

ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**О.Н. ЧЕБОТАРЕВ, А.Ю. ШАЗЗО,
Я.Ф. МАРТЫНЕНКО**

ТЕХНОЛОГИЯ

МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ



Рецензенты:

- зав. каф. технологии переработки зерна Воронежской Государственной технологической академии *Шевцов А.А.*
- заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор *Щербаков В.Г.*

Чеботарев О.Н., Шаззо А.Ю., Мартыненко Я.Ф.

Ч 34 Технология муки, крупы и комбикормов. — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. — 688 с. (Серия «Технологии пищевых производств»)

Изложены общие сведения о сырье мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов. Оценено влияние анатомического строения, физико-химических, биохимических, структурно-механических и теплофизических свойств на технологические свойства сырья и ведение технологического процесса.

Приведены сведения об основных процессах при производстве муки, крупы и комбикормов. Изложены принципы построения и ведения различных помолов и технологий производства отдельных видов круп и комбикормов. Приведены общие сведения о контроле и управлении технологическими процессами на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология хранения и переработки зерна», а также инженерно-технических работников мельниц, крупяных и комбикормовых заводов.

ISBN 5-461-00015-0

ББК 36.822

© Чеботарев О.Н., Шаззо А.Ю.,

Мартыненко Я.Ф., 2004

© Оформление: Издательский центр «МарТ», 2004

© Оформление: ИКЦ «МарТ», 2004

ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке материала рукописи авторы использовали опыт многолетнего преподавания спецдисциплины «Технология муки, крупы и комбикормов» в Кубанском государственном технологическом университете студентам специальности 27.01 — Технология хранения и переработки зерна по очной и заочной формам образования, а также опыт практической работы на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах России, Украины на различных инженерных и руководящих должностях.

Основной вывод, к которому пришли авторы: учебный материал для подготовки технологов к эффективному управлению сложным многофакторным процессом на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах должен разумно сочетать фундаментальные теоретические знания и необходимые практические рекомендации. Последнее, по нашему мнению, должно подготовить обучаемого к решению различной сложности технологических задач. Другими словами, знание должно беспрепятственно перейти в умение.

Преподавателям специальных дисциплин вузов хорошо известно, что студента даже с хорошей теоретической подготовкой ставят в тупик вопросы, при ответе на которые необходимо проявить умение. Это все задачи, связанные с оценкой эффективности различных операций по данным материального баланса, или ситуационные задачи, когда необходимо проявить умение по устранению различных нарушений в ведении технологического процесса.

Материал практически всех без исключения учебников и учебных пособий, в том числе и Правил организации и ведения технологического процесса на мельницах, крупяных и комбикормовых заводах (основные справочники технологов) построен одинаково. Недоступны для понимания не только студентам, но и большинству технологов, не имеющих опыта практической работы в технологическом цехе, графическая интерпретация технологии (технологическая схема) и краткая информация о механико-кинематических и технологических параметрах систем и режимах работы в виде таблиц. Информация о причинах принятия того или иного решения, например, о предельном, минимальном или максимальном количестве систем, о последовательности их применения, о способе подбора сит на этапах сортирования, о направлении продуктов, схемах сортирования, или отсутствует, или скрыта таким образом, что требуется весь комплекс знаний для расшифровки информации. Поэтому пользоваться такой информацией студентам всех уровней обучения сложно. Порой кажется, что знания нарочно скрываются от обучаемого.

Возможно, это восходит к истокам одной из древнейших профессий, когда крупчатник (технолог на мельнице), часто иноземец, тщательно скрывал свои профессиональные действия, создавая себе ореол кудесника. Отсюда и высокая оценка результатов его труда (зарплата некоторых высококлассных крупчатников до революции была сравнима с генерал-губернаторской). Нужны были годы, чтобы, находясь рядом с мастером, методом проб и ошибок постичь тайны профессии.

Отсюда вывод — форма подачи материала в виде научной монографии для учебника или учебного пособия малоэффективна. Обучаемый должен иметь возможность самостоятельно участвовать в принятии решений по определенной проблеме. С нашей точки зрения, наиболее приемлемая форма подачи учебного материала — постановка проблемы, в которой поясняется необходимость той или иной операции, затем указываются ожидаемый результат и средства для его достижения. Обязателен вывод. Большую помощь при освоении учебного материала могут оказать набор правильно подобранных вопросов, ситуационных задач с ключом к их решению.

Авторы надеются, что данный материал поможет студентам вуза, слушателям факультетов и курсов повышения квалификации, начинающему технологу при получении знаний и навыков сложной профессии, какой является профессия технолога на мукомольном, крупяном и комбикормовых заводах.

ВВЕДЕНИЕ

§1. Общие сведения о технологическом процессе и готовой продукции

Технология (от греческого *techné* — искусство, мастерство, умение; *logos* — слово, учение) — совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции.

Обычно технологический процесс — это сочетание в определенной последовательности физических или других воздействий на сырье, что приводит к изменению его свойств или состояния в процессе получения готовой продукции. На мельничных, крупяных и комбикормовых заводах в результате ведения технологического процесса получают основную, побочную продукцию и отходы технологии. Основная продукция мукомольных заводов — мука, крупяных — крупа, комбикормовых — комбикорма. Очевидно, что технология муки, крупы и комбикормов как научная и учебная дисциплина изучает наиболее рациональные способы переработки зернового и другого сырья в муку, крупу и комбикорма.

Мука — порошкообразный продукт в основном из зерна пшеницы и ржи со сложным химическим составом, потому что в нее могут попадать различные по химическому составу и физическим свойствам части зерна — от грубых, окрашенных в различные оттенки коричневого цвета оболочек, до белого цвета частиц эндосперма.

Если технологический процесс на мельнице построен таким образом, что в муку попадает в основном крахмалистый эндосперм с минимальным количеством оболочек, то получают сортовую муку. Чем меньше темноокрашенных оболочек попадает в муку, тем выше ее сорт. По химическому составу сортовая мука состоит из 9–15 % белка, 70–80 % крахмала и небольшого содержания жиров, витаминов, микроэлементов, клетчатки и т. п.

Если технологический процесс на мельнице построить таким образом, что в муку измельчаются все анатомические части зерна (оболочки, алейроновый слой, эндосперм, зародыш), а в качестве побочного продукта отбирают не более 1–2 % периферийной части зерна — оболочек, то получают обойную муку. По своему химическому составу обойная мука практически повторяет химический состав зерна.

Основным продуктом крупяной технологии является крупа. Это зерно крупяной культуры, целое или дробленое, частично или полностью освобожденное от наружных, внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша. Крупа получается в технологическом процессе, когда с зерна крупяной культуры последовательно удаляются нежелательные в

готовой продукции грубые периферийные части при сохранении цельности ядра или внутренней части зерна.

Если технологический процесс на производстве построить таким образом, что готовая крупа после придания ей пластического состояния плющится до толщины 0,3–0,5 мм, то получают пищевые хлопья или крупу плющеную. Благодаря водно-тепловой обработке крупа плющенная и хлопья требуют меньшего времени для приготовления пищи и хорошо усвояемы. Технология крупы также изучает способы получения искусственных круп. Последние получают прессованием из теста, приготовленного из смеси муки различных зерновых культур, обогащенного витаминами, микроэлементами, белками и т. д. Прессованные частицы, форма и размеры которых зависят от конструкции матрицы пресса, сушат до оптимальной влажности.

Комбикормовые заводы вырабатывают комбикорма.

Комбикорма — однородная смесь очищенных и измельченных в необходимой крупности различных кормовых средств и биологически активных веществ, составленная с учетом научно обоснованных норм ввода и обеспечивающая полноценное кормление сельскохозяйственных животных.

Комбикорм должен содержать не менее трех различных по своей природе видов кормовых средств, не считая минеральных и других добавок, должен удовлетворять потребность животных в углеводах, протеине, минеральных веществах, витаминах.

Предприятия комбикормовой промышленности вырабатывают:

- ♦ комбикорма полнорационные (ПК);
- ♦ комбикорма концентраты (КК);
- ♦ белково-витаминные добавки (БВД);
- ♦ премиксы (П);
- ♦ кормовые смеси;
- ♦ ячмень кормовой шелушенный;
- ♦ овес кормовой шелушенный;
- ♦ компоненты зерновые экструдированные;
- ♦ компоненты зерновые плющенные;
- ♦ дерть.

В последнее время в связи с распространением числа организаций, АО и предприятий, вырабатывающих комбикормовую продукцию, а также с увеличением импорта различных кормов и кормовых добавок на рынке появились новые виды продукции:

- ♦ корма (сухие) для непродуктивных животных;
- ♦ белковые концентраты;
- ♦ белково-минерально-витаминные добавки;
- ♦ витаминные добавки (смеси);
- ♦ минеральные добавки (смеси);
- ♦ концентрированные добавки;
- ♦ кормовые добавки и др.

Комбикорма вырабатывают в рассыпном, гранулированном виде и в виде крупки из гранул, остальные виды продукции — в рассыпном виде.

Полнорационный комбикорм — комбикорм, полностью обеспечивающий потребность животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах. Он полно-

стью обеспечивает кормовой рацион животного и может скармливаться без добавления других кормов.

В полнорационные брикетированные комбикорма для лошадей добавляют сено и мелассу.

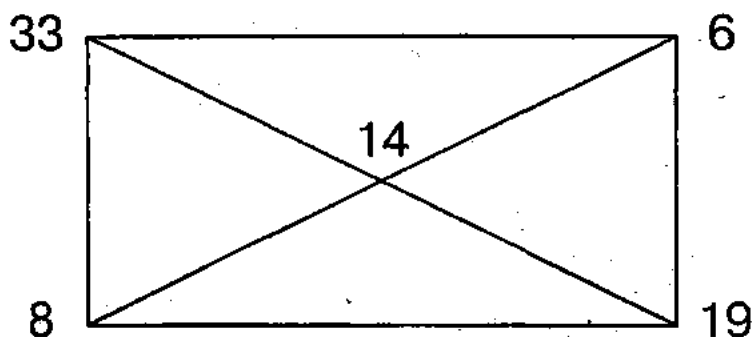
Для производства комбикормов используют различные кормовые средства, а также БВД, премиксы, карбамидные концентраты, АВД на основе карбамидного концентрата, вырабатываемые на специализированных комбикормовых заводах.

Кормовое средство, используемое для производства комбикормов и БВД, получило название — комбикормовое сырье.

Комбикорм концентрат — комбикорм с повышенным содержанием протеина, минеральных и биологически активных веществ, скармливаемый в дополнение к основному рациону с зерновыми, сочными или грубыми кормами для обеспечения биологически полноценного кормления животных.

Белково-витаминная добавка — БВД — однородная смесь измельченных до необходимой крупности высокобелковых, минеральных кормовых средств и биологически активных веществ, вырабатываемая по научно-обоснованным рецептам и предназначенная для производства комбикормов у потребителя на основе имеющегося кормового зерна.

В состав БВД входят: высокобелковые корма (жмых, шроты, дрожжи кормовые, рыбная мука и др.), минеральные вещества (мел, соль поваренная), витамины (А, В₂, В₃, Д₂, РР, В₁₂, холин хлорид и др.), антибиотики (биомицин витаминизированный кормовой — БВКК, биовит-40, тетрацилин и др.), микроэлементы (соли марганца, цинка, кобальта, железа, меди и др.). Изготавливают БВД на комбикормовых заводах и используют на межхозяйственных комбикормовых предприятиях или же непосредственно в животноводческих хозяйствах для производства полнорационных комбикормов на базе местного концентрированного сырья. При выработке полнорационного комбикорма на межхозяйственных предприятиях с использованием БВД промышленного производства и местного зернового сырья расчет количественного соотношения зерновых компонентов и БВД в комбикормах производят методом прямоугольника.



В центре прямоугольника на пересечении диагоналей указывается процент протеина в полученной смеси. В верхнем левом углу обозначается процент протеина в БВД, в нижнем левом углу — содержание протеина в зерновой смеси. Из большей величины по диагонали вычитается число, стоящее в центре прямоугольника, и полученный результат записывают в противоположном правом нижнем конце этой диагонали. Затем из числа, стоящего в центре, вычитается число, показывающее содержание протеина в зер-

новой смеси (левый нижний угол). Полученный результат записывается в верхнем правом углу. Читая разницу по вертикали, находим, что надо взять 6 частей БВД и 19 частей зерновой смеси для получения комбикорма, содержащего 14 % протеина.

$(6 + 19 = 25; 100 : 25 = 4; 6 \times 4 = 24 \% \text{ — БВД}; 19 \times 4 = 76 \% \text{ — зерна}).$

Премикс — однородная смесь измельченных до необходимой крупности биологически-активных веществ и наполнителя, используемая для обогащения комбикормов и БВД.

Наполнитель премиксов — компонент комбикормов, применяемый в качестве среды для равномерного распределения в ней биологически активных веществ и обеспечивающий наилучшую эффективность смешивания премикса с комбикормами.

Компонент комбикорма — технологически подготовленная для дозирования составная часть комбикорма, добавки или премикса.

Кормовые смеси — однородный продукт, состоящий из кормовых средств, используемый в кормлении животных, в котором не содержится полного набора питательных веществ. Как правило, это смесь, состоящая из трех-четырех компонентов, в основном отходов зерноперерабатывающих предприятий и некоторых других добавок. Скармливают ее крупному рогатому скоту и овцам.

Комбикорма — концентраты, полнорационные комбикорма и БВД обогащают биологически активными веществами путем введения в их состав премиксов.

Процесс ввода в комбикорма премиксов или обогатительных смесей получил название обогащения комбикормов, а полученные таким образом комбикорма — обогащенные комбикорма.

В комбикорма, предназначенные для жвачных животных, вводят карбамид или карбамидный концентрат.

Карбамидный концентрат — кормовой продукт в виде крупки, получаемой путем обработки в экструдерах однородной смеси измельченного зерна, карбамида и бентонита, составленной по утвержденным рецептам и последующего измельчения.

Карбамид в составе карбамидного концентрата за счет обработки в экструдере находится в физически связанном состоянии с зерновыми компонентами и бентонитом. Такой продукт характеризуется отсутствием самосортирования (расслоения), более медленной скоростью высвобождения аммиака в желудке животного, пониженной токсичностью по сравнению с обычными кормовыми смесями, содержащими карбамид.

Карбамидный концентрат содержит 40–80 % сырого протеина (протеинового эквивалента) и включается в состав БВД, комбикормов, кормосмесей и рационов для жвачных животных в качестве заменителя натуральных белковых компонентов.

Амидо-витаминная добавка (АВД) на основе карбамидного концентрата представляет собой однородную смесь измельченных до требуемой крупности карбамидного концентрата, отрубей, соли поваренной, премикса и других компонентов, вырабатываемую по утвержденным рецептам и предназначенную для производства комбикормов и кормовых смесей для жвачных животных.

Заменитель цельного молока (ЗЦМ) — сложная, обладающая высокой питательной ценностью кормовая смесь, заменяющая в рационе телят цельное молоко.

Цельное молоко содержит более 100 различных питательных веществ, в том числе 20 аминокислот, 29 жирных кислот, 26 витаминов, 30 микроэлементов и другие вещества.

Питательная ценность комбикормов зависит не только от набора компонентов, но также и от правильного соотношения между питательными веществами, содержащимися в них.

Подбирать корма для составления комбикорма следует с таким расчетом, чтобы в смеси были все питательные вещества в необходимом количестве и правильном соотношении.

Гранулированный комбикорм — комбикорм в виде плотных комочков определенной формы и размеров.

Брикетируемый комбикорм — комбикорм в виде плиток геометрически правильной формы определенных размеров.

Комбикормовая крупка — продукт, полученный измельчением гранулированного комбикорма.

Комбикормовая крошка — продукт, образующийся при разрушении гранулированных, брикетированных комбикормов и комбикормовой крупки в процессе их производства, транспортирования и хранения.

Стартовый комбикорм — комбикорм для молодняка животных в первые периоды его жизни.

Белковые концентраты, белково-минерально-витаминные добавки и т. п. — однородные смеси соответствующих названию кормовых средств, вырабатываемые по научно обоснованным рецептам, используемые для обогащения комбикормов и рационов.

Минеральная добавка — смесь кормовых средств, составленная преимущественно из минеральных веществ, вырабатываемая по рецептам, согласованным с потребителем и используемая для минеральной подкормки животных.

Биологически активные вещества — соли микроэлементов, витамины, кормовые аминокислоты, ферментные и лекарственные препараты и др. вещества, вводимые в научно обоснованных нормах в состав премиксов с последующим использованием в комбикормах.

Мультиэнзимная композиция МЭК-СК-1, МЭК-СК-2 — комплексный препарат ферментов гидролитического действия, содержащий целлюлолитические, ксилоаназные, амилолитические, протеолитические, эндо- и экзо- глюконазные и другие ферменты. Вводят в премиксы и в комбикорм как и другие биологически активные вещества.

Кормовые добавки — вещества, предназначенные для достижения лучших результатов в кормлении с учетом требований физиологии питания животных, а также улучшения органолептических показателей (вкуса, запаха и т. п.) корма или для технологических целей.

Используются для производства комбикормов, белково-витаминных, минеральных и других добавок.

Предварительная смесь — смесь нескольких видов сырья составляется для технологических целей и не предназначена для использования в кормлении животных.

Комбикорма разного назначения — по требованию заказчиков в установленном порядке могут быть выработаны опытные партии комбикормов, комбикорма для лабораторных животных (морских свинок, белых мышей, крыс, собак и других животных и птиц), а также животных зверинцев и цирков. По письменному требованию получателя в отдельных случаях разрешается вносить изменения в ассортимент и нормы ввода микродобавок, а также применять микродобавки, не предусмотренные утвержденной рецептурой.

Эффективность мукомольной, крупяной и комбикормовой технологии традиционно оценивают по конечному результату или по выходу, качеству готовой продукции и по суммарной величине эксплуатационных затрат на производство единицы готовой продукции.

Одним из основных факторов, определяющих высокую эффективность технологии, является качество сырья. Последнее определяется набором физических и других показателей, которые регламентируются специальными нормативными документами. Например, для переработки в сортовую муку пригодна только продовольственная пшеница не ниже определенного класса. Переработка пшеницы должна обеспечить получение муки необходимого качества по ряду показателей, которые, в основном, определяются качеством зерна. Для обеспечения надежности функционирования таких сложных в техническом отношении объектов, какими являются мельницы, крупяные и комбикормовые заводы, качество сырья должно быть неизменным во времени. Последнее позволит стабилизировать режимы работы отдельных систем и сделает работу предприятия стабильной и высокоэффективной.

Вторым по значимости фактором, определяющим эффективность технологии, является насыщенность технологического процесса необходимыми операциями или построением технологического процесса. Существует ошибочное мнение, что некоторые технологические операции могут быть безболезненно исключены или могут проводиться не в полном объеме. Как правило, предприятия с более развитым технологическим процессом более эффективны в эксплуатации.

Стабильность ведения технологического процесса с высокой эффективностью, несомненно, зависит от качества технологического и другого оборудования. Высокое качество оборудования обеспечивает длительную, бездефектную работу предприятия, стабильные режимы воздействия на сырье, минимальные затраты на ремонтные работы и высокую конечную эффективность.

Четвертым, одним из главнейших факторов эффективного ведения технологии, является искусство или мастерство технолога. По данным А.С. Данилина, в некоторых регионах бывшего Союзного государства при однотипных технологиях и при одинаковом подборе технологического оборудования выход муки высших сортов был ниже среднего по стране на 5–8 %, а в сравнении с передовыми — на 12–15 %. Такой большой разрыв в выходах муки во многом объясняется невысоким уровнем технической эксплуатации предприятий. Сложность эксплуатации мукомольного, крупяного и комбикормового производства состоит в том, что конечный результат всегда зависит от многих факторов, находящихся в сложной взаимосвязи друг с другом.

Таким образом, четыре основных фактора, обеспечивающие высокую эффективность производства, — качество зерна, уровень технологии, качество технологического оборудования и мастерство технолога — должны быть в зоне постоянного внимания.

И еще одно немаловажное обстоятельство. Рыночные отношения требуют учета возможности реализации произведенной продукции, т. е. учета спроса и предложения на рынке зерна, муки, крупы и комбикормов. Производство малореализуемой продукции в силу ее неудовлетворительного качества, высокой себестоимости при отсутствии спроса может свести на нет усилия предприятия даже при самой современной технологии и высоком качестве сырья и оборудования.

§2. Физическая сущность операций при производстве муки, крупы и комбикормов

Производство муки, крупы и комбикормов осуществляется проведением комплекса операций, объединенных в единую логическую цепь. Это и есть технологический процесс — совокупность научно обоснованных, проверенных на практике приемов обработки сырья в процессе получения готовой продукции.

Индивидуальные технологические операции в пределах процесса выполняют технологические системы. В зависимости от производительности предприятия, производительности и конструктивного исполнения машин для выполнения индивидуальных операций в пределах системы может быть использована одна машина, ее часть или группа однотипных машин.

Физическая сущность индивидуальных операций при производстве муки, крупы и комбикормов определяется в основном качеством зерна или комбикормового сырья, а также целевой задачей технологии.

Зерновая масса, а также комбикормовое сырье как объекты переработки представляют сложную многокомпонентную систему (исключения может составлять комбикормовое сырье, которое является продуктом других отраслей промышленности, например мука рыбная, минеральные добавки, которые в основном однородны по составу). Кроме основного компонента в сырье могут находиться сорные примеси в виде семян дикорастущих растений, солоmistых частиц, минеральных примесей, семян ядовитых растений, т. е. компонентов с высоким содержанием клетчатки, зольных элементов, практически неусвояемых или малоусвояемых организмом человека или животного при их попадании в пищу. Семена ядовитых растений и некоторые другие компоненты могут вызвать отравление, что делает их не только нежелательными в конечной продукции, но и опасными. Часть примесей минерального происхождения при определенных размерах может стать причиной поломки машин и создания аварийной ситуации на производстве.

Металломагнитные примеси также нежелательны в готовой продукции и могут при определенных размерах вызвать поломку машины или создать аварийную ситуацию. Однако основная опасность присутствия металломагнитной примеси состоит в том, что под воздействием рабочих органов машин возможно искрообразование, возгорание с последующим пожаром или взрывом.

Кроме того, в зерновой массе могут находиться плесени, грибки, часть покрова насекомых, волоски грызунов, живые и неживые особи насекомых.

Все эти нежелательные в готовой продукции составляющие зерновой массы должны быть или удалены в процессе подготовки полностью, или их содержание должно быть ниже установленного критического уровня. По характеру присутствия в зерне или комбикормовом сырье примеси могут свободно находиться в межзерновом пространстве и тогда они могут быть удалены из зерна по различию физических свойств. Другая часть примесей может прочно удерживаться поверхностью зерна в связи с наличием в ней микронеровностей, волосков и т. п. Положение усугубляется из-за наличия в зерне пшеницы, ржи, ячменя глубокой бороздки. Удаление таких примесей сопряжено со значительными трудностями и может осуществляться путем ударно-стирающего или фрикционно-тероч-

ного воздействия на поверхность зерна. При этом вместе с примесями удаляется часть поверхностного слоя зерна, т. е. происходит неглубокое шелушение. Таким образом, состояние зерновой массы и комбикормового сырья по наличию в них примесей определяет необходимость проведения на этапе подготовки двух основных операций — сепарирования для удаления свободно находящихся в межзерновом пространстве примесей и обработку поверхности зерна.

При подготовке к переработке используют также гидротермическую обработку, т. е. обработку зерна влагой и теплом в различных режимных параметрах. Это одна из самых эффективных операций для изменения состояния зерна, в результате которой оптимизируются технологические свойства, зерно становится более пригодным для получения продукции максимального выхода с минимальными затратами и с высокими качественными показателями. Необходимость операции гидротермической обработки становится очевидной, если проанализировать пригодность сухого зерна, т. е. зерна с низкой влажностью, для переработки в муку или крупу. Предположительно, что влага в таком зерне распределена по параболическому закону относительно поперечного сечения. Это означает, что оболочки зерна будут более сухими и более хрупкими, чем эндосперм. Следовательно, при попытке отделить оболочки от эндосперма последние будут неизбежно дробиться и попадать в готовую продукцию, делая ее низкокачественной.

В сухом зерне оболочки также более прочно связаны с эндоспермом, что делает проблематичным их отделение от эндосперма без дробления.

И, наконец, эндосперм сухого зерна прочен, что требует повышенных затрат на его измельчение в муку. При производстве крупы сухой эндосперм более подвержен дроблению из-за его хрупкости, это неизбежно снижает выход недробленной крупы или крупы крупных номеров. Последнее приводит к ухудшению экономических показателей работы предприятия из-за различной рыночной стоимости недробленной и дробленной круп. Таким образом, гидротермическая обработка предназначена для оптимизации свойств зерна путем изменения его состояния. При этом в мукомольной технологии пластифицируют оболочки, разрушают связь оболочек с эндоспермом, разрушают эндосперм микро- и макротрещинами, что обеспечивает оптимальные условия переработки зерна. В крупяной технологии также изменяют состояние зерна, но добиваются укрепления ядра, чтобы избежать излишнего его дробления. Кроме того также разрушают связи оболочек с эндоспермом, что делает возможным более эффективное их разделение на последующих этапах технологии.

При производстве комбикормов операцию гидротермической обработки применяют не столь широко, как в мукомольной и крупяной технологии. В основном, это средство для улучшения перевариваемости комбикорма или для создания оптимальных условий проведения специфических операций, таких как гранулирование, брикетирование, экструдирование и т. п.

Таким образом, засоренность и состояние зерна и комбикормового сырья по влажности предопределяют ряд обязательных технологических операций на стадии подготовки их к переработке. Это сепарирование, обработка поверхности или шелушение, а также гидротермическая обработка.

Целевая задача технологии муки и крупы на стадии переработки направлена на разделение с максимальной эффективностью оболочек и эндосперма зерна с получением из эндосперма высококачественной продукции в виде муки, крупы, а из отделенных оболо-

чек — побочных продуктов технологии. В технологии комбикормов из сырья определенного набора в соответствии с рецептом получают однородную смесь с оптимальным химическим составом, обеспечивающим требуемую питательность корма.

В технологии муки операции по разделению главных анатомических частей осуществляются в размольном отделении мукомольного завода. Специфика ведения технологического процесса при этом определяется особенностью анатомического строения зерна пшеницы и ржи (основное сырье мельниц), которое имеет глубоко проникающую в тело зерновки бороздку. Бороздка зерновки сохраняет все наружные и внутренние оболочки, что затрудняет или делает невозможным их удаление шелушением поверхности, т. е. воздействием от периферии к центру зерна. В связи с этим технология муки осуществляется следующим образом. На первом этапе подготовленное к переработке зерно измельчается на относительно крупные части с образованием промежуточных продуктов приблизительно кубической формы с размерами граней от 0,20 до 1,15 мм, которые получили название крупок и дунстов. В соответствии с этим и весь процесс начального измельчения зерна называется крупобразующим или драным. Извлеченные из зерна крупки и дунсты содержат достаточное количество оболочек, как свободно находящихся в массе продукта, так и прочно связанных в единое целое с частицами эндосперма. Поэтому для удаления «свободных» оболочек или оболочек с незначительным содержанием эндосперма промежуточные продукты сортируют на более однородные фракции и каждую обогащают на специальных системах с применением ситовеечных машин. В результате обогащения получают высокозольные оболочки и низкозольные крупнодунстовые продукты. Сrostки оболочек и эндосперма дополнительно измельчают в специальном шлифовочном процессе с образованием более мелких крупок и дунстов, а также с выделением свободных оболочек. Полученные фракции продуктов могут обогащаться вновь.

Операции начального разрушения зерна с выделением крупок и дунстов, обогащения промежуточных продуктов, шлифования сrostков оболочек и эндосперма повторяют до тех пор, пока не получают относительно чистые (без оболочек) фракции продуктов и фракции оболочек с незначительным содержанием эндосперма. Чистые продукты измельчают в специальном размольном процессе для получения низкозольной высококачественной муки, а оболочки с незначительным содержанием эндосперма обрабатывают в специальном вымольном процессе для получения некоторого количества муки низкого качества и отрубей с высокой зольностью. Степень развитости описанных операций зависит от конечной задачи технологии или от соотношения в общем выходе продуктов высококачественной (низкозольной) и низкокачественной (высокозольной) муки и отрубей.

Конечная продукция крупяной технологии — это крупа, которая представляет собой ядро или части ядра основной культуры после частичного или полного удаления наружных, внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша. В связи с этим технологический процесс получения крупы построен с постепенным разрушением и удалением периферийных частей зерна.

Наружные оболочки, как правило, удаляются в процессе шелушения, внутренние оболочки, алейроновый слой зерна и зародыш — в процессе шлифования и полирования. Для оптимизации этих операций зерно, продукты шелушения, шлифования фракционируют на более однородные по физическим свойствам потоки и обрабатывают отдельно. Последнее позволяет создать оптимальные условия для переработки. Степень удаления

периферийных частей зависит от особенностей анатомического строения крупяного зерна, целевой задачи технологии и от качества конечного продукта — крупы. Так, например, из-за специфического расположения зародыша при получении крупы из гречихи (ядрицы) удаляют только жесткую наружную плодовую оболочку. А при переработке риса в крупу удаляют практически полностью наружную цветковую пленку, плодовые, семенные оболочки, алейроновый слой и зародыш. Готовая крупа — рис шлифованный или полированный — представляет собой практически чистый эндосперм.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что физическая сущность технологии муки и крупы может быть представлена как совокупность процессов по удалению нежелательных в готовой продукции компонентов зерновой массы с последующим разделением главных анатомических частей зерна. Причем, из эндосперма зерна получают основную продукцию технологии — муку и крупу, а из оболочек — побочные продукты.

Специфика технологии комбикормов состоит в том, что основным документом, на основании которого осуществляется технология, является рецепт, который определяет питательность, химический состав, дисперсность и др. показатели комбикорма в зависимости от его назначения (вид, группа животных и т. п.). В соответствии с рецептом определяются набор необходимого сырья и его массовое соотношение. Подготовка комбикормового сырья включает ряд специфических операций, набор которых диктуется особенностью сырья:

- очистка от примесей, которая осуществляется в технологии и муки и крупы;
- удаление грубых наружных оболочек овса и ячменя;
- растаривание и растюковка сырья;
- предизмельчение прессованного и кускового сырья, а также кукурузы в початках;
- подсушивание и предварительное измельчение соли и мела;
- изменение агрегатного состояния мелассы, жира, фосфатидного концентрата путем теплового воздействия и т. п.

Затем практически все сырье подвергается измельчению, что позволяет получить тонкодисперсную систему, готовую к смешиванию.

Подготовленное таким образом сырье дозируется в соответствии с рецептом и смешивается до однородного состояния. Это и есть комбинированный корм, который получил название рассыпного. На этом технология может быть закончена. Однако рассыпной комбикорм при хранении, транспортировке может самосортироваться, что приведет к снижению его однородности, изменению питательности в единице объема и другим нежелательным последствиям. Поэтому технология может предусматривать гранулирование или брикетирование рассыпного комбикорма, что требует специальных технологических приемов, включающих увлажнение, пропаривание, нагрев, прессование и т. п. Полученные гранулы могут дробиться для получения крупок, размерная характеристика которых оговаривается в технических условиях на получение комбикорма для определенных групп животных.

Технология комбикормов может предусматривать и другие операции, связанные со специфической тепловой обработкой, обработкой давлением и т. п. Присутствие этих операций всецело определяется назначением комбикорма и его качественными характеристиками.

Часть 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЫРЬЯ МЕЛЬНИЦ, КРУПЯНЫХ И КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДОВ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СЫРЬЕ

§1. Сырье мукомольных мельниц

Мукомольные заводы перерабатывают в основном пшеницу мягкую в хлебопекарную муку, пшеницу твердую — в макаронную муку, которая получила название макаронной крупки (мука высшего сорта) и полукрупки (мука первого сорта), и рожь. Кроме основных видов сырья в муку перерабатывают тритикале — продукт селекционного скрещивания двух разных ботанических рядов — пшеницы и ржи. По отзывам специалистов, выведенные сорта тритикале отмечаются высоким содержанием белка и сравнительно большим количеством незаменимых аминокислот. Однако на мельницах России тритикале не перерабатывают, по-видимому, из-за незначительных объемов его производства. В муку также перерабатывают кукурузу, для которой разработаны специализированные технологии. Кукурузную муку получают также при переработке кукурузы в крупу. Принципиально в муку можно перерабатывать любую зерновую культуру. Мукомольная промышленность перерабатывает пять типов пшеницы. К признакам, определяющим тип, относят цвет зерна, время посева и принадлежность к твердой или мягкой пшенице. В соответствии с принятой классификацией первые три типа пшеницы (I-й тип — краснозерная мягкая, II-й тип — твердая, III-й тип — мягкая белозерная) относятся к яровым, а последние два типа — (IV-й тип — мягкая краснозерная, V-й тип — мягкая белозерная) — к озимым. В мукомольном отношении наиболее качественными считаются пшеницы IV-го типа, менее качественными — I-го и III-го. Пшеницы II-го типа используют как сырье для производства макаронной муки, а также в крупяной технологии для производства крупы Полтавской и Артек. Пшеница мягкая V типа производится в ограниченном количестве, пока промышленного значения не имеет. В настоящее время и тоже в ограниченном количестве выращивается озимая твердая пшеница, которая может быть отнесена по стандарту к VI-му типу.

Для получения ржаной муки — сеяной, обдирной и обойной — используют рожь трех типов. В основу классификации ржи по типам положено время посева и район выращивания: I-й тип — озимая северная, II-й тип — озимая южная, III-й тип — яровая. Предпочтительна в мукомольном отношении рожь III-го типа. В общей структуре перерабатываемого в муку сырья ведущее место занимает мягкая пшеница. Так, по общемировым данным, представленным научно-исследовательским центром фирмы Bühler, из общего количества производимого зерна 1950–2000 млн тонн на долю мягкой пшеницы приходится около 500 млн тонн. Производство других зерновых культур составляет приблизительно, в млн тонн: твердой пшеницы — около 30, кукурузы — 570, риса — 535, ржи — 23, ячменя — 160, овса — 34, сорго — 60, проса — 26, прочих культур — 17.

Очевидно, что не всякая пшеница может быть использована как сырье для производства высококачественной муки. Некоторые показатели качества зерна напрямую формируют качество муки. В первую очередь, к ним относятся количество и качество клейковины, которые определяют хлебопекарные свойства муки и качество хлеба.

Заготавливаемая и поставляемая в производство мягкая пшеница разделена на шесть классов, твердая — на пять. В каждом классе нормируются показатели качества, определяющие состояние зерна, а также мукомольные и хлебопекарные свойства. Очевидно, что при формировании помольной партии зерна необходимо учитывать класс пшеницы. Особое место при этом занимают показатели количества и качества клейковины, от которых напрямую зависят хлебопекарные свойства муки. Так, в первых четырех классах пшеницы массовая доля клейковины составляет не менее 23,0 %, что делает это зерно пригодным для производства сортовой и обойной муки. В следующем классе массовая доля клейковины в зерне составляет 18,0 %, что не позволяет использовать его без подсортировки и в сортовых и обойных помолах. Качество клейковины в зерне первых пяти классов должно быть не ниже II-й группы, что обеспечит необходимую упругость теста. В таблице 1.1 приведена характеристика клейковины зерна в единицах прибора ИДК-1 с указанием группы качества, принятая в отрасли хлебопродуктов.

Таблица 1.1

Характеристика клейковины зерна

Число ИДК-1, у.е.	Группа качества	Характеристика клейковины
0 – 15	III	Неудовлетворительная крепкая
20 – 40	II	Удовлетворительная крепкая
45 – 75	I	Хорошая
80 – 100	II	Удовлетворительная слабая
105 – 120	III	Неудовлетворительная слабая

Очевидно, что при использовании зерна пшеницы с клейковиной III группы получить сортовую муку с хорошими и даже удовлетворительными хлебопекарными свойствами не удастся. Это накладывает особую ответственность на производителей при формировании запаса зерна на длительный период работы мукомольного завода. Вот некоторые сведения, которые необходимо знать при создании запаса зерна. Зерно пшеницы должно

быть негрекущимся, в здоровом состоянии с нормальным запахом и цветом, свойственными здоровому зерну данного типа. Пшеница мягкая высшего класса должна содержать массовую долю клейковины не менее 36,0 % по качеству не ниже I-й группы, со стекловидностью не менее 60 %. Такое зерно должно использоваться как улучшитель. Пшеница мягкая I-го класса должна содержать сырой клейковины не ниже 32 % с качеством не ниже I-й группы, со стекловидностью не ниже 60 %. Такая пшеница может использоваться как улучшитель качества товарной партии зерна на мукомольном заводе. Аналогично используется пшеница II-го класса, которая отличается от пшеницы I-го класса несколько уменьшенным содержанием сырой клейковины — не менее 28 %. Пшеница мягкая III-го класса всех типов должна содержать количество сырой клейковины не ниже 23 %. Качество клейковины должно быть не ниже II-й группы. Такое зерно можно использовать для сортовых помолов с получением муки высшего, I-го и II-го сортов.

Пшеница IV-го класса всех типов должна содержать сырой клейковины не ниже 18 % с качеством не ниже II-й группы и может использоваться для помолов в обойную муку или для подсортировки к пшенице более высокого качества при формировании помольных партий зерна на мельницах.

Пшеница V-го класса всех типов должна использоваться на непродовольственные цели. Класс пшеницы определяется по наихудшему значению одного из показателей качества зерна в соответствии с действующим стандартом.

Учитывая высокую стоимость пшениц-улучшителей, при формировании запаса зерна на производственные цели необходимо добиваться разумного сочетания зерна различных классов с таким расчетом, чтобы мукомольная мельница могла производить высококачественную муку с низкой себестоимостью.

Способность зерна дать продукцию высокого качества и, следовательно, его товарную ценность принято характеризовать «силой» зерна. Понятие сила зерна считается собирательным. По современной классификации зерно мягкой пшеницы делят на сильное, пшеницу-филлер, или наполнитель, и слабое. Вот основные признаки сильной пшеницы:

- большое содержание белка;
- упругая и растяжимая клейковина;
- мука при замесе способна поглощать большое количество воды;
- тесто из муки сильной пшеницы эластично, упруго, устойчиво и способно давать хлеб большого объемного выхода.

Эта совокупность положительных признаков позволяет использовать сильную пшеницу как улучшитель при ее подсортировке к слабой пшенице при формировании помольных партий на стадии подготовки зерна к помолу. Мука, полученная из сильной пшеницы, может быть использована как улучшитель хлебопекарных свойств на стадии хлебопечения. И еще один немаловажный аспект. Совокупность свойств сильной пшеницы позволяет ее использовать в технологии макаронных помолов.

Пшеница-филлер, или наполнитель, относится к средней группе по признаку «сила». Такое зерно может использоваться как самостоятельная товарная партия в технологии муки или может участвовать в формировании помольной смеси (партии). При хлебопечении мука из такой пшеницы может давать хлеб удовлетворительного качества или может подсортироваться в определенном соотношении к муке из сильной пшеницы.

Зерно слабой пшеницы, как правило, не может быть использовано в технологи муки при сортовых помолах как самостоятельная товарная партия из-за низких хлебопекарных свойств муки из нее. Такая мука имеет слабую водопоглотительную способность, неудовлетворительные физические свойства теста, что не позволяет использовать ее при выпечке хлеба без подсортировки муки-улучшителя.

Хорошо оснащенные лаборатории позволяют оценить силу зерна пшеницы с использованием инструментальных методов анализа. В таблице 1.2 приведены параметры качества, по которым оценивает силу пшеницы центральная лаборатория Государственной комиссии по сортоиспытанию. Очевидно, что пользование приведенными данными может быть эффективным только при хорошем знании физического смысла показателей и если аналогичные качественные показатели приведены в документах, характеризующих товарную партию зерна.

При оценке технологической ценности твердой пшеницы как сырья для получения макаронной крупки (муки высшего сорта) и полукрупки (муки первого сорта), особое внимание уделяют каратиноидным пигментам, которые обуславливают окраску макарон.

Таблица 1.2

Примерная классификация зерна пшеницы по технологическим свойствам

Показатель	Пшеница					
	Сильная			Среднего качества		Слабая
	отличная	хорошая	удовлетворительная	хорошая	удовлетворительная	
Стекловидность, %, не менее	60	60	60	40	40	—
Содержание белка, %, не менее	14	14	14	14	менее 14	—
Количество клейковины в муке 70 % выхода, %	32	32	32	28	менее 28	—
Качество клейковины, группа	I	I	I	II	II	III
Показатели фаринографа: валориметрическая оценка, %	86-100	71-85	61-70	46-60	31-45	менее 30
Разжижение, е.ф.	0-30	31-50	51-80	81-120	121-150	более 150
Показатели альвеографа: удельная работа деформации теста, Дж	более 400	340-400	280-339	240-279	180-239	менее 180
Упругость теста, мм	более 100	90-100	80-89	70-79	60-69	менее 60
Объемный выход хлеба, мл	900	900	900	900-800	800-700	менее 700
Общая хлебопекарная оценка, балл	4,5-5,0	4,5-5,0	4,5-5,0	4,0	3,0	3,0 и менее

Макаронные изделия из твердой пшеницы должны иметь янтарно-желтый цвет. Цвет макаронной муки и макарон определяют органолептически в сравнении с эталоном. Интенсивность окраски и оттенки цвета выражают в баллах. Вот ориентировочная градация и результат в баллах: желтый цвет — 5, кремовый — 4, светло-кремовый беловатый или желтый с красноватым оттенком — 3, желтый с коричневым оттенком — 2, темный или белый с сероватым оттенком — 1. Кроме цвета в макаронах определяют прочность на

излом в граммах, потери при варке в процентах и дают общую оценку качества макарон в баллах.

Рожь как сырье мукомольной промышленности занимает значительно меньший объем, чем пшеница. Даже в центральных и северных районах, где рожь наиболее распространена, мельничные предприятия по переработке пшеницы в муку преобладают. При технологической оценке товарной партии обращают внимание на цвет зерна ржи. Классифицируют по окраске поверхности зерна ржи следующим образом:

- ♦ зеленовато-серое или зеленое;
- ♦ желтое;
- ♦ коричневое.

Хотя влияние цвета на технологические свойства зерна ржи носит относительный характер, предпочтение отдают зерну с зеленовато-серой окраской поверхности. Худшими технологическими свойствами обладает зерно с коричневой окраской поверхности. В отличие от зерна пшеницы, где хлебопекарные свойства муки в основном обусловлены количеством и качеством клейковины, во ржи из-за особенностей химического состава зерна клейковина не отмывается общепринятыми методами. Поэтому при оценке хлебопекарных свойств товарного зерна ржи и муки из него пользуются показателями, характеризующими состояние углеводно-амилазного комплекса. Наиболее распространенным тестом для характеристики хлебопекарных свойств является число падений (ЧП). Величина ЧП характеризует изменение вязкости мучнистой суспензии под влиянием гидролиза крахмала амилазами. Чем выше число падения, тем ниже активность амилаз. При низком ЧП тесто имеет неудовлетворительные физические свойства, низкую упругость, хлеб получается сырой с липким мякишем. При высоком значении ЧП снижается водопоглотительная и газообразующая способность муки, хлеб получается с плотным мякишем и с низким объемным выходом. Очевидно, что снижение числа падения в хранящемся зерне сигнализирует об ухудшении качества зерна и возможно, условий хранения.

В соответствии с классификацией, предложенной Институтом зерна и продуктов его переработки, зерно ржи разбито на четыре класса. Каждому классу соответствует определенный уровень хлебопекарных свойств и значения величин числа падения. Градация первого класса — ЧП 200-350 с, что соответствует оптимальному уровню хлебопекарных свойств. Такое зерно может использоваться как улучшитель при формировании помольных партий. Ко второму классу относят рожь с ЧП 200-141 с. Такое зерно обладает хорошими хлебопекарными свойствами и может перерабатываться в сортовую муку и обойную без подсортировки зерна-улучшителя. ЧП третьего класса расположено в интервале 140-71 с. Хлебопекарные достоинства такого зерна нуждаются в улучшении. Поэтому к такому зерну подсортировывают зерно ржи улучшитель. К четвертому классу относят зерно ржи, имеющее неудовлетворительные хлебопекарные свойства с величиной ЧП 80 с и ниже и выше 380 с. Такое зерно не должно использоваться как продовольственное. Тестирование хлебопекарных свойств по величине ЧП возможно и для зерна пшеницы. Так, по данным Г.А. Егорова величина ЧП для товарного зерна пшеницы, используемого для выработки сортовой муки, не должна быть ниже 180 с. Другими словами, тест по величине ЧП универсален и свидетельствует о состоянии зерна, его пригодности для продовольственных целей.

§2. Общие сведения о сырье для производства крупы

Отечественная крупяная промышленность перерабатывает в крупу зерно восьми наименований. Гречиха, рис, просо — это собственно крупяные культуры, зерно которых используют исключительно на производство крупы. Кроме этого крупу вырабатывают из овса, ячменя, пшеницы, кукурузы и гороха. Возможна также переработка в крупу и других зерновых культур.

