

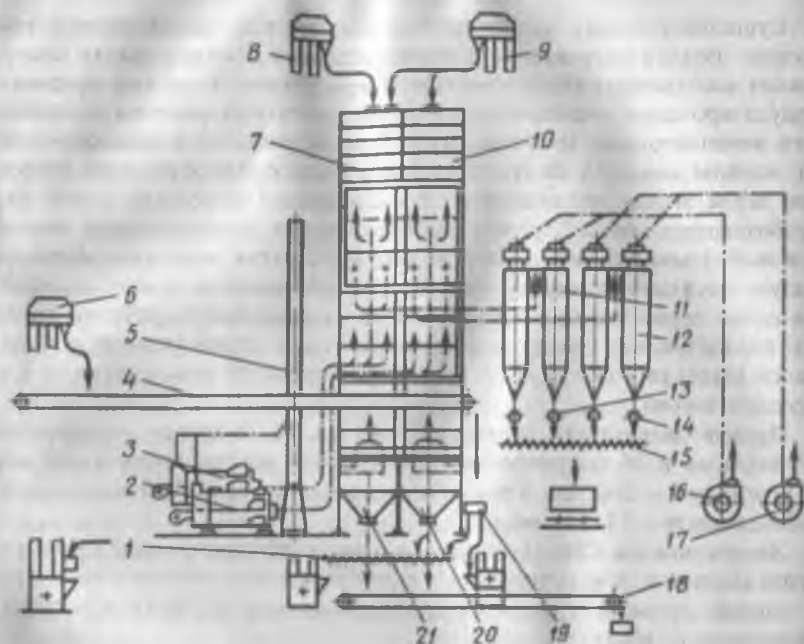


Рис. 104. Схема зерносушилки ЛСО-40:

1, 15 – винтовые конвейеры; 2, 3 – теплогенераторы; 4, 18 – конвейеры; 5 – дымоотводная труба; 6, 8, 9 – норрии; 7, 10 – шахты; 11, 12 – циклоны; 13, 14 – шишюзовые затворы; 16, 17 – вентиляторы; 19 – распределительный шкаф; 20, 21 – выпускные устройства

при помощи фланцевых соединений из одинаковых по высоте секций. Первая зона состоит из семи секций, вторая – из четырех, зона отлежки между первой и второй зонами сушки – из двух, зона охлаждения – из пяти секций. Нейтральная зона между второй зоной сушки и зоной охлаждения по высоте составляет примерно половину высоты секции. Здесь устанавливают датчики температуры зерна.

Каждая секция состоит из двух (по высоте рядов, чередующихся между собой в каждом ряду) жалюзийных подводщих и отводящих коробов. Чтобы агент сушки и воздух не попадали в зону отлежки, отверстия подводщих коробов последней заглушены.

Под каждой шахтой расположено по четыре выпускных воронки, образуемых тремя рассекателями и боковыми наклонными плоскостями. Выпускное устройство роторного типа. Под воронкой установлен роторный валик-опорожнитель с приваренными к нему ребрами. Привод валиков осуществляется при помощи цепной передачи, управление вариатором – дистанционное (с пульта управления).

Сушилка работает по принципу всасывания на чистом подогретом воздухе. Воздух нагревается в теплогенераторе. Каждую шахту обслуживают собственные теплогенератор и вентилятор. Часть атмосферного воздуха проходит последовательно (в результате разрежения, создаваемого вентилятором) теплогенератор (где нагревается в теплообменнике), каналы для подвода агента сушки в первую и вторую зоны сушки, канал зерна между подводящими и отводящими коробами, канал для отработанного агента сушки, два параллельно расположенных циклона и выбрасывается вентилятором наружу. Другая часть атмосферного воздуха последовательно проходит канал для подвода в зону охлаждения слоев зерна между подводящими и отводящими коробами, канал для отработанного воздуха и смешивается с отработанным агентом сушки. Шахта работает параллельно, а при влажности зерна свыше 19% — последовательно.

Производительность сушилки — 40 пл.т/ч. В шахте установлены 414 коробов и 36 полукоробов, шаг коробов по горизонтали 200 мм, по вертикали — 300 мм. Габариты сушилки: длина 30 000 мм, ширина 11 000, высота — 24 000 мм.

Зерносушилки СЗШ-16 и СЗШ-8 — это унифицированные сушилки, предназначенные для сушки зерна и семян, предварительно очищенных от сорной примеси (рис. 105), двухсекционные (СЗШ-8) и четырехсекционные (СЗШ-16).

Сушилка СЗШ-16 состоит из двух параллельно расположенных сушильных шахт с выпускными устройствами, двух выносных охлаждающих колонок, цилиндрической топки, работающей на жидком топливе, вентиляторов и норий.

Сушильные шахты представляют собой две однотипные секции, размещенные одна над другой, но верхние секции развернуты по отношению к нижним на угол 180° . Этим достигается изменение направления движения агента сушки в шахте, что способствует более равномерному высушиванию зерна.

В каждой секции по высоте установлены 14 рядов коробов — 7 подводящих и 7 отводящих, а в каждом ряду по 8 коробов. Шахты, расположенные на некотором расстоянии друг от друга, образуют камеру для подвода агента сушки в нижнюю часть этой камеры. Отработанный агент сушки отводят через диффузоры, находящиеся около наружных стен сушильных шахт. Диффузоры разделены на четыре части, в каждой из которых смонтирован дроссельный клапан, позволяющий регулировать расход агента сушки. Над каждой шахтой расположен надсушильный бункер, оборудованный сливной самотечной трубой для возврата излишка зерна из сушильной шахты в норию подачи сырого зерна в сушилку.

Выпускное устройство шахты состоит из неподвижной рамы с восемью лотками и подвижной каретки с восемью полками и работает в комбинированном режиме (с малой амплитудой от 4 . . . до 20 мм

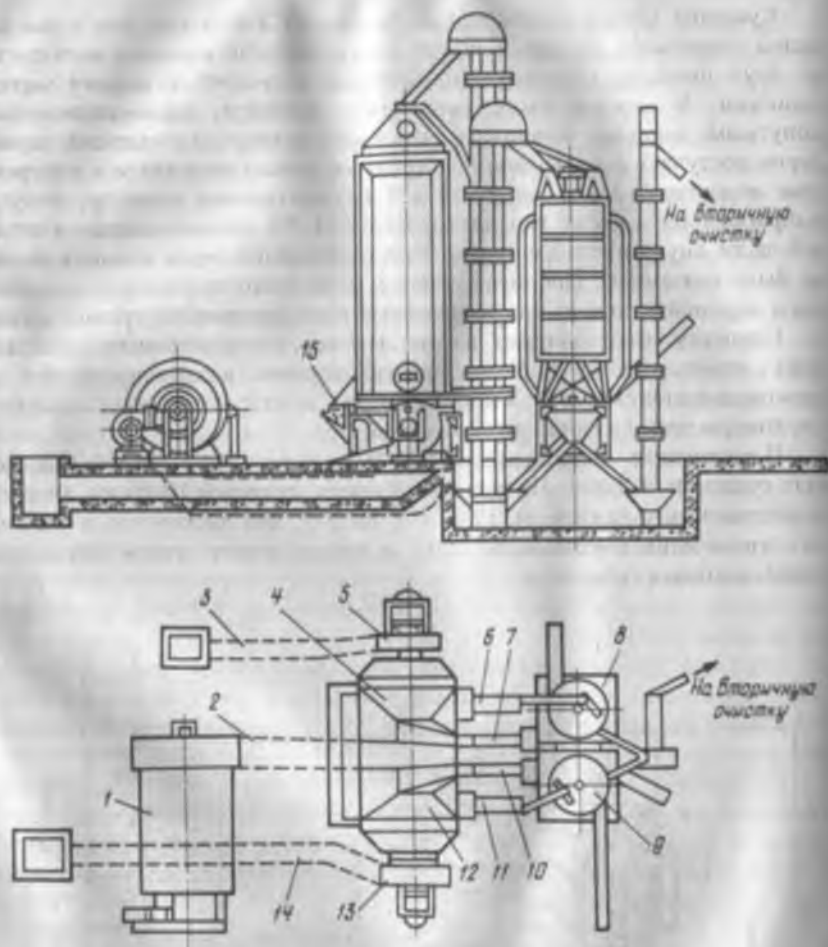


Рис. 105. Зерносушилка СЗШ-16:

1 – топка; 2 – воздуховод для агента сушки; 3, 14 – воздуховоды для отработавшего агента сушки; 4, 12 – шахты; 5, 13 – вентиляторы; 6, 7, 10, 11 – норки для подачи сырого зерна в шахты и сухого зерна в охлаждающие камеры; 8, 9 – охлаждающие камеры; 15 – выпускной механизм

в сочетании с периодическим колебанием через каждые 4 мин с большой амплитудой – 135 мм), что обеспечивает хорошую самоочищаемость шахты и предотвращает перегрев зерна. Шахты сушилки могут работать параллельно или последовательно (для зерна с высокой влажностью).

Сушилка СЗШ-8 отличается от сушилки СЗШ-16 тем, что в ней по одной сушильной секции в шахте. Охлаждающая колонка выполнена из двух цилиндров с перфорированными в средней и нижней частях стенками. В нижней части наружного цилиндра, заканчивающегося конусным днищем, установлен шлюзовой затвор для выпуска зерна. Зерно поступает в кольцевое пространство между наружным и внутренним воздухом. Затем он поступает во внутренний цилиндр, откуда выбрасывается наружу вентилятором Ц9-57 №8, установленным в верхней части внутреннего цилиндра. При охлаждении зерна колонка должна быть полностью заполнена зерном. Для этого на колонке установлены верхний и нижний измерительные преобразователи уровня зерна.

Сушилку изготавливают из стали в заводских условиях и поставляют комплектно с нориями, вентиляторами, воздухопроводами и электродвигателями. На месте сушилку монтируют и выкладывают кирпичную топку в металлическом каркасе.

Передвижная зерносушилка К4-УСА (рис. 106) разработана на базе сушилки ЗСПЖ-8. Производительность сушилки 10 пл.т/ч (производительность сушилки ЗСПЖ-8 – 8 пл.т/ч), что достигнуто в результате увеличения вместимости шахт и подачи агента сушки при сохранении основных габаритов.

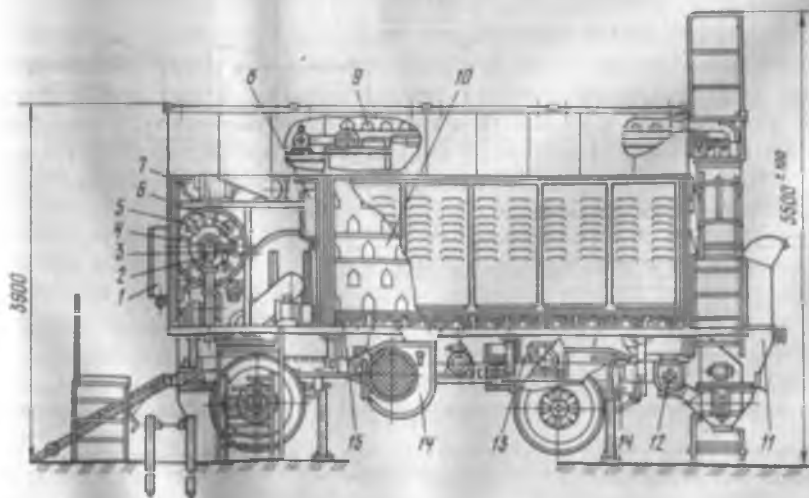


Рис. 106. Передвижная зерносушилка К4-УСА:

1 – электрошкаф; 2 – форсунка; 3 – вентилятор второй зоны; 4 – топка; 5 – электророзжиг; 6 – прибор контроля наличия факела; 7 – вентилятор первой зоны; 8 – пульт управления; 9 – ковшовый конвейер; 10 – шахта; 11 – бункер для сырого зерна; 12 – поперечный шнек; 13 – продольный шнек; 14 – вентилятор зоны охлаждения; 15 – выпускное устройство

Сушилка К4-УСА имеет ряд конструктивных отличий и преимуществ: вместимость ее шахт больше, полностью перекомпонована топка, для второй зоны сушки установлен вентилятор большой производительности — Ц9-57 № 6 вместо Ц9-57 №5. Вентиляторы первой и второй зон сушки и их приводы одинаковы и взаимозаменяемы.

Воздуховод от вентилятора первой зоны сушки до шахты расширен по всей высоте воздухораспределительной камеры, поэтому подача агента сушки более равномерна. Верхняя стенка воздухораспределительной камеры первой зоны наклонена в направлении движения агента сушки, что обеспечивает равномерное распределение его по длине шахт.

Для регулирования температуры нагрева зерна в шахтах насадка выпускного механизма выполнена от каждых двух (а не от четырех) выпускных отверстий шахт. Для повышения производительности продольных и поперечного шнеков их диаметры увеличены с 140 до 200 мм. Вместимость топливного бака возросла с 310 до 800 л, что обеспечило работу сушилки в течение смены без дополнительной заправки. Подшипники поворотных и натяжных барабанов головок и башмаков норий вынесены из корпуса барабанов наружу, что значительно улучшило условия их обслуживания. Сушить зерно можно параллельно и последовательно и методом рециркуляции (при сушке с высокой влажностью).

В каждой шахте расположено пять рядов коробов: в первой и второй зонах сушки — по два ряда коробов, а в зоне охлаждения — один ряд. При необходимости для охлаждения можно использовать два нижних ряда коробов. В каждом ряду размещено 20 коробов. Длина сушильной шахты 4180 мм, ширина 1000 и высота 1675 мм. Для повышения производительности нории частота вращения приводного барабана увеличена с 143 до 206 об/мин.

§ 4. РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Технология рециркуляционной сушки зерна основана на смешивании определенного количества сырого зерна с большим количеством сухого. Сушка осуществляется при чередовании кратковременного нагрева смеси зерна в восходящем потоке агента сушки, отлежкой нагретой смеси зерна в течение 10 . . . 15 мин с последующим охлаждением и рециркуляцией большей части просушенного зерна. Зерно при кратковременном (2 . . . 3 с) пребывании в камере нагрева при температуре агента сушки 250 . . . 380 °С нагревается до 50 . . . 60 °С.

Установившийся процесс рециркуляционной сушки включает: нагрев и частичную подсушку зерна в камере нагрева; контактный тепло- и влагообмен между сырым и сухим (рециркулирующим) зерном; промежуточное и окончательное охлаждение зерна;

частичную и многократную рециркулирующую большей части просушенного зерна.

При одном цикле нагрева, отлежки и охлаждения из зерна удаляется сравнительно небольшое количество влаги (около 1 %). Поэтому сырое зерно должно смешиваться с рециркулирующим (сухим) в таком соотношении, чтобы средневзвешенная влажность смеси зерна до сушки была бы больше средневзвешенной влажности просушенного зерна на величину снижения влажности за один цикл.

Для этого часто используют значения коэффициентов циркуляции N и рециркуляции n .

Коэффициент циркуляции определяют по формуле

$$N = \frac{\theta_p - \theta_{\text{сыр}}}{\theta_p - \theta_{\text{см}}}$$

где θ_p , $\theta_{\text{сыр}}$, $\theta_{\text{см}}$ — соответственно температура рециркулирующего зерна, сырого зерна и смеси, $^{\circ}\text{C}$.

В связи с непрерывной циркуляцией определенного количества зерна необходимо знать, какое же количество зерна продолжает циркулировать с начала процесса.

Коэффициент рециркуляции находят по формуле

$$n = G_p / G_{\text{сыр}}$$

где G_p — количество рециркулирующего зерна; $G_{\text{сыр}}$ — количество сырого зерна.

Важным условием рециркуляционной сушки зерна является повышение эффективного тепло- и влагообмена между рециркулирующим (сухим) и вновь поступающим (сырым) зерном. Интенсивность влагообмена возрастает с повышением температуры смеси зерна, с увеличением коэффициента рециркуляции и разности между влажностью сырого и рециркулирующего зерна. Наиболее интенсивен влагообмен в первые 10...15 мин отлежки смеси зерна.