Доля крупяных продуктов в пищевом рационе человека от общего потребления зерновых невелика в сравнении с продукцией мукомольных мельниц и в среднем составляет по различным оценкам от 7 до 13 %. Однако в некоторых районах специфика питания такова, что потребление крупяных продуктов может достигать значительно больших величин. Это относится к крупяным продуктам из риса, кукурузы и т. п. Товарная партия зерна, поставляемая на крупозавод, должна обеспечить получение крупы заданного качества и ассортимента в соответствии с регламентом технологии. Поэтому качество зерна должно быть не ниже показателей, предусмотренных стандартами на зерно для переработки в крупу. При этом технические условия на крупяное зерно включают органолептические показатели, определяющие цвет, запах и состояние, а также показатели, определяемые объективными методами анализа, такие как массовая доля ядра, влажность, содержание примесей в процентах, предельные нормы зараженности амбарными вредителями и т. п.

Цвет и запах крупяного зерна должны соответствовать нормальному зерну. При этом должны быть исключены любые посторонние запахи, в том числе затхлый, солодовый, нефтепродуктов. Массовая доля ядра — один из специфических показателей качества, показывающий относительное содержание ядра к массе зерна с примесями. У зерна риса, гречихи, овса и проса наружные оболочки свободно охватывают ядро и с ним не срываются, поэтому количество ядра определяют как разность между массой зерна и массой пленок. С учетом содержания примесей, мелкого зерна и некоторых специфических показателей качества рабочая формула для определения массовой доли ядра, J , % принимает вид:

$$J = \frac{[100 - (C + Z + M)](100 - P)}{100} + a \cdot O, \quad (1.1)$$

где C — содержание сорной примеси, %;

Z — содержание зерновой примеси, %;

M — содержание мелкого зерна, %;

P — пленчатость зерна, %;

O — содержание обрубленных зерен, %;

a — постоянный коэффициент.

При проведении соответствующих расчетов величины, входящие в формулу, определяют в соответствии с требованиями на проведение лабораторных анализов.

Количество мелкого зерна учитывают только при расчете массовой доли ядра для овса. Величина постоянного коэффициента для риса, гречихи и овса принимается $a = 0,7$, для проса $a = 0,5$.

Массовая доля ядра в зерне для выработки крупы должна быть не менее, %:

- для овса — 3,0 %;
- для гречихи при переработке в крупу — 71,0 %;

- для гречихи при выработке продуктов для детского питания — 73,0 %;
- для проса I-го класса — 76,0 %;
- для проса II-го класса — 74,0 %.

Влажность зерна для производства крупы колеблется в значительных пределах и должна быть не более 14,5–16,0 %. При этом возможны колебания по влажности в зависимости от технического оснащения операции технологического процесса. Так, например, верхний предел влажности гречихи при наличии сушилок должен быть не более 16,0 %, а при отсутствии сушилок — не более 14,5 %.

Содержание сорной примеси должно быть не более 1,3–3,0 %, а зерновой 2,0–6,0 %.

Зараженность зерна амбарными вредителями не допускается, кроме зараженности клещом не выше первой степени.

Отечественная крупяная промышленность перерабатывает в основном рис короткозерный китайско-японской ветви по классификации Г.Г. Гущина. В последние годы выведены и внедряются в производство длиннозерные сорта риса индийской ветви. Государственный стандарт классифицирует товарное зерно риса на три типа. К I-му типу относят рис, имеющий продолговатое, широкое зерно; ко II-му типу — рис, имеющий продолговатое узкое зерно; к III-му типу — рис, имеющий округлое зерно. Первые два типа риса в зависимости от консистенции эндосперма подразделяют на два подтипа:

1-й подтип — полностью стекловидное зерно;

2-й подтип — полустекловидное зерно.

В зерне риса III-го типа дополнительно выделяют 3-й подтип — мучнистое зерно. В технологическом отношении предпочтение отдают полностью стекловидному зерну, которое более прочно, при переработке меньше дробится и дает больший выход целой крупы, которая является более ценным продуктом, чем крупа дробленая. При переработке мучнистого полустекловидного зерна, наоборот, получают относительно больше дробленой крупы, что делает технологию менее эффективной.

К специфическим показателям качества, отрицательно влияющим на выход и качество рисовой крупы, относят трещиноватость зерна, содержание зерен с красной семенной оболочкой и потемневших зерен. Трещиноватость — это наличие в основном зерне зерен с трещинами, которые могут разрушать эндосперм на различную глубину. В процессе технологии крупы такие зерна после удаления наружных, внутренних оболочек и алейронового слоя могут разрушаться с образованием дробленых продуктов. Наличие зерен с красной семенной оболочкой и потемневших зерен также снижает технологические достоинства крупяного зерна. Переработка такого зерна неизбежно приведет к увеличению дробимости ядра и сверхнормативному выходу побочного продукта технологии — мучки — из-за необходимости более интенсивной обработки поверхности ядра.

Гречиху в зависимости от массовой доли ядра делят на три класса. К первому классу относят зерно, содержащее не менее 73,0 % массовой доли ядра, ко второму классу — не менее 71,0 % и к третьему классу — не менее 70,0 %. В технологическом отношении предпочтение отдают первому классу, массовая доля ядра в котором максимальна, что позволяет получить больший выход целой крупы. Кроме массовой доли ядра при технологической оценке зерна обращают внимание на консистенцию эндосперма, наличие специфических примесей, недоразвитых зерен, трудно поддающихся шелушению.

Зерно проса относят к типичным крупяным культурам. По окраске наружных оболочек — цветковых пленок — различают три типа проса:

I — белое или кремовое;

II — от светло-красного до темно-красного и коричневого;

III — золотисто-желтого до темно- и серовато-желтого.

В технологическом отношении предпочтение отдают крупному, хорошо выполненному зерну проса стекловидной консистенции. Мелкие, недоразвитые зерна (остряк) для производства крупы непригодны и должны быть удалены из зерновой массы на этапе подготовки.

С потребительских позиций более ценным является зерно, дающее ядро и крупу ярко желтого цвета и тоже стекловидной консистенции. При формировании крупяной партии проса не допускают смешивание различных типов и сортов, т. к. они отличаются по технологическим и потребительским достоинствам. Считается недопустимым наличие в товарной партии зерна другого типа более 10 %.

Овес крупяной является сырьем для производства разнообразных по форме, внешнему виду и размерам крупяных товаров — от целой крупы, повторяющей размер и форму зерна, до хлопьев и овсяной муки, которая получила название толокна. Все они отличаются высокими потребительскими достоинствами. В производство может быть использовано зерно двух типов. В основу типовой классификации положена форма зерновки и окраска поверхностей. В технологическом отношении предпочтение отдают зерну первого типа, имеющего два подтипа. Первый подтип имеет зерно белое, крупное, хорошо выполненное, цилиндрической, грушевидной или удлинненно-узкой формы. Второй подтип овса имеет зерно желтое, узкое, длинное, игольчатой формы. При формировании запаса зерна на переработку предпочтение отдают зерну с максимальной величиной массовой доли ядра, с низкой пленчатостью и с минимальным содержанием мелкого зерна.

Из подвидов ячменя, культивируемых отечественными сельхозпроизводителями, в технологии крупы используют пленчатый и голозерный. Более эффективна переработка голозерного ячменя, что связано с более легким отделением от ядра его цветковых пленок.

И еще одна практическая рекомендация, которая предусматривает оценку технологических свойств ячменя по окраске семенных оболочек, — т. к. семенные оболочки ячменя могут быть окрашены в светло-желтые или сине-зеленые цвета, в технологическом отношении предпочтение отдают зерну со светлоокрашенными семенными оболочками. Ячмень с сине-зелеными семенными оболочками требует для получения крупы более глубокой обработки поверхности, что неизменно приведет к увеличению выхода побочных продуктов технологии и к ухудшению технологических и экономических показателей. При формировании крупяной партии не следует смешивать зерно с разной окраской семенных оболочек. Это также приведет к снижению эффективности из-за повышенного выхода побочных продуктов.

В целом, наибольшего выхода крупы добиваются при переработке стекловидных сортов ячменя. Малопригодно для производства крупы зерно ячменя мелкое, зеленоватой окраски.

Для производства крупы из пшеницы используют зерно твердое II-го типа. Высоко-стекловидная мягкая пшеница также может быть использована для производства крупы, но она обладает худшими технологическими свойствами.

Товарные партии кукурузы, которые могут присутствовать на зерновом рынке, классифицируются на девять типов. В основу классификации по типам положена форма зерна, его цвет, консистенция эндосперма. В технологическом отношении предпочтение отдают четырем типам кукурузы: второму (зубовидная белая), четвертому (кремнистая белая), шестому (полузубовидная белая) и седьмому (лопающаяся белая). Одним из главных факторов технологического достоинства зерна кукурузы считается консистенция эндосперма. Причем в эндосперме стекловидная часть располагается на разную глубину по периферии зерновки и сочетается с мучнистой частью. Соотношение стекловидности и мучнистости, особенность и глубина стекловидного слоя оказывают влияние на прочность и крупность продуктов дробления. Поэтому из кремнистой и полузубовидных типов зерна вырабатывают крупную кукурузную крупу, а из зубовидных и полузубовидных типов — мелкую.

Горох крупяной относится к семейству бобовых. При формировании партии зерна для производственных целей обращают внимание на окраску семян. В крупяной технологии используют горох продовольственный первого типа белый с непрозрачной оболочкой, желтый с оранжевой оболочкой и зеленый с зелеными семядолями и прозрачной оболочкой. При этом в смеси не перерабатывают горох различной окраски, т. к. гороховая крупа получается пестрой, что ухудшает ее товарный вид и потребительские достоинства.

§3. Сырье для производства комбикормов

Для производства комбикормов применяют разнообразное сырье растительного, животного и минерального происхождения.

Основным сырьем растительного происхождения являются:

- ♦ зерно злаковых и бобовых культур — рожь, пшеница, кукуруза, овес, ячмень, просо, чумиза, сорго, горох, чечевица, вика, конские бобы, чина, нут;
- ♦ грубые корма — сено, солома, кукурузные стержни, лузга ячменя и овса, мякина;
- ♦ корма, богатые витаминами и минеральными веществами, — травяная мука, хвойная мука, мука из древесных листьев, морские водоросли.

Кроме того, для производства комбикормов используют отходы пищевой промышленности и технических производств, перерабатывающих сельскохозяйственные продукты.

Сырье животного происхождения — молоко и остатки от его переработки, отходы мясокомбинатов и рыбных промыслов.

Сырье минерального происхождения — поваренная соль, мел, мука ракушечная, травертиновая и известняковая.

Наибольшее значение имеют отходы мукомольно-крупяной, масло-экстракционной, крахмало-поточной, свеклосахарной, бродильной, мясной и рыбной промышленности.

Сырье растительного происхождения

Зерна злаковых и бобовых культур относятся к концентрированным кормам. Они богаты углеводами и обладают высокой калорийностью, являются основными для кормления животных и вводятся во все виды комбикормов.

Пшеницу и рожь вводят в комбикорма в том случае, когда они по своему качеству не отвечают требованиям стандартов на продовольственное зерно, но вполне пригодны для скормливания сельскохозяйственным животным.

При составлении рецептов комбикорма необходимо учитывать все достоинства и недостатки злаковых и бобовых культур, чтобы вместе с другими компонентами получать биологически полноценные комбикорма.

Овес — по диетическому действию считается одним из лучших кормов для животных. Он покрыт легкоотделяющимися пленками, которые составляют около 30 % массы зерна. В пленках содержится много клетчатки, мало протеина и жира. По общей питательности они близки к соломе, поэтому при оценке качества овса, большое значение придают пленчатости. Для молодняка сельскохозяйственных животных и птицы овес очищают от пленок. Содержание питательных веществ и других показателей, характеризующих кормовую ценность зерна овса и других зернобобовых культур, приведены в таблице 1.3.

Ячмень — скормливают всем сельскохозяйственным животным и птице. В отличие от овса, цветочная пленка ячменя срастается с зерновкой, поэтому пленка плохо отделяется от ядра. Пленчатость ячменя колеблется в пределах 9–16 %. Ячмень считается хорошим кормом для лошадей, крупного рогатого скота, птицы и свиней.

Кукуруза — по содержанию кормовых единиц (1,32 к.е.) превосходит остальное зерно злаковых культур, содержит мало сырой клетчатки (2,2 %). Кукуруза считается хорошим кормом для всех сельскохозяйственных животных и птицы.

Рожь — компонент комбикормов для животных, но крахмал ржи сильно набухает в желудке животного, и это может вызвать расстройство пищеварения, поэтому норма ввода ржи в комбикорма ограничивается. По химическому составу и общей питательности рожь близка к ячменю.

Пшеница — хороший корм для всех видов сельскохозяйственных животных.

Просо — хороший корм для сельскохозяйственной птицы, а также для откорма свиней и крупного рогатого скота. Оболочка проса содержит значительное количество кремнезема, который почти не переваривается. Поэтому просо перед вводом в комбикорма необходимо мелко измельчать.

Горох — наиболее распространенная кормовая бобовая культура. Семена кормового гороха по окраске могут быть зелеными, фиолетовыми, черными, бурыми или пятнистыми.

Вика — богата белком и крахмалом. В небелковые азотистые вещества вики входят свободные аминокислоты, а также ядовитые глюкозиды (вицин и вицианин). Вицин при разложении дает дивинин, который образует синильную кислоту. Наличие этих веществ обуславливает ядовитость и горечь семян вики, поэтому их плохо поедают животные. Перед использованием вики на комбикорма ее следует проверить на содержание синильной кислоты.

Люпин — по содержанию перевариваемого протеина относится к лучшим бобовым культурам. Горькие сорта, содержащие алкалоиды, в корм животным не пригодны. Поэтому в комбикормовой промышленности используется только сладкий (безалкалоидный) люпин.

Бобы кормовые — богаты белком (23,7 %) и крахмалом (40 %). Бобы подразделяются на два типа: крупносеменные (длина боба 15 мм и больше) и мелкосеменные (длина боба менее 15 мм), кроме того на два подтипа — светлые (белой и желтой окраски с различными оттенками) и темные (красные, коричневые, фиолетовые, черные с разными оттенками).

Таблица 1.3

Питательная ценность и химический состав зернобобовых культур

Зернобобовые культуры	К. е.	Обменная энергия, кДж/100 г	Протеин, %	Жир, %	Зола, %	Клетчатка, %	БЭВ, %	Минеральные вещества, грамм/кг				Аминокислотный состав, грамм/кг				Норма ввода, %
								Na	K	P	Ca	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Овес	1,0	1081,1	12,0	4,6	3,2	9,2	58,0	0,73	3,98	3,3	1,43	3,6	1,6	1,6	1,4	20-60
Ячмень	1,13	1127,4	7,9	2,3	3,9	5,5	66,4	0,4	4,57	3,29	0,6	4,4	1,8	1,8	1,6	20-60
Кукуруза	1,32	1428	7,8	5,6	2,2	2,0	69,4	0,28	3,81	3,1	0,41	2,9	1,9	1,0	0,8	10-45
Рожь	1,11	1134	10,6	1,0	2,6	2,1	70,7	1,1	5,72	3,42	0,84	1,4	1,7	1,8	1,1	5-30
Просо	0,95	1176	7,9	4,3	4,3	9,7	58,8	0,31	4,12	3,13	0,1	2,4	2,6	1,2	1,5	15-30
Горох	1,15	957,6	19,5	1,9	4,2	5,4	56,0	0,43	9,37	3,7	1,7	14,8	3,3	2,5	1,8	5-25
Вика	1,17	1050	21,8	1,5	3,4	5,5	55,8	0,56	0,64	4,1	1,4	14,8	6,8	2,9	2,1	10-15
Люпин	1,11	756	21,7	3,7	3,0	15,4	66	0,36	0,69	5,0	3,0	18,9	4,2	4,6	3,8	10-29
Бобы кормовые	1,15	991,2	23,7	1,0	3,0	5,2	55,1	0,74	0,74	5,3	1,5	16,3	2,3	2,8	2,3	8-15
Чумиза	0,99	1083	8,6	3,3	2,6	5,7	59,0	0,30	1,52	2,4	1,1	5,4	1,3	1,9	2,0	до 25
Сорго	1,15	12,0	9,6	2,9	2,6	3,5	66,4	0,58	2,51	2,4	0,1	2,6	1,1	1,8	1,0	10-20
Гречиха	0,98	784	7,9	3,1	2,1	8,8	66,1	0,89	10,94	2,15	8,35	6,4	2,2	2,7	1,4	10-20
Чечевица	1,19	1134	21,2	1,3	3,1	4,3	58,4	1,17	7,82	4,8	0,8	15,1	2,0	2,1	1,3	5-25
Соя	1,31	1255,8	21,3	16,9	8,6	7,9	29,3	0,20	21,7	5,9	2,1	21,9	4,6	5,3	4,3	5-20
Зерно нута	1,15	1113	16,5	4,7	2,4	5,1	59,3	0,30	15,0	4,3	2,9	5,5	2,0	0,7	1,0	до 15
Чина	1,06	1092	22,6	1,2	5,2	5,3	54,0	0,6	8,26	4,47	1,4	16,7	3,1	1,8	2,2	до 20
Желуди	1,1	918	6,0	0,9	8,7	9,2	70,0	0,28	6,3	4,51	1,1	4,0	2,6	1,9	2,0	до 15
Пшеница	1,19	1222,2	11,3	1,1	2,0	2,6	69,0	1,59	4,3	4,7	0,59	3,9	2,1	2,0	1,8	20-50

Чумиза — зерно чумизы плотно окружено цветочными пленками светло-желтого или красного цвета, составляющие 15–17 % массы зерна.

Сорго — зерно сорго похоже на зерно проса, но в 5–6 раз крупнее. Вводят его в комбикорма для свиней. Отдельные виды сорго содержат синильную кислоту, при ее обнаружении ввод сорго в комбикорма запрещен.

Гречиха — зерно гречихи покрыто твердой плодовой оболочкой, составляющей около 20 % массы всего зерна.

Чечевица — высокобелковая культура, ее хорошо поедают животные и птица.

Соя — выделяется среди бобовых культур высоким содержанием протеина (21,2 %) и жира (16,9 %). Перевариваемость питательных веществ сои снижается из-за присутствия веществ, тормозящих переваривание и использование протеина. Термическая обработка сои несколько повышает ее питательность.

Зерна нута — хорошо перевариваются всеми сельскохозяйственными животными и птицей.

Чина — включают в комбикорма для животных не более 10 %, для прудовых рыб — 20 %. В комбикорма для птицы чину вводить нельзя.

Желуди — бедны протеином (6 %), но богаты безазотистыми экстрактивными веществами (до 70 %), состоящими большей частью из крахмала. В желудях есть дубильные вещества, характеризующиеся вяжущим вкусом, они вызывают у животных запоры, в связи с этим их следует вводить в комбикорма в сочетании с послабляющими кормами (отруби, меласса, свекловичный жом). Желуди охотно поедаются свиньями.

Рис нешелушенный — зерна риса с естественными оболочками, которые составляют от 22 до 25 % его массы. Эти оболочки очень твердые и их надо разрушать при вводе риса в рационы для животных. По питательно-биологическим качествам рис превосходит все зерновые культуры. В зерне риса содержится 8 % протеина при одновременном сбалансировании его по аминокислотному составу. Высокоусвояемым является также содержащийся в рисе крахмал. Норма ввода в комбикорма 5–8 %.

Рапс — многолетняя культура. Семена его шаровидные, диаметром 1,5–2,0 мм, хорошо сыпучие. Масса 1000 семян 3–7 г. В зерне рапса содержится 17–29 % протеина и 32–50 % жира. На кормовые цели используется мелкосеменная фракция в количестве 2–25 %.

Тапиока — это мука, полученная из сушеного клубнеплода маниоки — тропической культуры. Масса клубней достигает 16 кг и более. При переработке клубней маниоки необходимо учитывать возможность присутствия цианогенных глюкозидов. Тапиоку выгодно использовать в комбикормах для жвачных животных как источник легкоперевариваемых углеводов в количестве до 15 %.

Тритикале — зоотехническими опытами доказано, что в качестве источника энергии успешно может заменить пшеницу, ячмень, кукурузу, сорго.

Побочные продукты мукомольных, крупяных заводов и элеваторов

Кормовая мука, отруби и различные мучки крупяного производства широко используются в качестве компонентов при производстве комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы. Наиболее широкое применение имеют отруби всех видов зерна. Состав отрубей зависит от способа помола зерна, но все они характеризуются

большим содержанием протеина, жира, клетчатки, золы и бедны безазотистыми веществами.

Отруби — прекрасный источник фосфора, значительная часть которого находится в них в виде фитина, чем и объясняется послабляющее действие отрубей. В отрубях много калия, но мало натрия, кальция, много витаминов B_1 и B_2 .

Кормовые мучки считаются высокопитательными кормовыми продуктами, так как в их состав входят частицы мучнистого ядра, плодовых и семенных оболочек, волосков зерна и частично зародыши, а также некоторое количество размельченной цветочной пленки. В кормовой мучке содержится много крахмала и меньше клетчатки.

Отруби пшеничные — получают в качестве побочного продукта при сортовых и обойных помолах пшеницы. Они состоят из частиц оболочек зерна различной величины с примесью зародыша.

Отруби пшеничные содержат много клетчатки и плохо перевариваются свиньями и птицей, поэтому вводить их в комбикорма для этих видов животных надо в меньших количествах. Норма ввода пшеничных отрубей в комбикорма — 10–60 %. Содержание питательных веществ и химический состав отрубей пшеничных и других побочных продуктов приведены в таблице 1.4.

Отруби ржаные используют в качестве компонента комбикормов для свиней, крупного рогатого скота, лошадей.

Отруби кукурузные — содержат больше кормовых единиц, чем пшеничные и ржаные, но меньше перевариваемого протеина.

Мучка кормовая пшеничная — представляет собой побочный продукт при помоле пшеницы на сортовую муку и состоит из смеси частиц оболочек различной величины и частиц эндосперма пшеницы.

Мучка кормовая ржаная — считается хорошим компонентом комбикорма для откорма свиней.

Мучка ячменная кормовая — прекрасный компонент комбикорма для животных всех видов и особенно для свиней.

Мучка овсяная кормовая — считается хорошим компонентом в комбикормах для молодняка, стельных и лактирующих животных, производителей и рабочих лошадей. В комбикорма для молодняка животных рекомендуется вводить овсяную мучку с наличием сырой клетчатки не более 5 %. Питательность мучки зависит от наличия в ней цветочных пленок, содержащих большое количество трудноперевариваемой клетчатки.

Мучка просяная кормовая — содержит много клетчатки из-за значительного количества измельченной цветочной пленки.

Мучка кукурузная кормовая — получается при выработке кукурузной крупы и состоит из остатков ядра и оболочек кукурузы.

Мучка гречневая кормовая — побочный продукт при переработке зерна гречихи в крупу. Содержит значительное количество плохоперевариваемых плодовых оболочек, в результате чего ввод мучки в комбикорма ограничивается.

Мучка гороховая кормовая — охотно поедается всеми сельскохозяйственными животными.

Мучка рисовая кормовая — получается при переработке риса в крупу. Ее охотно поедают животные, но при больших дозах она вызывает желудочно-кишечные заболевания.

**Питательная ценность и химический состав
побочных продуктов мукомольных, крупяных заводов и элеваторов**

Побочные продукты	К. е. в 1 кг	Обмен- ная энергия, кДж/ 100 г	Про- теин, %	Жир, %	Зола, %	Клет- чатка, %	БЭВ, %	Минеральные вещества, грамм/кг				Аминокислотный состав, грамм/кг				Норма ввода, %
								Na	K	P	Ca	Ли- зин	Мети- онин	Цис- тин	Трип- тофан	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Отруби пше- ничные	0,72	764,4	11,3	4,2	5,2	9,1	55,2	6,88	9,88	9,36	1,62	5,7	1,9	2,2	1,9	10-60
Отруби ржа- ные	0,77	865,4	11,3	3,4	6,5	8,1	56,7	0,37	9,05	9,5	1,0	7,8	2,6	3,3	0,6	10-30
Отруби куку- рузные	0,89	974,4	5,9	2,8	5,9	6,4	63,8	0,62	1,8	2,4	0,8	2,1	1,4	0,8	0,6	5-20
Мучка кормо- вая пшеничная	0,99	1205,4	12,5	3,5	2,5	4,0	64,5	1,61	4,37	0,6	0,9	5,7	2,6	2,1	1,8	10-40
Мучка кормо- вая ржаная	0,67	1092	16,0	6,1	2,4	12,0	63,5	0,2	5,4	3,58	0,14	4,4	2,1	2,5	1,3	5-30
Мучка кормо- вая ячменная	1,17	1029	8,8	2,8	4,3	5,6	64,5	0,34	3,91	3,66	0,35	4,43	2,47	2,07	1,23	15-30
Мучка кормо- вая овсяная	1,04	1239	9,4	6,6	5,1	7,5	58,4	0,65	3,76	5,19	1,67	4,15	1,5	1,5	1,4	10-30
Мучка кормо- вая просяная	1,0	1008	10,6	9,2	4,7	12,7	50,0	0,25	5,6	3,0	0,6	3,8	1,5	2,1	1,5	10-20
Мучка кормо- вая кукурузная	1,34	1260	6,8	4,2	3,9	2,3	63,8	0,3	3,5	1,5	0,7	2,6	1,4	1,0	8,0	15-40
Мучка кормо- вая гречневая	0,97	966	6,7	1,8	5,7	17,7	57,0	0,2	5,4	1,9	1,0	8,3	1,5	1,8	0,7	10-15
Мучка кормо- вая гороховая	1,1	1008	2,2	3,1	3,0	7,5	55,4	0,31	1,61	4,2	0,9	13,0	11,1	2,14	1,67	10-25
Мучка кормо- вая рисовая	0,72	1050	5,5	10,1	8,7	23,1	50,0	0,4	1,72	4,3	1,82	3,5	2,5	1,7	2,0	5-20
Кормовой пше- ничный зародыш	1,39	1390	3,0	10,9	5,6	2,2	65,0	0,4	1,50	8,9	4,0	1,3	3,6	3,1	2,2	1-2
Мельничная пыль	0,5	754	10,0	1,3	4,8	10,1	15,0	0,75	0,65	9,0	0,57	0,2	1,1	2,2	1,3	5-10
Зерновые от- ходы	0,64	953,4	12,4	1,4	4,0	11,2	50,0	1,74	3,99	4,98	1,22	2,6	1,2	1,0	0,8	10-40

Кормовой пшеничный зародыш — считается ценным кормом, содержащим витамин Е, поэтому зародыш рекомендуется вводить в комбикорма для племенных животных и птицы. В 1 кг пшеничного зародыша в среднем содержится 65 мг витамина Е.

Срок хранения комбикормов с введенным зародышем ограничивается 1–1,5 месяцами, так как при хранении происходят потери витамина Е, причем в измельченном зародыше потеря больше, чем в неизмельченном, поэтому вводить зародыш в комбикорма следует в целом виде. В 1 кг зародыша содержится 1,39 к.е., перевариваемого протеина — 3 %, сырой клетчатки — 2,2 %. В комбикорма его вводят взамен зерна в количестве 2 %.

Мельничная пыль — побочный продукт при помоле пшеницы и ржи, состоит из смеси мучной пыли и отрубей. Для кормовых целей используется мельничная пыль только белая и серая.

Зерновые отходы — представляют собой побочные продукты, получаемые на элеваторах, мукомольных и крупяных заводах при очистке зерен основных продовольственных культур от зерновой и сорной примесей. Отличаются от зерна основных культур большим содержанием клетчатки и золы.

В состав комбикормов допускается вводить зерновые отходы с наличием полезного зерна не менее 60 %.

Питательность зерновых отходов зависит от наличия в них зерна — чем больше зерна и меньше примесей (особенно минеральных), тем выше питательность зерновых отходов. В среднем 1 кг отходов содержит 0,64 к.е., перевариваемого протеина — 12,4 %, клетчатки — 11,2 %, натрия — 1,74 г/кг, калия — 3,99 г/кг, кальция — 1,22 г/кг и фосфора — 4,98 г/кг. Норма ввода в комбикорма — 10–40 %.

Грубые корма — используют для производства полнорационных брикетированных комбикормов и кормовых смесей. Содержание питательных веществ и химический состав грубых кормов приведены в таблице 1.5.

Сено — в зависимости от ботанического состава, времени и качества уборки, почвенных условий имеет различный химический состав.

В комбикормовой промышленности используется сено клеверное, люцерновое, луговое и степное. Сено входит в состав полнорационных комбикормов для лошадей и крупного рогатого скота в количестве до 50 %. Сено содержит 0,5 к.е., 8 % протеина, 25 % клетчатки.

Солома — применяется вместо сена частично или полностью при выработке брикетированных кормов для крупного рогатого скота. По питательности солома значительно ниже сена. Солома вводится в комбикорма для крупного рогатого скота в количестве 40–50 %, а в смеси с сеном — 35 % сена и 15 % соломы.

Стержни початков кукурузы — могут использоваться в производстве комбикормов для жвачных животных. По питательности они превосходят озимую солому. В 1 кг стержней содержится 0,36 к.е. и до 15 г перевариваемого протеина. Стержни початков кукурузы вводят в кормовые смеси в количестве 80 %.

Лузга овса и ячменя — после дополнительного измельчения на вальцовом станке и добавления к ней мучки и зернопродуктов служит хорошо усвояемой кормовой смесью для крупного рогатого скота.

Лузга риса — обработанная четырехпроцентным раствором NaOH с последующей 3–4 часовой отлежкой (что значительно увеличивает ее кормовую ценность) в смеси с мучкой может использоваться при изготовлении кормовых смесей для жвачных животных. В 1 кг

Таблица 1.5

Питательная ценность и химический состав грубых кормовых средств (комбикормовое сырье)

Грубые корма	К.е. в 1 кг	Обменная энергия, кДж/100г	Протеин, %	Жир, %	Зола, %	Клетчатка	БЭВ, %	Минеральные вещества, г/кг				Аминокислотный состав, г/кг				Норма ввода, %
								Na	K	P	Ca	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	
Сено	0,5		8,0	2,0	11,2	25,0	41,8	2,37	18,0	3,4	12,9	8,1	1,3	1,3	2,6	50
Солома	0,24		3,6	1,5	6,6	32,7	41,6	1,21	7,5	0,7	2,3	1,2	0,7	0,6	2,2	40–50
Стержни початков кукурузы	0,36		15,0	2,1	9,0	6,8	52,4	1,20	7,6	0,3	1,2	0,9	0,4	0,5	0,4	80
Лузга овса	0,25	–	5,7	2,2	6,1	34,3	50,0	0,4	7,6	1,9	0,6	1,9	0,8	0,8	0,7	70
Лузга ячменя	0,28	–	6,5	2,1	6,4	29,1	54,0	0,4	7,5	2,0	0,6	2,0	0,9	0,9	0,7	50
Лузга риса	0,34	–	2,5	1,47	16,4	53,6	16,2	0,4	7,3	5,2	0,96	1,6	0,8	0,7	0,6	30

лuzги риса содержится 0,34 к.е., протеина — 2,5 %, жира — 1,47 %, клетчатки — 53,6 %, золы — 16,4 %, безазотистых экстрактивных веществ — 16,2 %, кальция — 0,96 г/кг, фосфора — 5,2 г/кг. В кормовые смеси допускается ввод рисовой лuzги до 30 %, измельченной и обработанной четырехпроцентным раствором щелочи натрия.

Корма растительного происхождения с большим содержанием витаминов и микроэлементов

Зеленые растения являются основным источником каротина — провитамина А. В комбикормовой промышленности этим источником служит травяная мука искусственной сушки, хвойно-витаминная мука из листьев древесных пород. При искусственной сушке в ней сохраняется 90–95 % питательных веществ.

Травяная витаминная мука. Качество ее зависит от вида сырья, периода уборки и технологии приготовления. Наилучшую травяную витаминную муку получают из бобовых и злаковых сеяных трав. Кроме сеяных трав могут быть использованы травы естественных сенокосов высокой урожайности, в состав которых входят бобовые (белый клевер, чина луговая, мышиный горошек, люцерна желтая) с большим содержанием питательных веществ. Для приготовления витаминной муки можно использовать ботву сахарной свеклы, моркови, зеленую массу кормовых бобов, гороха и других культур. Питательная ценность и химический состав кормов растительного происхождения приведены в таблице 1.6.

Хвойная мука — практика животноводства показала положительное действие добавки хвойной муки в рационы сельскохозяйственных животных и птицы в зимнее и весеннее время.

Водоросли — издавна использовались для кормления сельскохозяйственных животных как грубый корм. Наиболее пригодными для скармливания считаются ламинария (морская капуста), фукус пузырчатый.

Водоросли, высушенные до 12 % и измельченные до заданной степени крупности, используют в комбикормовой промышленности. По внешнему виду они представляют собой рассыпчатый зеленовато-бурый продукт со специфическим запахом. Крупка сильно гигроскопична. Морские водоросли — это ценный источник витаминов и микроэлементов, особенно йода.

Телорез — водное, очень распространенное многолетнее растение, обитающее в озерах, прудах, заводях рек и водоемах со стоячей водой. Имеет большую зеленую массу.

Кормовая мука из отходов консервного производства

Консервная промышленность страны ежегодно перерабатывает десятки миллионов тонн моркови, капусты, томатов, кабачков, яблок, зеленого горошка, винограда, косточковых и других плодов и овощей. Коэффициент использования растительного сырья в консервной промышленности в среднем составляет 0,79. Следовательно, 21 % всего перерабатываемого сырья составляют отходы.

Сухие отходы имеют высокую кормовую ценность, белок отходов является биологически полноценным.

Таблица 1.6

Питательная ценность и химический состав кормов растительного происхождения

Растительные корма	К. е. в 1 кг	Обмен- ная энергия, кДж/100 г	Про- теин, %	Жир, %	Зола, %	Клет- чатка, %	БЭВ, %	Минеральные вещества, грамм/кг				Аминокислотный состав, грамм/кг				Норма ввода, %
								Na	K	P	Ca	Ли- зин	Мети- онин	Цис- тин	Трип- тофан	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Травяная вита- минная мука	0,75	701,4	14,2	7,6	2,5	24,7	46,5	3,8	18,3	1,9	4,6	8,9	1,4	3,5	2,8	5-10
Хвойная мука	0,4	528	3,7	9,9	5,5	32,2	38,7	2,7	19,4	103,0	12,25	7,8	1,5	3,6	2,9	5-10
Водоросли:																
– фукус	0,35	517	2,8	8,8	4,0	7,4	39,8	2,9	20,5	2,8	12,71	7,8	0,5	0,8	3,0	5-10
– ламинария	0,5	628	4,8	9,4	4,1	7,5	40,0	2,7	21,6	2,7	13,7	3,6	1,5	0,7	3-5	5-10
– телорез	0,6	739	12-22	16-20	4,3	8,6	41,2	2,9	24,0	3,0	14,5	3,4	1,6	0,9	3-5	5-10
Мука кормовая из отходов:																
– кабачков	0,72	1386,4	4,79	1,0	8,7	10,49	67,7	0,02	1,9	12,8	0,8	0,04	1,7	0,4	0,5	5-10
– капусты	0,84	1883,2	11,21	5,0	8,0	11,7	43,5	0,5	3,9	0,6	14,6	1,2	1,6	0,3	0,4	5-10
– яблок	0,76	2195,9	3,91	0,9	10,3	18,8	51,7	0,3	4,0	1,4	4,0	0,4	0,2	1,6	1,6	6
– моркови	0,87	1957,2	10,87	0,73	5,12	11,8	45,46	0,4	5,1	0,6	1,9	0,2	0,85	0,1	2,5	10
– томатов	0,61	2208,3	13,15	0,8	3,95	4,23	18,2	0,5	5,3	0,7	1,8	0,9	1,7	1,6	2,6	10
Мука из виноградных выжимок	0,4	411,6	11,5	9,9	4,9	30,5	35,5	0,3	5,5	2,5	9,7	3,6	0,5	1,7	3,8	10-25
Мука из отходов ботвы баклажан	0,53	524	12,0	0,7	5,1	33,0	34,4	0,2	5,1	2,6	14,1	4,0	0,6	1,8	3,9	10
Мука из вегетативных отходов чайного листа	0,83	635	16,0	0,8	6,0	24,0	33,1	0,3	5,0	2,7	11,0	5,0	0,7	1,9	4,0	10
Мука из отходов герани и базилика	0,55	684,6	13,0	2,5	9,3	25,0	39,0	0,5	6,0	3,2	3,0	5,5	1,6	1,2	2,8	10
Корзинки подсолнечника	0,60	700	7,8	2,8	10,4	23,0	21,6	0,6	7,0	6,8	1,3	5,4	1,7	1,1	2,7	10

Отходы от производства консервов «Зеленый горошек» представляют собой россыпь зеленого зерна, половинки зерен, створки, листья. Кормовая мука из отходов зеленого горошка содержит: сырого протеина — 29,7 %, клетчатки — 14,1 %.

Экономически наиболее выгодно скармливать отходы животным в свежем виде, но потери ценных питательных веществ при хранении и транспортировке на фермы, достигающие 25 %, расходы, связанные с этим, сдерживают использование сырых отходов непосредственно на корм скоту. Потребляют их в основном животноводческие хозяйства, расположенные вблизи консервных предприятий.

Для круглогодичного кормления скота и расширения района использования отходов возникает необходимость в их консервировании.

Наиболее радикальным является хранение высушенных отходов. Отходы сушатся на агрегате АВМ-0,4 при температуре теплоносителя 110 °С и экспозиции сушки 15–20 мин. Высушенные отходы, защищенные от непосредственного попадания в них влаги, могут храниться без потерь питательных веществ в течение длительного времени. В них сохраняются все питательные вещества свежих отходов, приятный запах.

Полученная кормовая мука соответствует по своим технологическим показателям существующим нормативам на мучнистые корма растительного происхождения. По внешнему виду она представляет собой мелкоизмельченный продукт со специфическим для каждого вида сырья запахом, соответствующим стандарту. По химическому составу она сходна с травяной мукой и может вводиться в соответствующие комбикорма.

Из грубых кормов в кормлении животных употребляют также корзинки (шляпки) подсолнечника, виноградные и фруктовые выжимки, подсолнечную лузгу и древесные опилки мягких пород. В 1 кг корзинок подсолнечника после обмолота семян содержится 0,60–0,65 к.е.

Мука из виноградных выжимок. После извлечения из виноградных выжимок сахара и виннокислых соединений, обработанные сладкие влажные выжимки отжимают и сушат на агрегатах АВМ-0,4, СБ-1,5. Мука из виноградных выжимок имеет светло-коричневый цвет, приятный запах.

Подсолнечниковая лузга — содержит клетчатки 52–58 %, БЭВ 38–39,5 %, протеина — 3,7–4,6 %, жира — 1,3–1,6 % и золы — 2–2,2 %.

В 1 кг содержится 0,2 к.е. Для скармливания крупному рогатому скоту и овцам кормовые смеси из лузги необходимо готовить в виде мучки и гранул.

Кормовая мучка из отходов ботвы баклажан — используется при производстве комбикормов для животных и птицы. Мука имеет табачный цвет и специфический запах. Затирают муку в бумажные непропитанные мешки массой 20 кг.

Мука из вегетативных отходов чайного куста — предназначена для использования при производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных и птиц.

Мука из вегетативных отходов чайного куста вырабатывается в конце и начале вегетационного периода, когда производится шпалерная подрезка и формирование чайных кустов.

Муку производят в гранулированном или рассыпном виде и выдерживают в хозяйстве-изготовителе не менее трех суток после изготовления.

Мука из вегетативных отходов чайного куста — это однородная масса от зеленого до темно-зеленого цвета со специфическим запахом, по крупности характеризующаяся ос-

татком на сите с отверстиями диаметром 1 мм не более 1 %. Содержание каротина — не менее 80 мг/кг.

Мука из вегетативных отходов виноградной лозы — используется при производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных. Муку следует производить с мая до конца августа в период проведения зеленых операций на виноградниках, в гранулированном или рассыпном виде, с введением антиокислителей или без них.

В зависимости от содержания каротина муку делят на 5 классов:

- 1 класс — содержание каротина не менее 180 мг/кг;
- 2 класс — содержание каротина менее 150 мг/кг;
- 3 класс — содержание каротина менее 120 мг/кг;
- 4 класс — содержание каротина менее 100 мг/кг;
- 5 класс — содержание каротина менее 80 мг/кг.

Мука из вегетативных отходов виноградной лозы — однородная, без посторонних включений и плесеней масса, от зеленого до темно-зеленого цвета, со специфическим, свойственным муке из виноградной лозы, запахом. Крупность муки: остаток на сите с отверстием диаметром 3 мм — не более 20 %.

Мука из отходов герани и базилика — получается из искусственно высушенных отходов эфиромасличного производства герани и базилика и предназначается для использования при производстве комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы. Муку следует производить в сезон уборки и переработки эфиромасличных культур герани и базилика с введением антиокислителей и без них.

Мука из отходов герани и базилика — масса буровато-зеленого или темно-зеленого цвета, без комков, с приятным ароматическим запахом и содержанием влаги 10–12 %. Крупность характеризуется остатком на сите с отверстиями диаметром 3 мм не более 1 %.

Сырье животного происхождения

К сырию животного происхождения относится сырье, имеющее в основном высокую биологическую ценность со значительным содержанием перевариваемого протеина, незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ. Кормовая мука — мясокостная, мясная, костная, кровяная, мука из шквары, мука рыбная, мука китовая и других млекопитающих морских животных, продукты переработки молока — высокоценные корма. Вводят их почти во все рецепты и тем самым повышают белковую, витаминную и минеральную питательность комбикормов.

Рыбная мука — вырабатывается из рыбы и рыбных отходов, полученных при ее переработке. Рыбная кормовая мука содержит до 38 различных микроэлементов, много различных витаминов. По действующему стандарту содержание жира в рыбной муке допускается до 18 %. В зависимости от вида сырья, используемого для изготовления рыбной муки, содержание кормовых единиц и перевариваемого протеина может колебаться в широких пределах.

Существует несколько способов обработки рыбной муки:

- а) высушивание (без экстрагирования и прессования);
- б) экстрагирование;
- в) прессование.

При последних двух способах из рыбной муки извлекается жир. По крупности рыбная мука просеивается через сито с отверстиями 2,5 мм без остатка. Влажность рыбной муки не должна превышать 12 %. Питательная ценность и химический состав кормов животного происхождения приведены в таблице 1.7.

По стандарту в рыбной муке должно быть не менее 47 % протеина.

В 1 кг рыбной муки содержится 150 г витамина В₁₂. Норму ввода рыбной муки с разным количеством протеина или при замене одного корма животного происхождения другим можно рассчитать по следующей формуле:

$$X = \frac{K \cdot P \cdot H}{K \cdot \Phi} = \frac{P \cdot H}{\Phi},$$

где K — средний коэффициент перевариваемости протеина для рыбной муки, равный 90 %;

P — расчетное содержание протеина (при составлении рецепта, для рыбной муки $P = 59$ %);

H — норма ввода рыбной муки, указанная в рецепте;

Φ — фактическое содержание протеина в поступившей рыбной муке.

Содержание соли в рыбной муке по стандарту должно быть в пределах 5 %. Если в рецепте комбикорма мясокостную муку или дрожжи заменяют рыбной мукой, то общее количество соли в комбикормах может превысить допустимые максимальные нормы. Поэтому необходимо уменьшить ввод соли как компонента комбикорма и на это же количество увеличить норму ввода зерна, мучек или отрубей.

Китовая мука — изготавливается из мяса или остатков, получаемых после удаления жира из сала китов. Содержание жира в муке не должно превышать 10 %.

Мясокостная мука — вырабатывается из туш животных, мясо которых непригодно в пищу, а также из разных отходов, получаемых при забое животных на мясокомбинатах (непищевая обрезь от зачистки мяса, малоценные в пищевом отношении субпродукты). Питательность муки колеблется в зависимости от исходного сырья.

Мясная мука — белковый корм высокого качества, вырабатывается из внутренних органов животных, отходов мясоконсервного производства и прочих мясных отходов.

Кровяная мука — это высокобелковый корм с высокой перевариваемостью протеина (91 %). Вырабатывается из крови, фибрина, шлея и костей, которые добавляют к кровяной муке в количестве не более 5 %.

Мука из шквары — шквара — это остаток после вытопки животных жиров. Муку, выработанную на мясокомбинатах, и рыбную муку подвергают стерилизации. На комбикормовые заводы рыбную муку и муку мясокомбинатов принимают только с заключением ветеринарного надзора о ее пригодности для производства комбикормов. Муку с затхлым и тухлым запахом в переработку не принимают. Содержание металлопримесей в рыбной муке допускается не более 100–200 г на 1 тонну, в мясной — не более 100 г на 1 тонну.

Сыворотка молочная — вырабатывается на предприятиях молочной промышленности при производстве сыра и творога в качестве побочного продукта. Сыворотка — преимущественно углеводистый корм, так как сухое вещество ее почти на 75 % состоит из молочного сахара (лактозы). Освоено производство сухой молочной сыворотки. Это транспортабельный продукт, который продолжительное время сохраняется в обычных производственных условиях. Сухую молочную сыворотку вводят в состав ЗЦМ для телят, свиней и ягнят.