Величина снижения влажности зерна за один цикл — это комплексная характеристика процесса рециркуляционной сушки, она прямо пропорционально зависит от температуры нагрева и начальной влажности сырого зерна.

Зерносушилки с рециркуляцией, получившие в настоящее время наибольшее распространение на хлебоприемных предприятиях, по конструктивному исполнению и способу нагрева зерна можно разделить на рециркуляционные с камерами нагрева и шахтные рециркуляционные (без камер нагрева).

Рециркуляционные зерносушилки с камерой нагрева зерна. Зерносушилку РД-2х25-70 изготавливают заводским способом из металла в виде отдельных стальных секций высотой 1412 мм каждая

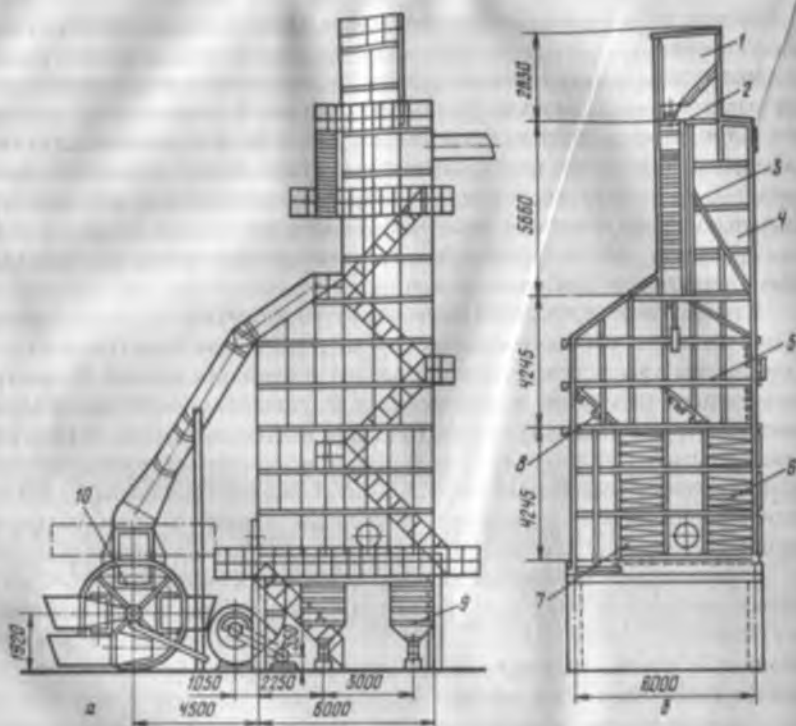


Рис. 107. Зерносушилка РД-2 х 25-70:

а – общий вид; *б* – увязка камеры нагрева, бункера тепловлагообмена и шахты охлаждения; 1 – бункер; 2 – загрузочное устройство; 3 – камера нагрева; 4 – осадочная камера; 5 – бункер тепловлагообмена; 6 – шахта промежуточного охлаждения; 7 – шахта окончательного охлаждения; 8 – днище бункера; 9 – выпускное устройство; 10 – топка

(рис. 107). Она состоит из двух одинаковых совмещенных частей, что позволяет одновременно сушить две различные партии зерна. Однако обычно зерносушилку используют для параллельной сушки.

Каждая шахта состоит из следующих основных узлов: бункера над камерой нагрева, бесприводного загрузочного устройства, камеры нагрева, тепловлагообменника, шахт промежуточного и окончательного охлаждения, воздухораспределительной камеры, осадочной камеры с циклонами, бесприводных выпускных устройств.

Две секции бункера над камерой нагрева предназначены для накопления смеси зерна, подаваемого в него норией. Бункер сварной из листовой стали размером 3000 х 2000 х 2730 мм. Стенка одной секции над осадочной камерой имеет уклон 40°. Излишки зерна из бункера направляют в камеру нагрева через два переливных патрубка сечением 200 х

х 200 мм. В нижней части бункера установлено бесприводное загрузочное устройство, которое служит для равномерной подачи зерна в камеру нагрева и образования запаса зерна в бункере, что предотвращает подсос атмосферного воздуха в камеру нагрева. Бесприводное загрузочное устройство состоит из четырех воронок с выпускными отверстиями размером 200 x 200 мм каждое. Под выпускными воронками смонтировано устройство для выпуска зерна, которое состоит из двух горизонтально расположенных рам. В каждой раме находится шесть опорных роликов для горизонтального перемещения рамы по направляющим при помощи винтового механизма.

Камера нагрева предназначена для нагрева смеси рециркулирующего и сырого зерна выходящим потоком агента сушки. Она заблокирована с осадочной камерой и состоит по высоте из четырех секций. В качестве тормозящих элементов в камере нагрева установлено 19 рядов металлических труб (стержни) Φ 27 мм с вертикальным шагом 200 мм и горизонтальным — 400 мм. В каждом ряду шесть-семь стержней, которые расположены в шахматном порядке, что позволяет равномерно распределить зерно по камере нагрева. В последнее время в качестве тормозящих элементов применяют гирлянды из свободно висящих конусов.

Тормозящие элементы должны обеспечить пребывание зерна в камере нагрева не менее 2 . . . 3 с. Для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду камера нагрева теплоизолирована стекловатой толщиной 50 мм, которая для предотвращения от механических повреждений обшита сталью толщиной 1 мм.

Осадочная камера предназначена для выделения из отработавшего агента сушки легких примесей. Она состоит из четырех секций размером 3000 x 2000 x 5000 мм и представляет собой прямоугольный бункер, переходящий в усеченную пирамиду. Внутри осадочной камеры в верхней секции установлен отражательный щит и сделано отверстие для отвода отработавшего агента сушки. В верхней части камеры смонтированы люк для обслуживания и лестница.

Теплообменник служит для выравнивания температуры и частичного перераспределения влаги между рециркулирующим и сырым зерном, поступающим на сушку, а также для выравнивания влаги и температуры в зерне. Он состоит по высоте из трех секций: размеры в плане — 6000 x 3000 мм, высота — 4240 мм, объем — 60,4 м³. Верхняя секция выполнена с уклоном 30° в обе стороны от камеры нагрева. Во избежание переполнения теплообменника зерном установлены сливные самотечные трубы, по которым излишек зерна поступает в рециркуляционную норию.

Для дистанционного контроля за температурой и уровнем зерна смонтированы терморезистор и два мембранных измерительных преобразователя МДУ-3. В верхней части теплообменника сделан люк для осмотра, очистки и ремонта. Теплообменник покрыт слоем теплоизоляции.

Шахты охлаждения предназначены как для охлаждения нагретого зерна, так и для частичного испарения влаги из зерна. Шахты одинакового размера: в плане — 3000 x 1500 мм, высотой — 4250 мм. Каждая из шахт по высоте состоит из трех звеньев, их монтируют на железнодорожных опорах. В каждой шахте размещено по 24 ряда коробов переменного сечения, установленных в шахматном порядке кассетами по два короба в каждой. Всего в шахте 52 подводящих короба и 14 полукоробов, 56 отводящих коробов и 8 полукоробов. Воздухораспределительная камера расположена со стороны шахты окончательного охлаждения. Атмосферный воздух продувают последовательно, первоначально через шахту. Внутри воздухораспределительной камеры размещен диффузор для равномерного распределения воздуха по коробам.

Для выпуска зерна из шахт установлены бесприводные выпускные устройства, которые представляют собой металлический бункер, сваренный из листовой стали толщиной 3 мм. В нем размещены конусы-рассекатели, образующие по высоте четыре лотка: в первом верхнем ряду восемь лотков, во втором — четыре, в третьем — два и в четвертом — один.

Потоки зерна с каждого двух лотков вышележащего ряда поступают в один, расположенный ниже. В каждом лотке по центру конусного выпускного отверстия установлены поворотные клапаны для регулирования выпуска зерна с левой и правой половины лотка. Клапаны поворачивают вручную посредством рукоятки, выведенной за пределы бункера и фиксируемой в определенном положении специальным стопорным болтом с гайкой. Ширина нижнего отверстия каждого лотка — 100 мм, расстояние от нижней кромки клапана до боковой стенки лотка — 50 мм, в шахте окончательного охлаждения размеры выпускного отверстия равны 300 x 300 мм, а в шахте промежуточного охлаждения — 400 x 400 мм.

Для регулирования пропускной способности сушилки в выпускном патрубке установлена двухстворчатая винтовая задвижка. Бесприводное выпускное устройство изготавливают из отдельных узлов, которые собирают на месте при установке сушилки.

Зерносушилка У2-УЗБ-50 отличается от сушилки РД-2 x 25-70 тем, что у нее надсушильный бункер, загрузочное устройство и камера нагрева не прямоугольной, а цилиндрической формы. Это улучшает распределение агента сушки в камере нагрева и сокращает расход металла.

Зерносушилка "Целинная-50" создана на базе сушилки ДСП-24-СН. Надшахтный бункер наращен по высоте до 4300 мм, вместимость увеличена до 30 т. Он выполняет функции теплообменника. Над ним установлена железобетонная камера нагрева с размерами в плане 1500 x 3200 мм и высотой 6000 мм (рис. 108).

В камере нагрева в поперечном ее направлении смонтировано 20

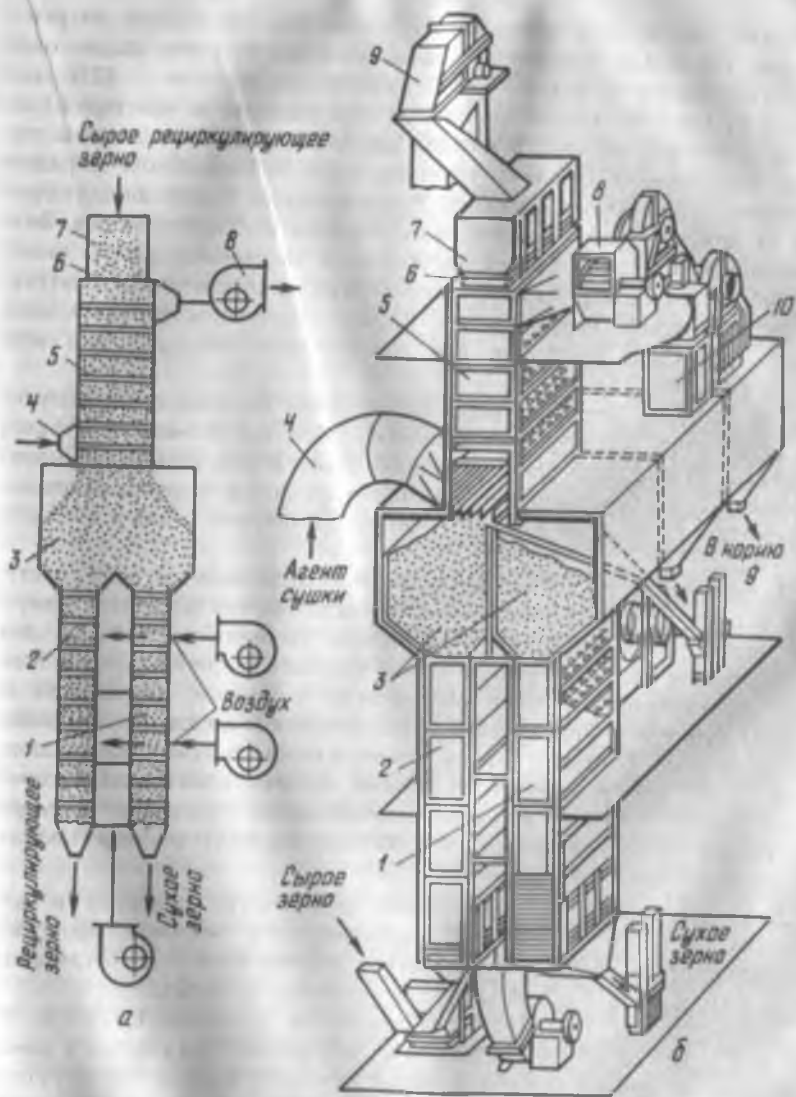


Рис. 108. Зерносушилка "Целинная-50":

a – схема; *б* – общий вид: 1 – шахта окончательного охлаждения; 2 – шахта промежуточного охлаждения; 3 – теплообменник; 4 – воздуховод; 5 – камера нагрева; 6 – затвор; 7 – бункер; 8 – вентилятор; 9 – норрия; 10 – автоматические весы

рядов труб Φ 100 мм, по семь-восемь в ряду. Шаг труб по горизонтали 400 мм, по вертикали 200 мм. Трубы каждого последующего ряда сдвинуты на 100 мм относительно предыдущего ряда. Такое размещение труб создает условия для лучшего перемешивания зерна и более равномерного распределения его по объему камеры.

В нижней боковой части камеры установлен диффузор сечением 3000 x 1000 мм для подвода агента сушки. Во избежание попадания в него зерна входное сечение диффузора перекрыто жалюзийной решеткой, а нижняя плоскость наклонена в сторону камеры нагрева на угол 45° . Отработавший агент сушки отводится в верхней части камеры через боковой диффузор, соединенный с вентилятором ЦВ-55 № 12.

Сверху на камеру нагрева установлен приемный металлический бункер вместимостью 11 м³ с размерами в плане 1000 x 3000 мм и высотой 2000 мм. В нижней его части расположен выпускной механизм непрерывного действия, при помощи которого зерно равномерно загружается в камеру нагрева. Для предотвращения переполнения бункера сделана сливная самотечная труба.

В теплообменнике также установлена сливная самотечная труба, измерительные преобразователи (датчики) уровня и температуры зерна. Преобразователи уровня зерна размещены в верхней части теплообменника, расстояния между ними по высоте 500 мм, нижний сблокирован с выпускным устройством шахты охлаждения так, что при понижении уровня зерна в теплообменнике ниже допустимого предела прекращается выпуск зерна из сушилки. Верхний измерительный преобразователь уровня предупреждает о переполнении зерном теплообменника.

Для охлаждения зерна используют шахты сушилки ДСП-24-СН, которые оставлены без каких-либо конструктивных изменений. Обе шахты переведены полностью на продувание зерна наружным воздухом. Для этого все вентиляторы переведены на подачу воздуха. Продувание шахт параллельное. Одна из шахт сушилки переведена на рециркуляционный режим работы, т. е. все зерно, выпускаемое из нее, смешивается с сырым зерном в норрии производительностью 350 т/ч и вновь направляется в приемный бункер, а из него в камеру нагрева. Другая шахта работает в обычном режиме. Выпускаемое из нее просушенное охлажденное зерно направляют в хранилище.

Сушилка "Целинная-30" выполнена в виде отдельно стоящего агрегата и состоит из следующих основных узлов: бункера над камерой нагрева, бесприводного загрузочного устройства, камеры нагрева, теплообменника, шахт окончательного и промежуточного охлаждения, бесприводных выпускных устройств, оперативного бункера, бункера отходов с циклонами ЦОЛ-18, топки. Бункер над камерой нагрева вместимостью 4,6 м³ изготовлен из листовой стали толщиной 3 мм. Решетка, установленная в верхней части бункера, предотвращает падение в камеру нагрева крупных примесей.

Камера нагрева изготовлена из трех секций. В ней смонтированы тормозящие элементы, состоящие из 25 металлических решеток, выполненных из стальных стержней Φ 16 мм, расстояние между решетками — 80 мм. В последнее время вместо металлических решеток устанавливают тормозящие элементы в виде конусов, нанизанных на гибкие подвески. Диаметр основания пустотелых конусов — 220 и 290 мм. Конусы Φ 220 мм устанавливают около стен, Φ 290 мм — в центральной части камеры, а между ними через каждые два ряда — ряд конусов Φ 220 мм. Для подвода и отвода агента сушки в нижней и верхней секциях смонтированы патрубки под углом 45° , что предотвращает попадание зерна в воздухопроводы. Агент сушки в камеру нагрева подают вентилятором Ц4-70 № 10.

Для охлаждения зерна в шахтах предусмотрены так называемые скоростные короба, позволяющие увеличить количество воздуха, подаваемого в шахту, и не допускающие выброса зерна из отводящих коробов. В каждой шахте установлено по 12 рядов коробов: шесть рядов по 15 коробов и шесть — по 14 в ряду.