Таблица 1.7

Питательная ценность и химический состав кормов животного происхождения

Корма животного происхождения	К. е. в 1 кг	Обменная энергия, кДж/100 г	Протеин, %	Жир, %	Зола, %	Клетчатка, %	БЭВ, %	Минеральные вещества, грамм/кг				Аминокислотный состав, грамм/кг				Норма ввода, %
								Na	K	P	Ca	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Рыбная мука	0,82	1171	53,3	2,2	14,5	—	4,8	10,3	6,7	64	80	54,7	17,8	11,7	6,2	4-15
Китовая мука	1,29	1150	60,0	9,9	24,1	—	4,7	5,2	6,3	2,92	2,8	51,5	14,8	12,5	5,3	12,5
Мясокостная мука	0,72	1205	29,9	12,8	22,9	2	8,4	8,84	5,88	43,0	71,0	27,8	7,7	3,6	4,1	8-15
Мясная мука	1,27	1008	28,3	25,1	15,4	—	4,2	10,0	4,7	19,2	35,7	38,0	8,0	4,1	6,1	8
Кровяная мука	0,88	1335	60,0	25,0	7,1	—	6,2	7,1	4,5	1,8	0,2	67,2	9,8	15,6	11,5	7-8
Мука из шквары	1,0	1446	46,9	1	6,0	—	1,3	12,1	8,3	5,2	6,4	66,1	10,7	14,5	10,4	5-8
Сыворотка молочная сухая	1,3	911	12	0,9	3,1	—	79,4	5,7	6,4	10,4	8	2	3	2	10,6	5
Сухое обезжиренное молоко (сухой обрат)	1,24	1279	26,4	1,0	0,34	—	49,4	6	14	9,6	12,4	28	8	3	4	10
Мука крабовая кормовая	0,76	739	37,2	1,8	30,7	1,1	19	4,7	15	10,7	83,4	19,2	6,4	3,9	4	10
Мука кормовая белковая	0,83	983	60,0	4,6	4,6	—	19	3,6	13	5,6	6,0	13,8	5,2	24,2	6,0	2-3
Куколки тутового шелкопряда	1,0	1300	57,0	18,0	5,7	—	5	4,0	11	7,4	2,7	7,0	3,0	25,1	7,0	3-5
Казеин	1,31	1138	60,2	8,2	0,33	—	14	5,2	13	11,5	5,8	6,14	2,7	35,6	9,6	3-5
Куриный помет	0,75	730	37,5	6,8	15,14	8,52	4	6,3	11	16,0	22,9	0,5	1,6	5,5	10,0	5
Кормовая мука СВУ*	1,22	1200	55,8	14,2	22,0	—	3	2,4	15	17,0	29,0	0,6	2,0	6,0	11,0	5

*СВУ — санитарно-ветеринарный утилизатор

Сухое обезжиренное молоко (сухой обрат) — богато полноценным, хорошо перевариваемым белком, и поэтому в первую очередь его рекомендуют включать в комбикорма для поросят-сосунков и отъемышей, телят в возрасте от 1 до 6 месяцев и молодняка птицы раннего возраста.

Мука крабовая кормовая — вырабатывается из крабов, непригодных в пищу, а также из отходов, полученных при переработке крабов. Используется при выработке комбикормов для птицы, свиней и пушных зверей. Вводится в комбикорма взамен рыбной и мясокостной муки.

Мука кормовая белковая — вырабатывается из свежего цельного чистого махового и хвостового пера птицы всех видов, а также сырья, не пригодного для выработки перопуховых изделий.

Рыбная, китовая, мясокостная, мясная и кровяная мука вводится согласно протеиновому расчету.

Куколки тутового шелкопряда — получают при разматывании коконов тутового шелкопряда. Сухие куколки шелкопряда содержат полноценный белок (57 %) и много жира (18 % и больше), потому этот корм не может долго сохраняться: жир окисляется и при скармливании вызывает расстройство пищеварения у животных.

Казеин — получают на молокозаводах из тощего молока. Он характеризуется высоким содержанием белка (около 70 %), поэтому является ценным кормом для молодняка птицы и животных. В составе комбикормов для откорма птиц казеин способствует отбелке подкожного жира.

Мука кормовая креветочная — вырабатывается из свежей креветки, непригодной для пищевых целей, а также отходов, полученных при переработке креветки на консервы и мороженную продукцию.

Костяная мука — приготавливается на мясокомбинатах и клеевых заводах из костей животных, богата фосфором и кальцием. При внутризаводском транспортировании и дозировании костяная мука создает сильное пылеобразование.

Куриный помет — одним из резервов получения протеинов и других питательных веществ является корм, изготовленный из птичьего помета или из глубокой подстилки бройлеров.

Бактериологическими исследованиям в кормах из птичьего помета или глубокой подстилки бройлеров болезнетворных бактерий не установлено.

Для сушки птичьего помета и глубокой подстилки бройлеров используется агрегат АВМ-0,4. Чтобы получить 1 т сухого корма надо высушить 1,5 т глубокой подстилки бройлеров или 2 т густого помета цыплят, полученного при их клеточном содержании. Высококачественный корм получают, когда подстилку или помет сушат сразу после того как убирают из птичника или клеток. Если подстилка или помет длительное время хранятся на открытых площадках, отмечаются большие потери протеина и других питательных веществ. Качество изготовленного корма во многом зависит от применяемой подстилки (как правило, применяется подстилочный торф, реже — опилки и мелкие древесные стружки). Вся подстилка должна быть сухая и незаплесневелая. Питательные вещества корма, изготовленного из птичьего помета или подстилки, зависят не только от технологии сбора и сушки помета, но и от вида птиц, их направления, продуктивности и возраста. Так, если в корме из глубокой подстилки бройлеров содержится

протеина 22–26 %, то в корме помета взрослых кур-несушек протеина содержится только 13–15 %. Поэтому для корма в первую очередь следует использовать глубокую подстилку из помещений, где выращиваются бройлеры и другой молодняк птиц, а также помет цыплят.

Животные корма, производимые на ветсанутильзаводах

Сырьем для этих заводов служат туши павших животных, отходы зверохозяйств, инкубаторных станций, меланжевого производства, кости, краевые части шкур и мездра, отходы от забоя скота и птицы.

Жиры — при выработке комбикормов используют технические жиры, которые представляют собой густую пастообразную массу с температурой плавления +30–40 °С. Жиры повышают калорийность комбикормов и их вкусовые качества, снижают пылевыведение при перемешивании и скармливании комбикормов. Наибольший эффект получается при кормлении жиром молодняка птицы. Жиры вводят в комбикорма в размере 2–3 %. В 100 г технического жира содержится 3618 кДж. В 1 кг жира содержится от 2,5 до 3,5 кормовых единиц.

Разработаны способ и технология получения белково-жирового концентрата (БЖК). Он представляет собой однородный порошок светло-кремового цвета, стойкий при хранении, негигроскопичный. БЖК содержит 36 % протеина полноценного по аминокислотному составу, 32 % жира, 16 % углеводов, 11 % минеральных веществ и 5 % влаги. Питательность 1 кг составляет 1,45 к.е. и 305 г перевариваемого протеина.

Сырье минерального происхождения

Мел — вводят в комбикорма для обогащения их кальцием. При этом необходимо соблюдать установленное соотношение между фосфором и кальцием. В комбикорма для птицы мел вводят в количестве до 6 %, для других сельскохозяйственных животных — 1,5–2,5 %. В 1 кг кормового мела содержится 330 г кальция.

Травертиновая мука — получается при измельчении пористого известняка-травертина, образующегося в зонах минеральных источников. Она радиоактивная — в 1 т травертиновой муки содержится 0,05–0,20 мг радия. Норма ввода в комбикорма — 0,7–1 %.

Поваренная соль — служит для обогащения комбикормов натрием и хлором при соблюдении правильного соотношения количества натрия к калию. Хлор играет большую роль в образовании соляной кислоты желудочного сока животных. В 1 кг поваренной соли содержится 400 г натрия. Вводят в комбикорма в количестве до 1 %.

Крупа и мука из раковин моллюсков — крупа готовится из шпаторовых раковин и моллюсков для кормления птицы (размер частиц раковин — от 0,5 до 2 мм), а мука — для кормления всех сельскохозяйственных животных, включая птицу (машинного откорма). В 1 кг крупы или муки содержится в среднем 371 г кальция. Вводят в комбикорма вместо мела.

Ракушку добывают на берегу моря и в карьерах из намывных прибоем береговых отложений, добытую ракушку сушат на солнце, а затем на специальном заводе минеральных кормов размалывают в крупу или муку. Муку из ракушки добавляют к обыч-

ным кормам без дополнительной обработки. Крупу перед введением в комбикорма измельчают.

Известняк — при отсутствии мела в комбикорма можно вводить известняк, если он пригоден для кормления животных. Известняк должен удовлетворять следующим требованиям: содержать углекислого кальция не менее 85 %, а песка — не более 1 %; мука должна полностью просеиваться через сито с отверстиями диаметром 0,5 мм; в 1 кг муки допускается не более 100 мг металломагнитных примесей, в том числе частиц размером от 0,5 до 2 мм не более 10 мг. В известняке не должно быть мышьяка. Содержание фтора допускается не более 0,03–0,04 %. В комбикорма известняк вводят в таких же количествах, что и муку из раковин моллюсков.

Источниками кальция являются также известняковая мука, моно-, ди- и трифосфаты кальция, гипс, лактат кальция.

Мел на комбикормовые заводы поступает молотый и комовой, а соль — крупнодробленая и молотая. Комовой мел и крупнодробленую соль перед введением в комбикорма измельчают. Влажность молотого мела должна быть не более 2 %, комового — не более 8 %. При приемке на комбикормовый завод соль и мел проверяют на засоренность.

Преципитат — дикальцийфосфат ($2\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), один из видов минеральной подкормки для молодняка, является одним из стимуляторов роста.

В воде преципитат нерастворим. Хорошо растворяется в некоторых кислотах как органических, так и неорганических и в желудочном соке. Сухой преципитат представляет собой сыпучий кристаллический порошок белого или сероватого цвета с величиной кристаллов 50–250 мкм. Реакция преципитата слабощелочная или нейтральная, он негигроскопичен и не слеживается.

В преципитате, полученном из мацерационных целюлоз, содержится 23 % кальция, 18 % фосфора, 40–41,5 % фосфорного ангидрида. В кормовом преципитате в усвояемой форме содержится около 95 % фосфорного ангидрида от общего количества. Затаривается в крафтмешки по 30–40 кг. Влажность преципитата не более 7–10 %. Остаток на сите с диаметром отверстий 5 мм не допускается.

Бентонит сыпучий жирный — вырабатывается из побочных продуктов при отбелке масел на жиркомбинатах с добавлением измельченной кукурузы мелкого или среднего размола в соотношении 1:2 и используется в качестве кормовой добавки к рационам животных и птиц. Бентонит сыпучий жирный — однородная масса коричневого цвета со свойственным запахом влажностью не более 8 %.

Крупность характеризуется остатком на сите с отверстиями диаметром 5 мм не более 1 %, диаметром 3 мм — не более 11 %. Содержание жира — не более 18 %, кормовых единиц в 1 кг — не менее 1,47.

Сыпучий жирный бентонит упаковывают в бумажные непропитанные мешки массой не более 50 кг.

Сапропель — содержит в основном кальций, а также микроэлементы и антибиотики. Залежи сапропеля встречаются на дне озер, прудов и других водоемов. Озерный сапропель можно давать всем животным в чистом виде, в том числе и птице. Химический состав сапропеля зависит от места залегания. В сухом веществе сапропеля содержится органического вещества от 4,4 до 26 %, золы — от 3 до 42 %, протеина — от 1 до 6 %, кальция — до 1,6 %, фосфора — до 0,2 %.

Отходы пищевой и легкой промышленности

Жмыхи и шроты — побочные продукты, получаемые после извлечения масла из подсолнечника, конопли, сои, арахиса, хлопчатника и др. масличных культур; являются ценными компонентами комбикормов. Жмых получают при отжиме масла на прессах из предварительно очищенных, перемолотых и обработанных теплом и влагой семян масличных растений, а шрот получают при экстрагировании масла органическими растворителями. После экстрагирования растворитель удаляют и остатки сушат. Сыпучая масса и является шротом. В жмыхах остается 5–9 % жира, в шротах — только 1–3 %.

Подсолнечные жмых и шрот — вырабатывают из семян подсолнечника. Они имеют высокий коэффициент перевариваемости и хорошо поедаются сельскохозяйственными животными. Питательная ценность и химический состав сырья отходов пищевой и легкой промышленности приведены в таблице 1.8.

Хлопчатниковые жмых и шрот — получают при выработке масла из семян хлопчатника. Перед извлечением масла семя очищают от остатков хлопка и шелухи. Шелуха содержит очень мало протеина и до 45 % клетчатки. По питательности она приравнивается к соломе. Поэтому жмых и шрот из неочищенных семян хлопчатника вводить в комбикорма не рекомендуется. При вводе хлопчатникового жмыха и шрота в комбикорма имеются ограничения. Они связаны с наличием в них отравляющего вещества госсипола. Госсипол в жмыхах и шротах может находиться в свободном и связанном состоянии. Отравлению хлопчатниковыми жмыхами подвержены все виды животных и особенно молодняк. Из взрослых животных к госсиполу особенно чувствительны свиньи и лошади, меньше — овцы и крупный рогатый скот. Наиболее опасны прогорклые, заплесневелые жмыхи. Следует особенно строго придерживаться максимальных норм ввода хлопчатникового жмыха или шрота в зависимости от содержания в них свободного госсипола.

Хлопчатниковый жмых с содержанием свободного госсипола до 0,06 % включительно разрешается вводить в рецепты комбикормов для мясного и беконного откорма свиней в количестве до 7 %. При содержании свободного госсипола свыше 0,06 % норма ввода жмыха уменьшается.

Жмых с содержанием госсипола выше 0,10 % в комбикорма для свиней вводить нельзя. При содержании госсипола от 0,1 до 0,2 % норма ввода жмыха для молочных коров и откорма крупного рогатого скота уменьшается.

Соевые жмых и шрот — получают при переработке сои на маслозаводах. Оба являются хорошими компонентами в комбикорме для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы.

Льняные жмых и шрот — получают после выработки масла из семян льна. В состав жмыха входят пектиновые вещества, обуславливающие его разбухаемость в воде с образованием слизи. Этим свойством объясняется диетическое действие жмыха — слизь обволакивает стенки кишечника и предохраняет от раздражения. Это особенно полезно для молодняка сельскохозяйственных животных. Если семена льна перед извлечением масла обрабатывают паром, то процесс образования слизи происходит в этот период и в дальнейшем жмых не набухает и не образует слизи.

Бывают случаи отравления льняными жмыхами. Отравление вызывает глюкозид линамарина, который не обладает ядовитыми свойствами, но в присутствии воды образует

**Питательная ценность и химический состав комбикормового сырья —
отходов пищевой и легкой промышленности**

Комбикормовое сырье	К. е. в 1 кг	Обменная энергия, кДж/100 г	Протеин, %	Жир, %	Зола, %	Клетчатка, %	БЭВ, %	Минеральные вещества, грамм/кг				Аминокислотный состав, грамм/кг				Норма ввода, %
								Na	K	P	Ca	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Подсолнечный жмых	1,09	1209	37,2	7,5	7,2	12,7	32,4	0,41	9,71	8,2	3,3	13,1	9,5	5,9	5,5	10-35
Подсолнечный шрот	1,04	1121	37,8	2,0	6,8	14,1	24,9	1,82	10,5	8,6	3,35	13,8	10,0	6,3	5,8	10-35
Хлопчатниковый жмых	1,06	1083	32,6	7,3	5,8	10,8	25,8	0,42	14,3	9,8	2,8	15,8	4,4	5,9	5,2	5-20
Хлопчатниковый шрот	1,04	1071	37,5	1,8	7,2	12,7	31,0	0,46	14,32	1,5	2,4	18,0	6,4	7,3	6,0	5-20
Соевый жмых	1,25	1323	34,8	7,2	5,7	5,3	27,9	0,50	13,0	7,0	3,7	24,2	4,9	5,9	5,7	5-15
Соевый шрот	1,19	1247	36,0	1,0	6,0	6,5	32,2	1,83	2,2	6,6	6,6	27,8	5,2	5,7	5,7	10-25
Льняной жмых	1,13	1205	28,5	9,9	6,5	9,3	33,2	0,50	9,71	7,0	5,5	27,8	5,7	4,2	6,2	10-25
Льняной шрот	1,03	1205	28,6	1,9	6,5	9,7	36,9	0,97	9,76	10,17	3,97	11,1	4,3	4,6	4,4	10-35
Конопляный жмых	0,73	1050	24,8	9,4	6,0	23,4	19,4	0,97	9,76	10,17	3,97	11,8	5,4	5,4	4,7	10-35
Арахисовый жмых	0,94	1302	24,9	3,9	5,5	6,2	25,5	0,67	12,45	9,2	0,4	15,9	4,3	5,8	5,8	10-35
Арахисовый шрот	1,05	1063	41,8	4,0	1,26	6,6	9,1	30,0	0,40	10,0	6,0	1,7	15,1	4,8	6,0	3,5
Кунжутный жмых	1,27	1230	27,0	12,0	6,2	6,5	10,0	2,6	12,02	14,3	17,9	1,6	10,0	5,0	6,5	10-15
Кукурузный шрот	1,16	1151	12,7	3,7	6,2	7,6	53,0	0,3	10,6	3,3	9,4	4,0	3,2	2,7	2,4	10-25
Кокосовый жмых и шрот	1,0	1079	16,8	5,9	7,6	16,2	42,0	0,7	4,8	1,1	4,7	2,7	1,6	9,0	1,8	15-20
Кориандровый жмых	0,8	1260	13,0	6,0	7,0	30,0	41,0	2,8	9,6	6,29	12,5	2,5	2,4	10,0	2,0	15
Кориандровый шрот	0,66	911	13,0	2,4	7,5	25,7	40,0	0,5	6,0	12,1	6,7	1,1	3,2	2,7	1,6	7-10
Клещевинный шрот	0,83	1079	29,7	1,9	7,6	28,6	19,0	0,7	4,7	7,3	9,6	5,3	5,9	5,3	3,8	5-10
Сурепковый жмых	0,99	1010	26,6	9,5	8,0	11,9	26,0	2,12	5,5	8,34	5,11	8,4	6,0	2,2	3,9	1-5
Сурепковый шрот	0,96	900	25,6	6,6	7,0	11,9	32,5	2,6	5,0	5,4	2,9	8,0	7,0	2,0	4,0	1-5
Рапсовый жмых	1,1	1092	27,7	9,0	6,2	13,0	26,4	0,7	6,0	5,8	2,6	15,8	3,3	13,2	5,3	1-5
Рапсовый шрот	0,9	1113	29,5	2,3	7,4	12,0	31,0	1,41	10,79	8,74	5,17	16,9	4,2	15,3	6,1	1-5
Рыжиковый жмых	1,2	1200	25,9	10,6	8,0	13,9	26,1	1,4	12,0	7,4	3,8	16,0	4,0	15,0	6,0	1-5
Рыжиковый шрот	0,95	1100	30,1	2,5	7,0	11,9	28,8	0,46	10,2	8,4	4,12	15,0	5,0	16,0	7,0	1-5
Сафлоровый шрот	0,56	1000	15,2	0,9	8,0	33,9	27,0	0,5	10,0	8,4	3,4	5,0	2,7	3,0	2,5	10
Маисовые корма	1,12	1054	18,2	5,0	3,8	6,0	56,0	0,18	1,31	1,5	1,3	5,6	3,0	2,8	1,5	10-25
Картофельная мезга	0,95	900	2,1	1,0	5,0	6,5	8,0	0,2	1,71	1,3	3,6	6,0	2,0	3,0	2,0	5-10
Солодовые ростки	0,67	850	13,2	2,5	6,0	13,1	9,0	1,93	13,8	6,56	1,4	4,0	3,0	2,0	3,0	3-10
Пивная дробина	0,8	1054	15,2	1,7	4,1	16,3	10,7	2,59	1,72	4,68	1,57	3,4	2,5	1,0	2,4	10-25
Картофель сушеный	1,17	1100	4,4	2,0	4,0	17,0	11,0	4,0	38,4	4,5	1,5	4,0	3,0	2,0	3,0	10-30
Свекловичный жом	0,84	874	3,8	0,5	1,7	14,6	60,0	11,0	2,72	2,67	9,17	6,1	0,1	0,86	0,8	5-10

синильную кислоту, Поэтому льняной жмых с содержанием синильной кислоты более 200 мг в 1 кг скармливать животным опасно.

Конопляный жмых и шрот — получают из шелушенных и нешелушенных семян. В конопляном жмыхе и шроте присутствует наркотическое вещество — каннабиноль, поэтому ввод их в комбикорма ограничен.

Арахисовый жмых и шрот — по своей биологической ценности относится к лучшим белковым кормам.

Кунжутный жмых — норма ввода в комбикорма для животных — 10–15 %.

Кукурузный кормовой шрот — получают при извлечении масла из зародыша семян кукурузы. Он обладает приятным запахом и пригоден для всех сельскохозяйственных животных.

Кокосовый жмых и шрот — получают из высушенной плодовой мякоти кокосовых орехов после удаления масла.

Кориандровый жмых и шрот — получают в результате выработки из плодов кориандра эфирного масла.

Клещевинный обезвреженный шрот — получают из семян клещевины. Шрот не должен содержать алкалоида рицина.

Шрот вводят в комбикорма для прудовых карповых рыб в количестве до 10 %, для молочных коров, откормочного крупного рогатого скота и для мясного откорма свиней в количестве до 5 %.

Сурепковые, рапсовые, рыжиковые жмыхи и шроты — получают при производстве репейного, рапсового и рыжикового масла. Жмыхи и шроты горькие, поэтому неохотно поедаются животными. Норма ввода указанных жмыхов и шротов в комбикорма для откорма свиней до жирных кондиций, молочных коров и откорма крупного рогатого скота — 1–5 %.

Сафлоровый шрот — вырабатывается из необрушенных семян и имеет низкую питательность. Содержит алкалоиды, поэтому вводить его можно только в комбикорма для молочных коров и откормочного крупного рогатого скота в количестве до 10 %.

Лузга подсолнечника — является побочным продуктом после переработки подсолнечника на маслозаводах, получается ее до 20 %. Сюда же относятся щуплые и битые семена, частички корзинок, стеблей и листьев. У лузги подсолнечника очень грубое построение клетчатки. Чтобы ввести в рацион крупного рогатого скота, ее измельчают на молотковой дробилке, а затем на вальцевом станке до мелкого размола (остаток на сите с отверстиями диаметром 2 мм — не более 5 %). Измельченные отходы сохраняют грубую структуру и неохотно поедаются животными в чистом виде. Скармливать их можно только в смеси с силосом или комбикормом.

В процессе влаготермической обработки лузга приобретает приятный специфический аромат, который обуславливается содержащимися в ней частичками корзинок, стеблей и листьев. Химическая обработка 4 %-ой негашеной известью измельченной лузги делает более доступными для животных содержащиеся в ней питательные вещества. Улучшает перевариваемость и усвояемость органических веществ лузги.

Фосфатидный концентрат — фосфатиды получают при извлечении растительного масла из семян масличных культур. Они представляют собой целый комплекс ценных веществ, влияющих на обменные процессы в организме животных. Наиболее ценная часть

фосфатидного комплекса — холин, участвующий в синтезе аминокислот и регулирующий жировой обмен. Ввод фосфатидного концентрата на комбикормовых предприятиях затруднен из-за его пастообразного состояния, поэтому промышленность выпускает фосфатидно-белковый концентрат, состоящий из смеси фосфатида и размолотого жмыха или шрота в соотношении 1:2, 1:3, 1:4 и т. д. Это обеспечивает транспортабельную структуру концентрата. Ввод в рецепты в % от массы комбикорма — 0,9–9 %.

В 1 кг фосфатидного концентрата содержится 0,8 к.е. и 4,5 % перевариваемого протеина. При составлении рецепта комбикорма с вводом фосфатидно-белкового концентрата жмых, входящий в состав последнего, следует засчитывать за жмыхи основного рациона.

Соапсток — продукт, получаемый при щелочной рафинации растительных масел в процессе нейтрализации. По существу это эмульсия натриевых мыл. Соапстоки содержат также значительное количество нейтрального масла, фосфолипиды, пигментные вещества и др. Соапстоки разлагают на жирные кислоты, из соапстока извлекаются пигменты и другие продукты, которые используются как добавки в корм животных в количестве 2–5 % от массы кормов.

Отходы крахмалопаточного производства. При выработке крахмала из кукурузы, картофеля и пшеницы остаются побочные продукты, богатые углеводами и другими питательными веществами. Они в свежем или сухом виде используются для кормления сельскохозяйственных животных.

Сухие кукурузные (маисовые) корма — в процессе переработки кукурузы получают кормовые продукты — мезга (плодовые и семенные оболочки с примесью крахмала), зародыш (после выделения масла), идущий на изготовление шрота, глютен (клейковина) и экстракт. Клейковину, мезгу и шрот высушивают, перемалывают, смешивают и выпускают эту смесь под названием «Корма кукурузные сухие». Сухой кукурузный корм может выпускаться без экстракта (обычный) и с добавлением натурального экстракта (кислый). У первого влажность не более 10 %, у второго — не более 12 %.

Маисовые корма могут содержать металлические примеси в высушенных частицах клейковины. Магниты с трудом улавливают такие скрытые частицы металла. Поэтому при приемке на комбикормовых заводах особенно тщательно проверяют засоренность маисовых кормов металлическими примесями, содержание которых допускается не более 100 г на тонну.

Кукурузный экстракт — при переработке кукурузы на крахмал выход жидкого кукурузного экстракта достигает 80–90 %. В кукурузном экстракте содержится (в процентах): влаги — 46,8, протеина — 23,9, жира — 3,7, БЭВ — 24,72, фосфора — 0,98. Кукурузный экстракт содержит около 50 % сухих веществ, половину из которых составляет протеин, много фосфора, железа. По физическим свойствам кукурузный экстракт представляет собой густую непрозрачную жидкость светло-коричневого цвета с хлопьевой взвесью. Разбавив его 15 % воды, вводят в комбикорма вместе с жидкими компонентами в количестве 5–6 %.

Соленый гидрол — продукт крахмалопаточной промышленности, получаемый при производстве кристаллической глюкозы. Это жидкость темно-коричневого цвета с хорошей текучестью. Соленый гидрол содержит 30–40 % влаги, 11–14 % золы, 45–50 % сахаров, 0,25 % протеина, 9–13 % поваренной соли и минеральные вещества. В 1 кг соленого гидрола содержится 0,67 к.е., 4,8 % перевариваемого протеина. Норма ввода соленого

гидрола в комбикорма — в пределах 3–5 %. При вводе соленого гидрола в комбикорма необходимо учитывать в нем содержание поваренной соли.

Лигносультанат — побочный продукт крахмалопаточного производства. Жидкость имеет бурый цвет, применяется при брикетировании и гранулировании комбикормов.

Картофельная мезга — получается при производстве крахмала из картофеля. Представляет собой кашцеобразную массу влажностью до 94 %, имеющую легкосбраживаемые органические вещества и большое количество различной микрофлоры. Сушеную картофельную мезгу используют в комбикормовой промышленности.

Корм пшеничный сухой — при переработке пшеницы на крахмал получают отходы — экстракт, мезга и глютен. Из этих кормовых продуктов получают сухой пшеничный корм. В 1 кг содержится 1 к.е., перевариваемого протеина — 15,2 %, клетчатки — 10,6 %. Норма ввода в комбикорма — 10–25 %.

Солодовые ростки — получают при проращивании ячменя (приготовлении солода для пивоварения). Они должны быть совершенно свежие, без посторонних примесей.

Пивная дробина — это нерастворимый в воде осадок солода (пивная гуща). Она содержит оболочки зерна, частицы ядра зерна, много безазотистых экстрактивных веществ и почти весь жир, который содержится в зерне. Сушеная дробина является хорошим компонентом комбикорма.

Картофель сушеный — высокоперевариваемый питательный корм. Он содержит свыше 60 % крахмала.

Отходы сахарной промышленности

Свекловичный жом, получаемый в виде стружки на свеклосахарных заводах, содержит около 6–7 % сухих веществ, в том числе около 0,3 % сахара. Высушенный и особенно спрессованный жом стоек в хранении и удобен при транспортировании.

В настоящее время сухой жом вырабатывают в рассыпном, гранулированном и брикетированном виде. Хранение и транспортирование сухого жома значительно облегчается его гранулированием и брикетированием. Для повышения питательной ценности сухого жома в настоящее время разработано много рекомендаций по обогащению его минерально-витаминными премиксами, биологически активными веществами, лечебно-профилактическими средствами.

Амидный жом — это смесь сухого жома (75 %), мелассы (19 %) и мочевины (6 %). Его используют в качестве добавки к основному корму.

Мелассированный жом представляет собой отпрессованный жом, перед сушкой которого добавляют мелассу в количестве 60–100 % от массы сухого жома. Разработана технология получения мелассированного гранулированного жома. Такой жом является прекрасным кормом для всех видов животных.

Меласса — (патока) представляет собой вязкую темно-бурую жидкость со своеобразным запахом. Это углеводистый корм, содержащий около 50 % сахара. Зольность мелассы — до 10 %. В 1 кг мелассы содержится 0,77 к.е. Норма ввода в комбикорма для сельскохозяйственных животных и птицы, за исключением молодняка, — 3–4 %.

Меласса — хороший корм для животных. Ее вводят в состав кормовых брикетов, а также в состав рассыпных и гранулированных комбикормов. Она улучшает их вкусовые

и питательные качества. При кормлении жвачных животных мелассированными кормами повышается усвояемость клетчатки, что позволяет использовать кормовые средства с высоким ее содержанием (стержни початков кукурузы, лузга).

В подогретом состоянии вязкость мелассы небольшая, и поэтому при смешивании меласса легко впитывается в комбикорма. Наличие мелассы в комбикормах способствует также сохранению их однородности и снижает выделение пыли.

При производстве гранулированных и брикетированных комбикормов меласса может служить в качестве связующего вещества для повышения прочности гранул и брикетов. Технологическая схема приема, размещения, передачи в производство и ввода ее в комбикорма должна разрабатываться с учетом следующих особых свойств мелассы: плотность ее при температуре 20 °C — 1,386 г/см³, температура застывания — 16 °C. Свободное перемещение мелассы по трубам с помощью насосов возможно лишь после нагрева до температуры 50–60 °C. При температуре выше 65–70 °C, возникает нежелательный процесс карамелизации мелассы.

Жом может содержать частицы золы и угольной пыли, которые попадают в стружки при его сушке. Поэтому в комбикормовом производстве большое внимание уделяют очистке жома. Влажность жома должна быть не более 17 %. Допустимое количество металлопримесей не более 100 г на тонну.

Меласса, поступающая на комбикормовые заводы, не должна быть кислой, перебродившей или разбавленной водой. Влажность мелассы должна быть не выше 25 %. При поступлении мелассы на предприятие ее проверяют на наличие посторонних запахов.

Комбикормовое сырье микробиологического и химического синтеза

Сырье микробиологического синтеза. В настоящее время успешно ведут поиски получения белковых кормов промышленным биосинтезом с помощью различных низших автотрофных организмов, в том числе и микроорганизмов. Микроорганизмы превращают простые и синтетические вещества (ацетальдегиды, простые сахара, соли аммония, спирт, уксусную кислоту, углерод угля, парафины нефти, природные газы и т. д.) в высокоценные кормовые белки. Большое значение имеет выращивание дрожжей, культивирование различных плесневых грибов, бактерий и других живых организмов, дающих много биомассы. Из биосинтетических компонентов для комбикормов более ценны дрожжи, выращиваемые на различном сырье, — соломе, стержнях кукурузных початков, подсолнечниковой лузге, хлопчатниковой шелухе, сульфитном экстракте, отходах крахмальных заводов, гидролизатах древесины, древесных отходах, камышах, торфе, лузге и на нефти. Сухие кормовые дрожжи вырабатывают из технически чистых культур дрожжей, выращенных на барде гидролизных и сульфидно-спиртовых заводов. После сушки на сушильных установках дрожжи представляют собой сухой продукт в виде чешуек или порошка. Дрожжи, выращенные на барде гидролизных заводов, имеют коричневый цвет, а на барде сульфитно-спиртовых заводов — бледно-серый. Сухие кормовые дрожжи — один из самых высокоценных белковых и витаминных кормов, обладают высокой перевариваемостью, легко усваиваются организмом. Скармливание дрожжей дает наибольший экономический эффект по сравнению с другими кормами.

Сухие кормовые дрожжи содержат более 50 % белка, в том числе до 40 % перевариваемого, наиболее важные аминокислоты и микроэлементы, а также такие незаменимые для роста и развития животных витамины, как витамины группы В и особенно ценный витамин В₂.

При облучении ультрафиолетовыми лучами содержащийся в дрожжах эргостерин превращается в витамин Д₂, который участвует в процессе регулирования кальциевого и фосфорного обмена у животных и птицы.

В 1 кг сухих кормовых дрожжей содержится 1,1 к.е. (в 100 г обменной энергии — 1184 кДж), перевариваемого протеина — 40,1 %, клетчатки — 8,73 %, жира — 1,3 %, лизина — 35,30 г/кг, метионина — 9,4 г/кг, цистина — 6,6 г/кг, триптофана — 2,9 г/кг, кальция — 20,3 г/кг, фосфора — 12,6 г/кг. Максимальные нормы ввода дрожжей в состав комбикормов-концентратов для всех видов сельскохозяйственных животных — в пределах 5 %.

Компоненты комбикормов химического синтеза. Из продуктов химического синтеза применяют карбамид, соли аммония, аминокислоты и некоторые другие азотосодержащие вещества для восполнения в комбикормах протеина.

Кроме карбамида, в качестве источника протеина в комбикормах стали применять различные синтетические соли аммония (бикарбонат аммония, сернокислый аммоний, фосфорнокислый аммоний, уксуснокислый аммоний и др.). Для окончательного решения вопроса о целесообразности введения их в кормовые смеси требуются дальнейшие эксперименты.

Карбамид (мочевина) — небелковое химическое соединение, служит одним из дополнительных источников протеина для сельскохозяйственных животных. Это белое кристаллическое вещество солоновато-горького вкуса, без запаха, хорошо растворимое в воде. В чистом виде карбамид содержит 46 % азота, тогда как в белке корма в среднем содержится азота около 16 %. При определении питательности комбикормов 1 % карбамида приравняют к 2,62 % белка. Попадая с основным кормом в преджелудок (рубец) жвачных животных, карбамид легко расщепляется до аммиака. Микробы, находящиеся в щелочной среде преджелудка (рубца) жвачных животных, превращают азот карбамида в полноценный белок своего тела, а затем, переходя вместе с кормом в кислую среду желудка (сычуг), погибают и становятся для животного кормом, содержащим полноценный белок.

Схема образования карбамида. При соединении азота воздуха с водородом получается аммиак $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$, который, вступая в реакцию с углекислым газом, образует карбамид $2NH_3 + CO_2 = CO(NH_2)_2 + H_2O$.

Процесс преобразования мочевины происходит только у животных с многокамерным желудком.

В составе комбикорма количество карбамида не должно превышать 3 %, так как при даче большего количества азот не будет полностью усваиваться и может произойти отравление животных.

К резервам увеличения сырьевых источников для производства комбикормов относится использование отходов пищевых предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье: жир отбельной земли, лузга, сор послесырьевой, сор производственной очистки (масложировые предприятия), мездра, стружка хромовая, стружка сыромятная (кожевенные заводы), сыворотка с содержанием до 4 % белка (на молочных комбинатах), отходы консервных производств, солодовенных, производств безалкогольных напитков.

Вредные вещества — вещества, содержащиеся в кормах и отрицательно влияющие на продуктивность животных или качество продукции животноводства, а также на состояние здоровья сельскохозяйственных животных.

По договору с потребителем комбикормовые предприятия могут использовать и нетрадиционные кормовые продукты, имеющие нормативную документацию и разрешение соответствующих органов на их использование в качестве кормовых средств. Сырье, поступающее на комбикормовые предприятия должно соответствовать показателям качества, обусловленным действующими стандартами, техническими условиями. При получении сырья с отклонениями по отдельным показателям от требований нормативной документации, допускается его переработка в производстве только в том случае, если технологические линии позволяют обеспечить его доработку по физико-химическим показателям (крупность, металломагнитная примесь, сорная примесь и т. п.). В случае отклонения по другим показателям (сырой протеин, жир и т. п.) при расчете рецепта должны быть внесены соответствующие коррективы, исключающие производство продукции, не отвечающей требованиям норм качества. К поставщикам сырья, не удовлетворяющего требованиям НД, должны быть применены соответствующие санкции.

Зерновое сырье, содержащее целые и измельченные семена ядовитых сорняков (триходесмы седой и гелиотропа опушенноплодного), в переработку не допускается. Сырье, содержащее куколь и вредную примесь (шлевел опьяняющий, головню, спорынью, горчак, вязель, софлору) в количестве, превышающем ограничения, установленные НД, подавать на измельчение запрещается.

Зерновое сырье с трудноотделимыми карантинными сорняками подлежит более тонкому измельчению на дробилках или вальцевых станках (содержание целых семян сорняков в измельченном сырье не допускается) и используется при выработке гранулированных комбикормов. Зерно, в котором обнаружены частицы стекла, в переработку передавать запрещается. Считаются недоброкачественными и непригодными к использованию:

- ♦ зерно с наличием загнивших, проплесневевших, пораженных грибными и бактериальными заболеваниями зерен, непригодные по заключению ветеринарного надзора;
- ♦ отруби, дрожжи кормовые, мучка кормовая, жмыхи, шрот, мука кормовая рыбная, мука кормовая животного происхождения, имеющая затхлый, плесневелый, гнило-стный и другие запахи, не соответствующие данным продуктам, а также комковатость и установленное визуально заплесневение.

Кормовые средства ненадлежащего качества должны перерабатываться в соответствии с действующими в комбикормовой промышленности указаниями, в которых введены следующие ограничения: токсичные концентрированные корма (зерно, продукты его переработки, дрожжи кормовые, жмыхи, шроты и др.) запрещается использовать для производства комбикормов. Слаботоксичное фуражное зерно и продукты его переработки, токсичность которых обусловлена:

- ♦ грибами рода *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rizisopus* и др., допускается вводить в комбикорма животных на откорме, крупному рогатому скоту и овцам при выработке гранулированных кормов, в количестве не более 10 %; свиньям, лошадям и птице — в том же количестве после обезвреживания и получения отрицательного результата при повторном исследовании на токсичность;

- ♦ грибами рода *Fusarium*, используется для крупного рогатого скота на откорме без обезвреживания в количестве не более 10 % в рационе.

Слаботоксичные шроты, жмыхи используют в корм только откормочному крупному рогатому скоту в количестве, не превышающем зоотехнические нормы.

Слаботоксичный шрот, выработанный из дефектных семян подсолнечника, пораженного склеротинией, может быть использован для приготовления комбикормов, в %: крупному рогатому скоту на откорме — не более 10; откормочному поголовью свиней — не более 8; ремонтному молодняку птицы промышленного стада яичных пород старше 60 дней — не более 6; курам-несушкам промышленного стада — не более 7. Указанный шрот запрещается использовать в корм свиноматкам, лактирующим и беременным маткам крупного и мелкого рогатого скота, молодняку сельскохозяйственных животных и птице раннего возраста.

Обеззараживание и обезвреживание сырья, поставляемого для производства комбикормов и не удовлетворяющего требованиям нормативной документации по качеству производится в соответствии с действующими рекомендациями, утвержденными соответствующими государственными органами.

- ♦ Импортируемое сырье должно подвергаться сертификации в соответствии с Временным порядком ввоза на территорию Российской Федерации товаров, для которых требуется подтверждение на безопасность и Правилами сертификации кормов и кормовых добавок на соответствие установленным требованиям. При наличии сертификата соответствия на токсичность, пестициды, тяжелые металлы, бактериальную обсемененность проводят выборочно.

Сырьем для производства премиксов являются: наполнитель, биологически активные, стабилизирующие и др. вещества. В качестве наполнителя используют: отруби пшеничные, пшеницу, ячмень кормовой, дрожжи кормовые, шрот подсолнечный, шрот соевый.

Для выработки премиксов применяют препараты, разрешенные к вводу в корма Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ.

Стабилизирующие вещества (сантохин, дилудин и т. п.) применяются для предотвращения потери активности биологически активных веществ при взаимодействии их между собой в процессе хранения.

На сырье, по качеству не соответствующее требованиям нормативной документации, должна быть составлена рекламация в адрес поставщика в соответствии с положениями действующего законодательства и предъявлены штрафные санкции за поставки недоброкачественной продукции.

При расхождении в массе, количестве мест (недостаче) против указанных в накладной поставщика составляется коммерческий акт.

ГЛАВА 2

СВОЙСТВА ЗЕРНА КАК ОБЪЕКТА ПЕРЕРАБОТКИ

§1. Технологические свойства зерна

Зерно как биологический объект — чрезвычайно сложное образование. Каждая его часть и все зерно в целом несут определенную информацию о способности дать продукцию заданного выхода и качества, о технологических приемах, необходимых для получения этой продукции и, наконец, о режимных параметрах, при которых необходимо вести технологию. Так, по крупности зерна судят о содержании в зерне эндосперма и о возможном выходе продукции. По стекловидности и влажности — о преобладающем виде деформации при измельчении (пластическая или хрупкая) и о способности зерна к крупнообразованию. По качеству клейковины — о режимных параметрах гидротермической обработки зерна при его подготовке к помолу.

Современные представления о взаимосвязи свойств зерна наиболее логично представлены в работах Г.А. Егорова. Основная мысль автора состоит в том, что зерно как объект переработки обладает четырьмя наиболее общими свойствами. Эти свойства трансформируются в пять групп первичных свойств, признаков качества и особенностей строения. Первичные свойства и признаки качества оказывают влияние на технологические свойства зерна, которые являются вторичными и всецело зависят от первичных.

Таким образом, при общей оценке зерновка — это сложносоставное тело, органичное соединение в единое целое разнородных по структуре, физическим свойствам, химическому составу, абсолютной массе, биологическому назначению анатомических частей: эндосперма, наружных и внутренних оболочек, зародыша. В процессе переработки необходимо учитывать различия свойств разделяемых анатомических частей и при необходимости преумножать их. Например, изначально оболочки и эндосперм зерна пшеницы имеют различную прочность благодаря их различной структуре и химическому составу. В технологии эти различия увеличивают, пластифицируя оболочки, что позволяет отделить их от эндосперма без излишнего дробления.

Зерно относится к анизотропным телам, когда каждая его точка обладает различными свойствами. Причем анизотропия наблюдается как из-за различия структурно-механических свойств отдельных анатомических частей зерна, так и внутри каждой анатомической части. Например, микротвердость эндосперма зерна различна в центре и на границе с алейроновым слоем.

Зерно — это биополимер, капиллярно-пористое коллоидное тело, которому присущи все свойства полимеров: поглощение и отдача влаги, ограниченное набухание, разрушение начальной структуры трещинами, выделение теплоты смачивания и т. д.

И наконец, зерно — это живой организм, все процессы в котором подчинены управляющему воздействию биологической системы. Последнее необходимо учитывать при проведении технологических операций с зерном, особенно при проведении гидротермической обработки. Так, отмечается различная скорость поглощения влаги при увлажнении и переноса влаги при отволаживании живого и неживого зерна. Так, у риса, в котором тепловым способом была уничтожена способность к прорастанию, скорость поглощения воды оказалась на 30 % ниже, чем у нормального зерна.

Качество зерна (сырья), наряду с технологией и оборудованием, искусством технолога, играет решающую роль в достижении высокой эффективности производства. Причем, когда речь идет о технологическом процессе, то термины «качество зерна» и «технологические свойства зерна» приобретают одинаковый смысл. Таким образом, зерно хорошего качества должно иметь хорошие технологические свойства. Качество зерна — это совокупности признаков и показателей, природных особенностей, позволяющих оценить способность зерна дать продукцию определенного выхода и качества при некоторых эксплуатационных затратах.

В связи с этим уровень технологических свойств оценивается:

- выходом продукции заданного ассортимента. Чем больше выход продукции из единицы массы сырья при соблюдении необходимых качественных показателей, тем эффективнее ведется технология;
- качеством продукции при определенном заданном выходе. Причем, показатели качества индивидуальны для каждого вида технологии. Например, в технологии муки, чем ниже зольность продукции, тем эффективнее технология. В технологии рисовой крупы чем выше содержание доброкачественного ядра, тем эффективнее технология;
- эксплуатационными затратами на единицу выхода готовой продукции.

Кроме основных критериев для оценки технологических свойств зерна используют более частные оценочные критерии, такие как выход и зольность муки высших сортов, средневзвешенная зольность муки в целом и средневзвешенная зольность муки высших сортов, выход целой и дробленой круп и т. п. Возможно также использование комплексных критериев, которые одновременно оценивают и количественную, и качественную стороны процесса. Так, в технологии муки используют безразмерный показатель K , который определяют по отношению выхода продукции C_0 , % к ее зольности Z , %.

$$K = \frac{C_0}{Z}, \quad (1.2)$$

Причем для оценки эффективности процесса может быть использовано значение общего выхода муки, выхода муки высоких сортов, выхода круподуновых продуктов и т. п.

В крупяной технологии для оценки технологических свойств зерна и эффективности ведения процесса используют и другие показатели качества, такие как содержание жира, фосфора, процент трещиноватых зерен и т. п.