Подводящие и отводящие короба чередуются через ряд. Воздух из отводящих коробов шахты окончательного охлаждения поступает в подводящие короба шахты промежуточного охлаждения. Шахты охлаждения изготовлены из двух секций с высотой по 2500 мм. Воздухораспределительные камеры первой и второй зон охлаждения расположены со стороны шахты окончательного охлаждения, а камера отработавшего воздуха — со стороны шахты промежуточного охлаждения. Для охлаждения зерна в шахты подают атмосферный воздух двумя вентиляторами Ц4-70 № 10.

Сушилка "Целинная-40" создана на базе сушилки ДСП-32 ОТ с камерой нагрева, установленной сверху, подобно сушилке "Целинная-50" (рис. 109). При реконструкции сушилки ДСП-32 ОТ шахты ее снижены по высоте на 3300 мм. Над ними установлен бункер вместимостью 40 м^3 , выполняющий роль теплообменника. Сверху теплообменника смонтирована металлическая камера прямоугольного сечения ($1200 \times 3000 \text{ мм}$) и высотой 36 000 мм с тормозящими элементами в виде решеток.

Камера предназначена для нагрева зерна. Агент сушки подводится к ней через диффузор, расположенный в нижней части под углом 45° к ней. Отработавший агент сушки выходит через диффузор, расположенный в верхней части камеры с противоположной стороны, и направляется в циклон на очистку. Затем его используют для сушки зерна в шахте.

Горизонтальная перегородка в воздухораспределительной камере, разделяющая первую и вторую зоны сушки, опущена на 400 мм. Первую зону с десятью рядами коробов используют для сушки зерна отработавшим и очищенным агентом сушки после камеры нагрева, а вторую и третью зоны с 30 рядами коробов — для охлаждения зерна

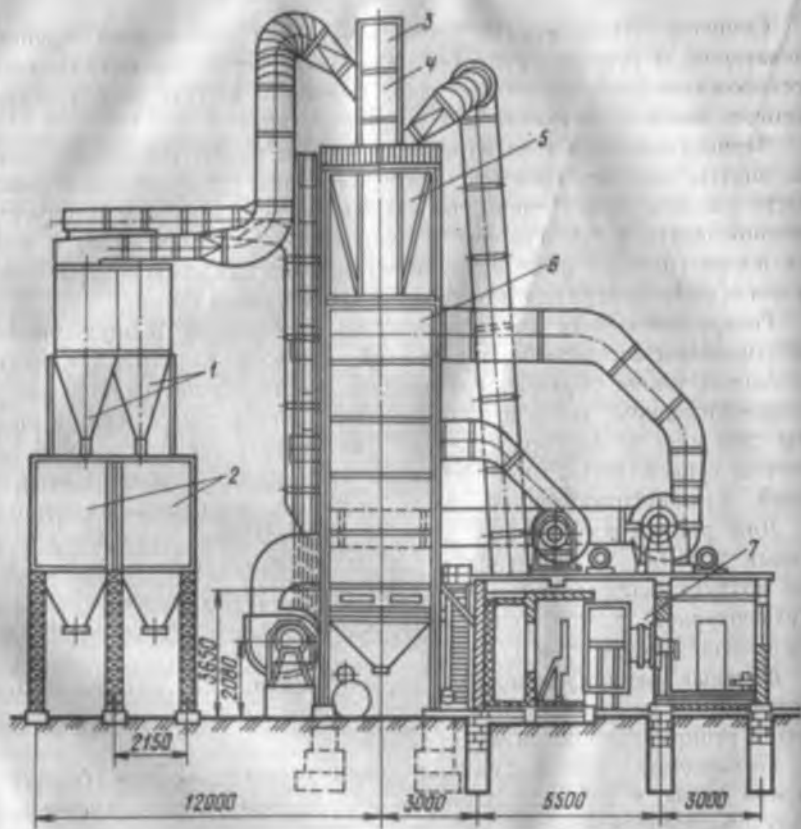


Рис. 109. Зерносушилка "Целинная-40" (на базе ДСП-32 ОТ):

1 - циклоны ЦОЛ-18; 2 - бункер для отходов; 3 - приемный бункер; 4 - камера нагрева; 5 - теплообменник; 6 - шахта; 7 - топка

наружным воздухом. Одна из шахт рециркуляционная, т. е. все зерно, выпускаемое из нее, направляют в рециркуляционную норрию, а из другой шахты просушенное и охлажденное зерно транспортируют в хранилище. Продувание шахт параллельное.

Камеру нагрева зерна и первую зону сушки обслуживает один вентилятор Ц4-70 № 12, который отсасывает агент сушки из топки через камеру нагрева и циклоны. Вентилятор установлен на специальной площадке с противоположной стороны от топки.

Зерно из рециркуляционной шахты выпускают через бесприводное устройство. Во второй шахте затвор оставлен без изменений. Вентилятор бывшей второй зоны сушки отключен от топки, и его используют для подачи наружного воздуха.

Сушилку "Целинная-100" используют для обеспечения крупных элеваторов. В сушилке сушка и охлаждение зерна осуществляются в псевдооживленном и плотном слое. Короба в шахтах этой сушилки частично заменены аэрожелобами закрытого типа.

Зерносушилка состоит из камеры нагрева рециркуляционной шахты, шахты окончательного охлаждения зерна, теплообменника, шести вентиляторов (один для камеры нагрева, два для рециркуляционной шахты и три для шахты окончательного охлаждения) и четырех норий (две для рециркуляции зерна, одна для сырого зерна и одна для осуществления двухконтурного охлаждения и топки).

Рециркуляционная шахта состоит из трех секций. В двух секциях смонтированы аэрожелоба, а в третьей — короба. Конструкция шахты выполнена таким образом, что процесс сушки осуществляется как в псевдооживленном, так и в плотном слое, причем сушка зерна в плотном слое идет за счет его продувки уже отработавшим в аэрожелобах агентом сушки. Шахта окончательного охлаждения состоит из четырех акций. Теплообменник также выполнен из отдельных секций.

Для разделения потоков зерна с аэрожелобов, находящихся на разных уровнях, и отделения зерна от отработавшего агента сушки или воздуха использован приемник зерна. Зерносушилка работает с двухконтурной схемой охлаждения зерна, для чего использована норья производительностью 175 т/ч.

Шахтные рециркуляционные зерносушилки. Они созданы путем технического перевооружения шахтных зерносушилок с целью перевода на рециркуляционный метод сушки.

Техническое перевооружение зерносушилки ДСП-32 ОТ. Для нагрева зерна в ней использована одна из шахт самой сушилки. В воздухораспределительной камере вторая горизонтальная перегородка, отделяющая зону охлаждения от зоны сушилки, демонтирована. Вместо нее установлена диагональная теплоизолированная перегородка. В одну из половин полученной камеры подают агент сушки, превращая, таким образом, эту шахту полностью в сушильную, а во вторую половину — наружный воздух. Вторая шахта остается по-прежнему сушильно-охладительной, но с увеличенной высотой охлаждающей части. Сушильная шахта реконструированной сушилки работает в рециркуляционном режиме, т. е. выпускаемое из нее зерно возвращается в рециркуляционную норью, где смешивается со свежим зерном, поступающим на сушку. Сушильно-охладительная камера работает в обычном прямоточном режиме: все выпускаемое из нее просушенное и охлажденное зерно направляют в хранилище. В связи с тем что сушильная (рециркуляционная) и сушильно-охладительная шахты работают с разной пропускной способностью, для отдельного выпуска зерна из каждой шахты установлен дополнительный командоаппарат КЭП-12У.

Вместо норьи 1-100 для сырого зерна установлена норья 1-175, и на нее направлен поток рециркулирующего зерна. Для подачи ре-

циркулирующего зерна из шахт в норию смонтирован короткий конвейер производительностью 100 т/ч. В самотечных трубах обоих подсушильных бункеров сделаны боковые отводы с реечными задвижками для передачи зерна из любой шахты на конвейер и в рециркуляционную норию (рис. 110).

Шахтная рециркуляционная зерносушилка с двумя контурами рециркуляции, которые служат для стабилизации работы сушилки и упрощения ее управления. Для этого надшахтный бункер теплообменника делят вертикально перегородкой на две части.

Для подачи зерна во вторую часть теплообменника, расположенную над шахтой охлаждения, устанавливают дополнительную норию. На самотечной трубе первой норрии монтируют один над другим два небольших бункера, к которым присоединяют самотечные трубы. Самотечную трубу от верхнего бункера направляют в оперативный бункер, а от нижнего — в теплообменник второго контура рециркуляции. Под второй норрией также монтируют небольшой бункер, к которому присоединяют самотечную трубу, направляющую поток просушенного зерна в зернохранилище.

Из оперативного бункера 2 сырое зерно поступает в норию 3, которая направляет его в теплообменник 7 до полного заполнения шахты 8 первого контура рециркуляции и самого бункера 5 до сливного устройства (рис. 111). Так как зерно из сушилки не выпускают после заполнения левой ее части, то оно через бункер и сливную самотечную трубу 5 поступает в правую часть сушилки до тех пор, пока также не заполнит ее. Затем, создавая подпор в самотечных трубах, зерно через бункер и верхнее сливное устройство 4 возвращается в оперативный бункер 2. В этой самотечной трубе, которую называют сигнальной, сделано смотровое окно. Появление зерна в сигнальной самотечной трубе свидетельствует о том, что сушилка заполнена зерном и можно включать вентиляторы и затем топку.

Закрыв задвижку 1, прекращают подачу зерна в сушилку. Не останавливая норрии 3, включают норию 19 и открывают задвижки бесприводных выпускных устройств 10 под обеими шахтами. Зерно начинает циркулировать по первому и второму контурам до тех пор, пока не будет просушено до заданной влажности.

При заданной влажности зерна во втором контуре рециркуляции открывают задвижку на заданную величину, обеспечивающую подачу свежего зерна в норию 3 с производительностью, примерно равной производительности сушилки. При поступлении свежего зерна в сушилку она начинает переполняться, и из сливной самотечной трубы 11 во втором контуре рециркуляции просушенное и охлажденное зерно направляют на очистку или непосредственно в зернохранилище.

Дальнейшее регулирование подачи зерна во все коммуникации автоматическое посредством задвижки 1. Если зерно пересушивается, подачу сырого зерна увеличивают, если недосушивается — уменьшают.

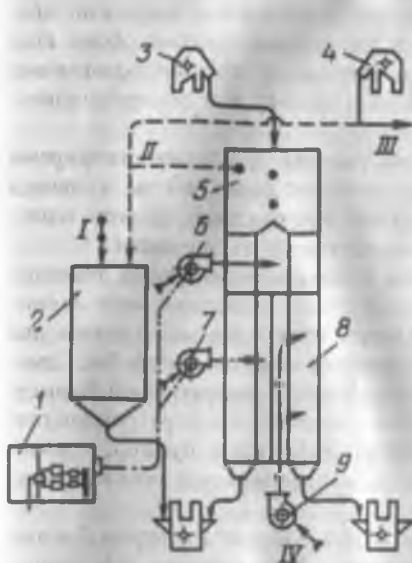


Рис. 110

Рис. 110. Схема шахтной рециркуляционной зерносушилки:

1 – топка; 2 – оперативный бункер; 3 – нория для сырого и рециркулируемого зерна; 4 – нория для сухого зерна; 5 – надшахтный бункер; 6, 7, 9 – вентиляторы; 8 – шахта окончательного охлаждения; I – сырое зерно; II – слив зерна; III – сухое зерно; IV – атмосферный воздух

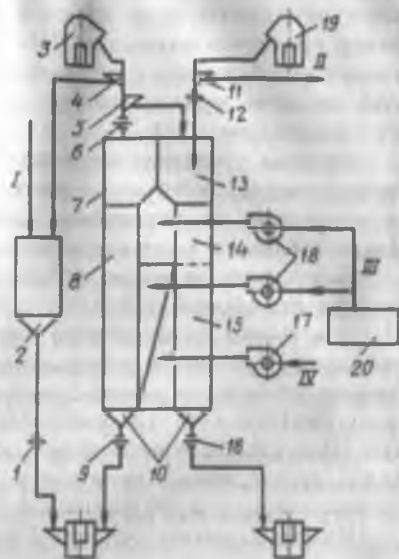


Рис. 111

Рис. 111. Схема шахтной зерносушилки с двумя контурами рециркуляции:

1, 6, 9, 12, 16 – задвижки; 2 – оперативный бункер; 3 – нория первого контура рециркуляции; 4, 5 – бункера и сливные самотечные трубы; 7 – теплообменник № 1; 8 – сушильная шахта первого контура рециркуляции; 10 – бесприводные выпускные устройства; 11 – сливная самотечная труба; 13 – теплообменник № 2; 14 – сушильная шахта второго контура рециркуляции; 15 – шахта охлаждения; 17 – вентилятор холодного воздуха; 18 – вентиляторы для подачи агента сушки; 19 – нория второго контура рециркуляции; 20 – топка; I – сырое зерно; II – сухое зерно; III – агент сушки; IV – атмосферный воздух

Рециркуляционно-изотермическая зерносушилка ЗИР-50 создана также на базе сушилки ДСП-32 ОТ. Она состоит из двух шахт – сушильно-рециркуляционной и сушильно-охладительной, надшахтного бункера, разделенного вертикальной перегородкой на две равные части, нагнетателя роторного типа с приемным бункером, двух циклонов ЦОЛ-18 с бункером, теплообменника вместимостью 40 т, оперативных накопительных бункеров вместимостью по 130 т, двух безроликовых конвейеров БТ-50 для уборки зерна из-под шахт, двух сдвоенных норий производительностью 100 т/ч, двух вентиляторов Ц4-76 № 12, один из

которых подает агент сушки в первую зону, а второй – воздух в охлаждающую зону, вентилятора Ц4-70 № 10, подающего агент сушки во вторую зону сушиллки, и вентилятора ЦП7-40 № 8, подающего агент сушки в нагреватель зерна.

При переводе сушилки ДСП-32 ОТ на рециркуляционно-изотермический способ удаляют горизонтальную перегородку в воздухораспределительной камере, разделяющей вторую зону сушилки и зону охлаждения. В ней устанавливают вертикально диагональную перегородку. Таким образом, вентилятор второй зоны сушки обслуживает только рециркуляционную шахту, а вентилятор охлаждающей зоны – сушильно-охлаждающую шахту.

Для предварительного нагрева сырого зерна рядом с сушилкой устанавливают теплообменник, представляющий собой цилиндрическую камеру, внутри которой установлен двенадцатилопастный ротор.

Зерносушилка А1-УЗМ-50 открытого типа, металлическая, производительность 50 пл. т/ч. Каждая из сушильных шахт (рис. 112) состоит из трех одинаковых по высоте секций с жалюзийными коробами переменного сечения. Причем подводящие и отводящие короба чередуются в каждом ряду и расположены в шахматном порядке.

Теплообменник по высоте разделен на три зоны, отделенные друг от друга коробами, через которые к зерну подводится атмосферный воздух, предназначенный для удаления влаги из межзернового пространства и с поверхности зерна. В верхней зоне бункера устанавливают датчики для дистанционного контроля температуры зерна и регулирования температуры агента сушки. Шахта охлаждения с подводящими и отводящими перфорированными (по всей высоте) каналами переменного сечения. Собственно подогреватель, размещенный в воздухораспределительной камере сушильных шахт, конструктивно состоит из набора наклонно расположенных пластин, по которым зерно переливается по всей высоте шахт. В бункере над подогревателем установлено загрузочное устройство, аналогичное загрузочному устройству зерносушилок типа РД и "Целинная". Внизу воздухораспределительной камеры расположен бункер для сбора и вывода подогретого зерна.

Подогреватель, сушильные шахты и шахту охлаждения обслуживают два параллельно расположенных вентилятора. Воздух, необходимый для получения агента сушки требуемой температуры, в результате разрежения, создаваемого вентилятором, проходит перед поступлением в смесительную камеру топки последовательно через шахту охлаждения, осадочную камеру.