В практической деятельности для оценки технологических свойств сырья пользуются средневзвешенными показателями качества. Например, средневзвешенная зольность,

средневзвешенная влажность и т. п. Рассчитывают средневзвешенную величину с учетом весомости каждого компонента. Например, за месяц непрерывной работы мукомольной мельницы была переработана партия зерна пшеницы массой 4800 т. При этом было получено 1920 т муки высшего сорта с зольностью 0,51 %, 1200 т муки первого сорта с зольностью 0,69 % и 480 т муки второго сорта с зольностью 1,19 %. Рассчитать средневзвешенную зольность муки за отчетный период. Расчет ведут методом определения взвешенной средней как математической величины. Для этого умножают количество муки каждого сорта на его зольность, находят сумму произведений и делят на сумму масс.

Общее выражение для определения взвешенной величины:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}, \quad (1.3)$$

где \bar{Y} — средневзвешенная величина;

Y_i — единичное значение качественного показателя;

C_i — весомость единичного значения.

Применительно к расчету средневзвешенной зольности, \bar{Z} , %

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}, \quad (1.4)$$

где Z_i — зольность муки каждого сорта, %;

C_i — выход муки, %.

Таким образом, средневзвешенная зольность муки из вышеприведенного примера составит:

$$\bar{Z} = \frac{0,51 \cdot 1920 + 0,69 \cdot 1200 + 1,19 \cdot 480}{1920 + 1200 + 480} = 0,66\%.$$

Наиболее существенно технологические свойства изменяются от крупности зерна. Очевидно, что при увеличении крупности зерна в нем растет содержание эндосперма, т. е. той части зерна, из которой получают муку и крупу. В качестве показателя крупности используют геометрические размеры зерна, а также технологический показатель крупности, который показывает величину прохода и схода двух смежных сит. Записывают этот показатель в виде обыкновенной дроби, в числителе которой проставляют номер сита, проходом которого получен продукт, а в знаменателе — сходом (см. раздел о сепарировании). Так, если принять за показатель крупности толщину зерна, то по данным Л.Н. Любарского (в соответствии с рис. 1.1) с увеличением толщины в зерне пшеницы увеличивается содержание эндосперма, снижается содержание оболочек и алевронового слоя и увеличивается масса 1000 зерна. Другими словами, с увеличением крупности возрастают технологические свойства зерна.

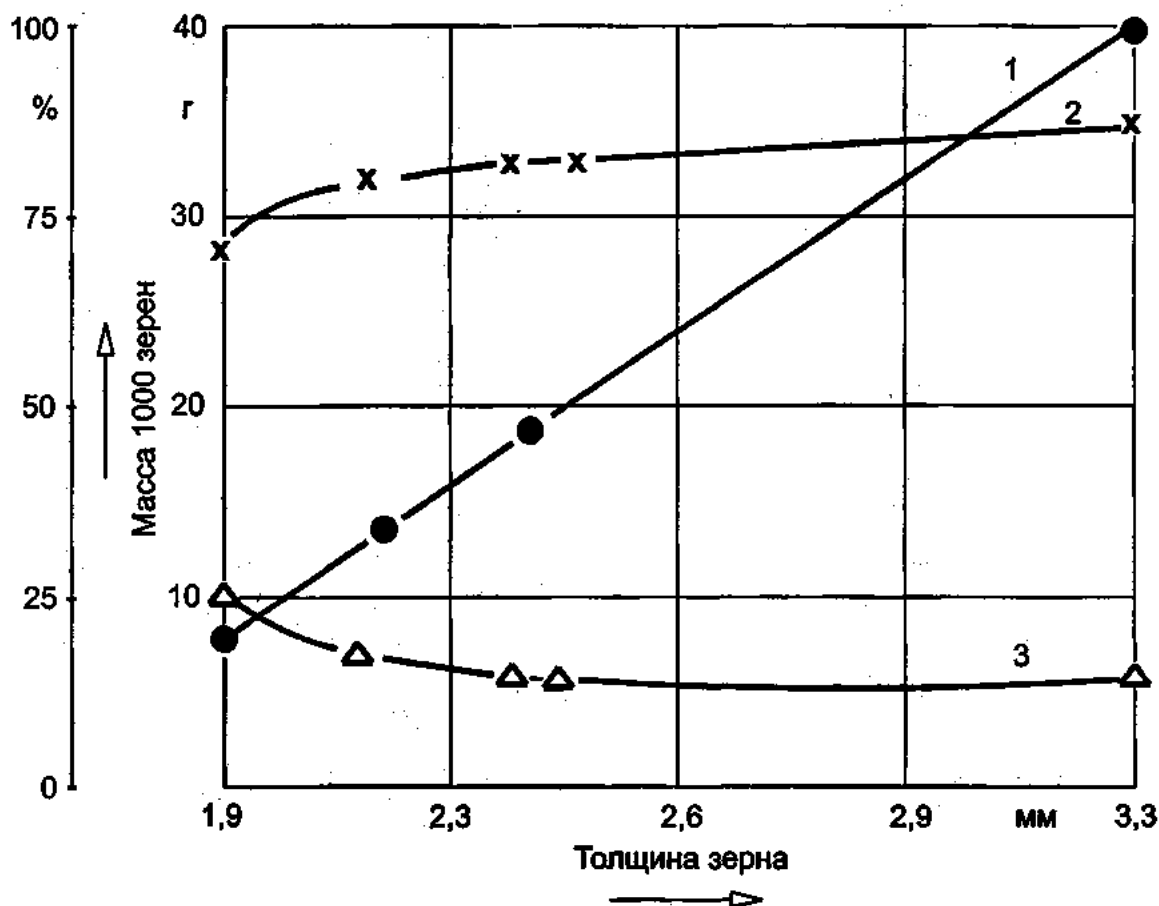


Рис. 1.1. Влияние крупности на показатели качества зерна пшеницы:
 1 — масса 1000 зерен; 2 — содержание эндосперма, %;
 3 — содержание оболочек и алеиронового слоя

Замечено, что после удаления из зерновой массы мелкой фракции зерна, снижается средневзвешенная зольность муки. В технологии крупы мелкая фракция зерна трудно шелушится. Шелушение не сортированного на фракции зерна крупных культур, как правило, снижает эффективность процесса. Для снижения негативного влияния содержания мелкого зерна в практике зерноперерабатывающих предприятий используют ряд технологических приемов. В первую очередь, это пофракционная переработка зерна, выделение мелкой фракции из основного зерна и т. п.

Так по регламенту ведения технологического процесса на мельницах фирмы Bühler мелкое зерно удаляется из товарной партии на стадии подготовки зерна к помолу в элеваторе; гречиху перерабатывают сортированную на шесть фракций крупности; выделенную мелкую фракцию риса шелушат с использованием абразивных рабочих поверхностей, а крупную фракцию на обрезающих валках.

Существенное влияние на технологические свойства оказывает влажность зерна. Есть такое понятие — технологическая влажность. Это влажность, при которой переработка зерна может быть осуществлена с максимальной эффективностью. Влажность технологическая индивидуальна для каждой зерновой культуры и зависит от качества зерна и вида

технологии, т. е. от вида, выхода и качества готовой продукции. Так, влажность мягкой пшеницы при сортовых помолах меняется от 15,5 до 16,5 % при переработке твердой пшеницы в макаронную муку влажность возрастает до 16–17 %, что связано со специфической структурно-механических свойств твердой пшеницы. При проведении ржаных и обойных помолов технологическая влажность снижается до 14–14,5 %. Технологическая влажность зерна для производства крупы колеблется от 10 % у овса при его шелушении на специальных поставах с абразивными поверхностями, до 22 % у кукурузы при выработке специализированной крупы крупной для производства хлопьев и мелкой для производства палочек.

В технологии комбикормов влажность сырья также определяется условиями проведения основных технологических операций. Так, при прессовании сухим способом влажность продукта должна быть 16–18 %, при прессовании влажным способом влажность смеси должна быть 28–32 % и т. п.

В соответствии с рисунком 1.2 оптимальное значение влажности зерна для различных технологий может колебаться в значительных пределах. Так, при переработке риса в крупу оптимальные значения влажности зафиксированы в зоне 13–14 %. При этом получено максимальное значение выхода целой крупы и минимальное значение выхода дробленой крупы. При переработке ржи в диапазоне влажности 12–15 % минимальная зольность обдирной муки оказалась при влажности 14 %. При переработке пшеницы в сортовую муку наблюдается снижение средневзвешенной зольности муки 70 % выхода при изменении влажности от 14 до 20 %. При этом с увеличением влажности зерна увеличивается также объемный выход хлеба из полученной муки. Оптимальная влажность зерна также благоприятно сказывается на удельном расходе электроэнергии. При изменении влажности зерна с 14 до 20 % график удельного расхода электроэнергии развивается с наличием экстремума, достигая минимума в зоне 16,5–17 %. Это соответствует технологическому значению влажности для пшеницы с данными показателями качества при ведении сортового помола. Таким образом, в технологии муки, крупы и комбикормов ведение технологического процесса с максимальной эффективностью может осуществляться только при оптимальной влажности сырья. Значение оптимальной влажности зависит от условий переработки, вида технологии, а также от вида и качества сырья.

Технологические свойства зерна заметно изменяются от параметров окружающей среды, в условиях которой организована переработка сырья. Так, результаты переработки одного и того же сырья в зимнее и летнее время могут отличаться на значительную величину. Особенно заметно влияние температуры на предприятиях, где производственные помещения не отапливаются, где в схеме технологического процесса не предусмотрен подогрев зерна и гидротермическая обработка с повышенными температурными параметрами воды. Опыт показывает, что гидротермическая обработка зерна с минусовыми температурами холодной водой неэффективна, так как зерно покрывается коркой льда, влага практически не поглощается поверхностью зерна, интенсивность внутреннего влагопереноса незначительна. Эффект от такой гидротермической обработки минимальный. Зерно с низкой температурой и низкой влажностью имеет повышенную хрупкость оболочек, что предопределяет их дробимость в технологии муки. Следствием этого является резкое снижение эффективности технологии, что выражается в увеличении средневзвешенной золь-

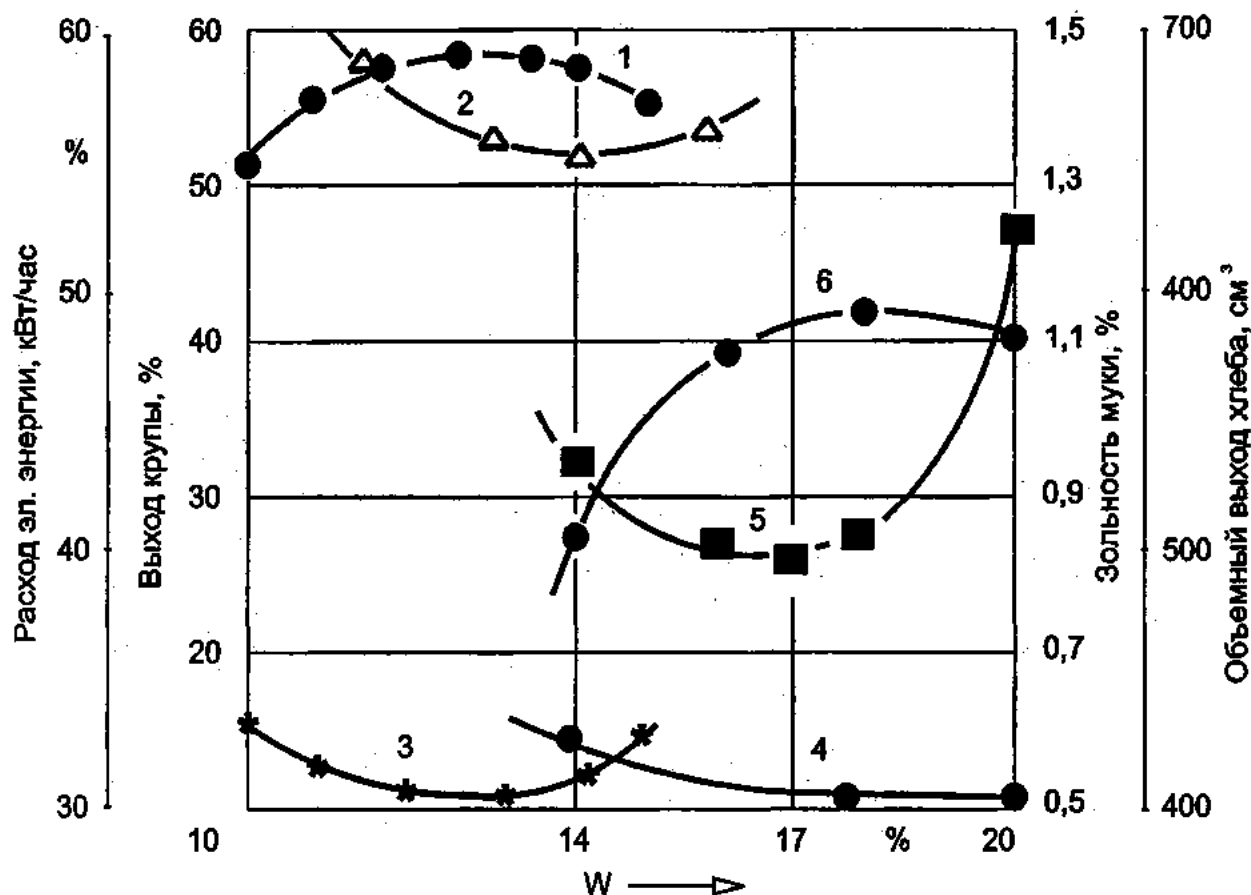


Рис. 1.2. Влияние влажности на технологические свойства зерна:

- 1 — выход недробленной крупы, %; 2 — зольность обдирной муки, %;
 3 — выход дробленной рисовой крупы, %; 4 — зольность пшеничной муки 70 % выхода, %;
 5 — расход электроэнергии на тонну пшеничной муки 70 % выхода, кВт/час;
 6 — объемный выход хлеба из пшеничной муки 70 % выхода, см³

ности промежуточных продуктов и муки, снижении выхода муки высоких сортов и т. п. На рисунке 1.3 показано изменение зольности и выхода промежуточных продуктов из пшеницы сорта Саратовская 29 в зависимости от температуры воздуха производственного помещения (по данным Г.А. Егорова).

Таким образом, переработка зерна в условиях пониженных температур требует создания комфортных условий не только для производственного персонала, но и для ведения технологического процесса.

В отрасли хлебопродуктов удельный расход электроэнергии на производство продукции — нормированная величина. Для мукомольных заводов он выражается в кВт/час на тонну выработанной муки, для комбикормовых — на тонну выработанных комбикормов, а для крупяных заводов — на тонну переработанного сырья. Величина расхода энергии определяется особенностью структурно-механических свойств сырья, конструкцией и качеством изготовления технологического оборудования, особенностью технологии и видом

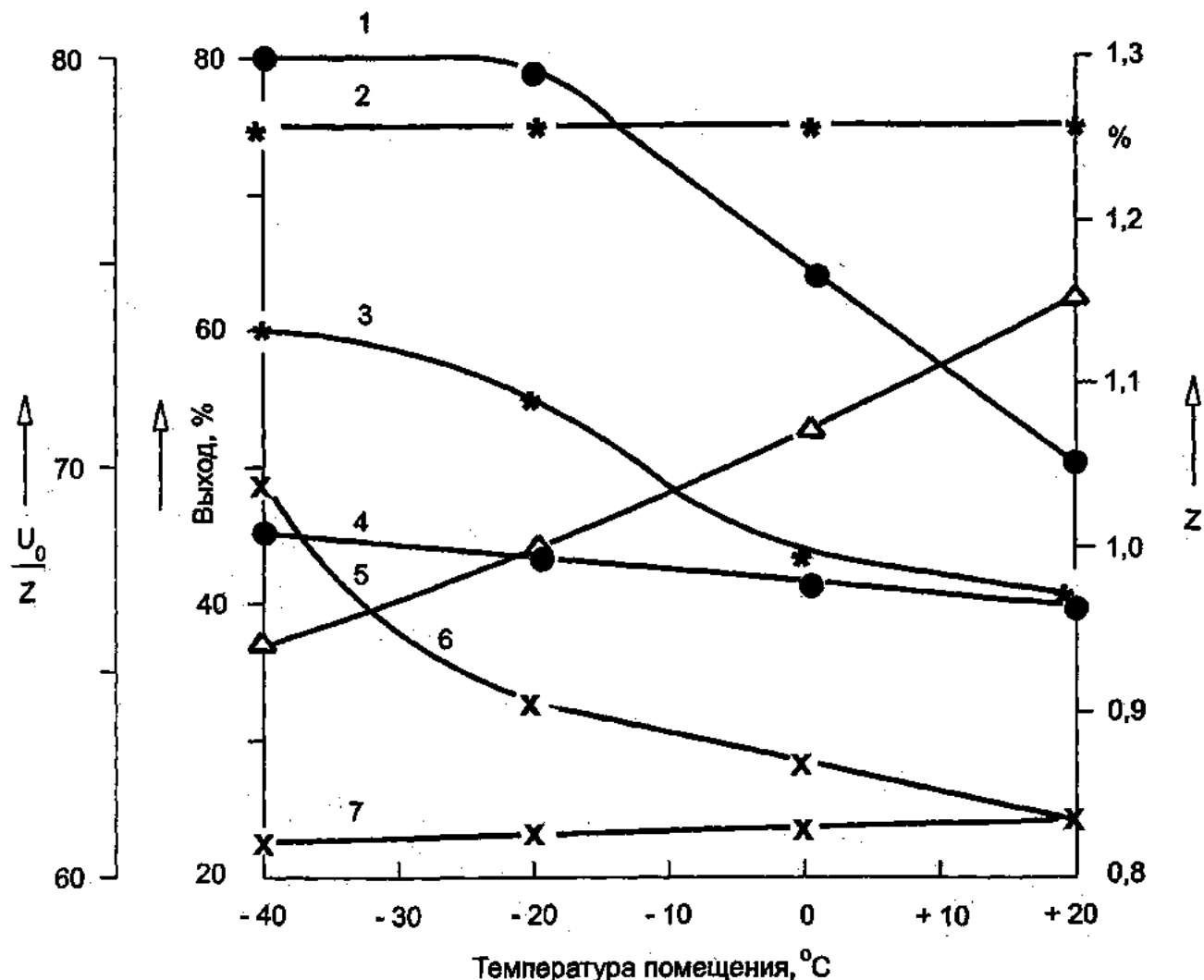


Рис. 1.3. Влияние температуры на технологические свойства зерна:

- 1 — зольность крупной крупки; 2 — общее извлечение, U_0 ;
 3 — средневзвешенная зольность извлеченных крупок; 4 — выход крупной крупки;
 5 — показатель $\frac{U_0}{Z}$; 6 — зольность средней крупки; 7 — выход средней крупки

внутрицехового транспорта зерна, промежуточных и конечных продуктов. Так, наиболее энергоемкими операциями являются измельчение на мукомольных и комбикормовых заводах, шелушение и шлифование зерна на крупяных заводах. Большой расход энергии наблюдается для сортовых помолов пшеницы, так как такие помолы имеют наиболее развитый технологический процесс, а количество наиболее энергоемкого измельчающего оборудования может доходить до нескольких десятков. Минимальный, в сравнении с сортовым помолом, расход энергии у простых помолов. Величина расхода энергии повышается при использовании энергоемких видов транспорта зерна и промежуточных продуктов, таких как пневматический и аэрозольтранспорт.

Удельный расход электроэнергии на крупных и комбикормовых заводах несколько меньше, чем на мукомольных, так как в технологии относительно меньше энергоемких операций.

В таблице 1.9 приведены нормы расхода электроэнергии на производство одной тонны муки для различных помолов пшеницы и ржи по данным, приведенным в правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах.

Таблица 1.9

Нормы удельного расхода электроэнергии на производство 1 тонны муки

в кВт/час

Виды помола	Вид транспорта зерна и промежуточных продуктов	
	Механический	Пневматический
А. Хлебопекарные пшеницы		
Многосортные на комплектном оборудовании	—	105–120
Многосортные с развитой технологией	65–70	85–94
Многосортные с сокращенной технологией	52–60	80–90
Односортный 85 %	48–55	67–77
Обойный 96 %	21–24	30–34
Б. Макароны пшеницы		
Двухсортный 75 %	62–66	85–98
Трехсортный 75 %	60–64	83–95
В. Помолы ржи		
63 % в сеяную муку	55–60	71–78
80 % в сеяную и обдирную муку	45–50	71–78
87 % в обдирную муку	42–45	55–59
95 % в обойную муку	20–23	30–38
Г. Помолы смесей		
96 % пшенично-ржаной	28–30	34–37
95 % ржано-пшеничной	26–28	32–35

Расход электроэнергии на переработку одной тонны крупяного сырья по данным М.Е. Гинзбурга составляет в кВт/час: в технологии рисовой крупы — 36; при переработке ячменя в перловую крупу — 120; при переработке ячменя в ячневую крупу — 40; в технологии крупы Полтавской и Артек из пшеницы — 100; при производстве крупы из гороха — 44; в технологии пятиномерной крупы из кукурузы — 50; при производстве недробленой пропаренной крупы из овса — 35; в технологии ядрицы и продела из гречихи — 24; при производстве крупы из проса — 25–30.

В комбикормовой технологии норма расхода электроэнергии на производство одной тонны рассыпных комбикормов составляет 11–15 кВт/час, а при производстве гранулированных комбикормов — 50–60 кВт/час.

Для снижения расхода электроэнергии необходима рациональная организация технологического процесса и направленное изменение структурно-механических свойств зерна с помощью гидротермической обработки. В технологии добиваются исключения ненужных, дублирующих систем, «заворотов» продуктов, осуществляют постоянный контроль за состоянием поверхности мелющих валков, износом молотков дробилок и бичевых роторов доизмельчителей, абразивов шелушительных и шлифовальных машин и т. п. При

этом технологические процессы необходимо вести при оптимальных удельных нагрузках и режимах.

Проведение гидротермической обработки в оптимальном режиме позволяет радикально изменить структуру зерна, предразрушить его микро- и макротрещинами, разрушить связи разделяемых в процессе технологии анатомических частей, что, несомненно, способствует снижению расхода электроэнергии. Об этом свидетельствует минимальный расход электроэнергии в зоне оптимальной влажности зерна пшеницы (в соответствии с рис. 1.2).

Таким образом, технологические свойства зерна объективно оцениваются выходом и качеством готовой продукции, а также удельными энергозатратами на производство продукции. Технологические свойства — это вторичные свойства и всецело определяются особенностями анатомического строения и микроструктуры зерна, физико-химическими, структурно-механическими и гидротермическими свойствами, химическим составом и биохимическими свойствами. Это так называемые пять групп первичных свойств и признаков качества зерна. Выявление закономерностей влияния этих свойств и признаков качества на технологические свойства зерна является первостепенной задачей технологии. По сути, это ключ к рациональной подготовке и переработке зерна.

В этой связи задача технолога сводится к познанию этих закономерностей и рациональному использованию для ведения технологии. Другими словами, действия технолога не должны ухудшать, а должны приумножить природный потенциал зерна.

§2. Анатомическое строение зерна и ведение технологии

Процесс переработки зернового сырья в муку, крупу направлен на разделение главных анатомических частей зерна. Последнее связано с тем, что одни из них нежелательны в готовой продукции, другие — составляют основу муки и крупы. В связи с этим возникает проблема какими средствами и с какими затратами это разделение можно осуществить, а также сколько и какого качества продукции можно при этом получить. В технологии комбикормов такой проблемы не существует, так как практически все анатомические части любого зернового сырья используют как компонент комбикормов.

Анатомическое строение зерна оказывает влияние на многие физические показатели, используемые при рассмотрении зерна как объекта транспортировки, хранения, сушки и переработки. В практической технологии муки и крупы анатомическое строение зерна рассматривают с двух позиций:

1. Какие технологические приемы наиболее эффективны при выборе главных технологических операций в мукомольном или крупяном заводе.

2. Какой выход продукции и какого качества может быть достигнут при использовании этих приемов.

Вот наиболее значимые показатели анатомического строения зерна:

1. Общее анатомическое строение, форма и особенности свойств частей зерна, подлежащих разделению.

2. Степень связи между анатомическими частями, которые необходимо разделить в технологии.

3. Особенности расположения зародыша и глубина его проникновения в эндосперм.

4. Наличие, глубина и конфигурация бороздки.

Зерно хлебных и крупяных культур имеет оригинальную форму. Пшеница, рожь, рис, ячмень и овес — веретенообразную, гречиха в миделевом сечении имеет форму равностороннего треугольника, просо и горох в сечении имеют форму, близкую к кругу, а зерно кукурузы — неопределенную форму.

В соответствии с рисунком 1.4 в анатомическом строении зерна можно выделить три разделяемых в технологии части: эндосперм, зародыш и окружающие их оболочки. Степень их разделения зависит от уровня технологии и определяется требованиями к ассортименту и качеству готовой продукции. Так, при идеальном разделении анатомических частей пшеницы в муку попадает только эндосперм зерна, а в побочные продукты технологии (отруби) — плодовые, семенные оболочки, алейроновый слой и зародыш, если последний не выделяется как самостоятельный продукт. В реальной технологии оболочки, алейроновый слой и зародыш попадают в муку, а часть эндосперма попадает в отруби. Минимальное количество оболочек попадает в муку при ведении сложных, многосортовых помолов, которые по уровню разделения анатомических частей приближаются к идеальному процессу. Максимальное количество — при ведении обойных помолов, когда практически все оболочки и зародыш попадают в муку. Аналогичное разделение анатомических частей происходит и в технологии крупы. У всех культур при выработке крупы наружные оболочки удаляют полностью. Удаление внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша диктуется особенностью технологии и строения зерна. Так, в

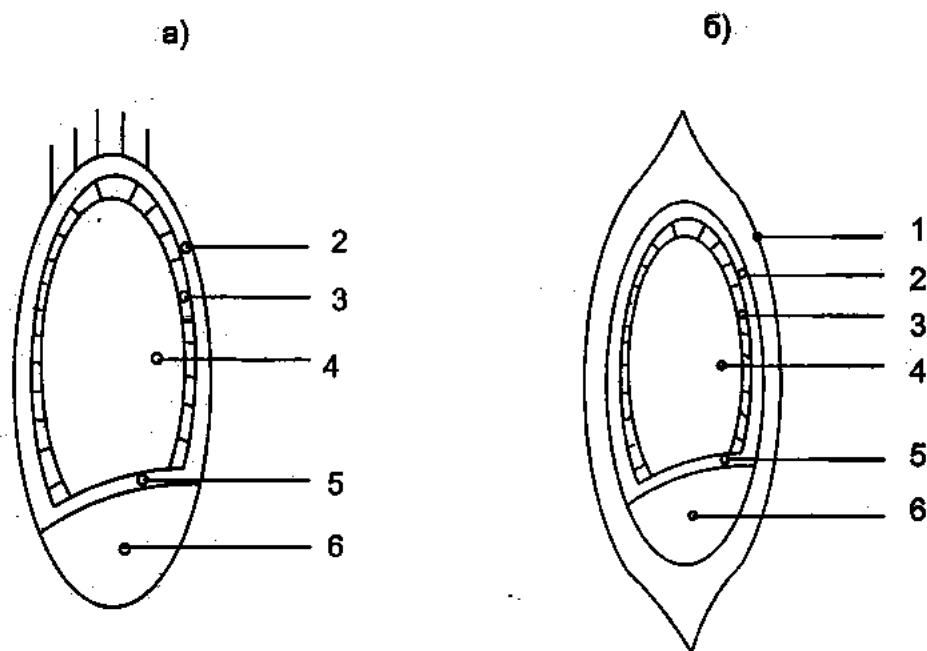


Рис. 1.4. Принципиальная схема разделяемых анатомических частей зерна:

а) пшеницы; б) риса:

1 — цветковая пленка; 2 — оболочки (плодовые и семенные);

3 — алейроновый слой; 4 — крахмалистый эндосперм; 5 — щиток; 6 — зародыш

технологии крупы из гречихи после удаления наружной плодовой оболочки получают основной продукт — крупу ядрицу. В технологии рисовой крупы удаляют все наружные и внутренние оболочки, алейроновый слой и зародыш, а крупа состоит практически из чистого эндосперма. В связи с особенностью строения зерна, а также с учетом степени связи разделяемых анатомических частей выделяют группы зерновых культур со схожими признаками.

Первая группа — пленчатые культуры, у которых наружные оболочки с ядром не срстаются и могут быть легко отделены при деформации сжатия и сдвига. К таким культурам относятся рис, гречиха, просо.

Вторая группа — культуры, имеющие бороздку, которая глубоко заходит в тело зерна. К ним относится пшеница, рожь, ячмень и овес. В технологии муки и крупы для отделения оболочек, глубоко заходящих в тело зерновки в зоне бороздки, необходимо начальное дробление или измельчение зерна на относительно крупные части. Затем в технологии муки эндосперм отделяют более тонким измельчением-шлифованием, обогащением и вымалыванием (пшеница, рожь), а в технологии крупы — абразивным шлифованием.

У овса также имеется бороздка, но его цветковые пленки не входят в бороздку, хотя и достаточно плотно охватывают ядро и смыкаются у бороздки. Это обстоятельство несколько затрудняет процессы разделения цветковых пленок и ядра. Однако в процессе шелушения используется оборудование, обеспечивающее деформацию сжатия и сдвига, как и для пленчатых культур, имеющих менее прочные связи ядра с наружными оболочками.

Наиболее существенно наличие бороздки, ее форма и глубина проникновения в тело зерновки сказывается на технологических свойствах пшеницы и ржи. Установлено экспериментально, что чем глубже бороздка проникает в тело зерновки, тем хуже мукомольные свойства зерна. Очевидно, при глубокопроникающей бороздке может снижаться общее количество крахмалистого эндосперма, дающего основную массу муки, а процесс технологии усложняется из-за образования большего количества сростков оболочек и эндосперма. Однако в практической деятельности мельзаводов этот показатель не находит применения.

Кукуруза и горох имеют наружные оболочки, прочно связанные зерновкой, и поэтому для их удаления необходимо абразивное шелушение и шлифование фракционно-терочным способом при многократном последовательном воздействии.

Внутренние оболочки и алейроновый слой всех без исключения зерновых культур прочно связаны с нижерасположенными анатомическими частями. Поэтому для их отделения от эндосперма требуются значительные усилия. В технологии муки для этого используют специальные приемы — шлифование, обогащение, вымол, а в технологии крупы — абразивное шлифование.

На построение и ведение процессов при производстве муки и крупы оказывают влияние также размер, форма и расположение относительно других частей зерна зародыша. Как правило, зародыш должен быть удален при производстве муки и крупы, так как попадание богатых жиром частей зародыша в готовую продукцию делает ее неустойчивой при хранении. На рисунке 1.5 показана принципиальная схема и относительный размер зародыша для различных культур. Для большинства из них зародыш

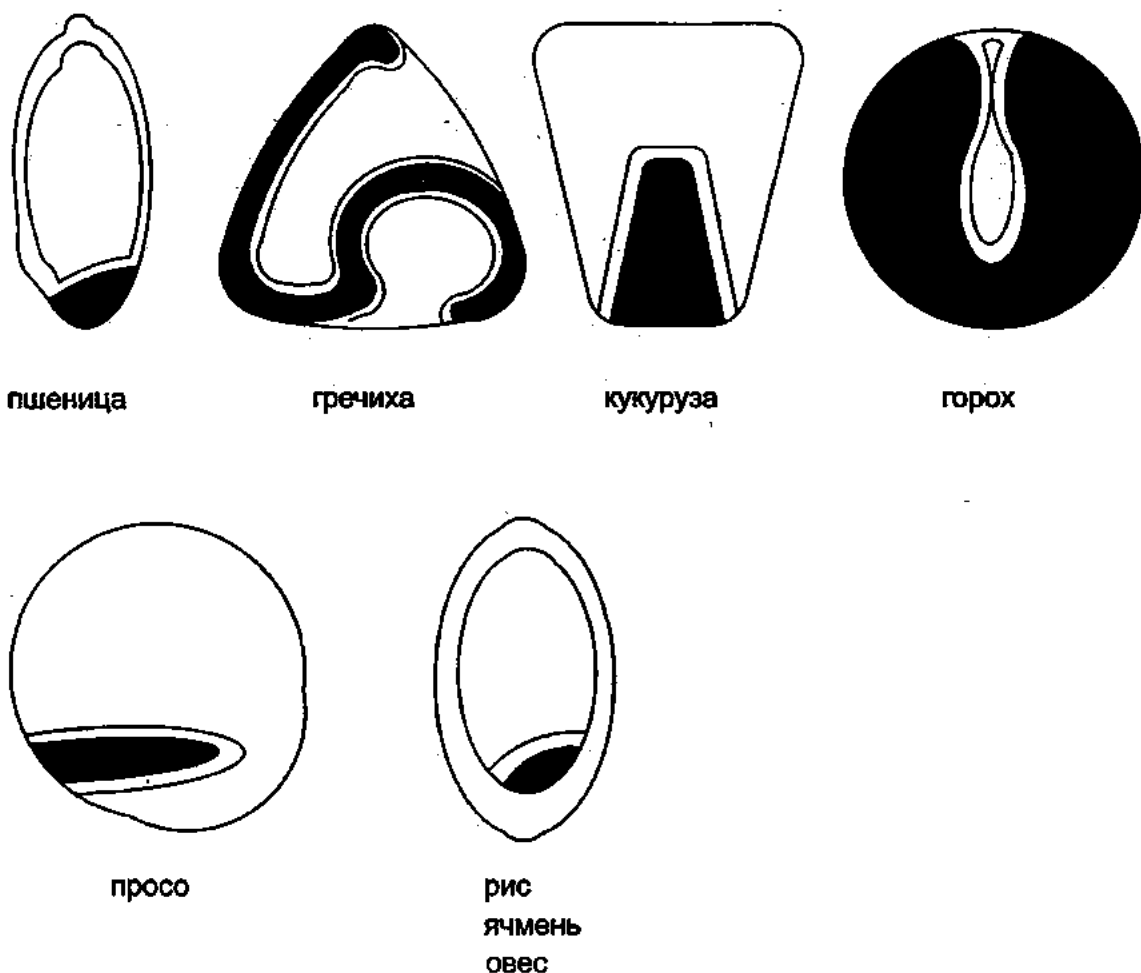


Рис. 1.5. Принципиальная схема расположения зародыша для различных культур

дыш расположен на поверхности ядра или зерна и операция по его отделению сложна, но выполняется обычными технологическими средствами. Зародыш кукурузы глубоко входит в эндосперм и составляет значительную часть зерна по массовой доле (8–12 %). Поэтому для отделения зародыша кукурузу дробят на относительно крупные части, а затем удаляют зародыш путем сложного разделения по совокупности свойств от частей эндосперма.

Пожалуй, неразрешимую проблему по отделению зародыша для технологии крупы из гречихи представляет его расположение под алевроновым слоем на поверхности ядра (меньшая его часть) и в центре ядра (большая часть) в виде пластины, изогнутой в форме латинской буквы S. В принципе зародыш может легко отделиться от крупного эндосперма, но тогда крупа получится дробленой и низкого сорта. При производстве целой крупы-ядрицы зародыш не отделяют, и крупа получается после удаления только наружных плодовых оболочек.

Семядоли гороха представляют с собой зародыш зерна. Поэтому в технологии крупы от него удаляют оболочки и получают крупу — горох целый полированный.

В силу того, что в процессе технологии происходит разделение главных анатомических частей зерна, результат переработки теоретически определяется их массовым соотношением. Так, если при переработке частей пшеницы в сортовую муку массовая доля крахмалистой части эндосперма составляет 77–85 %, а суммарная массовая доля оболочек, алейронового слоя и зародыша — 13,3–21 %, то в идеальном случае массовая доля муки должна быть равна массовой доле крахмалистого эндосперма, а массовая доля побочного продукта (отрубей) — суммарной массе отделяемых периферийных частей зерна. В реальной технологии происходит как попадание периферийной части зерна в муку, так и попадание крахмалистого эндосперма в отруби. Чем выше эффективность ведения технологического процесса, тем меньше потеря эндосперма в отруби и попадание оболочек в муку. В таблице 1.10 приведено соотношение анатомических частей зерна, используемого на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах в качестве сырья для выработки продукции. Приведенные данные показывают значительные колебания массовых долей разделяемых анатомических частей. Это свидетельствует о несомненном влиянии на технологические свойства зерна района произрастания, года урожая, типа зерна и т. п. Так, более высокими мукомольными свойствами обладает зерно пшеницы с тонкими оболочками, что свойственно пшенице IV типа. Оно лучше вымалывается, т. е. в процессе технологии происходит более эффективное разделение оболочек и эндосперма.

Таблица 1.10

**Соотношение анатомических частей зерна, % на сухое вещество
(по Г.А. Егорову)**

Культура	Цветковые пленки	Оболочки			Эндосперм			Зародыш со щитком
		плодовые	семенные	всего	алеироновый слой	крахмалистая часть	всего	
Пшеница	—	3,5–4,4	1,1–2,0	5,6–8,9	6,3–8,9	77,0–85,0	83,5–92,0	1,4–3,8
Рожь	—	5,1–7,5	4,7–7,0	11,1–14,4	9,2–12,2	70,8–77,7	81,7–89,2	3,4–4,3
Тритикале	—	7,0–7,8	2,3–4,2	9,0–13,0	8,5–10,0	76,0–78,0	82,0–87,0	2,0–4,0
Ячмень	8–15	3,5–4,0	2,0–2,5	4,5–5,5	4,0–5,5	72,0–78,0	75,0–81,5	2,5–3,0
Овес	20–40	2,5–4,0	2,0–2,4	3,0–4,5	2,5–9,0	49,0–63,0	61,5–65,0	2,8–3,5
Рис	14–35	1,2–1,5	1,0–1,5	1,5–2,5	3,0–6,0	64,0–78,0	70,0–75,0	1,5–4,5
Гречиха	—	17–25	1,5–2,0	19,5–26,0	3,0–5,0	57,0–65,0	60,0–70,0	10,0–15,0
Просо	16–22	—	—	7,0–8,0	6,0	—	65,0–75,0	3,0–4,0
Сорго	5–6	—	—	2,0–3,0	—	—	82,0–88,0	6,0–10,0
Горох	—	—	6,0–11,0	6,0–11,0	1,0–1,5	—	—	88,0–94,0
Кукуруза	—	—	—	5,0–8,0	2,2–3,3	77,0–82,0	78,0–84,0	8,0–14,0
Соя	—	—	6,3–10,6	6,3–10,6	—	—	85,0–90,0	2,0–3,0

Теоретические исследования показывают, что технологические свойства зерна заметно изменяются от микроструктуры эндосперма. Так, у крупного зерна пшеницы больше средневзвешенный размер крахмальных гранул, у стекловидного зерна в сравнении с мучнистым больше прикрепленного и промежуточного белка (по классификации немецкого химика зерна К. Гесса) и т. п. Однако в практической технологии такие данные мало применимы. Тем не менее, можно с уверенностью утверждать, что микроструктура зерна в целом и особенно микроструктура эндосперма также оказывают влияние на технологические свойства зерна.

§3. Физико-химические свойства зерна

Показатели физико-химических свойств зерна позволяют решать большое количество прикладных задач, имеющих практическое значение. Так, по показателям, определяющим размеры зерна, можно косвенно судить о содержании в зерне эндосперма, что важно для прогнозирования выхода готовой продукции. Геометрические размеры зерна также позволяют моделировать процессы сепарирования, подбирать режимные параметры измельчающих, шелушильных и др. машин. По показателям, определяющим характерные особенности эндосперма, например по стекловидности, можно выбирать параметры гидро-термической обработки, прогнозировать выход промежуточных продуктов начального этапа технологии муки, а также ориентировочно определять количество систем технологического процесса и т. п. По показателям, определяющим сыпучесть, можно моделировать поведение зерна при его перемещении по ситам, самотекам, емкостям и т. д.

Нижеприведенная схема показывает один из вариантов группировки показателей физико-химических свойств зерна по схожести влияния на технологические свойства зерна и на ведение технологического процесса.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА			
Показатели, определяющие размеры, форму и массовую долю эндосперма		Показатели, определяющие характерные особенности эндосперма	Прочие показатели
Теоретические: – геометрические размеры; – объем единичного зерна; – поверхность единичного зерна; – коэффициенты формы; – сферичность	Технологические: – крупность; – выполненность; – выравненность	– стекловидность; – плотность; – абсолютная масса; – удельный объем; – натура	Коэффициент: – внешнего трения; – внутреннего трения; – скорость витания; – скважистость

Показатели, определяющие размер и форму зерна, чаще всего используют в различных инженерных расчетах. Так, при оценке технологической возможности сепарирования используют среднестатистические значения геометрических размеров зерна и примесей. Форма, объем и поверхность единичного зерна влияют на плотность укладки зерна при оперативном хранении и используются при определении размеров емкостей, диаметров самотеков, материалопроводов пневмотранспортеров, а также при различных расчетах термодинамического характера. Так как экспериментальное определение этих показателей достаточно сложно, то был предложен ряд эмпирических уравнений, которые с достаточной степенью точности могут быть использованы в различных инженерных расчетах для практических целей.

В таблице 1.11 приведены соответствующие уравнения и значения постоянных коэффициентов для зерна различных культур (по Г.А. Егорову).

Для оценки формы зерна пользуются соотношениями l/a , l/b , a/b , а также отношением поверхности шара $F_{ш}$ к поверхности единичного зерна F_3 , эквивалента по объему, которое получило название сферичности $\Psi = \frac{F_{ш}}{F_3}$.

Эмпирические уравнения для расчетов объема и поверхности зерна

Расчетное уравнение	Наименование зерна	Значение постоянных коэффициентов
$V = k \cdot a \cdot b \cdot l$	пшеница, ячмень, рожь, овес	$K = 0,52$
	кукуруза	$K = 0,55$
	просо, горох	$K = 0,56$
	рис	$K = 0,35$
$F = 1,12a^2 + 3,76b^2 + 0,88l^2$	пшеница	—
$F = 44,1 + 16a \cdot b \cdot h$	гречиха	—
$F = 0,35(a + b + l)^2$	просо, сорго, горох	—

Примечание: a , b , l — соответственно, ширина, толщина, длина зерна; h — высота в миделевом сечении для зерна гречихи.

Геометрически размеры зерна варьируют в широких пределах и зависят от сорта, типа, года урожая, района произрастания.

В таблице 1.12 приведены основные показатели зерна, используемого в качестве сырья в технологии муки, крупы и комбикормов. С учетом приведенных выше эмпирических уравнений могут быть легко рассчитаны значения объемов, поверхности единичных зерен, а также коэффициенты формы. При пользовании данными таблицы следует учитывать значительную вариацию геометрических размеров зерна, что при конкретных расчетах может привести к значительным погрешностям и сомнительным выводам. Поэтому данные следует уточнять с учетом местных условий.

В практической технологии для оценки технологических свойств зерна пользуются понятиями крупности, выполненности, выравненности. Понятие крупное зерно — это зерно с повышенными технологическими достоинствами, имеющее относительно большие размеры. Однако технологические условия на качество зерна в большинстве случаев определяет понятие мелкого зерна.

Таблица 1.12

Основные геометрические размеры зерна (по Г.А. Егорову)

Культура	Размеры, мм			Ψ
	l	a	b	
Пшеница	4,2–8,6	1,6–4,0	1,5–3,8	0,82–0,85
Рожь	5,0–10,0	1,4–3,6	1,2–3,5	0,45–0,75
Тритикале	5,5–9,5	1,5–3,8	1,4–3,6	0,50–0,80
Ячмень	7,0–14,6	2,0–5,0	1,4–4,5	0,76–0,83
Овес	8,0–16,6	1,4–4,0	1,2–3,6	0,64–0,77
Рис	5,0–12,0	2,5–4,3	1,2–2,8	0,73–0,87
Кукуруза	5,5–13,5	5,0–11,5	2,5–8,0	0,55–0,80
Просо	1,8–3,2	1,2–3,0	1,0–2,2	0,90–0,94
Сорго	2,6–5,8	2,4–5,6	2,0–5,0	0,92–0,95
Горох	4,0–10,0	3,7–10,2	3,5–10,0	0,93–0,96
Гречиха	4,4–8,0	3,0–5,2	2,0–4,2	0,60–0,65
Соя	5,2–8,2	4,6–6,7	3,5–5,5	0,90–0,93

Так, в технологии муки к мелкому зерну пшеницы относят зерна, полученные проходом сита с продолговатыми отверстиями размером $2,0 \times 20$ мм или $2,2 \times 20$ мм и сходом сита $1,7 \times 20$ мм. Причем содержание зерен пшеницы, относимых к основному зерну и зерновой примеси, должно быть не менее 85 %. В технологии овсяной крупы к мелкому зерну относят весь проход сита размером $1,8 \times 20$ мм и сход сита $1,5 \times 20$ мм, а мелкий ячмень получают проходом сита $2,2 \times 20$ и сходом сита с круглыми отверстиями 1,6 мм. То, что мелкое зерно менее технологично, чем крупное, доказывает обширный экспериментальный материал. Так, в соответствии с рисунком 1.1 уменьшение толщины зерна пшеницы до $1,9 \times 2,0$ мм приводит к резкому снижению содержания эндосперма и к увеличению доли оболочек и алейронового слоя в зерне.