Сырое зерно из оперативного бункера поступает в башмак норки производительностью 175 т/ч. В эту же норку подают зерно из подогревателя. Далее смесь направляют в надсушильный бункер. Опускаясь в шахте в плотном подвижном слое, зерно вначале подвергается воз-

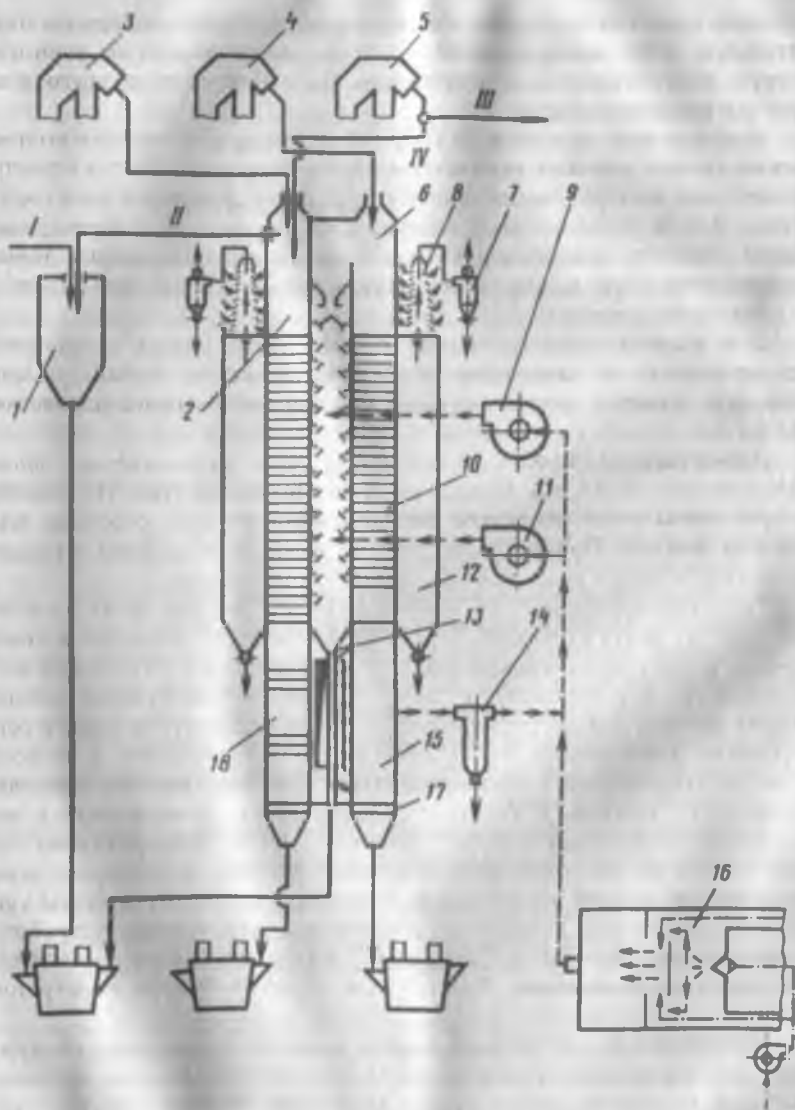


Рис. 112. Схема рециркуляционной зерносушилки А1-У3М-50:

1 - бункер сырого зерна; 2, 6 - надсушильные бункера; 3, 4, 5 - норы; 7 - циклон; 8 - жалюзийный пылеотделитель; 9, 11 - вентиляторы ВЦ-76-10Ж-02; 10 - сушильная шахта; 12, 14 - пылеосадочные камеры; 13 - напорная камера; 15 - шахта охлаждения; 16 - топка; 17 - комбинированное выпускное устройство; 18 - теплообменник (испаритель); I - сырое зерно; II - слив сырого зерна; III - слив сухого зерна; IV - сухое зерно

действию агентом сушки, прошедшим через воздухораспределительную камеру — подогреватель, затем — теплообменник (испаритель) и через бесприводное выпускное устройство поступает во вторую норию производительностью 175 т/ч. Последняя подает его в надсушильные бункера. При этом меньшая часть зерна поступает в сушильно-охладительную шахту, а большая (сливом) в подогреватель.

Из шахты охлаждения зерно через комбинированное выпускное устройство, сочетающее непрерывный и периодический выпуск, поступает в норию производительностью 100 т/ч и вновь по самотечной трубе направляется в бункер над сушильно-охладительной шахтой.

При этом излишки зерна в количестве, равном количеству поступающего сырого зерна (за вычетом испарившейся влаги), через сливное устройство в самотечной трубе направляют в зернохранилище. Габариты сушилки: длина — 6216 мм, ширина — 16 500, высота — 16 756 мм. Короба расположены в шахте с шагом по вертикали 400 мм, по горизонтали — 320 мм.

§ 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЗЕРНОСУШИЛОК

Основные технико-экономические показатели зерносушилок: производительность, величина удельных капиталовложений на 1 пл.т/ч производительности, удельные расходы топлива и электроэнергии, величина допустимого удаления влаги из зерна за один пропуск через зерносушилку, расчетная и фактическая стоимость сушки 1 пл. т зерна. Технико-экономические показатели зерносушилок зависят от многих факторов. К основным относят: состав технической базы и организацию работы по сушке зерна.

Экономическую эффективность (\mathcal{E}) различных зерносушилок и срок окупаемости (T) определяют по формулам:

$$\mathcal{E} = E_{\Gamma} / K_{\text{д}} = 1 / T; \quad T = K_{\text{д}} / E_{\Gamma},$$

где E_{Γ} — сумма годовой экономии от уменьшения себестоимости сушки за годовой период работы; $K_{\text{д}}$ — коэффициент сравнительной эффективности дополнительных капиталовложений.

При решении вопроса внедрения новой зерносушилки или реконструкции существующей на предприятии, имеющей сравнительно лучшие технико-экономические показатели, определяющим фактором будет полное сохранение качества просушенного зерна.

Значительный резерв повышения производительности зерносушилки и улучшения эффективности ее работы — это повторное использование отработавшего агента сушки. Снижению себестоимости сушки в значительной степени способствует уменьшение затрат на ремонтные работы, повышение производительности зерносушилок, их реконструкция, внедрение передовых методов сушки, обеспечение круглосуточной бесперебойной работы.

Экономическую эффективность от внедрения на хлебоприемных предприятиях реконструированных зерносушилок Э (р/пл.т) определяют

$$\mathcal{E} = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)] A,$$

где C_1 и C_2 – затраты на сушку 1 т зерна соответственно до и после реконструкции, р.; K_1 и K_2 – удельные капиталовложения на 1 т производительности зерносушилки; E_n – отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности, равный 0,15; A – масса просушенного зерна за рабочий период по внедренному варианту реконструкции, пл.т.

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений на реконструкцию или внедрение новой зерносушилки определяют по формуле

$$T = (B_2 - B_1) \mathcal{E},$$

где B_1 и B_2 – соответственно балансовая стоимость сравниваемой (базовой) и внедряемой зерносушилок, р.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы сушилок применяются на хлебоприемных предприятиях?
2. В чем их отличия?
3. Расскажите, как определяют технико-экономические показатели зерносушилок.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Машков Б. М., Хазина З. И. Справочник по качеству зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 1980, с. 335.
- Стародубцева А. И., Сергунов В. С. Практикум по хранению зерна. – М.: Агропромиздат, 1987, с. 192.
- Трисвяцкий Л. А. Хранение зерна. – М.: Агропромиздат, 1986, с. 351.
- Черковская А. Я., Желтова С. А., Немчинов М. М. Справочник по защите зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 1984, с. 143.
- Платонов П. Н., Пунков С. П., Фасмаи В. Б. Элеваторы и склады. – М.: Агропромиздат, 1987, с. 319.
- Юкиш А. Е. Элеваторная промышленность – важное звено агропромышленного комплекса. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1982, с. 60.
- Камышник Л. Д., Журавлев А. П., Ревера Н. Г. Эксплуатация рециркуляционных зерносушилок. – М.: Агропромиздат, 1986, с. 232.
- Жидко В. И., Резчиков В. А., Уколов В. С. Зерносушение и зерносушилки. – М.: Колос, 1982, с. 239.
- Малин Н. И. Справочник по сушке зерна. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
- Мельник Б. Е. Активное вентилирование зерна. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.

<i>Предисловие</i>	3
РАЗДЕЛ. ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ	4
Глава I. Задачи хранения зерна и зерновых продуктов	4
Глава II. Физические свойства зерновых масс и зерновых продуктов	5
1. Состояние зерна, поступающего на хранение	5
2. Общая характеристика зерновой массы	7
3. Сыпучесть и самосортирование зерновых масс	8
4. Скважистость зерновой массы	10
5. Сорбционные свойства зерновой массы	10
6. Теплофизические и массообменные свойства зерновой массы	15
§ 7. Физические свойства муки и крупы	17
Глава III. Физиологические процессы, происходящие в зерне и семенах	18
1. Общая характеристика физиологических процессов	18
2. Дыхание	19
3. Факторы, влияющие на интенсивность дыхания	21
4. Послеуборочное дозревание	24
5. Прорастание зерна	27
Глава IV. Значение микроорганизмов при хранении зерновых масс	27
1. Происхождение микрофлоры	27
2. Классификация и характеристика микрофлоры	28
3. Условия, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов	34
§ 4. Изменение состава микроорганизмов при хранении зерновой массы и их воздействие на зерновую массу	38
Глава V. Вредители хлебных запасов	42
1. Общая характеристика вредителей	42
2. Клещи	43
3. Насекомые	48
4. Мышевидные грызуны и птицы	64
5. Влияние условий окружающей среды на жизнедеятельность насекомых и клещей	65

Глава VI. Меры борьбы с вредителями хлебных запасов	71
§ 1. Классификация мер борьбы с вредителями хлебных запасов. Источники и объекты заражения	71
§ 2. Мероприятия, направленные на борьбу с вредителями	72
Глава VII. Самосогревание и слеживание зерновых масс при хранении	78
§ 1. Сущность процесса самосогревания	78
§ 2. Условия, способствующие возникновению и развитию процесса самосогревания	80
§ 3. Виды самосогревания	82
§ 4. Самосогревание свежесобранного зерна и зерна с пониженной влажностью при хранении	85
§ 5. Изменение качества и потери в массе зерна при самосогревании	86
§ 6. Слеживание зерновых масс	89
Глава VIII. Процессы, происходящие в муке, крупе при хранении	90
§ 1. Характеристика процессов, происходящих в муке	90
§ 2. Процессы, происходящие в крупе	94
§ 3. Характеристика режимов хранения	95
Глава IX. Технологические принципы организации приемки, размещения и хранения зерна и зерновых продуктов	100
§ 1. Приемка зерна	100
§ 2. Размещение зерна в хранилищах	102
§ 3. Наблюдение за зерном при хранении	103
§ 4. Особенности приемки, размещения и хранения семенного зерна	105
II РАЗДЕЛ. ЭЛЕВАТОРЫ И СКЛАДЫ	108
Глава X. Структура элеваторной промышленности	108
§ 1. Характеристика хлебоприемных предприятий	108
§ 2. Склады для зерна и зерновых продуктов	112
§ 3. Классификация зернохранилищ	113
§ 4. Требования, предъявляемые к зернохранилищам	114
Глава XI. Участок для строительства. Генеральный план предприятия	115
§ 1. Требования, предъявляемые к участку для строительства	115
§ 2. Генеральный план предприятия	118
§ 3. Автомобильные дороги, железнодорожные и водные пути, технико-экономические показатели генеральных планов	122
Глава XII. Послеуборочная обработка зерна	126
§ 1. Сущность и общая характеристика послеуборочной обработки зерна	126
§ 2. Часовые графики и технологические карты приемки и обработки зерна	127
§ 3. Классификация технологических линий для приемки и обработки зерна в потоке	131
§ 4. Аналитическая оценка количества зерна, поступающего на послеуборочную обработку	135
	365

	§ 5. Определение вместимости накопительных силосов	139
	§ 6. Определение производительности и эффективности работы оборудования технологических линий	144
	§ 7. Расчет оборудования и силосов при приемке и обработке зерна в потоке	154
Глава XIII. Оперативный расчет работы элеватора		162
	1. Общие положения	162
	2. Графики внутренних процессов	166
	3. График суточной работы элеватора	175
	4. Определение производительности технологических линий элеватора с учетом лимитирующего оборудования	180
	§ 5. Расчет оборудования при помощи имитационного моделирования	183
Глава XIV. Склады для зерна и механизированные башни		190
	§ 1. Классификация и основные показатели зерновых складов	190
	2. Основные элементы складов	192
	3. Типы складов и их механизация	195
	4. Механизированные башни	202
Глава XV. Элеваторы		208
	1. Технологическая схема элеватора	208
	2. Рабочие здания элеваторов	211
	3. Размещение транспортного и технологического оборудования	216
	4. Силосные корпуса	220
	5. Приемные устройства элеваторов	230
	6. Отпускные устройства элеваторов	239
	7. Узлы рабочего здания с силосными корпусами и приемно-отпускными устройствами	243
	8. Устройства для обработки и хранения отходов	245
	9. Специальные устройства элеваторов	248
	§ 10. Диспетчеризация управления технологическими операциями	253
Глава XVI. Технологические особенности элеваторов		258
	1. Заготовительные элеваторы	258
	2. Базисные и перевалочные элеваторы	270
	3. Производственные и портовые элеваторы	272
Глава XVII. Склады для хранения продуктов переработки зерна		280
	1. Склады для хранения муки и крупы в таре	280
	2. Бестарные хранилища для продуктов переработки зерна	283
Глава XVIII. Эксплуатация хлебоприемных предприятий		288
	§ 1. Организация технологического процесса на предприятиях	288
	2. Организация приемки зерна и его отгрузки с предприятий	289
	3. Обработка зерна на предприятиях	290
	4. Особенности работы с зерном в силосах из сборного железобетона и в металлических зернохранилищах	292
	§ 5. Организация и проведение ремонтных работ	293

6. Взрывопожаробезопасность	294
7. Техника безопасности, производственная санитария и охрана окружающей среды	295
III РАЗДЕЛ. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА СУШКИ ЗЕРНА	297
Глава XIX. Активное вентилирование зерна	297
1. Виды активного вентилирования зерна	297
2. Технология активного вентилирования зерна	298
3. Техника активного вентилирования зерна	305
4. Техничко-экономические показатели установок для активного вентилирования зерна	316
Глава XX. Основы теории сушки зерна	317
1. Общие положения	317
2. Влажное зерно как объект сушки	317
3. Влажный воздух как агент сушки	319
4. Тепло- и влагообмен в процессе сушки зерна	323
5. Основы расчета процесса сушки зерна	325
Глава XXI. Технология сушки зерна	331
1. Технологические свойства зерна	331
2. Методы сушки зерна	333
3. Режимы сушки зерна	334
Глава XXII. Техника сушки зерна	338
1. Требования, предъявляемые к зерносушилкам	338
2. Классификация зерносушилок	339
3. Шахтные зерносушилки	339
4. Рециркуляционные зерносушилки	348
5. Техничко-экономические показатели работы зерносушилок	362
Список рекомендуемой литературы	363

Учебное издание

**ПУНКОВ СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ
СТАРОДУБЦЕВА АННА ИОСИФОВНА**

**ХРАНЕНИЕ ЗЕРНА,
ЭЛЕВАТОРНО-СКЛАДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО
И ЗЕРНОСУШЕНИЕ**

Зав. редакцией *Л. М. Богатая*
Художественный редактор *С. А. Болоболов*
Технический редактор *И. Г. Гоголевская*
Корректор *Т. Т. Талдыкина*

ИБ № 6228

Сдано в набор 01.11.89. Подписано в печать 08.04.90. Т-01054. Формат 60 x 88¹/₁₆.
Бумага офсетная № 2. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,54.
Усл. кр.-отт. 22,54. Уч.-изд. л. 24,39. Изд. № 161. Тираж 6500 экз. Заказ № 333.
Цена 1 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6,
Москва, Б-78, ул. Садовая-Спаская, 18.

Московская типография № 8 Государственного комитета СССР по печати. 101898,
Москва, Центр, Хохловский пер., 7.