Одновременно с уменьшением толщины зерна снижается масса 1000 зерен. При сортировании зерна пшеницы на сите с размером отверстия $2,7 \times 20$ мм содержания эндосперма в сходе сита превышает 80–83 %, а то же содержание, но в проходе сита, т. е. в более мелком зерне, составило менее 72 %. Возрастание доли оболочек в мелком зерне чаще всего связывают с наличием в этой фракции щуплых, недоразвитых, невыполненных зерен. Н.Н. Ульрих предложил классифицировать зерно пшеницы по коэффициенту щуплости ρ :

$$\rho = \frac{\text{Периметр поперечного сечения зерна}}{\text{Периметр окружности той же площади}}$$

Коэффициент ρ всегда больше 1,0. Нормальное зерно имеет $\rho = 1,1$, щуплое — $\rho = 1,2–1,9$.

Таким образом, в крупном зерне больше эндосперма, что делает его более технологичным, чем мелкое зерно.

В мелких зернах значительно увеличивается доля оболочек, прочнее связь оболочек с ядром, что затрудняет ведение технологии на разделение этих частей.

Как правило, с уменьшением крупности зерна возрастает его зольность. Разрыв по зольности между крупным и мелким зерном одной партии может достигать 0,5–0,6 %.

Совокупность негативных показателей делает мелкую фракцию зерна малоприспособленной для получения низкозольной сортовой муки. В мукомольной технологии мелкое зерно используют по следующей схеме:

- ♦ при высокой стоимости сырья, например, твердой пшеницы в макаронной технологии мелкая фракция может перерабатываться на специальных системах для получения продукции более низкого сорта;
- ♦ мелкую фракцию зерна выделяют на стадии подготовки и реализуют для кормовых или технических целей.

Аналогично поступают и в технологии крупы. Так, для технологии овсяной крупы и крупы из ячменя отраслевым стандартом предусматривается выделение мелкого овса и ячменя в количестве 5 %, которые используют для кормовых целей.

Не менее технологичен показатель выравненности партии зерна по геометрическим размерам. Переработка невыровненного по крупности зерна затрудняет ведение технологии в оптимальном режиме. В первую очередь это сказывается на подборе рабочих зазоров при измельчении, шелушении зерна и др. рабочих процессах, при которых воздействие должно быть строго дозировано. Очевидно, что при фиксированном рабочем зазоре разные по размерам зерна будут испытывать разное силовое давление. Поэтому одна часть зерна будет чрезмерно разрушаться, другая будет проходить рабочую зону без воздействия, а третья часть зерновой массы может испытывать оптимальное воздействие.

Мелкое и крупное зерно по-разному реагирует на воздействие влаги, так как мелкое зерно имеет относительно большую поверхность.

Невыровненное по крупности зерно не позволит подобрать оптимальные размеры отверстий сит, ячеек триеров, скорость воздушного потока. Все это негативно сказывается на операциях подготовительного этапа.

Для уменьшения негативного влияния невыровненности зерна на мукомольных и крупающих заводах организуют пофракционную переработку. Особенно эффективно эта проблема решается в технологии крупы, где рис, овес, горох делят на две-три фракции, а гречиху — на шесть фракций.

К показателям, характеризующим особенность эндосперма в связи с переработкой его в муку и крупу относят стекловидность, плотность и в некоторой степени натуру и абсолютную массу.

Стекловидность традиционно связывают с мукомольными свойствами пшеницы и ржи и в первую очередь со способностью зерна образовывать при измельчении промежуточные продукты определенной размерной характеристики от 1,15 до 0,16 мм, получивших название крупок и дунстов. Закономерно, что чем больше образуется таких промежуточных продуктов и чем они лучшего качества, тем эффективнее технология в целом. При прочих равных условиях, зерно с высокой стекловидностью в большей степени способно образовывать крупки и дунсты, т. е. обладает более высокими технологическими свойствами.

При формировании запаса продовольственного зерна на переработку выделяют три группы стекловидности зерна пшеницы: более 60 %; 60–40 %; менее 40 %. Их не смешивают, так как они обладают различными технологическими свойствами. Высокоствкловидное зерно чаще используют как улучшитель при формировании помольной партии, зерно средней и низкой стекловидности можно перерабатывать самостоятельными партиями или подсортировывать к высокоствкловидному зерну.

В крупной технологии сткловидному зерну также отдают предпочтение, так как его технологические свойства выше. Сткловидное зерно более прочно, что обеспечивает более высокий выход целой недробленой крупы. Крупа, полученная из сткловидного зерна, имеет лучший товарный вид и характерный блеск, лучше ведет себя при кулинарной обработке.

Натура представляет собой массу зерна в единице объема. Этот показатель при всей его зависимости от многих факторов, таких как влажность, крупность, засоренность и т. п. существенно влияет на технологические свойства зерна. Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах предусматривают снижение расчетного выхода муки на 0,05 % при одновременном увеличении выхода отрубей на 0,05 % за каждый грамм натуры зерна менее 775 г/л для пшеницы и менее 700 г/л для ржи. Это свидетельствует об активном влиянии натуры на технологические свойства зерна.

Масса 1000 зерен — более однозначный показатель, чем натура. Как правило, ее значение больше у крупного зерна, что свидетельствует о том, что с увеличением массы 1000 зерен оптимизируются технологические свойства зерна.

Плотность может комплексно характеризовать технологические свойства зерна. Последнее объясняется тем, что величина плотности тесно увязывается с химическим составом, сткловидностью, с особенностью структуры зерна. Увеличение сткловидности приводит к увеличению плотности. Следовательно, зерно с большей плотностью будет обладать лучшими технологическими свойствами. Изменение плотности также может быть одним из тес-

тов, характеризующих разрушение структуры зерна при гидротермической обработке. Однако практическое использование этого показателя затруднено по различным причинам.

Возможность изменения физико-химических свойств зерна ограничена. Так, отмечается некоторое выравнивание размеров зерна при гидротермической обработке из-за различной способности поглощать влагу крупным и мелким зерном. Последнее объясняется тем, что мелкое зерно имеет относительно большую поверхность, чем крупное. Это положительно сказывается на технологических свойствах зерна. Отмечается также некоторое изменение стекловидности зерна под воздействием влаги. Очевидно, это связано с разрушением структуры зерна микро- и макротрещинами, что приводит к снижению оптической проницаемости и стекловидности. Прочие показатели физико-химических свойств также меняются под воздействием влаги и тепла.

§4. Биохимическая оценка зерна

Химический состав зерна оказывает существенное влияние практически на все виды свойств и в том числе на технологические. Так как в процессе переработки зерна в муку и крупу происходит разделение зерна с получением основной продукции и побочных продуктов, то перед технологией стоит проблема решить эту задачу таким образом, чтобы основные вещества, определяющие пищевую ценность муки и крупы, попали в готовую продукцию. Это в основном белки, крахмал, биологически активные вещества. С другой стороны, вещества, не усваиваемые организмом человека или отрицательно влияющие на качество готовой продукции (например, жир снижает сроки безопасного хранения муки и крупы), должны быть удалены в процессе технологии.

Оценивая общий химический состав, можно констатировать, что зерно хлебных и крупяных культур богато крахмалом, семена бобовых содержат относительно больше белков, семена сои богаты и белком, и жиром, а пленчатые культуры содержат относительно больше клетчатки, что объясняется наличием грубых наружных оболочек. В таблице 1.13 приведен общий химический состав зерна, которое используется как сырье в технологии муки, крупы и комбикормов.

Таблица 1.13

Химический состав зерна (по Г.А. Егорову)

в процентах

Культуры	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жиры	Зольность
Пшеница	10,0–20,0	60–75	2,0–3,0	2,0–2,5	1,5–2,2
Рожь	8,0–14,0	58–66	1,8–3,2	1,7–3,5	1,7–2,3
Ячмень	10,5–14,5	58–68	4,5–7,2	1,9–2,6	2,7–3,1
Овес	10,0–13,0	40–50	11,5–14,0	4,5–5,8	4,0–5,7
Тритикале	11,0–23,0	49–57	2,0–3,0	3,0–5,0	1,8–2,2
Рис	5,5–11,5	58–71	8,5–12,5	1,5–2,5	4,5–6,8
Просо	10,0–15,0	58–76	10,0–11,0	1,9–2,3	3,7–4,5
Сорго	8,0–14,0	70–80	1,5–3,3	2,5–3,7	1,4–3,7
Кукуруза	8,0–11,0	68–76	2,5–4,1	3,5–6,7	1,4–1,8
Гречиха	10,0–13,0	66–72	10,0–16,0	2,3–3,1	2,2–2,6
Горох	21,0–32,0	46–61	1,5–2,5	1,3–2,9	2,0–2,5
Соя	24,0–45,0	0–4	4,0–5,7	13,0–37,0	2,5–4,0

Содержание витаминов и других биологически активных веществ в зерне невелико. При сравнении по этому показателю крупяных, хлебных и бобовых культур отмечается приблизительное равенство. Отмечается неравномерное распределение химических веществ по анатомическим частям зерна. В соответствии с рисунком 1.6 крахмал в пшеничном зерне преимущественно расположен в эндосперме и незначительная часть его — в зародыше. Концентрация белка по периферии зерна выше, чем в крахмалистом эндосперме. Жир исключительно находится в зародыше зерна. Минеральные вещества в основном концентрируются по периферии зерна — в оболочках, алейроновом слое и зародыше, а клетчатка — в оболочках как основное вещество защитного слоя зерна. Витамины преимущественно сосредоточены на периферии зерна и в щитке зародыша. Приблизительно такое же распределение основных химических веществ зерна отмечается и для других зерновых культур. На

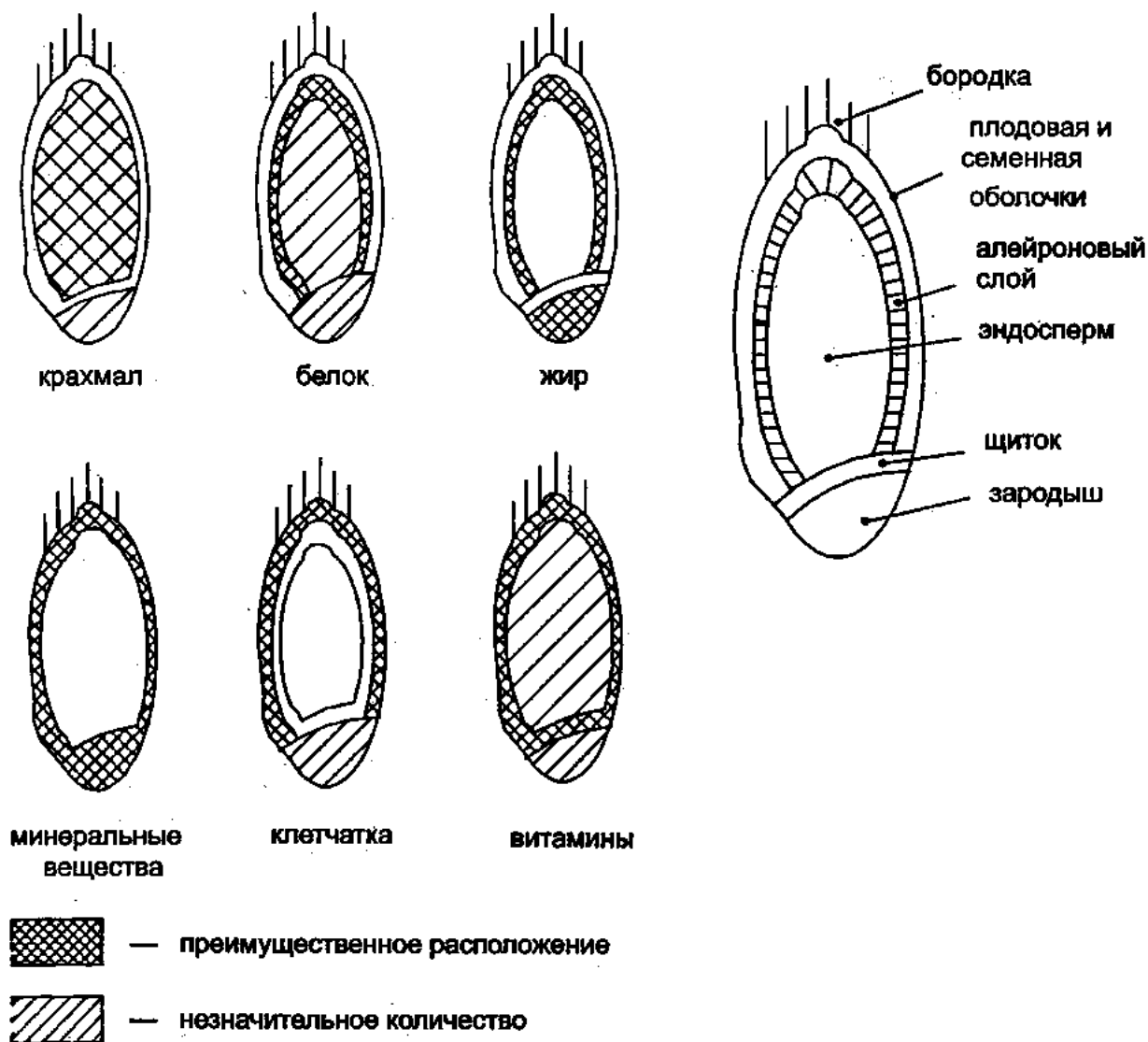


Рис. 1.6. Расположение основных химических веществ зерна по анатомическим частям

рисунке 1.7 показано изменение содержания основных химических веществ ядра риса от периферии к центру. При этом содержание крахмала возрастает с 40 % в зоне субалейронового слоя до 85 % в срединной части эндосперма. Содержание белка изменяется по сложной зависимости с наличием экстремума в зоне алейронового слоя. При этом максимум составляет 27–28 %, затем идет снижение до 10–12 % в срединной зоне эндосперма. Содержание жира также изменяется с наличием экстремума в зоне алейронового слоя и достигает минимума в эндосперме, который составляет 0,5–0,3 %. Также уменьшается содержание клетчатки и зольных элементов при перемещении от периферии к центру.

Таким образом, крахмалистый эндосперм в основном состоит из крахмала и белка и он должен в максимальной степени присутствовать в муке и крупе.

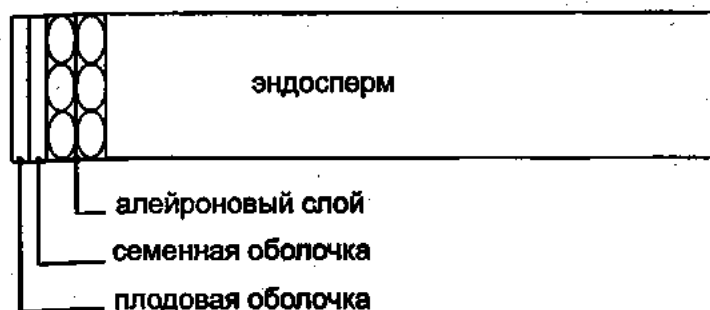
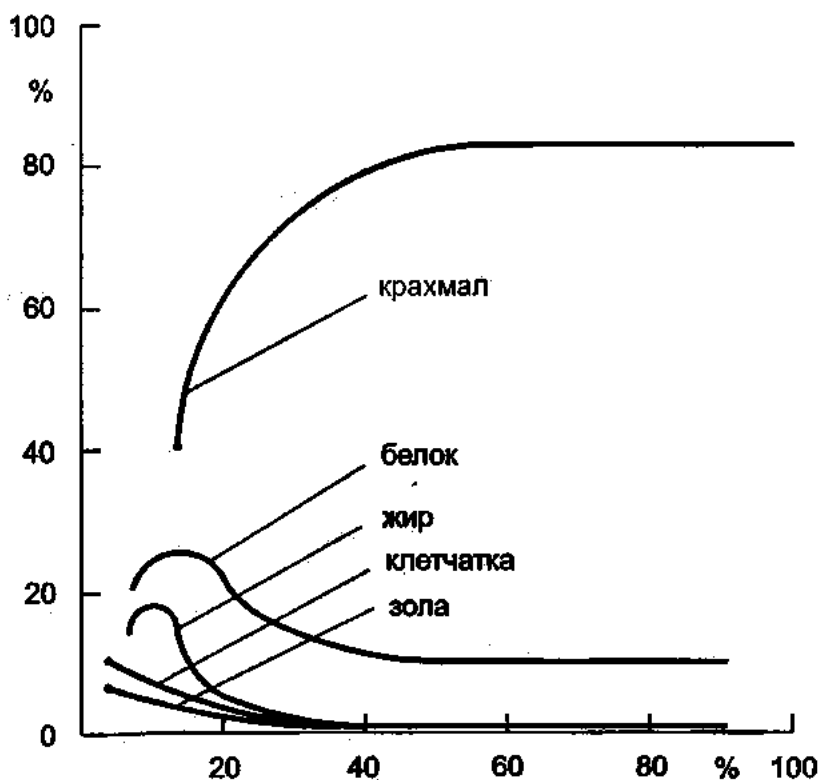


Рис. 1.7. Содержание химических веществ ядра риса от периферии к центру (по С. Барберу)

Содержание в эндосперме минеральных веществ, жира, клетчатки минимально, что делает муку и крупу низкосольными и хорошо хранящимися. Алейроновый слой по своему химическому составу богат белками, витаминами, но одновременно в нем сосредоточено большое количество минеральных веществ и жира.

Кроме того, клетки алейронового слоя толстостенны, что делает проблематичным их усвоение в желудочном тракте человека. Поэтому в сортовых помолах алейроновый слой не должен попадать в муку, чтобы не повысить ее сольность, а также содержание жира и клетчатки. Одновременно высокосортная мука содержит минимальное количество витаминов и других биологически активных веществ. В простых помолах оболочки и зародыш, а также клетки алейронового слоя попадают в муку, что делает ее более ценной по содержанию витаминов.

Аналогична ситуация в крупяном производстве. При интенсивном удалении в процессе обработки оболочек, алейронового слоя и зародыша крупа приобретает хороший товарный вид, хорошо хранится и усваивается, но резко ухудшается ее витаминная ценность.

Оболочки по своему составу — наименее ценная часть зерна. В них содержится основное количество клетчатки, пентозанов, клетки их темноокрашены. В связи с этим наружные и большинство внутренних оболочек нежелательны в готовой продукции.

Зародыш зерна со щитком по химическому составу состоит из белков, сахаров и жиров. В нем также сосредоточены основные витамины зерна. По этим показателям он желателен в готовой продукции. Однако мука и крупа с наличием частиц зародыша становятся нестойкой при хранении, быстро прогоркает из-за окисления жиров. Как правило, в технологии муки и крупы зародыш удаляют в побочные продукты. Исключение составляет технология обойных помолов и технология крупы из гречихи. Из зародыша также получают пищевое масло и зародышевый продукт для лечебного питания.

Таким образом, готовая продукция, полученная из различных частей зерна будет отличаться по химическому составу, питательности, витаминной ценности и содержанию минеральных и других веществ.

Технологию необходимо вести таким образом, чтобы содержание питательных веществ, белков, углеводов, а также биологически активных веществ зерна в готовой продукции было максимальным.

Количество веществ, нежелательных в готовой продукции, должно быть минимальным. Как правило, решить этот технологический парадокс не удастся. Высокосортная продукция, которую мы стараемся получить, в том числе по экономическим соображениям, как правило, менее питательна, менее полезна, чем продукция более простых технологий. Простые технологии дают более грубую продукцию, менее усвояемую, с низким товарным видом.

Неравномерность распределения основных химических веществ зерна по анатомическим частям, различие этих частей по физическим признакам позволило разработать методы оценки качества продукции по изменению химических и физических показателей. Так, для оценки качества муки используется показатель зольности, который косвенно свидетельствует о степени присутствия в муке высокосольных оболочек и алейронового слоя. Чем больше зольность муки, тем темнее она по цвету и тем ниже ее качество и сорт. В технологии крупы также происходит удаление периферийных частей зерна с большой потерей минеральных веществ, жира, фосфора и т. п. Одновременно происходит изменение цвета поверхности обрабатываемого ядра. Так что за показатель качества крупы или качества обработки может быть

принято изменение любого из этих показателей. Однако в реальной практике качество крупы оценивают по сравнению с эталоном, т. е. органолептическим способом.

Технология муки, крупы и комбикормов построена таким образом, что большинство процессов носят механический характер. Поэтому существенного воздействия на зерно и продукцию из него по изменению биохимического состава они оказать не могут. Единственный процесс, который способен направленно изменить биохимический состав зерна и его свойства — это гидротермическая обработка, особенно если она проводится при высоких температурах. Тепловое воздействие при соответствующей влажности приводит к изменению качества белков, образованию декстринов, клейстеризации крахмала, что существенно изменяет свойства зерна и продукции из него.

Разработана градация влияния температуры воздействия на белковый комплекс зерна пшеницы (В.Л. Кретович).

При нагреве влажного зерна до 30 °C наблюдается усиление ферментативной активности. При увеличении температуры зерна до 30–40 °C заметно ослабляется клейковинный комплекс, что равносильно увеличению растяжимости клейковины и улучшению хлебопекарных свойств муки из зерна с крепкой клейковиной. Нагрев до 45 °C улучшает эластичность теста, что приводит к некоторой оптимизации хлебопекарных свойств муки из пшеницы со слабой клейковиной. Более высокое температурное воздействие и нагрев зерна до 50–60 °C приводит к снижению растяжимости клейковины, некоторой потере упругости и эластичности теста. По-видимому, такая температурная обработка нежелательна для зерна с нормальной клейковиной. Она может привести к ухудшению хлебопекарных свойств за счет переукрепления клейковины. При нагреве зерна пшеницы свыше 60 °C наблюдается частичная или полная денатурация белков, что равносильно ухудшению хлебопекарных свойств.

Термоустойчивость различного зерна варьируется в значительных пределах, что необходимо учитывать при выборе температурных параметров обработки в связи с получением продукции определенного вида.

Под воздействием высоких температур отмечается также изменение углеводного комплекса зерна с образованием декстринов и клейстеризацией крахмала. При этом возможно некоторое упрочнение зерна, что желательно при производстве недробленых круп. При тепловой обработке также изменяется липидный комплекс зерна, снижается активность ферментов, витаминов. В целом повышается устойчивость зерна и продукции при хранении.

При обработке зерна водой в процессе гидротермической обработки наблюдается миграция витаминов из периферии к центру, что может повысить витаминную ценность продукции из зерна.

Возможно также формирование готовой продукции с заранее определенным химическим составом путем смешивания разнокачественных потоков муки или крупы. Специальные технологии позволяют получать высокобелковую муку, а также осуществлять искусственное обогащение витаминами конечной продукции технологии.

Таким образом, основные питательные вещества зерна расположены неравномерно по анатомическим частям, что усложняет ведение технологии и делает реальным потерю ценных питательных веществ в побочные продукты и попадание нежелательных веществ в основную продукцию.

Воздействие тепла и влаги позволяет в некоторой степени изменить биохимический состав и свойства зерна, а также продукции из него.

§5. Структурно-механические свойства зерна

Эта группа свойств позволяет оценить поведение зерна при силовом нагружении в процессах шелушения, шлифования, измельчения и т. п. В технологии муки, крупы и комбикормов структурно-механические свойства зерна должны быть преобразованы таким образом, чтобы с наибольшей эффективностью провести процессы разделения оболочек и других периферийных частей зерна с эндоспермом, уменьшить эксплуатационные затраты на проведение всех операций, получить максимальный выход продукции с оптимальными показателями качества.

В технологии муки увеличивают пластичность оболочек, чтобы уменьшить их дробимость, снижают прочность эндосперма, разрушая его микро- и макротрещинами, уменьшают степень связи между разделяемыми анатомическими частями. В технологии крупы, наоборот, увеличивают прочность ядра и эндосперма, снижают прочность оболочек и также разрушают связи между разделяемыми анатомическими частями. В технологии комбикормов главным критерием оптимума структурно-механических свойств сырья являются минимальные энергозатраты на проведение процесса измельчения.

Оценивают структурно-механические свойства прочностью зерна в целом, прочностью оболочек и эндосперма, прочностью связи оболочек с эндоспермом, т. е. теми показателями, которые определяют способность зерна с минимальными затратами осуществить основные операции технологического процесса. В качестве оценочного критерия прочности принимают или расход энергии на единицу вновь образованной поверхности, или величину усилия на единицу площади. При определении прочности по величине усилия необходимо учитывать вид деформации. Способность зерна сопротивляться деформации в месте приложения силы называют твердостью. Это второй оценочный критерий структурно-механических свойств зерна. Твердость характеризует возможность разрушения материала разделяемых анатомических частей зерна в месте приложения силы.

Кроме основных критериев для оценки структурно-механических свойств зерна используют релаксационные свойства и твердозерность. Последний является одним из наиболее эффективных оценочных критериев в технологии муки, который показывает способность зерна разрушаться с образованием крупчатых продуктов.

Релаксационные свойства зерна в практической технологии как оценочные критерии мало используются или не используются вовсе. Явление релаксации имеет место в зерне при измельчении и при отволаживании увлажненного зерна. Физический смысл релаксации — уменьшение напряжения в теле зерновки при переходе от неравновесного к равновесному состоянию. Это релаксация напряжений. Возможна также релаксация деформации при постоянном внешнем напряжении.

В своем естественном состоянии зерно имеет различную прочность разделяемых в технологии частей — оболочек и эндосперма. Так, условный предел прочности на разрушение оболочек совместно с алейроновым слоем у пшеницы более чем в 10 раз больше такого же показателя для эндосперма. Очевидно, это связано с особенностью структуры как оболочек, которые имеют пластинчатую структуру, так и эндосперма, структура которого близка к кристаллической. Величина прочности зерна и его частей в большой степени зависит от влажности. Увеличение влажности приводит к увеличению пластичности ма-

териала. В соответствии с рисунком 1.8, графики которого построены в координатах усилие на сжатие P и деформация ΔL , каждый график имеет два участка — наклонный в виде прямой линии и горизонтальный. На первом участке графика зерно ведет себя как упругое тело. При снятии нагрузки деформация обратима. На втором участке зерно ведет себя как пластичное тело, когда деформация растет или без увеличения усилия или с минимальным увеличением усилия. При увеличении влажности длина первого наклонного участка графиков уменьшается и для достижения деформации некоторого уровня величина усилия снижается. Это свидетельствует о том, что с увеличением влажности увеличивается пластичность зерна.

Аналогично влияет влажность на твердость зерна. Увеличение влажности приводит к снижению твердости. Это свидетельствует о том, что в сухом зерне при измельчении или при других технологических приемах преобладает хрупкое разрушение. Отсюда нецелесообразность измельчения сухого зерна в технологии муки из-за интенсивного дробления оболочек, засоряющих муку частицами инородного цвета и с большим содержанием минеральных компонентов.

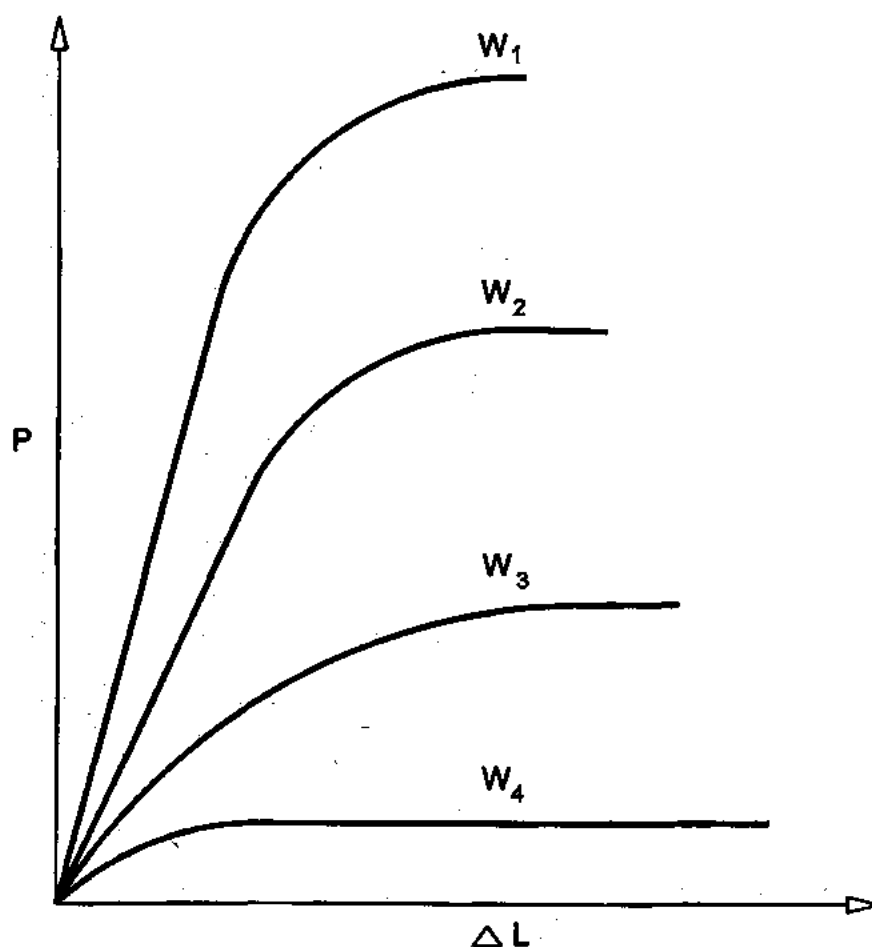


Рис. 1.8. Кривые разрушения зерна пшеницы различной влажности (по З.Д. Гончаровой) $W_1 < W_2 < W_3 < W_4$

В чистом виде характеристики зерна по прочности и твердости в практической технологии не используются. Более практичными критериями для оценки структурно-механических свойств зерна являются, например, размолоспособность и вымалываемость. В технологии муки размолоспособность оценивают чисто технологическими критериями: общим выходом и качеством муки, выходом и качеством промежуточных продуктов по крупности или полупродуктов, а также удельными эксплуатационными затратами. Это прямые показатели, которые получают или в лабораторных помолах, или в пробных производственных помолах, для которых готовят специальную партию зерна.

Вымалываемость показывает степень связи разделяемых оболочек с ядром или эндоспермом. Хорошо вымалываемое зерно способно давать отруби (побочный продукт технологии) «нежирные», т. е. без большого содержания эндосперма. На этот показатель оказывает влияние типовой состав зерна, район произрастания, а также степень разрушения связей при подготовке зерна к переработке в процессе гидротермической обработки. Например, пшеница IV типа южных районов вымалывается легче, чем пшеница I и III типов и т. п.

Твердозерность как показатель структурно-механических свойств зерна в отечественной практической технологии муки мало используется. Это условный показатель способности зерна пшеницы при измельчении давать продукты крупчатой структуры и определенной крупности. Считается, что эндосперм твердозерной пшеницы разрушается по границам клеток. Продукты измельчения эффективно сортируются, а оболочки хорошо вымалываются. Ценность этого показателя состоит в том, что это сортовой, т. е. наследуемый, генетически обусловленный признак.

В отличие от стекловидности, которую используют в отечественной практической технологии и которая также характеризует крупнообразующую способность зерна, твердозерность проявляется независимо от степени стекловидности зерна. В этом отношении показатель стекловидности менее эффективен, так как его величина может меняться под воздействием внешних условий, например, при увлажнении.

Твердозерность оценивают по величине удельной поверхности муки, по величине прохода через сито с определенным размером отверстий, по расходу энергии на измельчение, по сопротивляемости зерна истиранию. В отечественной практике принято считать твердозерными сорта зерна, дающие муку с удельной поверхностью менее $2000 \text{ см}^2/\text{г}$, а мягкозерными сортами — более $3000 \text{ см}^2/\text{г}$.

В крупяной технологии для оценки структурно-механических свойств и степени связи отделяемых оболочек от ядра, используют показатель шелушимости. Последний показывает способность зерна давать максимум шелушенного продукта-ядра при сохранении его целостности.

Показатели структурно-механических свойств различны для зерна разных культур и зависят от типа зерна, сорта и района произрастания, качественных показателей.

В технологии муки, крупы и комбикормов изменение структурно-механических свойств зерна осуществляется под воздействием влаги и тепла при проведении операции гидротермической обработки.

§6. Гидротермические свойства зерна

Эта группа свойств описывает поведение зерна при влаготепловой обработке, которая обязательна в технологии муки, крупы и комбикормов для оптимизации технологических свойств. С термодинамической точки зрения зерно — это открытая система, которая обменивается с окружающей средой массой и энергией путем увлажнения или подсушивания. Таким образом, зерно и окружающая среда находятся в динамическом равновесии. Увлажнение зерна может осуществляться различным путем. При хранении это в основном сорбционное увлажнение, а в технологии — капельно-жидкое или при полном погружении в воду (иммерсионное). В реальной технологии сорбционное увлажнение и подсушивание практически не влияют на изменение свойств зерна, исключение может составить рис, который способен растрескиваться при сорбционном увлажнении. Поэтому для изменения свойств зерна используют капельно-жидкое увлажнение или увлажнение при полном погружении в воду. Как живой объект, зерно любой культуры приспособлено к мгновенному захвату влаги. Для этого его наружные оболочки имеют значительное количество пор, пусток и капилляр. В связи с этим начальное количество поглощенной зерном влаги должно быть численно равно влагоемкости наружных оболочек. Поглощение следующей порции влаги становится возможным, когда ранее поглощенная влага переместится вглубь зерна, т. е. в процессе поглощения влаги должна быть некоторая пауза. Поэтому, в соответствии с рисунком 1.9, кривые развиваются ступенчато. В первые секунды контакта зерно поглощает 3–5 % влаги. Затем наступает пауза и влагосодержание зерна не растет. Затем процесс поглощения влаги вновь активизируется, но с несколько меньшей интенсивностью. Температура при этом выступает как фактор интенсивности. В диапазоне температур, которые используются при гидротермической обработке, чем выше температура, тем интенсивнее поглощение влаги. Ступенчатый характер развития кривых увлажнения свидетельствует о сложности процесса, когда одновременно взаимодействуют внешний влагообмен, внутренний влагоперенос и управляющие функции живого объекта.

Поглощение влаги происходит с различной интенсивностью анатомическими частями зерна и химическими веществами. В первый момент времени влага накапливается в зародышевой зоне и несколько меньше в зоне, противоположной зародышу. Это обстоятельство используется в гидротермической обработке для пластификации зародыша увлажнением. Последнее позволяет отделить его без дробления. Затем влага из периферийной зоны зерна постепенно перемещается в эндосперм. Таким образом, уже в начальный период возникает поле влагосодержания, напряженное состояние в теле зерновки, которое может привести к образованию трещин. Это одна из составляющих разрыхления эндосперма. Подробно этот процесс будет рассмотрен в разделе о гидротермической обработке зерна.

Особенности зерна таковы, что внутренний влагоперенос осуществляется диффузионно. Поэтому время перемещения влаги и преобразования свойств зерна измеряется часами. Скорость внутреннего влагопереноса описывается коэффициентом диффузии влаги a_m , который пропорционален абсолютной температуре в 15,5 степени:

$$a_m = 1 \cdot 10^{-49} T^{15.5}, \quad (1.5)$$

где T — абсолютная температура.

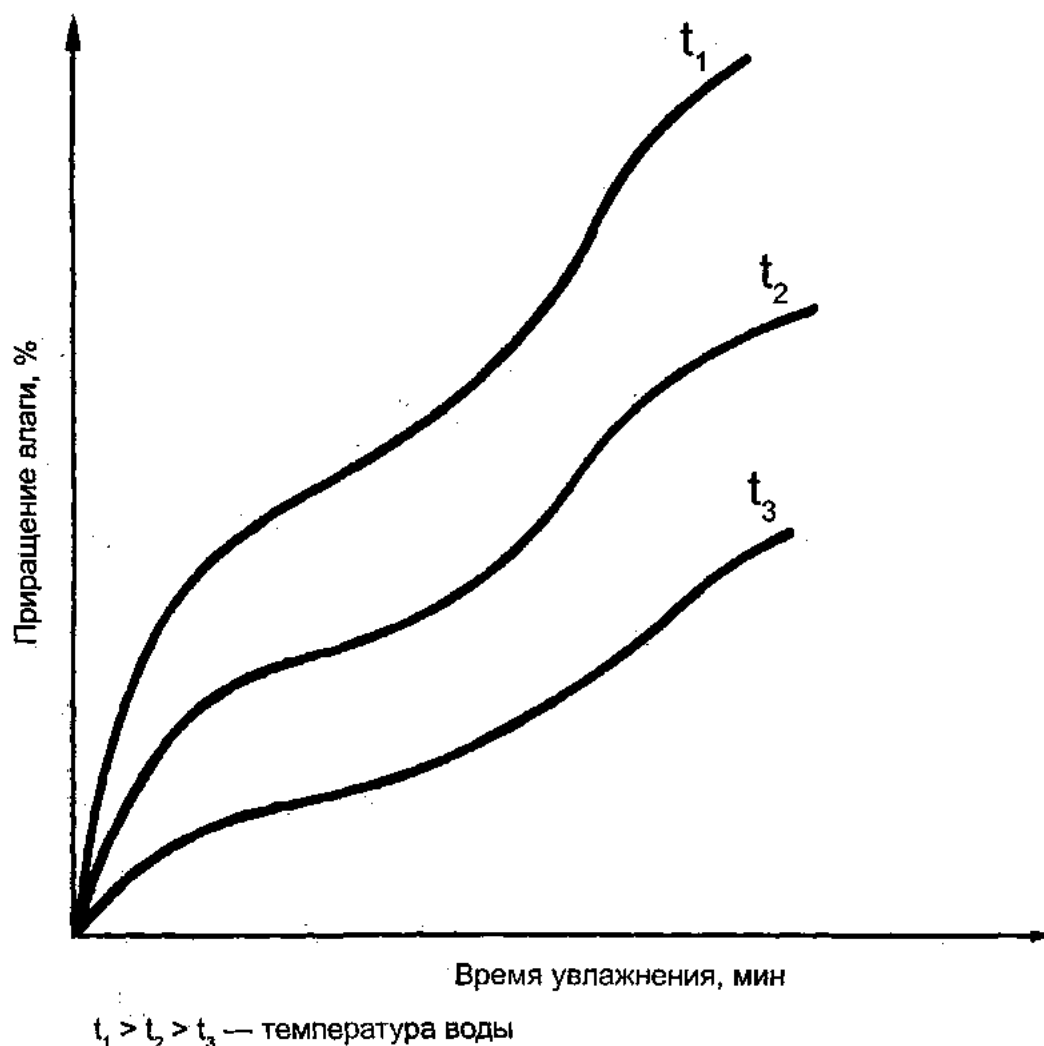


Рис. 1.8. Кинетические кривые поглощения влаги зерном

Уравнение справедливо в интервале температур 18–55 °C и при влажности 10–20 %. Это значит, что для интенсификации внутреннего влагопереноса процесс надо проводить при повышенных температурах. В связи с этим все методы гидротермической обработки, проводимые при повышенных температурах (подогретая вода, пропаривание, термостатирование в емкости) скоротечны во времени. При пониженных температурах поглощение и внутренний влагоперенос резко замедляются. Поэтому очень важно для проведения гидротермической обработки в зимнее время обеспечить подогрев зерна, воды и помещений технологического цеха.

Таким образом:

1. Технологические свойства зерна вторичны и зависят от группы первичных свойств и признаков качества.
2. Оцениваются технологические свойства выходом, качеством продукции и удельными эксплуатационными расходами.

3. Анатомическое строение зерна позволяет выбирать способ технологического воздействия на зерно при организации технологии муки, крупы и комбикормов.

4. Массовое соотношение анатомических частей зерна позволяет рассчитывать теоретический выход продукции.

5. Физико-химические свойства зерна оценивают поведение зерна при проведении технологических операций, позволяют выбрать оптимальный режим воздействия и оценить возможность зерна, получить определенный выход продукции заданного качества.

6. Для обеспечения качества и питательности готовой продукции технологический процесс необходимо вести таким образом, чтобы максимальное количество белка, крахмала и биологически активных веществ зерна попало в муку и крупу.

7. Изменение биохимических свойств зерна и химического состава возможно при разумном использовании влаги и тепла.

8. Структурно-механические свойства разделяемых в процессе технологии анатомических частей зерна полярно различны, но для обеспечения оптимума технологии эти различия необходимо усилить.

9. Гидротермические свойства зерна позволяют определить условия, при которых проведение технологических приемов обработки зерна влагой и теплом приводят к оптимальному преобразованию свойств.

Часть 2

ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Производство из зернового сырья пищевых и кормовых продуктов предопределяет ряд обязательных технологических операций или процессов, объединенных в единую логическую цепь. Логика технологии такова, что сырье вначале подготавливают к переработке, а затем перерабатывают в готовую продукцию. Это две разные технологические цепочки, но связанные единой целью. Учитывая разнообразие сырья, специфику его свойств, а также вид и качество конечной продукции, единой технологической схемы создать нельзя. Некоторые процессы присутствуют во всех технологиях, например процесс сепарирования с целью извлечения свободно находящихся в зерне примесей. Другие процессы присущи только данной технологии. Например, плющение крупы при производстве хлопьев и крупы плющеной.

Очевидно, что некоторые процессы, используемые на разных этапах технологии, но имеющие одинаковую базу, целесообразно рассматривать совместно. Например, сепарирование с целью извлечения примесей, сортирование продуктов шелушения и измельчения, обогащение крупок и дунстов и крупотделение как операция по разделению ядра и зерна в технологии крупы. Все это процессы сепарирования, протекающие с увеличением чистоты выделенных фракций.

Одну природу имеют процессы сухой и мокрой обработки поверхности зерна на этапе подготовки, шелушения крупяного сырья, шлифования ядра крупяных культур с целью удаления внутренних оболочек и алейронового слоя. Поэтому данные процессы также целесообразно рассматривать совместно.

Некоторое неудобство при таком изложении может представлять подача рабочего материала с нарушением общей логики технологического процесса. Например, сепарирование продуктов измельчения по крупности рассматривается как один из разделов сепарирования, а получение продуктов измельчения излагается в разделе об измельчении зерновых материалов, т. е. после раздела о сепарировании. Однако такое неудобство компенсируется более системным изложением материала, исключением ненужных повторов, возможностью понять суть проблемы и технологических закономерностей в целом.

Глава 1

СЕПАРИРОВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Сепарирование — одна из важнейших технологических операций на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах. Это разделение сыпучих материалов на более однородные фракции, т. е., если сепарирование произошло, мы вправе ожидать увеличения чистоты вновь полученных фракций. Сепарирование используют для извлечения из зерна примесей в зерноочистительных отделениях мельниц, на крупозаводах и при подготовке комбикормового сырья; в размольных отделениях мельниц при сортировании продуктов измельчения, обогащении промежуточных продуктов, в рушальном отделении крупозаводов при фракционировании зерна, при сортировании продуктов шелушения, шлифования, дробления; на комбикормовых заводах при сортировании компонентов комбикормов; во всех технологиях при проведении контрольных операций. Операция сепарирования оказывает влияние на эффективность проведения практически всех технологических операций, а также на качество готовой продукции, степень использования сырья и на эффективность ведения технологии в целом.

§1. Общие положения

Сепарирование, или разделение исходной смеси сыпучего материала на более однородные фракции, сопровождает все процессы в технологии муки, крупы и комбикормов. Назначение и задачи сепарирования:

1. Очистить зерно и другое сырье от примесей, которые нежелательны в готовой продукции или снижают ее качество. В некоторых случаях примеси могут ухудшать условия хранения, транспортировки зерна, а также переработки. Крупные минеральные и металломагнитные примеси, кроме того, могут стать причиной серьезных аварий, возгораний и взрывов на перерабатывающих предприятиях.

2. Сортировать исходное зерновое сырье на фракции крупности для переработки в продукты разного назначения. Например, выделение мелкого зерна для использования в комбикормовой технологии, а крупного — для производства высококачественной муки.

3. Фракционирование зерна для раздельной переработки в продукцию одинакового назначения, но с целью оптимизации последующих операций. Например, операция предварительного сортирования зерна гречихи на фракции для оптимизации процесса шелушения и крупоотделения.

4. Извлечение конечных продуктов технологии, например муки или крупы в технологическом процессе мукомольного или крупяного завода.

5. Извлечение промежуточных продуктов технологии (полупродуктов) с целью их дальнейшей раздельной обработки.

6. Осуществлять обогащение промежуточных по крупности продуктов — крупок и дунстов в технологии муки и разделение ядра и зерна в технологии крупы.

7. Проводить контрольное сепарирование конечных продуктов с целью улавливания случайных примесей, придания однородности конечному продукту, а также извлечения полезного зерна из отходов.

Сепарирование сыпучей смеси возможно, если:

1. В исходной смеси есть делимые компоненты, которые могут быть выделены в данном сепараторе.

2. Смесь, находящаяся в сепараторе, постоянно разрыхляется, чтобы внутри ее могли образоваться полости достаточного размера для прохождения отдельных частиц из внутренних слоев в периферийный слой, граничащий с поверхностью разделения, например ситом, триерной поверхностью и т. п.

3. Получаемые в результате разделения фракции непрерывно удаляются из сепаратора; в противном случае образуются технологические завалы.

Физические признаки, по которым частицы смеси существенно отличаются, например геометрические размеры, скорость витания, можно с наибольшей эффективностью использовать при организации процесса сепарирования.

В практической технологии муки, крупы и комбикормов для организации процесса сепарирования в основном используют следующие физические признаки, по которым различаются сепарируемые материалы:

- максимальный размер — длину;
 - максимальный размер наибольшего по площади поперечного сечения перпендикулярного длине — ширину;
 - минимальный размер того же сечения — толщину;
 - форму;
 - плотность;
 - упругость;
 - трение о поверхность;
 - магнитную восприимчивость.
- эпизодически для организации сепарирования используют различные сепарируемых материалов по цвету и электростатическим свойствам.

При организации процесса сепарирования обычно увязывают в единое целое признаки различия разделяемых компонентов, способ сепарирования и сепарирующие машины. В таблице 2.1 приводятся соответствующие данные, классифицирующие современные способы сепарирования.

Как правило, зерновые смеси и смеси продуктов переработки зерна имеют частицы достаточно близкие по плотности, что позволяет предположить, что при ситовом сепарировании преобладает самосортирование по крупности (сегрегация). Кроме плотности и крупности на эффективность сортирования оказывают влияние форма и состояние поверхности частиц, толщина слоя или предельная нагрузка на сито, частота и амплитуда колебаний сита и другие факторы. В технологии муки, крупы и комбикормов преобладает ситовое сепарирование.

Классификация способов сепарирования (по В.В. Гортинскому)

Признаки различия частиц	Способ сепарирования	Название машин	Характерные способы применения
1	2	3	4
Длина	Триерование	Триеры	Очистка зерна от овсюга, куколя, извлечение ядра овса и риса из продуктов шелушения
Ширина	Просеивание на ситах с круглыми и квадратными отверстиями	Ситовые зерноочистительные сепараторы	Очистка зерна от примесей, фракционирование зерна
Толщина	Просеивание на ситах с прямоугольными отверстиями	Ситовые зерноочистительные сепараторы	Очистка зерна от примесей
Плотность, коэффициент трения	Разделение в псевдоожиженном слое	Вибропневматические камнеотборники, пневмосортировальные столы	Очистка зерна, крупы от минеральных примесей, разделение зерна и ядра в продуктах шелушения
Скорость витания	Пневматическое сепарирование	Аспираторы, пневмоканалы	Очистка зерна от легких примесей, извлечение щуплого зерна
Скорость витания, плотность, коэффициент трения	Разделение по убывающей плотности эндосперма и оболочек	Ситовечечные машины	Сепарирование продуктов измельчения по добротности (обогащение)
Размеры	Просеивание на горизонтальных ситах	Рассевы мельничные и крупяные	Сортирование продуктов измельчения, шелушения, шлифования по крупности
Упругость, коэффициент трения, плотность	Виброударное сепарирование	Падди-машины, другие крупотделители	Извлечение ядра из продуктов шелушения, контрольное крупотделение
Форма, коэффициент трения, плотность	Вибрационное перемещение по ячеистым поверхностям	Ячеистые крупотделители	Извлечение ядра из продуктов шелушения
Плотность	Самосортирование на конических поверхностях	Камнеотделитель дисковый	Очистка зерна от минеральных примесей
Плотность, коэффициент трения, размеры	Просеивание на неподвижных наклонных ситах	Самотечные крупотделители	Отбор ядра из продуктов шелушения
Магнитная восприимчивость	Магнитное сепарирование	Магнитные сепараторы	Очистка от металломагнитных примесей

Процесс ситового сепарирования состоит из двух взаимосвязанных стадий. Вначале проходовые частицы сепарируемой смеси извлекаются из внутренних слоев и концентрируются в нижнем слое сыпучего материала, затем осуществляется соответственно прохождение проходовых частиц через отверстия сита. Следовательно, просеивание будет эффективным, если выполняются в полной мере обе стадии. Последнее обеспечивается длиной сита, удельной нагрузкой, оптимальным подбором рабочего отверстия сита, материалом сита и его севкостью. Эффективность просеивания также зависит от влажност-

ти сортируемого продукта, содержания в нем проходových фракций и т. п. В технологическом отношении наиболее эффективным средством изменения эффективности сепарирования является удельная нагрузка на сито и подбор оптимального рабочего отверстия в соответствии с задачей технологии на данном этапе. Рабочее отверстие сита может закупориваться сходовыми частицами или частицами, размер которых равен рабочему размеру отверстия сита. Поэтому дальнейшее просеивание продукта делается невозможным. В связи с этим сепарирующие средства должны снабжаться эффективными механизмами для удаления застрявших частиц в отверстиях сита. По условиям работы мукомольных, крупяных и комбикормовых предприятий процесс сепарирования должен осуществляться непрерывно. Непрерывность технологии обеспечивается следующими факторами:

- непрерывной и равномерной подачей продукта на сито или равномерным питанием;
- относительным движением продукта по сити;
- перемещением сепарируемого материала от места поступления к выводу сходового компонента;
- обязательной очисткой сита (удаление застрявших в отверстиях сита частиц);
- непрерывным удалением проходových и сходовых фракций.

Высокая эффективность сепарирования обеспечивается оптимальным значением кинематических параметров сита, главными из которых являются число колебаний в единицу времени и амплитуда колебаний. Под действием периодически возникающих сил зерновая смесь на колеблющемся сите разрыхляется, пространство между частицами увеличивается, что приводит к самосортированию смеси. При этом частицы с большей плотностью перемещаются вниз слоя, а частицы с меньшей плотностью — вверх. Возникает так называемое явление стратификации (слоистое строение зерновой насыпи, обусловленное различием физических свойств слоев по плотности, температуре, влажности и т. п. (Stratum настил + facere делать). В результате взаимного перемещения частиц сыпучая смесь сортируется не только по плотности, но и по крупности. Более мелкие и тяжелые частицы проваливаются между крупными и концентрируются в нижнем слое. Таким образом происходит расслоение по плотности, а в пределах одинаковой плотности — по крупности.

§2. Понятие о делимости смесей

Возможность сепарирования с заданной эффективностью определяется делимостью зерна и примесей по конкретному признаку, который обеспечивает наиболее полное разделение исходной смеси на более однородные фракции. Для достоверной оценки делимости смеси значение признаков оценивают экспериментально и представляют в виде вариационных рядов или вариационных графиков (полигонов распределения), полученных после соответствующей обработки статистических вариационных рядов. Количество разовых измерений должно быть достаточно большим, что обеспечит достоверность полученной информации. При представлении экспериментальных данных в виде статистических рядов задача о сепарировании решается аналитически; при представлении данных в виде полигонов распределения или гистограмм задача решается графически.

Аналитическое решение задачи о сепарировании

Сущность метода заключается в следующем. Если физические величины, определяемые экспериментально для оценки возможности сепарирования, распределены по нормальному закону, то это распределение имеет ряд особенностей:

1. Кривая нормального распределения симметрична относительно истинного результата.
2. Вероятность появления результатов, отличающихся на большую величину меньше, чем результата, отличающегося на меньшую величину от математического ожидания или от истинного значения.
3. Вероятность появления отклонения (по модулю σ от истинного значения) не больше трех среднеквадратических отклонений равна 0,998, т. е.

$$y_k = \bar{y} \pm 3\sigma \quad (2.1)$$

Правило: если абсолютное отклонение больше 3σ , то с вероятностью 0,998 этот результат можно классифицировать как грубую ошибку.

Это означает, что только два значения из 1000 определений могут отличаться от среднего значения на величину, большую 3σ .

Следовательно, для вывода возможности сепарирования зерна по данному признаку в экспериментальном статистическом ряду распределений необходимо определить среднее значение признака \bar{y} и эмпирическое среднее квадратическое отклонение $S(y_k)$:

$$\bar{y} = \sum_{k=1}^n y_k / n, \quad (2.2)$$

$$S_{(y_k)} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (2.3)$$

где y_k — единичный результат опыта;

k — номер повторности;

n — общее число повторностей.

Процедуру вычислений выполняют в следующей последовательности.

Рассчитывают среднее значение результата для зерна и примесей. Большее значение величины обозначают \bar{y}_g , а меньшее значение \bar{y}_m . Затем рассчитывают среднее квадратическое отклонение $S(\bar{y}_g)$ и $S(\bar{y}_m)$. По результатам определяют:

$$(\bar{y}_g \pm 3S_g) \text{ и } (\bar{y}_m \pm 3S_m). \quad (2.4)$$

В соответствии с вышеизложенным смесь считается полностью разделимой по признаку y , если:

$$(\bar{y}_g - 3S_g) > (\bar{y}_m + 3S_m). \quad (2.5)$$

Смесь считается не полностью разделимой, если:

$$(\bar{y}_g - 3S_g) < (\bar{y}_m + 3S_m). \quad (2.6)$$

Графическая интерпретация аналитического решения задачи о сепарировании приведена на рисунке 2.1.

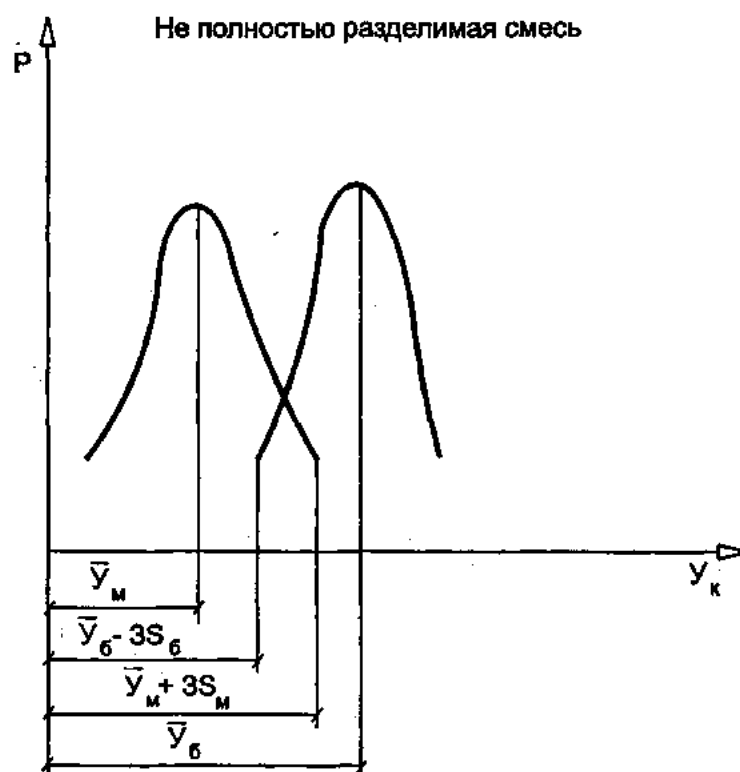
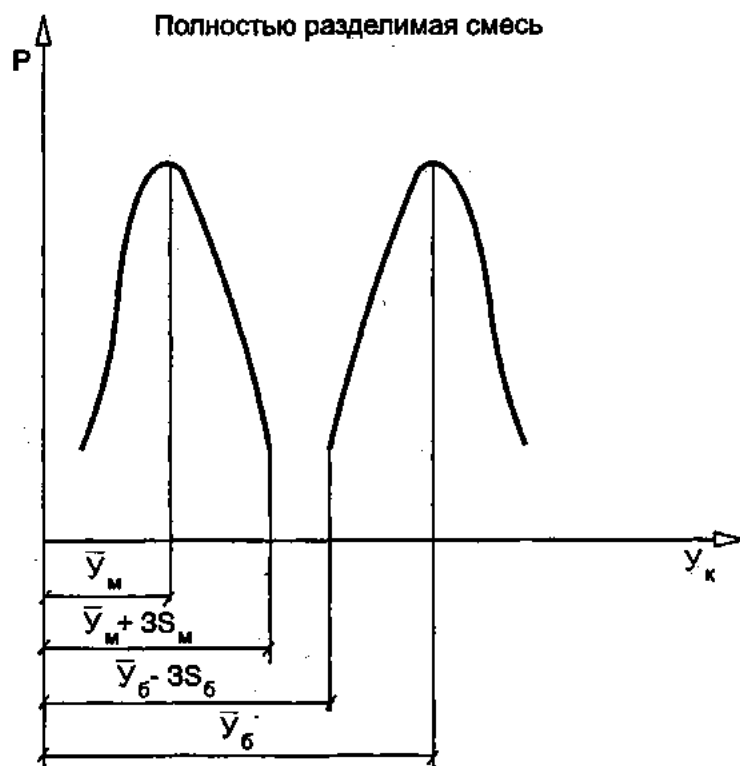


Рис. 2.1. Графическая интерпретация аналитического решения задачи о сепарировании

Если статистический анализ приводит к результату, соответствующему выражению 2.5, то минимальное значение величины делящего фактора (значения признака y , при котором возможно разделение смеси) равно:

$$D_{\min} = \bar{y}_m + 3S_m, \quad (2.7)$$

а максимальное значение:

$$D_{\max} = \bar{y}_e - 3S_e. \quad (2.8)$$

Для организации сепарирования находят среднее значение величины делящего фактора:

$$D_{cp} = \frac{D_{\min} + D_{\max}}{2} \quad (2.9)$$

$$\text{или } D_{cp} = \frac{(\bar{y}_m + 3S_m) + (\bar{y}_e - 3S_e)}{2}. \quad (2.10)$$

Величину округляют до ближайшего стандартного значения, которое может быть выражено номером сита, размером ячейки триера и т. п.

Если статистический анализ приводит к результату, соответствующему выражению 2.6, то смесь считается не полностью делимой. Однако ее можно разделить в два этапа:

1. По величине делящего фактора:

$$D_{\min} \leq \bar{y}_e - 3S_e. \quad (2.11)$$

2. По величине делящего фактора:

$$D_{\max} \geq \bar{y}_m + 3S_m. \quad (2.12)$$

Величины D_{\min} и D_{\max} округляют до стандартного значения номера сита, размера ячейки триера и т. п. При использовании результатов теоретического анализа для организации практического сепарирования могут быть внесены дополнительные коррективы, связанные с качеством зерна, типом сепарирующего устройства, условиями эксплуатации оборудования и т. п.

В качестве примера аналитического решения задачи о сепарировании можно привести анализ статистических значений геометрических размеров зерна пшеницы и куколя (таблица 2.2).

Таблица 2.2

Показатели вариации геометрических размеров зерна пшеницы и куколя

в мм

Физический признак	Пшеница				Куколь			
	\bar{Y}	S	$3S$	$\bar{Y} + 3S$	\bar{Y}	S	$3S$	$\bar{Y} - 3S$
Длина	5,77	0,41	1,23	$5,77 \pm 1,23$	3,41	0,32	0,96	$3,41 \pm 0,96$
Ширина	2,71	0,30	0,90	$2,71 \pm 0,90$	3,12	0,28	0,74	$3,1 \pm 0,74$
Толщина	2,49	0,25	0,75	$2,49 \pm 0,75$	2,54	0,23	0,69	$2,54 \pm 0,69$

В соответствии с приведенными данными условия делимости смеси выглядят следующим образом:

- по длине $5,77 - 1,23 > 3,41 + 0,96$ — смесь делима полностью;
- по ширине $3,12 - 0,74 < 2,71 + 0,90$ — смесь не делима.
- по толщине $2,54 - 0,69 < 2,49 + 0,75$ — смесь не делима полностью.

Таким образом, куколь и пшеница имеют резко различные значения длины, и смесь можно разделить трированием с использованием куколеотборников.

В соответствии с формулой 1.10 среднее значение величины делящего фактора D_{cp} составит:

$$D_{cp} = \frac{3,41 + 0,96 + 5,77 - 1,23}{2} = 4,455 \text{ мм.}$$

Это значит, что при сепарировании смеси пшеница — куколь необходимо использовать триер-куколеотборник с диаметром ячеек 4,5 мм.

Графическое решение задачи о сепарировании

При графическом решении задачи экспериментальные данные представляют в виде интервального вариационного ряда. Техника построения такого ряда заключается в следующем. Вся вариация признака от минимальной до максимальной разбивается на равные интервалы или промежутки, называемые классами. Затем все варианты совокупности распределяются по этим классам. В результате получается интервальный вариационный ряд, в котором частоты (p) относятся уже не к отдельным конкретным вариантам, а к установленным классовым интервалам, т. е. оказываются частотами не вариантов, а классов. Таким образом, ряды непрерывного варьирования превращаются в дискретные вариационные ряды. При этом классовые интервалы заменяются их срединными значениями, которые равны полусумме нижней и верхней границ класса. Срединные значения классов приобретают значения отдельных вариантов с их частотами и поэтому называются классовыми вариантами. Число классов, на которые следует разбивать вариацию признака, зависит от задачи исследования и характера собранного материала. Хорошо обозримые вариационные ряды при достаточной точности вычисляемых средних характеристик дает формула Стерджеса:

$$i = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{1 + 3,32 \lg n}, \quad (2.13)$$

где i — величина классового интервала;

Y_{\max}, Y_{\min} — максимальная и минимальная вариации совокупности;

$\lg n$ — десятичный логарифм общего числа вариантов данной совокупности.

Для большей наглядности закономерности варьирования признаков, вариационные ряды представляют в виде гистограмм или полигонов распределения. При построении гистограмм по оси абсцисс откладывают границы классов, а при построении полигонов распределения — средние значения классов.

Методика построения полигонов распределения:

1. Располагают варианты данной совокупности по возрастающей степени отдельно для зерна и примеси.
2. Определяют значение классового интервала по формуле.
3. Разбивают вариационный ряд на классы.
4. Находят среднее значение каждого класса.
5. Подсчитывают число вариантов, входящих в каждый классовый интервал.

При разбивке вариации на классы границы первого класса устанавливают с таким расчетом, чтобы минимальная варианта попала приблизительно в середину этого класса. При совпадении величины варианты с верхней границей одного или нижней границей другого класса поступают следующим образом:

а) в один и тот же класс помещают варианты, которые больше нижней, но меньше или равны верхней границе данного класса, т. е. варианты распределяются по классам по принципу «от — до включительно»;

б) уменьшают на незначительную величину верхнюю границу класса, например на 0,1 или на 0,01, чем достигается необходимое разграничение классов.

Срединные значения классов подсчитывают как полусумму значений нижней и верхней границ. Полученные данные позволяют построить полигон распределения, откладывая по абсциссе срединные значения классов, а по ординате — частоту их повторения. Точки объединяют ломаной линией.

Пример:

При измерении длины зерна пшеницы были получены следующие значения, мм:

5,7; 5,2; 5,7; 6,5; 5,3; 5,7; 6,5; 6,7; 6,5; 6,1; 5,4;

6,1; 6,5; 6,1; 6,8; 7,0; 6,1; 6,8; 7,0; 6,1; 7,2; 6,5;

6,1; 5,7; 5,4; 6,1; 6,4; 6,8; 7,2; 6,5; 6,8; 7,4; 6,5;

7,0; 7,4; 6,5; 7,0; 7,0; 6,5; 7,2; 7,6; 6,5; 6,1; 5,7;

6,1; 7,0; 6,5; 6,1; 6,5; 6,1.

Опускаем процедуру расположения вариантов данной совокупности по возрастающей степени и рассчитываем величину классового интервала по формуле 2.13:

$$i = \frac{7,6 - 5,2}{1 + 3,32 \lg 50} = 0,36 \text{ мм.}$$

Определим границу 1-го классового интервала:

$X_{\min} - 0,5i = 5,2 - 0,5 \cdot 0,36 = 5,02 \text{ мм}$ — левая граница 1-го классового интервала,

$5,02 + 0,36 = 5,38 \text{ мм}$ — правая граница интервала.

Определяем границы других классов:

$5,02 - 5,38 - 5,74 - 6,10 - 6,46 - 6,82 - 7,18.$

Подсчитаем число вариантов, входящих в каждый класс и определим среднее значение классов.

Полученные данные сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Показатели вариации длины зерна

Классы по длине зерен, мм	Средние значения классов, мм	Частицы, Р	
		шт	%
5,02 – 5,37	5,2	2	4
5,38 – 5,73	5,56	7	14
5,74 – 6,09	5,92	0	0
6,10 – 6,45	6,28	12	24
6,46 – 6,81	6,64	17	34
6,82 – 7,17	7,00	6	12
7,18 – 7,53	7,36	5	10
7,54 – 7,90	7,72	1	2

По полученным данным строим полигон распределения в координатах «Средние значения классов, Y , мм — частота, P , %».

Аналогичную процедуру осуществляют для зерна и примеси (по одноименному признаку), а полигоны распределения помещают на одном рисунке.

При этом возможны три варианта взаимного расположения графиков:

- вариационные графики не пересекаются (рисунок 2.2 а);
- вариационные графики пересекаются в интервале Δ (рисунок 2.2 б);
- вариационные графики полностью перекрывают друг друга (рисунок 2.2 в).

Первый вариант взаимного расположения графиков показывает, что по величине делящего фактора от D_1 до D_2 по признаку Y эту смесь теоретически можно разделить полностью на два компонента. Такую смесь называют делимой по признаку Y .

Второй вариант взаимного расположения графиков показывает, что смесь полностью не делима по признаку Y , так как часть зерен и примесей имеют совпадающие значения признака Y в интервале Δ . Теоретически из рассмотренной смеси можно выделить только часть компонентов и в два этапа. На первом этапе по величине делящего фактора D_1 — слева от плоскости А-А и на втором этапе — по величине делящего фактора $D_2 = D_1 + \Delta$.

Таким образом, данную смесь по признаку Y можно разделить на три фракции. При частичном их извлечении две из них составляют компоненты в чистом виде. А третья фракция, имеющая значения признака от $Y_1 = D_1$ до $Y_2 = D_1 + \Delta$ (заштрихованная зона между плоскостями А-А и Б-Б), содержит оба компонента и по данному признаку не делима.

Третий вариант взаимного расположения графиков, в котором оба компонента имеют совпадающие значения по данному признаку и не могут быть разделены.

Для оценки делимости смеси используют качественный критерий λ :

$$\lambda = 1 - \frac{\Delta}{\Delta_0}, \quad (2.14)$$

где Δ — интервал перекрывания значений признака Y ;

Δ_0 — общий интервал варьирования значений признака.

При $\Delta = 0$, $\lambda = 1$ смесь делима полностью по признаку Y .

При $\Delta < \Delta_0$, $\lambda < 1$ смесь частично делима по признаку Y .

При $\Delta = \Delta_0$, $\lambda = 0$ смесь не делима по признаку Y .

При количественном решении задач о разделении смеси вариационные графики строят с учетом весомости компонентов смеси. Тогда площадь S , ограниченная плоскостями А-А и Б-Б в интервале Δ (рисунок 2.3 б), будет численно равна количеству смеси, которая не может быть разделена по данному признаку. Уравнение для расчета количества неразделенной смеси λ_0 будет иметь вид:

$$\lambda_0 = 1 - \frac{S}{100}. \quad (2.15)$$

Для решения задачи о возможности разделения смеси может быть недостаточно исследование вариации зерна и примеси по каждому признаку в отдельности. Большой эффект дает определение корреляции признаков. При этом, если оценивать делимость смеси по двум признакам, одновременно используют корреляционные таблицы, а по трем признакам — пространственные корреляционные решетки. Использование корреляционных таблиц и решеток позволяет выбирать не только сепарирующие средства, но и последовательность их использования, т. е. решать вопрос о технологической схеме сепарирования.

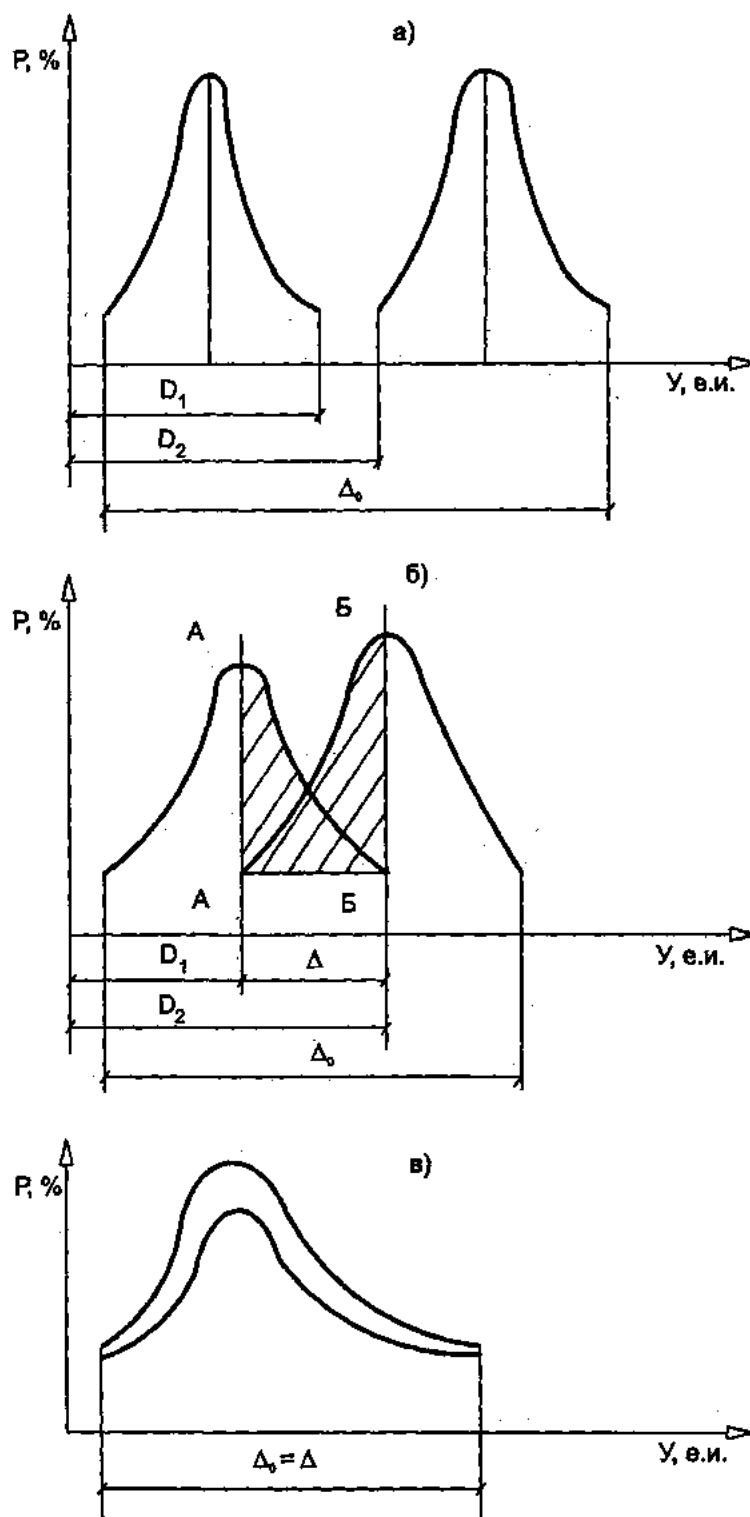


Рис. 2.2. Варианты взаимного расположения графиков:
 Δ_0 — интервал варьирования признака Y смеси; Δ — интервал перекрытия признака Y ;
 D_1, D_2 — величины делящего фактора

Глава 2

Сита в технологии муки, крупы и комбикормов

Зерновая масса и промежуточные продукты технологии состоят преимущественно из частиц, отличающихся геометрическими размерами, формой, что делает ситовое сепарирование наиболее эффективным средством выделения примесей и разделение исходной смеси на более однородные фракции. Сита как основной рабочий орган используются в зерноочистительных сепараторах, буратах, рассевах, крупосортировочных и ситовеечных машинах и т. п. В некоторых случаях сита выполняют вспомогательные функции, например, в обоечных и щеточных машинах, дробилках, камнеотделителях, моечных машинах и т. п. В зависимости от условий эксплуатации технологического оборудования применяются сита различного исполнения и из различных материалов.

§1. Разновидности применяемых сит

В основу классификации сит положены следующие факторы:

1. Материал, из которого изготовлены сита.
2. Способ изготовления сит, принятый в промышленности.
3. Назначение сит.

В соответствии с принятой классификацией сита могут быть металлические, из натуральных или искусственных неметаллических материалов.

По способу изготовления — штампованные металлические (полотна решетные) и тканые.

И наконец, определенные модификации сит используют на различных этапах технологии: для выделения из зерна и другого сырья примесей, для сортирования круп, дунстов и для высева муки и т. п. В каждом конкретном случае используют сита с определенным размером и формой отверстия, различные по способу и материалу изготовления.

В таблице 2.4 приведены разновидности сит, используемые на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах.

**Разновидности сит, используемые на мукомольных,
крупяных и комбикормовых заводах**

Наименование сита	Стандарт на сито	Тип	Типоразмер
1. Полотна решетчатые с круглыми отверстиями	ГОСТ 214-83	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
2. Полотна решетчатые с продолговатыми отверстиями	ГОСТ 214-83	2 а	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
3. Полотна решетчатые с продолговатыми отверстиями	ГОСТ 214-83	2 б	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
4. Полотна решетчатые с треугольной формой отверстия	ГОСТ 214-83	3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
5. Сетки проволоочные стальные тканые для мукомольной промышленности	ГОСТ 3924-74		
6. Металлические сетки для мельничных рассевов	ТУ 14-4-1063-86		
7. Металлические сетки для мельничных рассевов	ТУ 14-4-1374-86		
8. Шелковая утяжеленная ткань для крупяных сит	ГОСТ 4403-77		
9. Шелковая облегченная ткань для мучных сит	ГОСТ 4403-77		
10. Ткани капроновые для сит	ОСТ 17-46-82		
11. Ткань для сит из полиамидных монопоней отечественного производства для высева круп, дунстов	ТУ 17 РСФСР 62-10838-84		
12. Ткани для сит из полиамидных монопоней для высева круп и дунстов	ТУ 17 РСФСР 62-10849-84		
13. Ткани для сит полиамидных с полотняным переплетением для высева муки	ТУ 17 РСФСР 62-10619-83		
14. Ткани для сит полиамидных с полупоноажурным переплетением для высева муки	ТУ 17 РСФСР 62-10680-83		

§2. Рабочие параметры сита

Для оценки возможности использования сита на конкретном этапе технологии анализируют задачу этапа и подбирают сито по его рабочим параметрам.

Основные параметры сита:

1. Форма и размер отверстия;
2. Номер сита;
3. Типоразмер полотна решетчатого;
4. Толщина листа полотна решетчатого;
5. Толщина нити тканого сита;
6. Коэффициент живого сечения.

В технологии муки, крупы и комбикормов используют сита с круглой, продолговатой и треугольной формой отверстий в полотнах решетчатых, а также с квадратной формой отверстий в тканых ситах. При ситовом сепарировании в операциях подготовки зерна эффективнее применять сита с круглыми, продолговатыми и треугольными отверстиями, а при сортировании частиц измельченного зерна, имеющих или неправильную форму, или форму, близкую к кубикам, эффективнее использовать тканые сита с квадратной формой отверстия. Размер отверстий сит, применяемых в технологических процессах, должен соответствовать размеру частиц сепарируемых материалов.

Номер сита — это условная величина, определяющая рабочий размер отверстия сита. Как правило, записывается арабскими цифрами и входит составной частью в условное обозначение сита в соответствии со стандартом. Номер сита может дополняться буквенным индексом, позволяющим определить материал сита. Условное обозначение сита — более широкое понятие. Сюда могут входить тип и номер сита, материал и типоразмер полотна сита, толщина полотна или нити тканого сита. Кроме того, условное обозначение может дополняться номером стандарта (государственного, отраслевого или предприятия).

Толщина полотна указывается в условном обозначении сита и зависит от размера рабочего отверстия.

Толщина нити тканого ситового полотна также зависит от номера и материала сита и оказывает влияние на коэффициент живого сечения сита.

Типоразмер определяет габаритный размер полотен. В соответствии с ГОСТ 214-83 размеры полотен зависят от типоразмера (таблица 2.5). Выбор типоразмера полотна необходимо увязать с эксплуатируемым оборудованием и его конструктивными особенностями.

Таблица 2.5

Размеры полотен штампованных

в мм

Обозначение типоразмера	Длина L		Ширина B		Номинальная площадь полотна, м ²
	номинал	предел откл.	номинал	предел откл.	
1	990	± 3,0	990	± 3,0	0,980
2	990	± 3,0	790	± 2,5	0,782
3	790	± 2,5	990	± 3,0	0,782
4	990	± 3,0	490	± 2,5	0,486
5	990	± 3,0	740	± 2,5	0,733
6	740	± 2,5	990	± 3,0	0,733
7	1420	± 10,0	710	± 6,0	1,008
8	710	± 6,0	1420	± 10,0	1,008

Коэффициент живого сечения f является одной из основных характеристик сита и определяется отношением суммарной площади отверстий сита F_i к площади ситового полотна F_o . Рассчитывают коэффициент живого сечения в долях единицы или в процентах:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{F_o}, \quad (2.16)$$

где n — количество отверстий в полотне площадью F_o ;

$$F_o = L \cdot B, \text{ мм}^2.$$

§3. Техническая характеристика сит

Полотна решетные штампованные металлические изготавливают трех типов:

- тип 1 — с круглыми отверстиями;
- тип 2 — с продолговатыми отверстиями прямоугольной формы;
- тип 3 — с отверстиями в виде равносторонних треугольников.

Полотна решетные 1-го типа

Центры отверстий должны быть расположены в вершинах правильного шестиугольника, две стороны которого перпендикулярны к длине полотна (рис. 2.3).

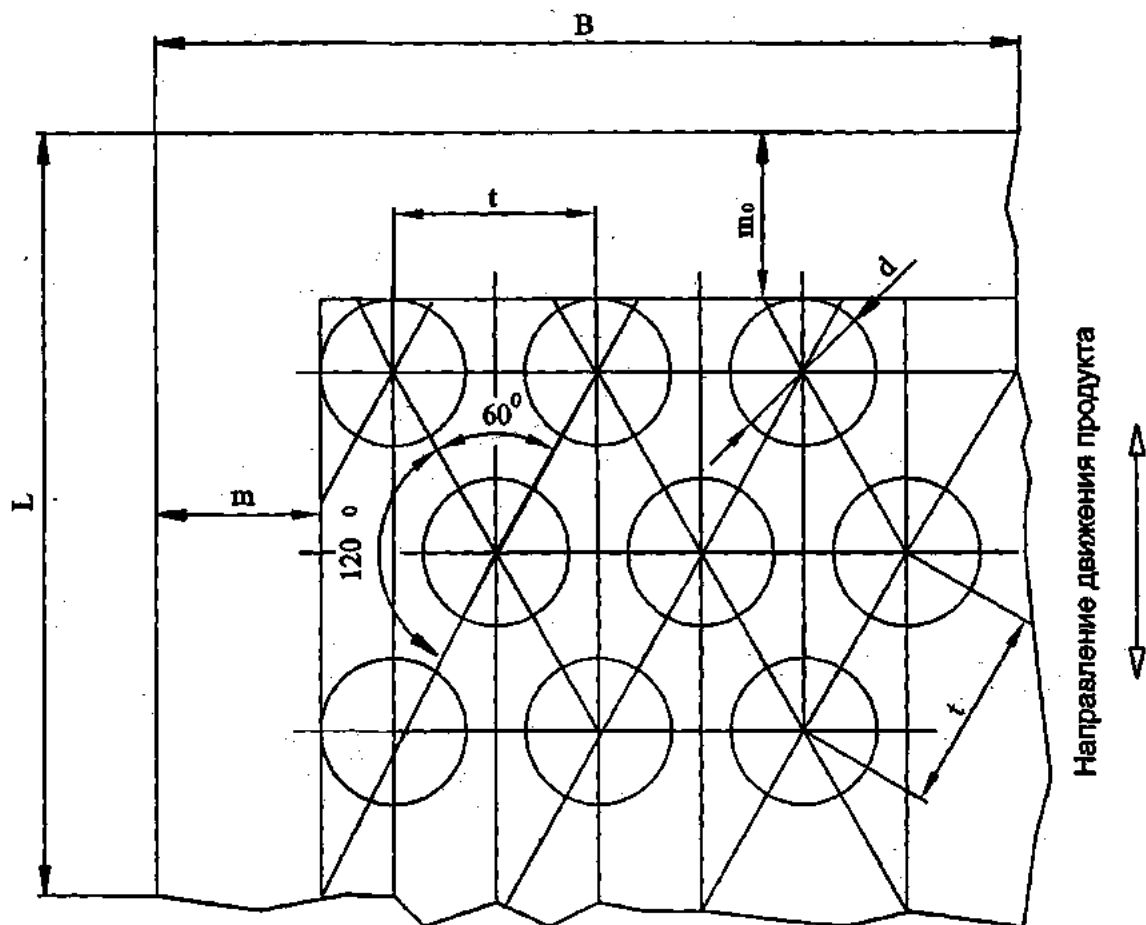


Рис. 2.3. Техническая характеристика полотен решетных 1-го типа:
L — длина полотна; B — ширина полотна; d — рабочий размер отверстия;
t — шаг отверстий средний; m — кромка поля по длине полотна;
m₀ — кромка поля по ширине полотна.

Расстояние между центрами соседних отверстий называется шагом t . Рабочим размером отверстий является диаметр d . В соответствии с ГОСТ 214-83 номинальный размер отверстия колеблется от 0,5 до 42 мм, средний шаг — от 1,4 до 52 мм, толщина полотен — от 0,7 до 1,5 мм (табл. 2.6).

Номер полотна получают при умножении диаметра отверстия d на десять. В технологических схемах условное обозначение полотна записывают двумя цифрами через тире. Первая цифра обозначает тип полотна, а вторая — номер. Например, полотно решетное 1-го типа с диаметром отверстия 3 мм будет записано следующим образом: 1-30.

Полотна решетные типа 1 по ГОСТ 214-83

Номер полотна	d, мм	t, мм	Номер полотна	d, мм	t, мм	Номер полотна	d, мм	t, мм
05	0,5	1,4	31	3,1	5,5	105	10,5	15,0
06	0,6	1,4	32	3,2	5,5	110	11,0	15,0
07	0,7	1,6	33	3,3	5,5	115	11,5	15,0
08	0,8	1,6	34	3,4	5,5	120	12,0	18,0
09	0,9	1,9	35	3,5	5,5	130	13,0	18,0
10	1,0	1,9	36	3,6	5,5	140	14,0	18,0
11	1,1	2,2	37	3,7	6,0	150	15,0	21,0
12	1,2	2,2	38	3,8	6,0	160	16,0	21,0
13	1,3	2,5	39	3,9	6,0	170	17,0	21,0
14	1,4	2,5	40	4,0	6,0	180	18,0	25,0
15	1,5	2,8	42	4,2	6,0	190	19,0	25,0
16	1,6	2,8	45	4,5	7,0	200	20,0	25,0
17	1,7	3,1	47	4,7	7,0	210	21,0	28,0
18	1,8	3,1	50	5,0	7,0	220	22,0	28,0
19	1,9	3,4	52	5,2	8,5	240	24,0	30,0
20	2,0	3,4	55	5,5	8,5	250	25,0	30,0
21	2,1	3,6	60	6,0	8,5	260	26,0	34,0
22	2,2	3,6	63	6,3	9,5	280	28,0	34,0
23	2,3	4,0	65	6,5	9,5	300	30,0	38,0
24	2,4	4,0	70	7,0	9,5	320	32,0	38,0
25	2,5	4,0	75	7,5	11,5	340	34,0	42,0
26	2,6	4,5	80	8,0	11,5	360	36,0	42,0
27	2,7	4,5	85	8,5	11,5	380	38,0	46,0
28	2,8	4,5	90	9,0	13,0	400	40,0	46,0
29	2,9	4,5	95	9,5	13,0	420	42,0	52,0
30	3,0	4,5	100	10,0				

В соответствии со стандартом кроме типа и номера условное обозначение полотна дополнительно включает еще две группы цифр, обозначающих типоразмер и толщину листа. Пример условного обозначения полотна решетного 1-го типа диаметром 3 мм, третьего типоразмера, толщиной листа 0,8 мм:

Полотно 1-30-3 × 0,8 ГОСТ 214-83. Таким образом, при полной информации о решетном полотне последовательно указывают наименование изделия, через тире — тип полотна, номер полотна, через тире — типоразмер и через знак умножения (×) — толщину листа. Далее записывают номер государственного стандарта на вид изделия.

Полотна решетные второго типа

Полотна решетные второго типа имеют отверстия прямоугольной формы, расположенные рядами. Ряд отверстий на полотне сита перпендикулярен длинной стороне листа, а длинная сторона отверстия сита параллельна длинной стороне листа. Решетные полотна второго типа изготавливают в двух исполнениях (рис. 2.4):

а — с отверстиями, расположенными на одной оси;

б — с симметрично смещенными отверстиями.

Исполнение 2а

Исполнение 2б

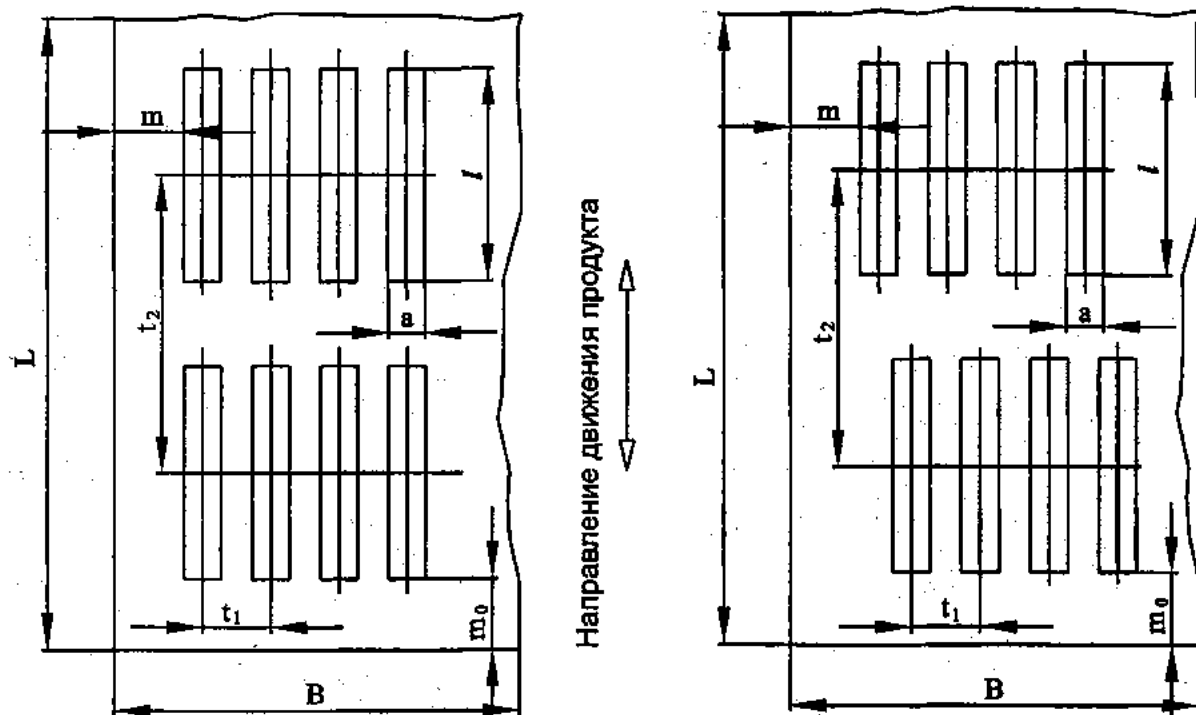


Рис. 2.4. Технологическая характеристика полотен решетных 2-го типа:

L — длина полотна; B — ширина полотна; m — кромка поля по длине полотна;
 m_0 — кромка поля по ширине полотна; a — размер рабочего отверстия по ширине;
 l — длина отверстия; t_1 — средний шаг отверстий в ряду;
 t_2 — средний шаг между рядами отверстий

Одной из характеристик полотна решетного второго типа является средний шаг t_1 между длинными осями отверстий в ряду и средний шаг t_2 между короткими осями отверстий или между рядами отверстий. Рабочим размером отверстия полотна является ширина отверстия « a ». В соответствии с ГОСТ 214-83 рабочий размер отверстия полотен колеблется от 0,5 до 18,0 мм, длина отверстия l изменяется от 8 до 50 мм в зависимости от номера полотна. Средний шаг t_1 может изменяться от 2 до 24 мм, а средний шаг t_2 — от 12 до 56 мм также в зависимости от номера полотна. Номер полотна получают умножением на десять размера рабочего отверстия полотна в миллиметрах.

В технологических схемах условное обозначение полотна записывают в виде трех последовательных цифр (первая цифра записывается с буквой русского алфавита), которые обозначают в порядке записи тип полотна и его модификацию, через тире — номер полотна и через знак умножения (\times) — длину отверстия в миллиметрах.

Например, полотно решетное второго типа первой модификации (исполнения а) с размером отверстия 1,7 мм по ширине и длиной отверстия 20 мм будет записано: 2а-17 \times 20.

Как и для полотен решетных первого типа, условное обозначение полотен решетных второго типа дополнительно включает еще две группы цифр, обозначающих типоразмер и

толщину листа. Таким образом, полное условное обозначение полотна решетного должно включать последовательно: наименование изделия, тип полотна и исполнение, через тире — номер полотна, через знак умножения (×) — длину отверстия, через тире — типоразмер полотна и через знак умножения — толщину листа. Далее записывают номер государственного стандарта на изделие. Пример условного обозначения полотна решетного второго типа, исполнения «а» с размером отверстия по ширине 1,7 мм и по длине 20 мм, третьего типоразмера с толщиной листа 1 мм:

Полотно 2а-17 × 20-3 × 1,0 ГОСТ 214-83.

В таблице 2.7 приведена техническая характеристика полотен решетных второго типа.

Таблица 2.7

Полотна решетные второго типа по ГОСТ 214-83

Номер полотна	Размер отверстия, мм			Шаг средний, мм			Номер полотна	Размер отверстия, мм			Шаг средний, мм		
	a	l		l ₂	a			a	l		l ₁	l ₂	
		1	2		1	2			1	2		1	2
05	0,5	8	12	2,0	12	17	35	3,5	25	20	6,0	30	25
06	0,6	8	12	2,0	12	17	36	3,6	25	20	6,0	30	25
07	0,7	10	16	2,2	14	21	37	3,7	25	20	7,0	30	25
08	0,8	10	16	2,2	14	21	38	3,8	25	20	7,0	30	25
09	0,9	10	16	2,5	14	21	39	3,9	25	20	7,0	30	25
10	1,0	10	20	2,5	14	25	40	4,0	25	20	7,0	30	25
11	1,1	12	20	2,8	17	25	42	4,2	25	20	7,0	30	25
12	1,2	12	20	2,8	17	25	45	4,5	32	20	8,0	38	25
13	1,3	12	20	3,1	17	25	50	5,0	32	25	8,0	38	30
14	1,4	12	20	3,1	17	25	52	5,2	32	25	9,0	38	30
15	1,5	12	20	3,4	17	25	55	5,5	32	25	9,0	38	30
16	1,6	12	20	3,4	17	25	60	6,0	32	25	9,0	38	30
17	1,7	16	20	3,6	21	25	63	6,3	40	25	10,0	46	30
18	1,8	16	20	3,6	21	25	65	6,5	40	25	10,0	46	30
19	1,9	16	20	3,9	21	25	70	7,0	40	32	10,0	46	38
20	2,0	16	20	3,9	21	25	75	7,5	40	32	12,0	46	38
21	2,1	16	20	4,2	21	25	80	8,0	40	32	12,0	46	38
22	2,2	16	20	4,2	21	25	85	8,5	40	32	12,0	46	38
23	2,3	20	20	4,5	25	25	90	9,0	40	32	14,0	46	38
24	2,4	20	20	4,5	25	25	95	9,5	40	32	14,0	46	38
25	2,5	20	20	4,5	25	25	100	10,0	40	32	14,0	46	38
26	2,6	20	20	5,2	25	25	105	10,5	50	40	16,0	56	46
27	2,7	20	20	5,2	25	25	110	11,0	50	40	16,0	56	46
28	2,8	20	20	5,2	25	25	120	12,0	50	40	19,0	56	46
29	2,9	20	20	5,2	25	25	130	13,0	50	40	19,0	56	46
30	3,0	20	20	5,2	25	25	140	14,0	50	40	19,0	56	46
31	3,1	25	20	6,0	30	25	150	15,0	50	40	24,0	56	46
32	3,2	25	20	6,0	30	25	160	16,0	50	40	24,0	56	46
33	3,3	25	20	6,0	30	25	170	17,0	50	40	24,0	56	46
34	3,4	25	30	6,0	30	25	180	18,0	50	40	24,0	56	46

Полотна решетчатые третьего типа

Полотна решетчатые третьего типа имеют отверстия в виде равносторонних треугольников. Отверстия располагаются рядами, при этом одна из сторон треугольника должна быть перпендикулярна длине полотна (рис. 2.5).

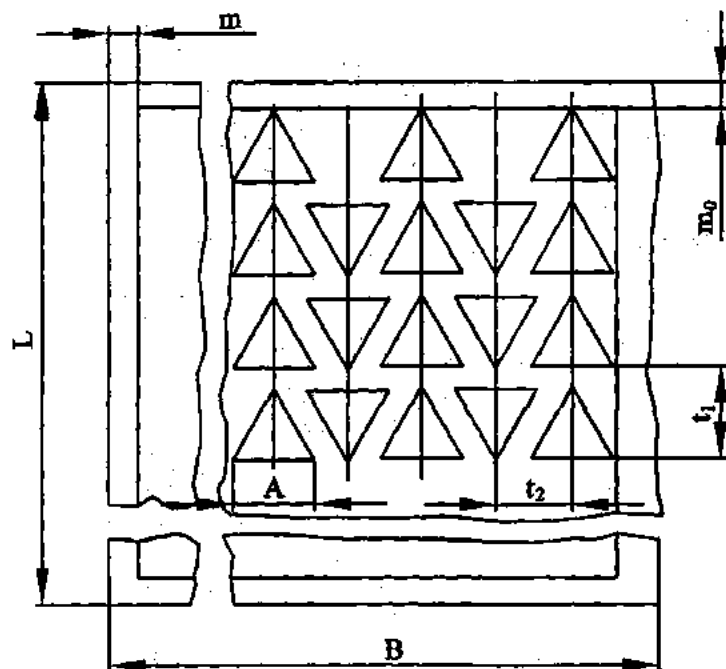


Рис. 2.5 Технологическая характеристика полотен решетчатых 3-го типа:

L — длина полотна; B — ширина полотна; m — кромка поля по длине полотна; m_0 — кромка поля по ширине полотна; A — размер стороны равностороннего треугольника (номинальный рабочий размер отверстия); t_1 — шаг (средний); t_2 — шаг (средний)

Рабочим размером отверстия является сторона равностороннего треугольника A , которая определяет номер полотна. Последний получается при умножении рабочего размера на десять. Расположение отверстий на площади полотна решета определяется шагом t_1 и t_2 . В соответствии с ГОСТ 214-83 рабочий размер отверстия A колеблется от 2,5 до 8,5 мм, шаг t_1 — от 2,8 до 6,7 мм, а шаг t_2 — от 3,6 до 9,9 мм (см. табл. 2.8).

В технологических схемах условное обозначение полотна третьего типа записывают в сокращенном виде в виде двух последовательных цифр, которые обозначают в порядке записи тип полотна и через тире — номер полотна. Например, полотно решетчатое третьего типа с размером стороны треугольника 4,0 мм будет записано: 3-40.

Полная запись условного обозначения полотна решетчатого третьего типа должна дополнительно включать еще две группы цифр, обозначающих типоразмер и толщину листа. Таким образом, полное условное обозначение полотна решетчатого третьего типа должно включать: наименование изделия, тип полотна, через тире — номер полотна, через тире — типоразмер и через знак умножения (\times) — толщину листа. Далее записывают номер государственного стандарта на изделие. Пример условного обозначения полотна решетчатого третьего

Полотна решетные третьего типа по ГОСТ 214-83

Номер полотна	A, мм	t ₁ , мм	t ₂ , мм
25	2,5	2,8	3,6
30	3,0	3,2	4,2
35	3,5	3,5	4,7
40	4,0	3,8	5,2
45	4,5	4,1	5,7
50	5,0	4,4	6,3
55	5,5	4,8	6,8
60	6,0	5,1	7,3
65	6,5	5,5	7,9
70	7,0	5,8	8,4
75	7,5	6,1	8,9
80	8,0	6,4	9,4
85	8,5	6,7	9,9

типа, с размером стороны треугольника 4 мм третьего типоразмера с толщиной полотна 1 мм: полотно 3-40-3 × 1 ГОСТ 214-83.

Полотна должны изготавливаться из оцинкованной холоднокатаной стали по ГОСТ 14918-80 1-го класса покрытия. Допускается, по согласованию с потребителем, изготавливать полотна из листовой оцинкованной стали по нормативно-технической документации на сталь.

Значение размеров полей m и m₀ должны быть не менее 10 мм и не более указанных в таблице 2.9.

Таблица 2.9

Размеры полей полотен решетных

Рабочий размер отверстия	m, мм, не более	m ₀ , мм, не более
До 18,0 включ.	25	30
Св. 18,0	35	40

Ресурс полотен 2500 ч.

Сетки проволочные стальные тканые для мукомольной промышленности

На мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах используют тканые сетки по ГОСТ 3924-74 «Сетки проволочные стальные тканые для мукомольной промышленности», «Сетки для рассевов» ТУ 14-4-1063-80, сетки по ТУ 14-4-1063-86, сетки по ТУ 14-4-1374-86.

Сетки изготавливаются на металлорежущих станках простым переплетением (рис. 2.6) проволоки от 0,20 до 1,2 мм.

В соответствии с ГОСТ 14-964-69 проволока может быть:

- низкоуглеродистой отожженной;
- низкоуглеродистой отожженной луженой или оцинкованной;
- высоколегированной травленой или оксидированной из стали марок 12 × 18Н9Т и 12 × 18Н10Т.

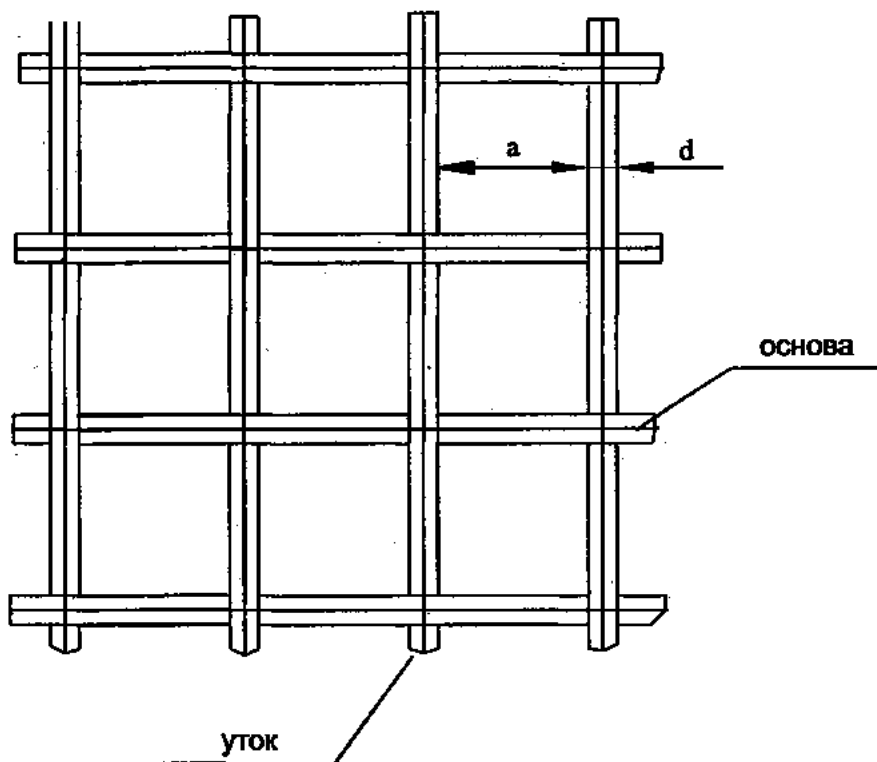


Рис. 2.6. Схема простого переплетения:

a — размер отверстия в свету, номер сетки; d — номинальный диаметр проволоки

Материал проволоки учитывают при написании условных обозначений сеток тканых.

Примеры условных обозначений сетки с номинальным размером стороны ячейки в свету 0,8 мм из различных материалов:

- ♦ из низкоуглеродистой проволоки — сетка 08 — НУ ГОСТ 3924-74;
- ♦ из луженой проволоки — сетки 08-Л ГОСТ 3924-74;
- ♦ из оцинкованной проволоки — сетка 08-Ц ГОСТ 3924-74;
- ♦ из высоколегированной проволоки — сетка 08-12 × 18Н10 ГОСТ 3924-74.

Таким образом, условное обозначение сетки (сита) состоит из наименования изделия, через пробел — номера сита и через тире — шифрованное обозначение материала проволоки. В конце записывают номер государственного стандарта. В технологических схемах, используемых на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах, условное обозначение записывают сокращенно в виде номера сетки. Так, например, сетка с номинальным размером отверстия 0,8 мм независимо от материала изготовления будет записана цифровым шифром 08. Причем запятая после нуля в номерах сеток с размером ячеек до 1 мм не ставится. В номерах сетки с размером ячеек, равным или более 1 мм, запятая ставится в том случае, если размер ячеек равен десятичной дроби больше единицы. Если размер ячейки равен целому значению миллиметров, то запятая и ноль не ставится.

Таким образом, номер сетки (номер сита) определяется размером стороны квадратного отверстия в миллиметрах.

**Сетки проволочные стальные для мукомольной промышленности
по ГОСТ 3924-74**

Номер сетки	a, мм	Число отверстий		Номер сетки	a, мм	Число отверстий	
		на 1 дм	на 1 дюйм			на 1 дм	на 1 дюйм
04	0,40	167	4,2	1	1,00	77	19
045	0,45	154	38	1,2	1,20	65	16
05	0,50	143	36	1,4	1,40	56	14
053	0,53	133	33	1,6	1,60	50	12,5
056	0,56	128	32	1,8	1,80	44	11
06	0,60	122	31	2	2,00	41	10
063	0,63	118	29	2,2	2,20	37	9
067	0,67	109	27	2,5	2,50	33	8
075	0,75	100	25	2,8	2,80	29	7
08	0,80	95	24	3,2	3,20	26	6,5
085	0,85	88	23	3,5	3,50	23	6
09	0,90	85	21	4	4,00	20	5
095	0,95	81	20	5	5,00	16	4

В связи с эксплуатацией мукомольных заводов на комплектном оборудовании промышленности освоила изготовление металлотканых сит в соответствии с ТУ 14-4-1063-86.

Таблица 2.11

**Сетки металлические для мельничных рассевов
по ТУ 14-4-1063-86**

Номер, размер отверстия, мм	Живое сечение, %	Номер по швейцарскому стандарту	Номер, размер отверстия, мм	Живое сечение, %	Номер по швейцарскому стандарту
2,884	72,4	8	0,562	62,0	38
2,257	69,0	10	0,527	60,2	40
1,898	70,4	12	0,472	61,2	45
1,614	68,5	14	0,421	60,3	50
1,412	69,4	16	0,372	56,8	55
1,224	66,0	18	0,341	56,8	60
1,114	67,5	20	0,306	53,6	65
0,990	64,4	22	0,287	54,6	70
0,908	64,5	24	0,261	52,0	75
0,666	61,8	32	0,248	53,6	80
0,636	63,8	34	0,228	51,0	85
0,592	61,6				

Для металлотканых сит по ТУ 14-4-1063-86 номер сетки и размер отверстия сита совпадают. Как и для сит по ГОСТ 3924-74, за номер сетки принят размер стороны квадратного отверстия, образуемого простым переплетением проволочных нитей. При обозначении номера сетки в технологических схемах знак номера «№» не проставляется. В цифровом обозначении номера после нуля или первой цифры номера, обозначающего число пелых миллиметров в размере отверстия, проставляется запятая, а затем три значащих цифры, обозначающие десятые, сотые и тысячные доли размера отверстия. Например,

номер сетки «1,114» означает, что это металлотканное сито по ТУ 14-4-1063-86 с размером стороны квадратного отверстия 1,114 мм.

Промышленность также изготавливает проволочные сетки для оборудования мельниц и крупозаводов по ТУ 4-1374-86. Параметры сеток, вариация номеров, обозначения номеров в технологических схемах полностью соответствуют стальным проволочным сеткам для мукомольной промышленности по ГОСТ 3924-74.

Сита шелковые для мукомольной промышленности

В условиях современного интенсивного производства с высокими удельными нагрузками сита шелковые практически не используются в технологическом оборудовании и заменены ситами из искусственных материалов, которые более износостойкие, негигроскопичны, имеют большой коэффициент живого сечения, более дешевые. Однако сита шелковые повсеместно рекомендуются как контрольные при проведении лабораторных анализов продуктов измельчения и муки. Кроме того, технологические схемы процессов на мельницах в технической литературе ранних лет издания, как правило, разработаны с использованием шелковых сит, что требует обязательного их изучения. Шелковые ткани по ГОСТ 4403-77 изготавливают двух видов: ткань утяжеленная для отбора крупок (крупочные сита) и ткань облегченная для отбора крупок, дунстов и муки. Шелковые сита с квадратными ячейками изготавливают ажурным (рис. 2.7) и смешанным переплетением нитей (рис. 2.8).

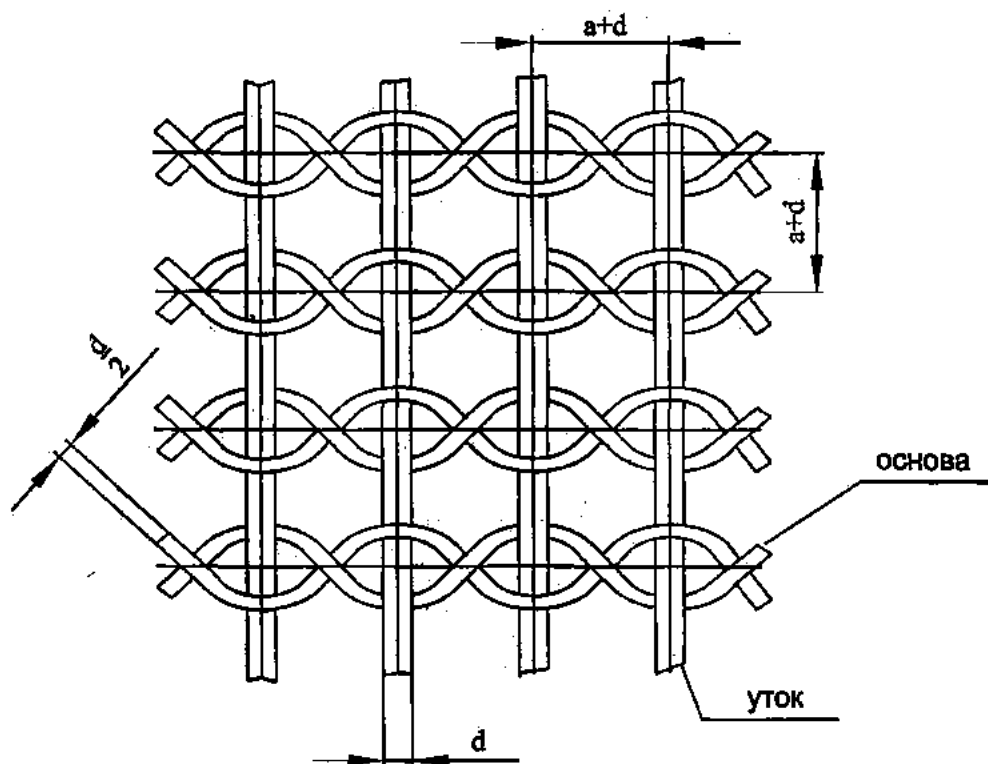


Рис. 2.7. Ажурное переплетение:

a — размер стороны ячейки квадратного сечения; d — толщина нити утка

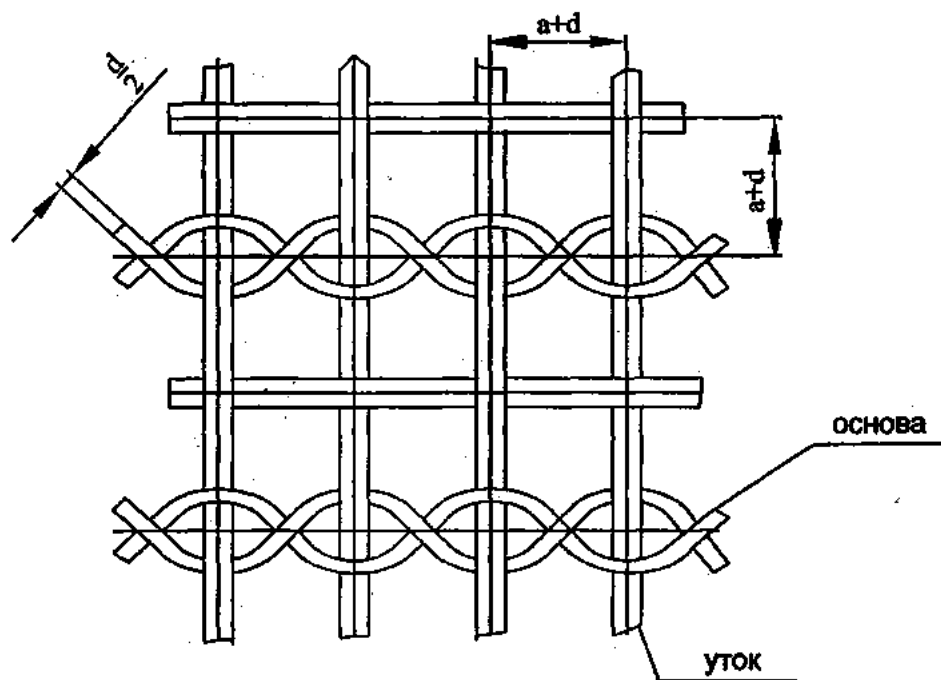


Рис. 2.8. Схема смешанного переплетения:

a — размер стороны ячейки квадратного сечения; d — толщина нити утка

В таблице 2.12 приведены сита крупочные из утяжеленной шелковой ткани с ажурным переплетением по ГОСТ 4403-77.

Таблица 2.12

Сита из утяжеленной шелковой ткани

Номер сита	Размер отверстий, мкм	Отверстий на дюйм	Номер сита	Размер отверстий, мкм	Отверстий на дюйм
71	1150	18	170	400	46
80	1000	22	180	360	48
90	900	24	190	360	50
100	800	26	200	315	54
110	170	30	210	280	56
120	630	32	230	280	60
180	560	34	240	250	64
140	530	36	250	250	66
150	500	40	260	250	70
160	450	42	280	220	72

Для крупочных сит из утяжеленной шелковой ткани номер сита равен числу отверстий на один погонный дециметр (100 мм) в направлении основы или утка. Утяжеленная шелковая ткань для сит в отличие от облегченной ткани изготавливается из более толстых нитей и только ажурным переплетением. Облегченная шелковая ткань изготавливается ажурным и смешанным переплетением. От номера 7 до номера 32 — переплетение ажурное, а от номера 35 до номера 76 — смешанное (табл. 2.13).

Сита из облегченной шелковой ткани

Номер сита	Размер отверстия, мкм	Старый номер для справок	Номер сита	Размер отверстия, мкм	Старый номер для справок
7	1250	0000	43	140	10
9	900	000	46	125	12
11	910	00	49	125	12
15	500	0	52	110	13
19	400	1	55	110	14
21	360	2	58	110	15
23	315	3	61	100	16
25	280	4	64	90	17
27	250	5	67	90	19
29	220	6	70	80	20
32	200	7	73	80	21
35	180	8	76	71	25
38	160	9			

Номер сита из облегченной шелковой ткани равен числу отверстий на один погонный сантиметр (10 мм) в направлении утка или основы и проставляется в технологических схемах без знака «№».

Ткани капроновые для сит (ОСТ 17-46-82)

Капроновые сита изготавливают с полотняным (простым) переплетением (рис. 2.6) из капроновой мононити по основе и утку с квадратными ячейками (табл. 2.14). Фиксация переплетающихся нитей осуществляется путем термообработки при температуре 140 °С. Однако прочность соединения нитей основы и утка недостаточна, что необходимо учитывать при натяжении капроновых сит на раму и при длительной эксплуатации.

Таблица 2.14

Ткани капроновые для сит

Номер ткани	Число отверстий на 100 мм	Размер отверстия, мкм	Номер ткани	Число отверстий на 100 мм	Размер отверстия, мкм
7	70±10	1023±110	27	270±16	264±28
8	80±10	1013±101	29	290±23	258±26
9	90±10	874±79	32	320±23	226±23
10	100±10	763±75	35	350±23	219±22
11	110±10	677±71	38	380±23	195±21
12	120±10	569±59	43	430±26	165±18
13	130±15	619±57	46	460±28	156±16
14	140±15	564±55	49	490±29	143±15
15	150±15	517±52	52	520±31	142±15
16	160±15	475±46	55	550±33	132±14
17	170±15	438±45	58	580±35	122±13
18	180±15	405±44	61	610±37	114±12
19	190±11	420±39	64	640±38	106±12

Номер ткани	Число отверстий на 100 мм	Размер отверстия, мкм	Номер ткани	Число отверстий на 100 мм	Размер отверстия, мкм
20	200±13	394±37	67	670±40	99±11
21	210±13	370±37	70	700±42	93±9
23	230±14	329±32	73	730±44	93±9
25	250±15	294±31	76	760±46	82±9

Номер капроновой ткани для сит определяется по числу отверстий на длине 10 мм в направлении основы или утка. В технологических схемах проставляется без знака «№». Так как обозначение номера сит из шелковой облегченной и капроновой ткани полностью совпадает, то для идентификации материала ткани по номеру необходимо или в дополнение к номеру проставлять начальную букву названия материала, или в пояснительной записке к технологической схеме указывать модификацию сит.

Например, сито шелковое номер 35 из облегченной ткани следует записать: 35 ш.

Практическая эксплуатация капроновых сит выявила как их несомненные достоинства, так и существенные недостатки.

Достоинства капроновых сит:

1. Нечувствительны к изменению влажности обрабатываемого продукта (малая гигроскопичность).

2. Большая прочность нитей одинакового сечения в сравнении с шелковыми ситами.

3. При одинаковом номере с шелковыми, капроновые сита имеют больший коэффициент живого сечения и несколько больший размер ячейки. В практических целях при замене шелковых сит на капроновые рекомендуется устанавливать сита на 1–3 номера больше.

4. Большая долговечность сит и меньшая их стоимость.

5. Большая севкость капроновых сит в сравнении с шелковыми.

К недостаткам капроновых сит следует отнести их большое относительное удлинение, что проявляется при их эксплуатации. Последнее требует частой замены или перетяжки сита, если относительное удлинение не вызвало чрезмерно большого увеличения размеров ячеек сита. Кроме того, относительно большое удлинение сита и непрочность фиксации размеров ячеек ограничивает их применение в контрольных анализах на крупность продуктов и при оценке режимов работы систем технологического процесса.

Кроме того, при использовании капроновых сит требуются специальные приспособления, обеспечивающие равномерное натяжение ситовой ткани, исключающее деформацию квадратных ячеек сита.

Ткани полиамидные для сит

Ткани для сит из полиамидных мононитей для мельничных рассевов, ситовеек и других просеивателей отличаются от других сит повышенной прочностью, фиксированным, не меняющимся при длительной эксплуатации размером отверстий. С технологической точки зрения они отличаются повышенной севкостью и увеличенным сроком бездефектной работы.

Выпускают ситовые ткани двух модификаций — для высева крупок и дунстов и для высева муки, которые отличаются толщиной мононитей и размерами отверстий. Ситовые ткани для высева крупок и дунстов могут изготавливаться из отечественных мононитей по ТУ 17 РСФСР 61-10838-84 (табл. 2.15) и из импортных мононитей по ТУ 17 РСФСР 62-10849-84 (табл. 2.16) с простым переплетением (рис. 2.6).

Таблица 2.15

**Ситовые ткани из отечественных полиамидных мононитей
по ТУ 17 РСФСР 61-10838-84**

Номер ткани	Размер отверстия, мкм	Коэффициент живого сечения	Номер ткани	Размер отверстия, мкм	Живое сечение, %
6,5 ПЧ-340	1180	59,0	16 ПЧ-200	425	46,2
7,5 ПЧ-340	1000	58,0	17,5 ПЧ-180	390	47,0
8 ПЧ-300	950	57,5	18,5 ПЧ-180	363	47,2
8,7 ПЧ-300	850	56,0	19,5 ПЧ-150	355	47,5
9,3 ПЧ-270	800	55,0	20,2 ПЧ-150	335	46,0
10,3 ПЧ-270	710	53,5	21 ПЧ-150	315	44,0
11 ПЧ-240	670	53,0	22,7 ПЧ-150	300	46,5
12 ПЧ-240	600	51,0	24,7 ПЧ-150	265	43,0
12,5 ПЧ-240	560	50,0	27 ПЧ-120	250	46,0
13,3 ПЧ-220	530	50,0	29 ПЧ-120	224	42,5
14 ПЧ-200	500	49,5	30 ПЧ-120	212	41,0
15,5 ПЧ-200	450	48,0			

Таблица 2.16

**Ситовые ткани из импортных полиамидных мононитей
по ТУ 17 РСФСР 62-10849-84**

Номер ткани	Размер отверстия, мкм	Коэффициент живого сечения	Номер ткани	Размер отверстия, мкм	Живое сечение, %
6,5 ПА-350	1180	59,0	16 ПА-200	425	46,2
7,5 ПА-320	1000	58,5	17,5 ПА-180	390	47,0
8 ПА-300	950	57,5	18,5 ПА-180	363	47,2
8,7 ПА-300	850	56,0	19,5 ПА-160	355	47,5
9,3 ПА-280	800	55,0	20,2 ПА-160	335	46,0
10,3 ПА-280	710	53,5	21 ПА-160	315	44,0
11 ПА-240	670	53,0	22,7 ПА-140	300	46,5
12 ПА-240	600	51,0	24,7 ПА-140	265	43,0
12,5 ПА-240	560	50,0	27 ПА-120	250	46,0
13,3 ПА-220	530	50,0	29 ПА-120	224	42,5
14 ПА-200	500	49,5	30 ПА-120	212	41,0
15,5 ПА-200	450	48,0			

Ситовые ткани для высева муки изготавливаются из импортных мононитей с полотняным переплетением по ТУ 17 РСФСР 62-10619-83 (табл. 2.17) и по ТУ 17 РСФСР 62-10680-83 (табл. 2.18) с полуложноажурным переплетением (рис. 2.9).

Таблица 2.17

Ткани для сит по ТУ 17 РСФСР 62-10619-83 полотняного переплетения

Номер сита	Размер отверстия, мкм	Живое сечение, %
43 ПА-70	163	49,0
46 ПА-60	157	52,3
49 ПА-60	144	49,7
52 ПА-50	142	54,6
55 ПА-50	130	52,5

Таблица 2.18

Ткани для сит по ТУ 17 РСФСР 62-10680-83 полуложноажурного переплетения

Номер сита	Размер отверстия, мкм	Живое сечение, %
33/36 ПА	200	47,5
36/40 ПА	180	46,0
41/43 ПА	160	45,5
42/48 ПА	150	45,5
45/50 ПА	140	44,5
49/52 ПА	132	44,2
52/60 ПА	118	43,5
54/62 ПА	112	41,7
54/64 ПА	106	40,2
58/67 ПА	100	38,5
61/69 ПА	95	38,0

Номер ткани полиамидных сит для высева крупок и дунстов записывается в виде условного обозначения, состоящего из двух групп цифр, разделенных буквами.

Первая группа цифр обозначает количество отверстий на один погонный сантиметр по основе или утку, далее через пробел проставляется буквенная часть условного обозначения сита, показывающая материал и завод-изготовитель мононитей, затем через тире проставляется диаметр мононитей в микрометрах. Если ситовая ткань выработана из полиамидной мононити производства Черниговского производственного объединения «Химволокно», то буквенная часть условного обозначения номера сита составляется из заглавных букв русского алфавита ПЧ, обозначающих материал нити и производителя. Если ситовая ткань выработана из полиамидной мононити импортного производства, то буквенная часть условного обозначения номера сита составляется также из заглавных букв русского алфавита ПА, но обозначающих начальные буквы названия материала ткани, как сложно составного слова — полиамид. Например, сито полиамидное, изготовленное из мононити Черниговского производственного объединения «Химволокно» с количеством отверстий на один сантиметр 12 и толщиной мононити 240 мкм будет записано: 12 ПЧ-240. Этот же номер сита, но изготовленного из импортной мононити, будет записан следующим образом: 12 ПА-240. При полном обозначении ситовой ткани после толщины мононити в номере сита записывают номер государственного стандарта или технического условия на ситовую ткань. Таким образом, полное условное обозначение вышеуказанных сит будет соответственно записано:

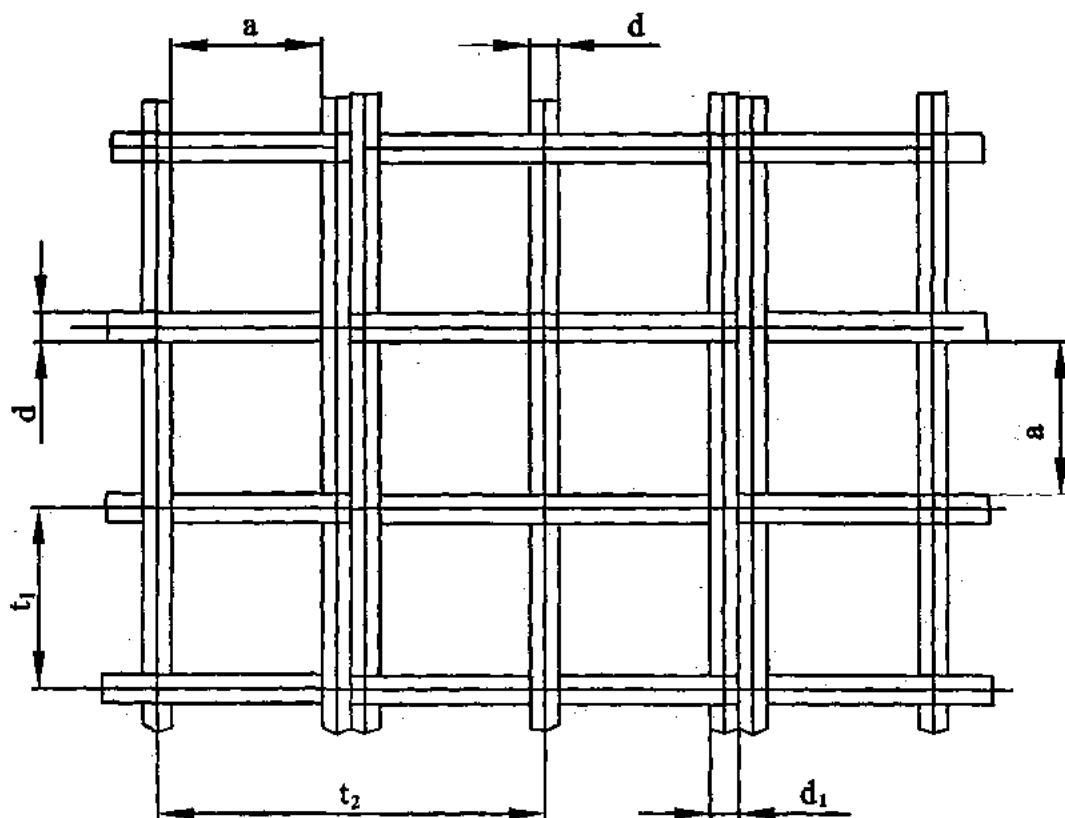


Рис. 2.9. Полуложноажурное переплетение ситовой ткани:
 a — размер отверстия; d — толщина нити утка и одинарной нити основы;
 d_1 — толщина одной нити основы ложного ажюра; t_1 — шаг нити по утку;
 t_2 — шаг одинарных нитей по основе

12 ПЧ-240 (ТУ 17 РСФСР 62-10838-84);

12 ПА-240 (ТУ 17 РСФСР 62-10849-84).

В технологических схемах размольных отделений мельниц номер сита, как правило, записывают упрощенно, без записи номера государственного стандарта на сито и без указания толщины мононити. Следовательно, те же номера сит для технологических схем будут иметь следующую запись: 12 ПЧ и 12 ПА. Возможна запись номеров сит без буквенной части условного обозначения. Но в таких случаях в тексте описания технологической схемы или в графической документации обязательно указывают материал мононити. Это позволит правильно оценить нумерацию полиамидных капроновых или шелковых сит.

Номер ткани полиамидных сит для высева муки полотняного переплетения по ТУ 17 РСФСР 62-10619-83 также записывается в виде условного обозначения, состоящего из двух групп цифр, разделенных буквами. Первая группа цифр обозначает количество отверстий на один погонный сантиметр по основе или утку, далее через пробел проставляется буквенная часть условного обозначения, показывающая материал мононити, и через тире — диаметр мононити в микрометрах. Например, номер сита из полиамидных мононитей толщиной 50 мкм с количеством отверстий 52 по основе и утку будет записан

следующим образом: 52 ПА-50. При полном условном обозначении сита после номера в скобках проставляется номер стандарта или технического условия на сито. Пример условного обозначения для того же сита: 52 ПА-50 (ТУ 17 РСФСР 62-10619-83).

В технологических схемах допускается проставлять номер сита без указания толщины мононити (52 ПА) и без указания материала мононити (52). В последнем случае в примечании к технологической схеме обязательно указывают материал сита.

Номер ткани полиамидных сит для высева муки полуложноажурного переплетения по ТУ 17 РСФСР 62-10680-83 также записывается в виде условного обозначения, состоящего из двух групп цифр, разделенных косой линией и через пробел букв. Первая группа цифр обозначает число отверстий на один погонный сантиметр по нитям основы, вторая группа цифр — количество отверстий на один погонный сантиметр по нитям утка, а буквенная часть условного обозначения показывает материал мононити. Например, условное обозначение номера сита с количеством отверстий по основе 45 и по утку 50 будет записана следующим образом 45/50 ПА. В полном условном обозначении сита после номера проставляется номер стандарта или технического условия:

45/50 ПА (ТУ РСФСР 62-10680-83).

В технологических схемах допускается проставлять номер сита без указания материала мононити. В этом случае материал мононити указывают в тексте пояснительной записки или в примечании к технологической схеме.

Полиамидные ситовые ткани рекомендуется использовать вместо капроновых (ОСТ 17-46-82), так как они имеют в 1,5-2,5 раза выше прочность и гораздо большую устойчивость размеров ячеек, что обеспечивает высокую эффективность технологического процесса сепарирования.

ГЛАВА 3

СЕПАРИРОВАНИЕ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ЗЕРНА (СЫРЬЯ)

§1. Классификация примесей в зерне

При организации сепарирования примеси классифицируют по физическому признаку, положенному в основу сепарирования:

- ♦ **мелкие примеси.** Как правило, к такой категории относят примеси, которые по своим размерам меньше любого размера зерна;
- ♦ **короткие примеси** — примеси, имеющие размер по длине меньше этого же размера зерна. Например, куколь в пшенице;
- ♦ **длинные примеси** — примеси, имеющие длину больше размера зерна по длине. Например, овсюг в пшенице;
- ♦ **легкие примеси**, отличающиеся от зерна по скорости витания;
- ♦ **металломагнитные**, отличающиеся от зерна магнитной восприимчивостью или диэлектрической проницаемостью;
- ♦ **трудноотделимые** — мало или не отличающиеся от зерна по вышеперечисленным признакам, но отличающиеся от зерна плотностью, упругостью, коэффициентом трения и т. п. За основу разделения зерна и такого рода примесей принимают совокупность признаков;
- ♦ **отличающиеся от зерна формой.** Например, татарская гречиха в пшенице, имеющая в миделевом сечении равносторонний треугольник.

Наиболее часто встречаются примеси в виде семян сорных растений, солоmistых частиц, комочков земли, гальки, песка, семян культурных растений, частиц металла, дерева и т.п. В таблице 2.19 приведены физико-механические свойства семян сорных растений, которые встречаются в зерне в виде основных примесей, а в таблице 2.20 — вариация скоростей витания зерна и примесей.

Таблица 2.19

Физико-механические свойства семян сорных растений

Примеси	Размеры, мм			Плотность, г/см ³	Масса 1000 зерен, г
	длина	ширина	толщина		
Овсюг	8,0–20,0	1,75–3,00	1,25–3,00	0,90–1,10	15,00–25,00
Татарская гречиха	4,0–5,6	2,20–3,60	2,20–3,60	1,00–1,30	2,00–6,00
Куколь	2,8–4,4	2,00–3,80	1,60–3,00	1,10–1,30	7,00–10,00

Примеси	Размеры, мм			Плотность, г/см ³	Масса 1000 зерен, г
	длина	ширина	толщина		
Спорынья	2,0–8,5	1,00–3,00	0,80–1,80	1,00–1,30	2,00–6,00
Дикая редька	3,0–8,1	2,00–5,80	1,70–5,00	0,90–1,14	8,00–10,00
Гречиха выюнкковая	2,0–3,6	1,60–2,80	1,60–2,60	0,85–1,00	2,00–6,00
Полевой выюнок	2,4–4,3	1,40–3,40	1,10–2,80	1,00–1,30	10,00–11,00
Костер ржаной	7,0–10,0	1,75–2,00	1,50–1,75	0,97	6,00–8,00
Головки осота	2,5–3,5	2,80–1,50	0,40–0,90	0,30–0,40	0,37
Куриное просо	2,4–5,0	1,20–2,60	0,70–2,00	0,74	1,50–2,00
Рисовое просо	3,0–3,5	2,00–2,50	1,20–2,00	0,80–1,25	2,00–4,00
Курмак	4,0–5,0	1,70–3,50	1,20–2,80	0,80–1,25	6,00–7,00
Курай	5,0–8,5	1,70–2,50	1,60–4,50	0,90–1,10	2,00–2,50

Таблица 2.20

**Вариация скоростей витания зерна и примесей
(по В.В. Гортинскому)**

Наименование		Скорость витания, м/с										
		2	4	6	8	10	12	14	16			
пшеница:	нормальная											
	битая поперек											
	битая вдоль											
	щуплая											
рожь												
ячмень												
овес												
гречиха												
просо												
горох												
подсолнечник												
кукуруза												
куколь												
овсюг												
выюнок												
гречишка												
пырей												
василек												
спорынья												
редька дикая												
горчак												
конопля												
легкие сорняки												
мякина												
курей												

§2. Рабочие процессы при выделении примесей

Для выделения из зерновой массы примесей, свободно расположенных в межзерновом пространстве, используют различие зерна и примесей по одному из физических признаков. Так как зерно основных культур имеет четко выраженные размеры — длину, ширину и толщину, то для организации сепарирования чаще всего используют эти физические признаки. Так, если зерно и примесь отличаются по длине, то для выделения примесей используют триерную поверхность. Физическая суть процесса разделения состоит в том, что и короткие и длинные компоненты смеси могут попасть в ячейки триера или карманы. Вероятность попадания в карман длинного компонента несколько меньше, чем короткого. При повороте триерной поверхности в виде цилиндра или диска вокруг некоторой оси более длинный компонент вываливается из ячейки при меньшем угле поворота, чем более короткий. Последний удерживается ячейкой до большего угла поворота (в соответствии с рис. 2.10).

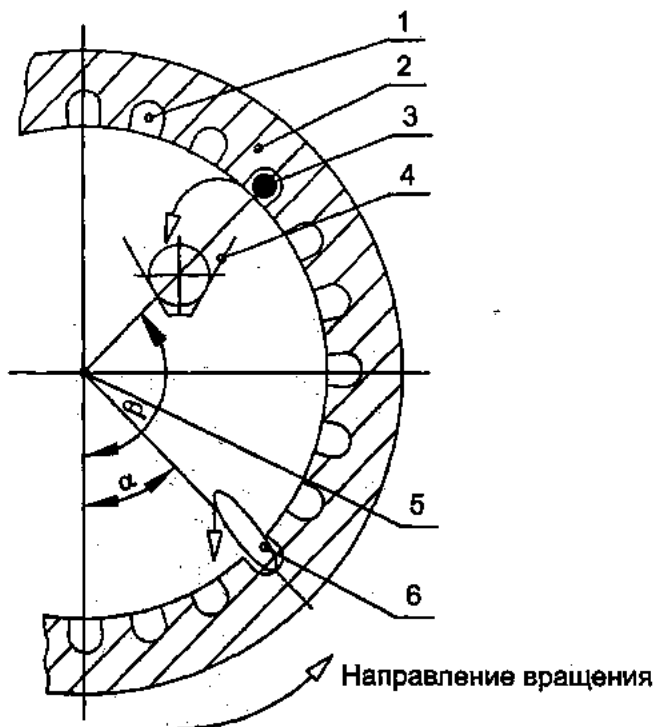


Рис. 2.10. Схема разделения по длине на ячейистой поверхности:

- 1 — ячейка триера; 2 — триерная поверхность; 3 — короткая фракция;
- 4 — устройство для вывода короткой фракции; 5 — ось вращения; 6 — длинная фракция;
- α — угол поворота, при котором вываливается длинная примесь;
- β — угол поворота, при котором вываливается короткая примесь

Таким образом, при использовании триерной поверхности из зерна можно выделять короткую и длинную примесь. При выделении короткой примеси в ячейки триера попадает короткая примесь, а при выделении длинной примеси в ячейки триера попадает зерно основной культуры. Следовательно, для организации сепарирования по длине необходи-

мы триеры с различным размером (диаметром) ячеек. Так как в практической технологии наиболее характерной короткой примесью является куколь, то триер для его извлечения из зерна называется куколеотборником, а для извлечения второй характерной длинной примеси — овсюга — овсюгоотборником.

При разделении зерна и примеси по «ширине» или по наибольшему размеру в поперечном сечении используют полотна решетные с круглыми отверстиями — сита 1-го типа, при разделении по толщине — полотна решетные 2-го типа с продолговатой формой отверстия, а при разделении по форме поперечного сечения — полотна решетные 3-го типа с треугольной формой отверстия. Рабочий процесс сепарирования происходит при непрерывном перемещении на сите, которое совершает определенные движения в зависимости от конструктивного исполнения сепаратора. При этом часть смеси проходит через отверстия сита, образуя проходовую фракцию или проход, другая продолжает перемещаться по поверхности сита, не проваливаясь в отверстия, образуя сходовую фракцию или сход. По различным причинам в сходовую фракцию могут попадать проходовые частицы (по своим характеристикам они должны оказаться в проходе), а в проходовую фракцию — сходовые. И первое, и второе снижает эффективность сепарирования. Попадание проходовых частиц в сход всегда сопровождает процесс сепарирования и называется недосевом. Наличие сходовых частиц в проходе сита чаще всего сигнализирует о различных неполадках или нарушениях в работе ситового сепаратора. Например, о разрыве сита или неплотностях в ситовых рамах и т. п.

На рисунке 2.11 показан рабочий процесс сепарирования на полотнах решетных трех типов.

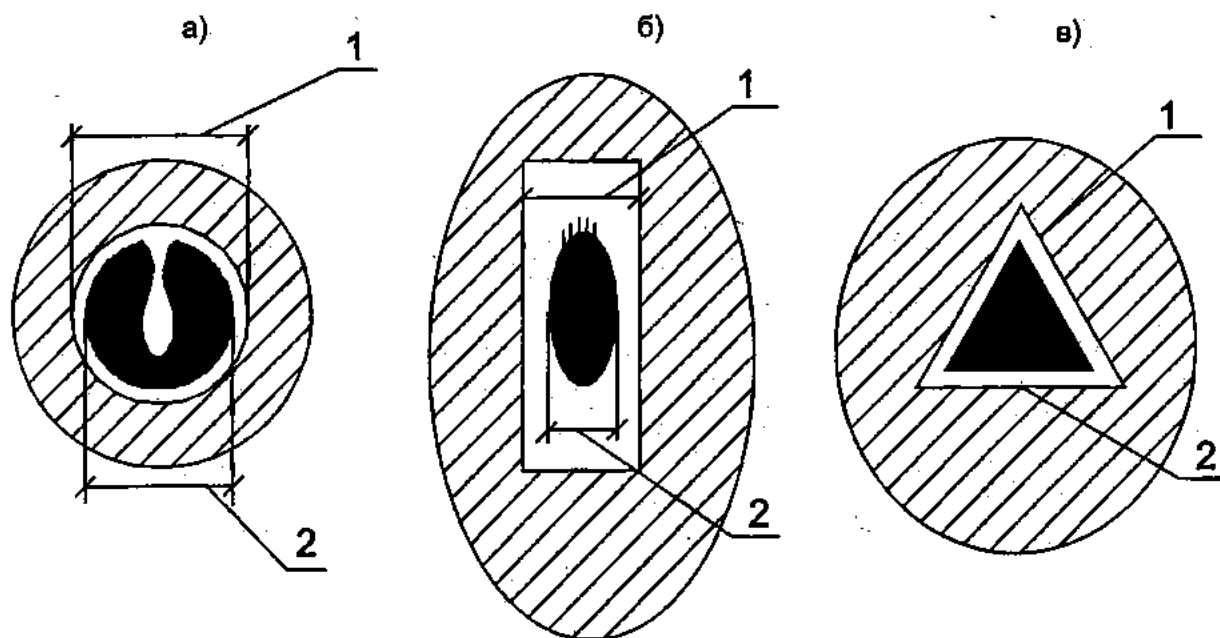


Рис. 2.11. Сепарирование с использованием полотен решетных (вид сверху):
 а) полотно решетное 1-го типа (1 – диаметр отверстия; 2 – ширина зерна);
 б) полотно решетное 2-го типа (1 – ширина отверстия; 2 – толщина зерна);
 в) полотно решетное 3-го типа (1 – треугольное отверстие;
 2 – треугольная форма поперечного сечения зерна)

При использовании полотен решетных 1-го типа зерно ориентируется длинной осью в отверстие сита, и в проходе окажутся зерна, у которых ширина (наибольшее поперечное сечение) меньше, чем диаметр отверстия.

При использовании полотен решетных 2-го типа в проходе окажутся зерна с наименьшей толщиной, а при сепарировании на ситах 3-го типа — форма которых совпадает с треугольной формой отверстия.

При соответствии формы отверстия сита характеру выделяемых примесей и правильно выбранном номере полотна решетные всех типов могут эффективно использоваться для выделения из зерна грубых, крупных, мелких примесей, а также примесей, отличающихся от зерна формой. Для этих целей используют как ситовые, так и ситовоздушные сепараторы. Среди засорителей зерновой массы значительное место занимают примеси, отличающиеся от зерна по скорости витания или по аэродинамическим свойствам. Выделение таких примесей осуществляется пневмосепарированием или в воздушном потоке. Физическая сущность разделения по свойствам состоит в следующем. При попадании смеси, например, в вертикальный пневмосепарирующий канал частица под действием силы тяжести G будет стремиться опуститься вниз. Одновременно сила сопротивления воздушного потока R будет стремиться выбросить частицу вверх. В результате взаимодействия этих сил частица может двигаться вверх (при $R > G$) или опускаться вниз (при $R < G$), или оставаться во взвешенном состоянии (при $R = G$). Скорость воздушного потока, при котором частица находится во взвешенном состоянии, получила название скорости витания. Таким образом, направление движения частицы в пневмосепарирующем канале определяется с соотношением R и G . На рисунке 2.12 показана физическая сущность разделения частиц в вертикальном пневмосепарирующем канале.

Для оценки возможности пневмосепарирования анализируют соотношение скоростей витания компонентов смеси. Скорость витания V_v — сложный показатель, характеризующий поведение частицы в воздушном потоке и зависящий от абсолютной массы частицы, площади поперечного сечения, состояния поверхности и т. п. При прочих равных условиях чем больше различие в скоростях витания разделяемых компонентов смеси, тем эффективнее можно организовать пневмосепарирование. Кроме того, эффективность сепарирования зависит также от направления воздушного потока (вертикальный или горизонтальный), от экранирования частиц, от конструктивных особенностей оборудования и т. п. Для пневмосепарирования используют или специально сконструированные воздушные сепараторы (разделяющие зерно и примесь только по аэродинамическим показателям) или пневмоканалы, сконструированные в общей схеме с другими сепарирующими средствами, например ситовоздушные сепараторы. Примеси, которые эффективно выделяются из зерна по геометрическим размерам и скорости витания, в практической технологии получили название легкоотделимых. Существуют также категории примесей, которые имеют приблизительно одинаковые геометрические размеры и скорость витания с основным компонентом, т. е. их можно классифицировать как неразделимые или как трудноразделимые. Основным видом таких примесей в зерне является минеральная в виде комочков земли и гальки. Такие примеси лишь незначительно отличаются от основного зерна по плотности, шероховатости, упругости и скорости витания. Поэтому их выделение возможно осуществить по совокупности признаков. При этом общая схема разделения выглядит следующим образом: смесь попадает на перфорированную вибрирующую

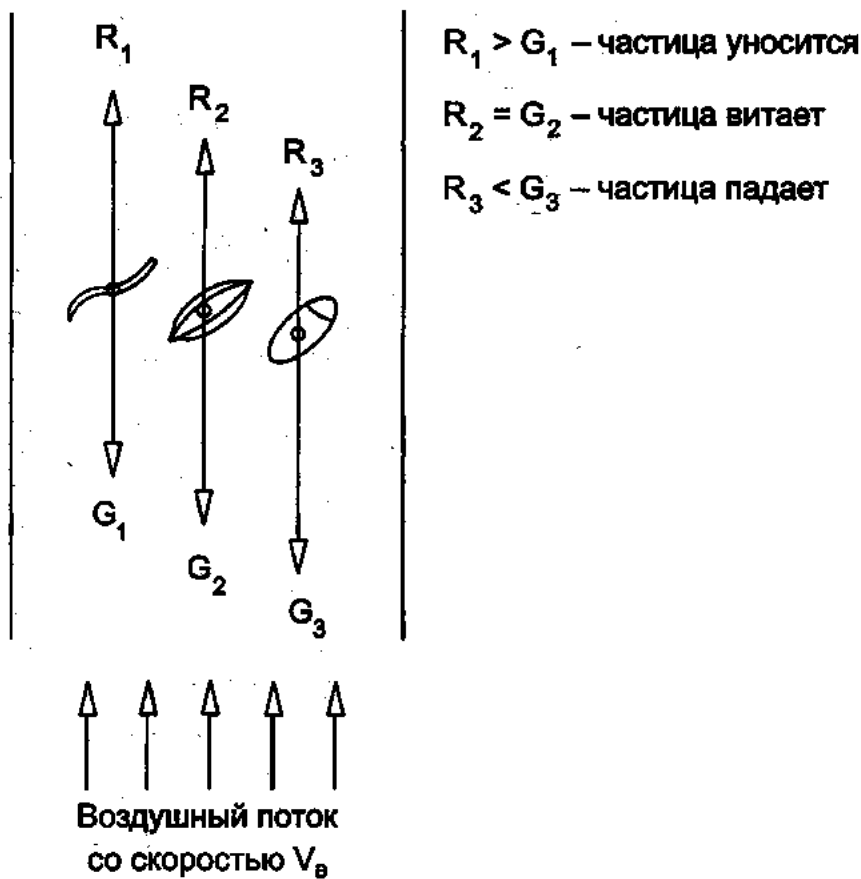


Рис. 2.12. Физическая сущность разделения смеси при пневмосепарировании

поверхность, которая продувается восходящим потоком воздуха и псевдоожижается. В результате стратификации (лат. *stratum* — настил; *facere* — делать) происходит расслоение смеси и группировка (сегрегация) в слоях частиц по схожести физических признаков (в соответствии с рисунком 2.13). После расслоения смесь разделяют одним из способов: противоточным, веерным, последовательным выделением по убывающей плотности. На рисунке 2.14 показаны принципиальные схемы разделения смесей.

Присутствие в готовой продукции металломагнитных примесей жестко лимитируется отраслевыми и государственными стандартами, поэтому извлечение металломагнитных примесей из зерна является обязательной операцией в технологии муки, крупы и комбикормов. Кроме того, присутствие металломагнитной примеси определенного размера может быть причиной поломки машин, искрообразования, возгорания и взрыва. Извлечение металломагнитных примесей основано на различии по магнитным свойствам зерна и примесей. Разделение возможно, если магнитные силы больше механических сил, удерживающих металломагнитные частицы в массе продукта. В соответствии с рисунком 2.15 принципиально сепарирование по магнитным свойствам осуществляется в аппаратах с постоянными магнитами и в электромагнитных сепараторах.

Эффективность работы магнитных аппаратов зависит от качества магнитов, постоянства источника тока, скорости потока зерна и т. п.

Хаотическое состояние
частиц в смеси

Сегрегация частиц
по совокупности свойств

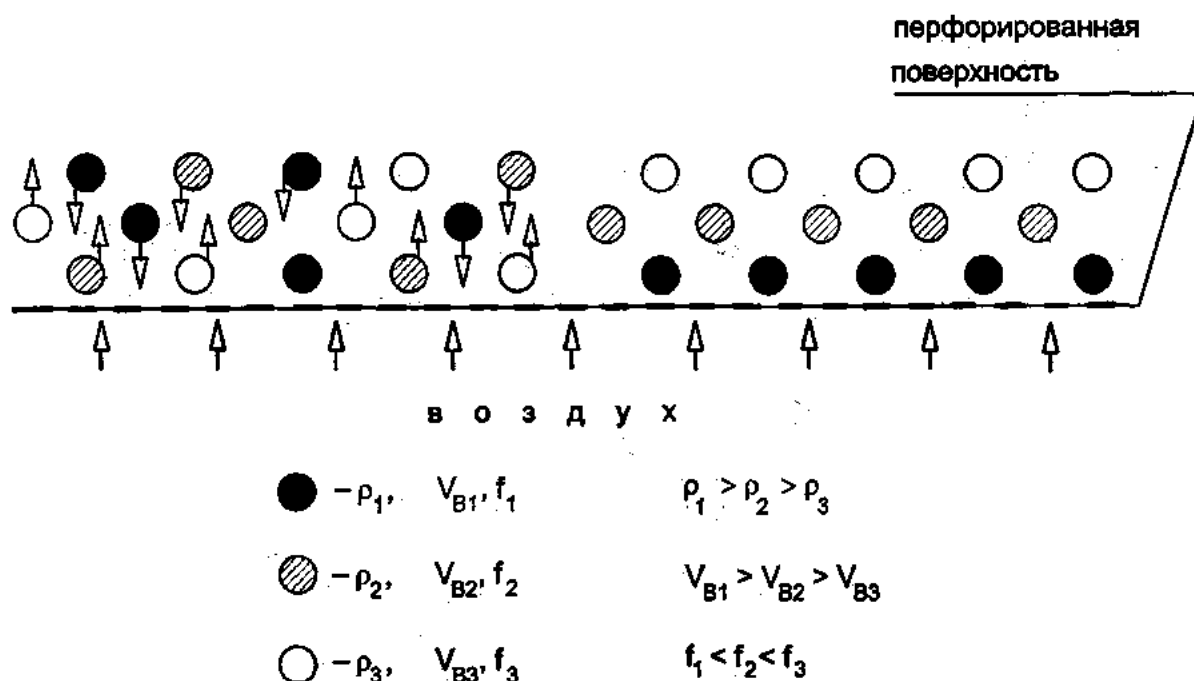


Рис. 2.13. Стратификация смеси при сепарировании ρ, V, f — соответственно, плотность, скорость витания, коэффициент трения

Места установки магнитных аппаратов регламентированы отраслевыми стандартами или «Правилами организации и ведения технологического процесса». Принципиально, аппараты должны быть установлены перед оборудованием ударного действия, т. е. в местах, где наличие металла может вызвать негативные последствия, и на контроле готовой продукции.

§3. Технологические схемы ситовых сепараторов

Для повышения удельной производительности операции по выделению примесей сита, как простые сепараторы, объединяются в некоторый комплекс с единым технологическим замыслом. Простой сепаратор — условное понятие, не связанное с конкретным устройством оборудования. В простом сепараторе смесь разделяется только по одному признаку на две фракции. Например, сито, при использовании которого получают сход и проход. При объединении только сит получают ситовой сепаратор, а при объединении сит с пневмосепарирующими каналами — ситовоздушный сепаратор.

Ситовые сепараторы бывают с плоскими и цилиндрическими (призматическими) ситами. По характеру движения сита сепараторы с плоскими ситами подразделяются на сепараторы с возвратно-поступательным движением сита (ситового корпуса) и с круговым поступатель-

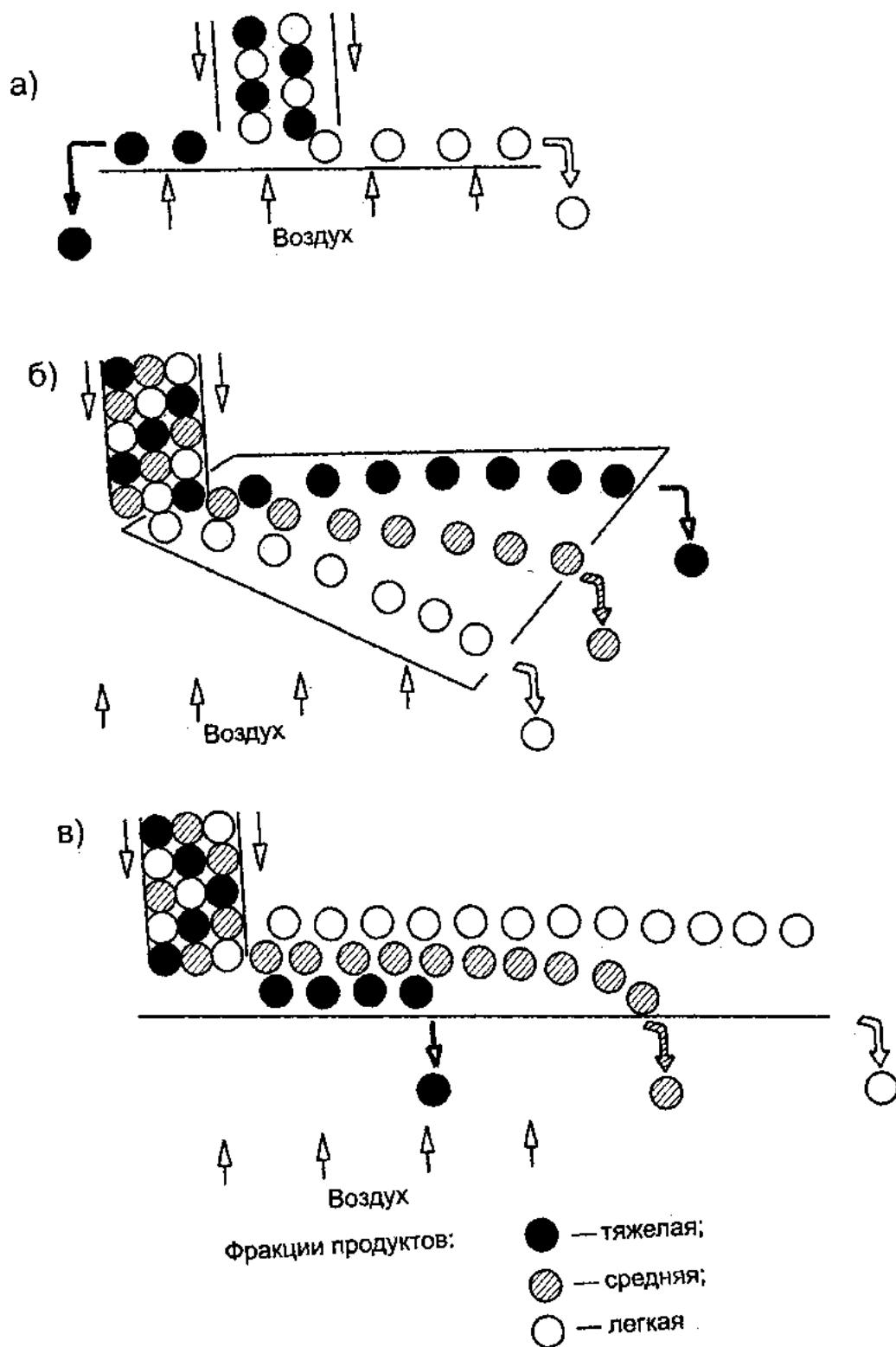
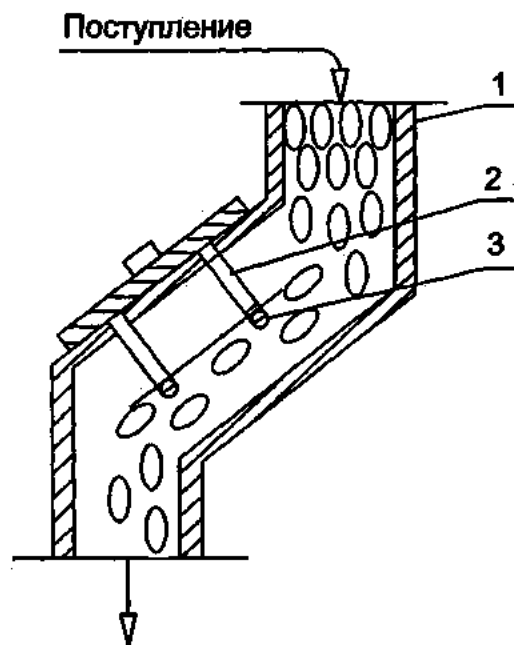
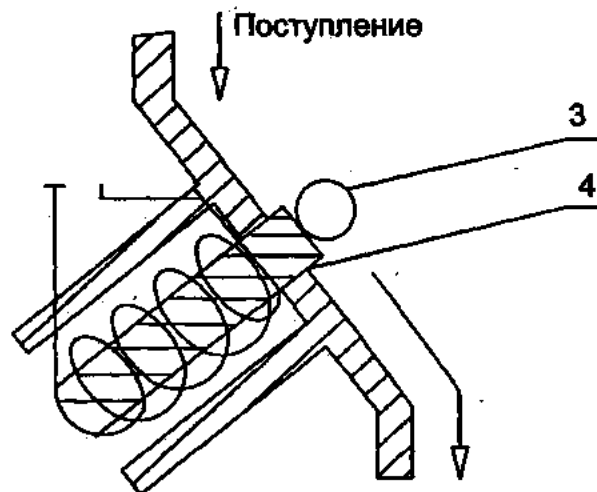


Рис. 2.14. Сепарирование по совокупности признаков:
а) противоточное; б) веерное; в) по убывающей плотности



с постоянным магнитом



с электромагнитом

Рис. 2.15. Принципиальная схема сепарирования по магнитным свойствам:

- 1 — корпус; 2 — плита-крышка с постоянными магнитами;
- 3 — выделенная примесь; 4 — сердечник электромагнита

ным. Ситовые сепараторы с цилиндрическими ситами (призматическими) могут быть с вертикальным (виброцентробежные сепараторы) и с горизонтально расположенным цилиндрическим (призматическим) ситом (бураты, скальператоры). Воздушно-ситовые и ситовые сепараторы имеют, как правило, горизонтально с небольшим уклоном расположенные сита. Сепараторы бывают стационарные и передвижные, одинарные и спаренные. Механизмы для очистки сит могут быть приводными, когда очистительная щетка движется вдоль длины сита, инерционные, когда очистительная щетка имеет специальную безприводную конструкцию, и ударные, когда упругие очистители различной формы очищают только строго определенную площадь сит в соответствии с особенностями конструкции очистителя.

Независимо от конструктивных особенностей сепарирующих машин в технологии главенствующим является технологическая схема, которая определяет возможности сепаратора, а также место и условие использования.

Технологическая схема — это объединение в единое целое в определенной последовательности простых сепараторов — сит, пневмосепарирующих каналов, а также приемных, распределительных и выпускных устройств, перепускных каналов и прочих устройств, определяющих движение поступающего продукта и полученных в результате сепарирования фракций. Следовательно, технологические схемы в первую очередь будут отличаться общим количеством сит, количеством групп сит, количеством сит в группах, способом вывода конечных продуктов (сходом, проходом или смешанным способом), количеством потоков для вывода конечных продуктов.

Сепараторы с одним ситом

В соответствии с рисунком 2.16 в практической технологии эксплуатируют следующие типы сепараторов с одним ситом:

- сепаратор безприводный с одним плоским ситом (горка) используется в условиях малых мельниц, крушных и комбикормовых заводов для грубой очистки зерна;

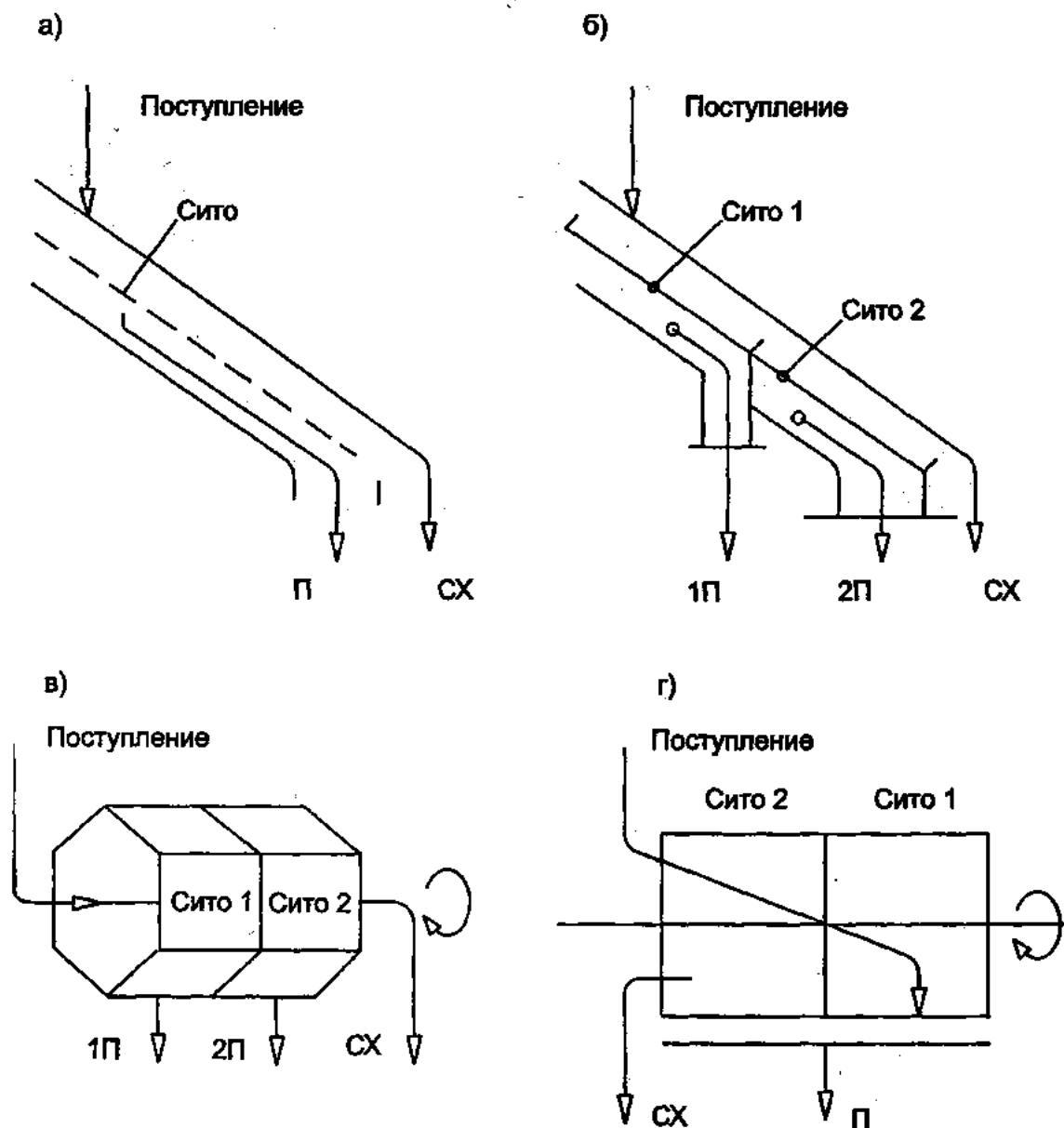


Рис. 2.16. Технологические схемы сепараторов с одним ситом:

а) неподвижное наклонное сито;

б) сепаратор с двумя неподвижными наклонными ситами; в) бурат; г) скальператор

- ♦ сепаратор безприводный с двумя последовательно установленными на одной наклонной плоскости ситами. При этом исходный продукт делится на три фракции — сход и два прохода;
- ♦ сепараторы с цилиндрическим или призматическим горизонтально или с небольшим уклоном расположенным ситом (бураты). Используются как для основных операций, так и для контрольных;
- ♦ сепаратор-скальператор с одним вращающимся ситом. Предназначен для выделения наиболее крупных, случайно попавших примесей. Исходное зерно делится на сход и проход.

Сепараторы с двумя рядами сит

Используются при очистке зерна от примесей на мельницах, крупяных и комбикормовых заводах. Это наиболее распространенная современная серия сепараторов типа БИС с диапазоном по производительности от 12 до 150 тонн в час.

В соответствии с рисунком 2.17 сепарируемое зерно делится на два схода и один проход с помощью сит, и выделяется легкая примесь с помощью пневмосепарирующего канала. По технологической схеме при традиционном подборе сит первым сходом верхнего сортировочного сита выводятся крупные примеси, вторым сходом нижнего подсевного

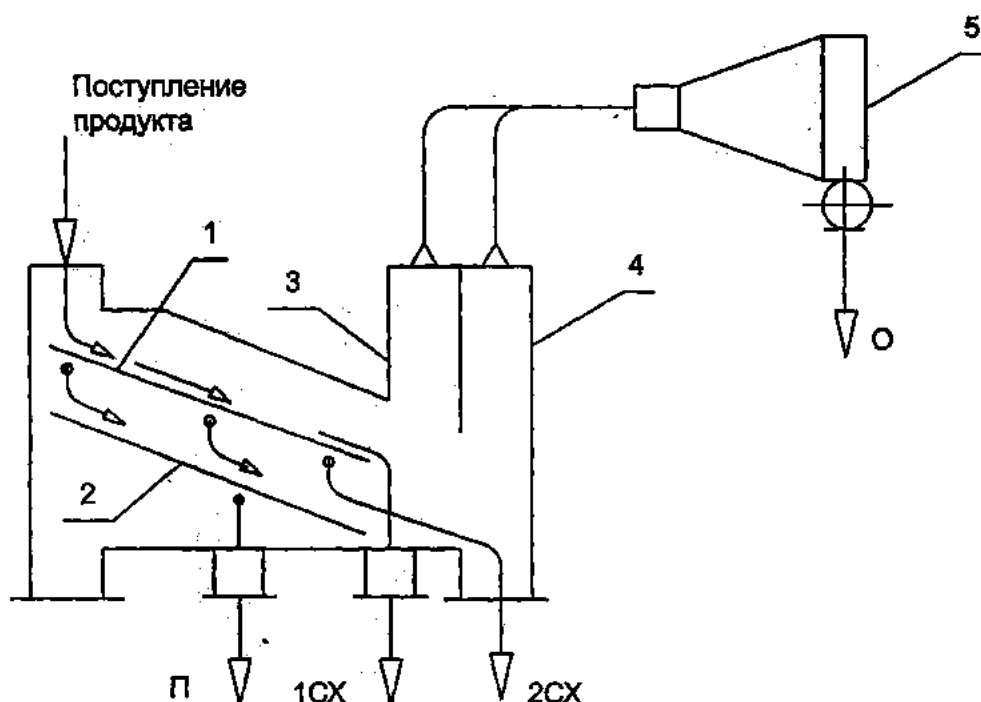


Рис. 2.17. Технологическая схема сепаратора с двумя ситами:

- 1 — сортировочное сито; 2 — подсевное сито; 3 — аспирационный канал;
4 — пневмосепарирующий канал; 5 — горизонтальный циклон;
П — проход; 1СХ — первый сход; 2СХ — второй сход; О — отходы

сита — основное зерно, а проходом подсевного сита — основная масса мелких примесей. Зерно, полученное сходом второго подсевного сита, через вибропитатель попадает в пневмосортирующий канал, где потоком воздуха выделяются легкие примеси, которые осаждаются в горизонтальном циклоне. Таким образом, по схеме двухситового сепаратора можно выделить крупную, мелкую, легкую примесь и основное зерно. В двухситовых сепараторах, как правило, не используют сито для выделения грубых примесей. Поэтому такие сепараторы рекомендуется использовать на предварительно очищенном от грубых примесей зерне.

Сепараторы с тремя рядами сит

Это известные серии сепараторов типа ЗСМ для предприятий с механическим транспортом зерна и промежуточных продуктов, ЗСП — с пневматическим транспортом, БМС с производительностью от 2,5 до 100 тонн в час. В соответствии с рисунком 2.18 при трех рядах сит исходная смесь делится на четыре фракции, три из которых выводятся сходами сит, а одна — проходом. Сепараторы с тремя рядами сит конструктивно выполняются или ситовоздушными (типа ЗСМ) с пневмосортирующими каналами или

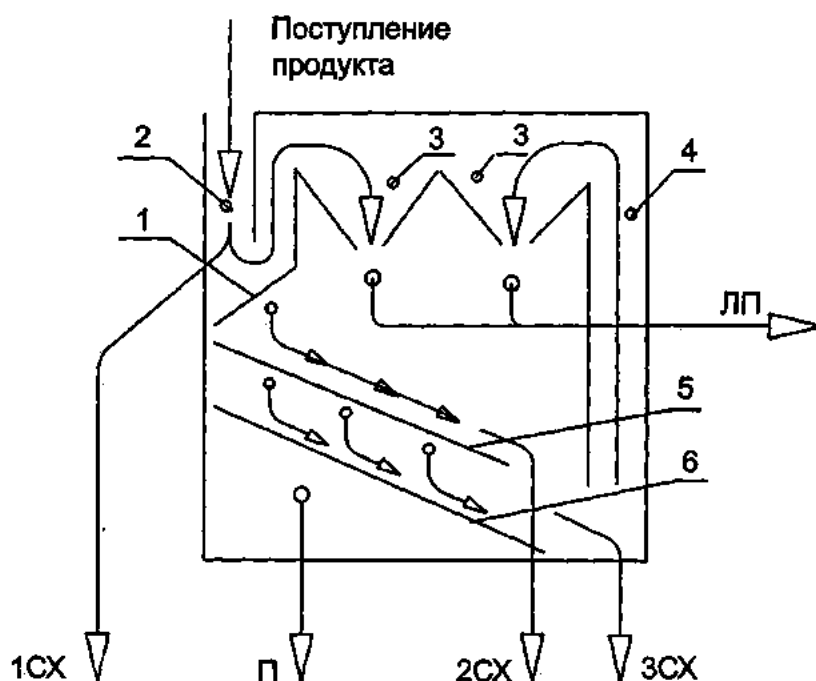


Рис. 2.18. Технологическая схема сепаратора с тремя рядами сит и пневмосепарирующими каналами:

- 1 — приемное сито; 2 — пневмосепарирующий канал первичной продувки;
- 3 — осадочная камера; 4 — пневмосепарирующий канал вторичной продувки;
- 5 — сортировочное сито; 6 — подсевное сито; 1СХ — первый сход; 2СХ — второй сход;
- 3СХ — третий сход; П — проход; ЛП — легкая примесь.

чисто ситовыми (типа ЗСП). Ситовоздушные сепараторы также снабжаются осадочными аспирационными камерами для сбора и вывода легких примесей. Сепараторы с тремя рядами сит предназначены для выделения из зерна грубых, случайно попавших примесей, крупных и мелких, а при наличии пневмосортирующих каналов — и легких примесей. По технологической схеме зерно попадает на приемное сито, сходом которого выводятся грубые примеси. Проход приемного сита попадает на сортировочное, где из зерна вторым сходом выделяют крупные примеси. Зерно с мелкими примесями проходит сортировочного сита подается на нижнее подсевное сито, проходом которого выводятся мелкие примеси. Легкие примеси выделяются в пневмоканалах и осаждаются в осадочных камерах. При отсутствии пневмосортирующих каналов (сепараторы ЗСП) легкие примеси выделяются в системах пневмотранспорта. Таким образом, в зависимости от конструкции сепараторов исходная смесь может быть разделена на четыре или пять фракций.

Сепараторы с четырьмя рядами сит

Конструктивно они могут быть выполнены чисто ситовыми или ситовоздушными. Это также серия сепараторов типа ЗСМ и ЗСП. Сепараторы с четырьмя рядами сит в соответствии с рисунком 2.19 могут работать по двум технологическим схемам — по схеме с разгрузочным ситом, которое устанавливают перед нижним ситом, и по схеме с двумя подсевами.

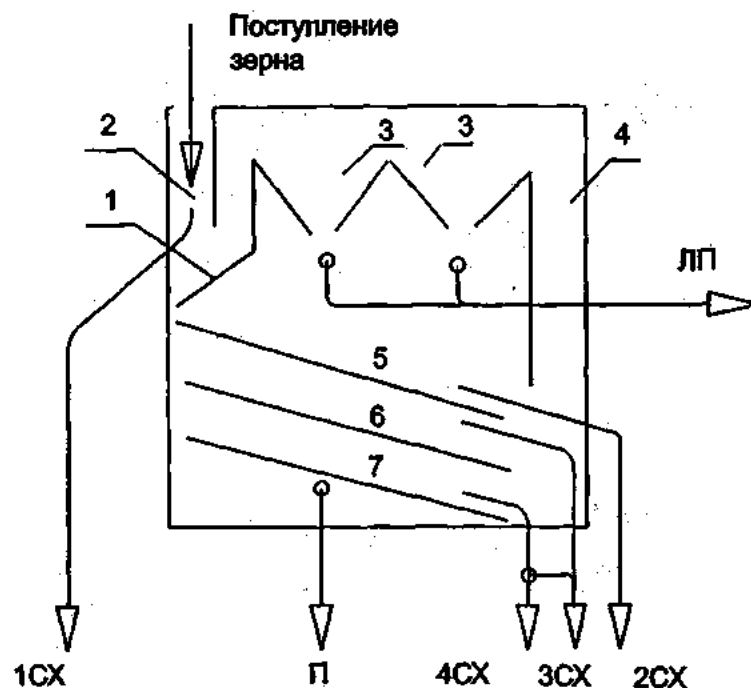
По технологической схеме с разгрузочным ситом зерновая смесь может быть разделена на пять фракций — четыре схода и один проход. Сходом приемного сита выводятся грубые примеси, а проход этого сита — основное зерно — попадает на сортировочное сито. Сходом сортировочного сита выводятся крупные примеси, а проход попадает на разгрузочное сито (третье сверху), которое может выполнять двойную функцию:

- 1 — уменьшить нагрузку на подсевное сито и увеличить эффективность выделения мелких примесей;
- 2 — выполнить ту же функцию, но дополнительно разделить зерно на мелкую и крупную фракции.

В первом случае сходы разгрузочного и подсева сит объединяют, а проход подсева сита выводится самостоятельным потоком. Во втором случае сходы разгрузочного подсева сит выводятся самостоятельными потоками.

По технологической схеме с двумя подсевами уменьшается удельная нагрузка на подсевные сита, и более эффективно извлекаются мелкие примеси. Для этого зерно, прошедшее через сортировочное сито, разделяется на два потока. Один поток поступает на верхнее укороченное подсевное сито, а другой — на нижнее подсевное сито. Сходы обоих подсева сит объединяют и выводят из машины одним потоком. Проходы верхнего и нижнего подсева сит также объединяют и выводят совместно. Таким образом, при сепарировании зерна по технологической схеме сепаратора с четырьмя рядами сит возможно получение или четырех, или пяти фракций, качественная и количественная характеристика которых будет меняться в зависимости от задачи технологической системы и от установленных сит.

а) схема № 3



б) схема № 1

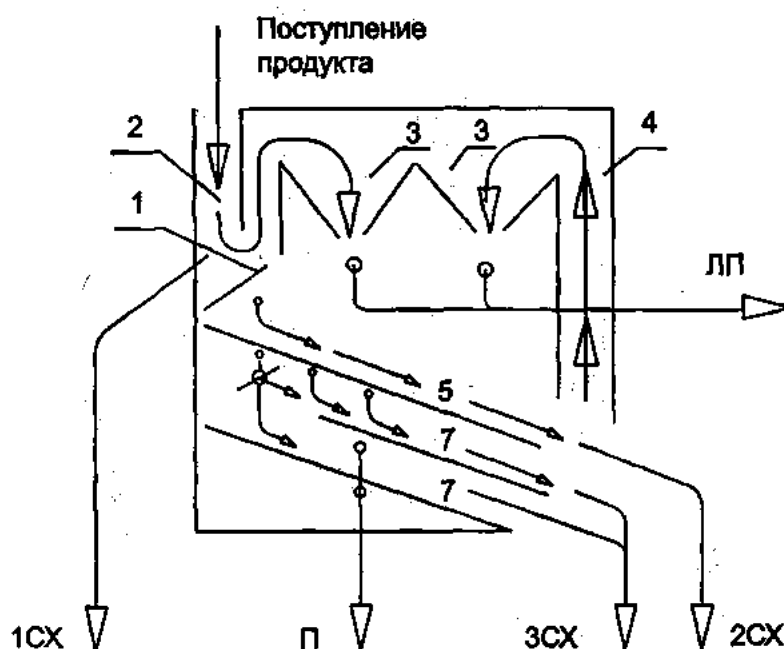


Рис. 2.19. Технологические схемы сепараторов с четырьмя ситами:

1 — приемное сито; 2, 4 — пневмосепарирующий канал; 3 — осадочная камера;
5 — сортировочное сито; 6 — разгрузочное сито; 7 — подсевное сито;
1CX, 2CX, 3CX, 4CX — первый, второй, третий, четвертый сходы; П — проход

Сепараторы с пятью ситами

По технологической схеме, представленной на рисунке 2.20, исходная смесь делится на четыре фракции — три схода и проход. Сходом приемного сита выделяются наиболее крупные компоненты зерновой массы — грубые, случайно попавшие примеси. Проход приемного сита делится приблизительно на две равные по массе фракции, которые направляются на два автономных ситовых кузова с сортировочным и подсевным ситом каждый. Сепарирование в каждом кузове осуществляется по известной схеме: сходом сортировочных сит выделяются крупные примеси, а проход сортировочных сит обрабатывается на подсевном сите, где сходом выделяется зерно, а проходом — мелкие примеси. Очищенное зерно, мелкие и крупные примеси, выделенные при сепарировании в автономных ситовых кузовах, объединяют и выводят из машины. Так как распределение неочищенного зерна по ситовым кузовам осуществляется щелевым делителем, то качественная характеристика потоков приблизительно одинакова. Сепарирование зерна по такой схеме приводит к более эффективному извлечению примесей из-за снижения удельной нагрузки на сито.

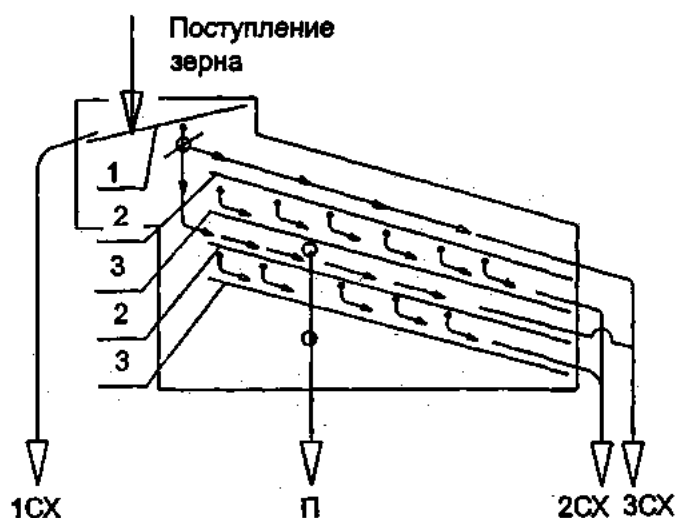


Рис. 2.20. Технологическая схема № 4 сепаратора 3СП-10:

1 — приемное сито; 2 — сортировочное сито; 3 — посевное сито;

1СХ; 2СХ; 3СХ — соответственно, первый, второй, третий сходы; П — проход

По технологической схеме в соответствии с рисунком 2.21 исходная смесь делится на пять фракций — четыре схода и один проход. Сходом приемного сита выделяют грубые, случайно попавшие примеси, а сходом сортировочного — крупные.

Сепаратор снабжен разгрузочным ситом, что позволяет зерно, освобожденное от крупных и грубых примесей, разделить на крупное и мелкое. Ожидается, что при оптимальной нагрузке на разгрузочное сито мелкие примеси будут находиться преимущественно в мелкой фракции зерна. Крупная фракция зерна выделяется из машины третьим сходом. Мелкая фракция зерна (проход разгрузочного сита) делится на два одинаковых по массе потока для раздельной обработки на подсевных ситах. Мелкие примеси, полученные про-

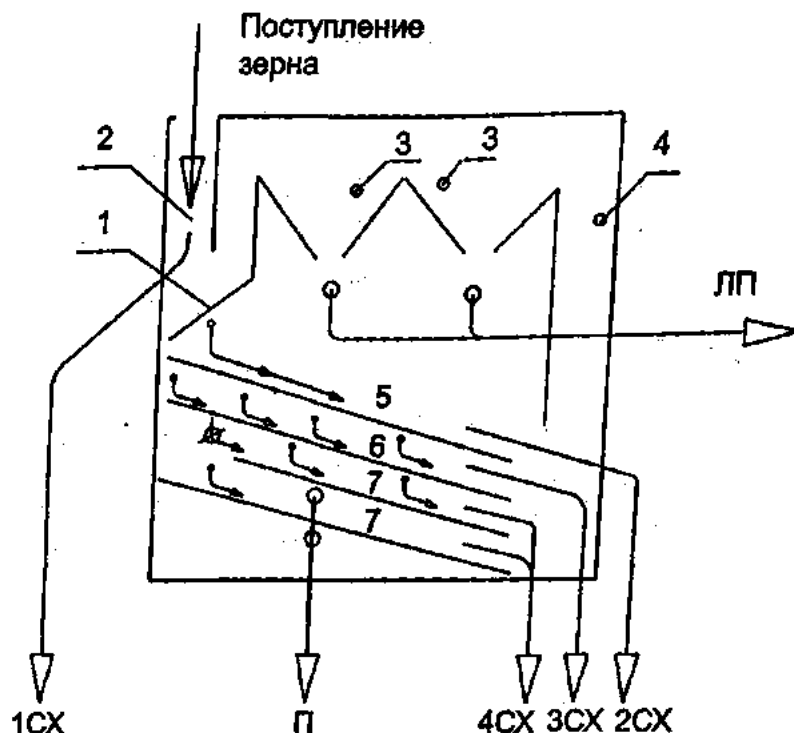


Рис. 2.21. Технологическая схема сепаратора ЗСМ-20:

- 1, 5, 6, 7 — соответственно, приемное, сортировочное, разгрузочное, подсевные сита;
 2, 4 — пневмосепарирующие каналы; 3 — осадочная камера;
 1СХ, 2СХ, 3СХ, 4СХ — соответственно, первый, второй, третий, четвертый сходы;
 П — проход; ЛП — легкие примеси

ходом первого и второго подсевающих сит, объединяют и выводят из машины. Аналогично объединяют сходы подсевающих сит и получают мелкое зерно. Таким образом, по рассмотренной схеме можно получить две фракции очищенного зерна при более высокой эффективности сепарирования мелких примесей.

Технологические схемы сепараторов с количеством сит более пяти

Использование на мукомольных и крупяных заводах зерновых сепараторов с количеством сит более пяти диктуется необходимостью иметь большую удельную производительность на единицу площади производственного помещения и высокую технологическую эффективность по извлечению примесей. Последнее возможно при минимальных удельных нагрузках и комбинации нескольких простых сепараторов в одной вертикальной плоскости. Такими достоинствами обладают шкафные сепараторы, конструкции которых разработаны на базе мукомольных рассевов, применяемых для сортирования продуктов измельчения. В сравнении с обычными ситовыми сепараторами шкафные сепараторы более сложны по конструкции, более дороги и поэтому их использование эффективно, если обычные конструкции сепараторов (с двумя, тремя рядами сит) не дают должного эффекта. Например, операция по извлечению зерна мелкой фракции для оптимизации технологических свойств зерна в целом.

В мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности эксплуатируют несколько модификаций шкафных сепараторов ЗСШ-20, БМС-12, БСФ-50, БСШ.

В соответствии с рисунком 2.22 технологические схемы сепараторов ЗСШ-20 и БМС-12 аналогичны.

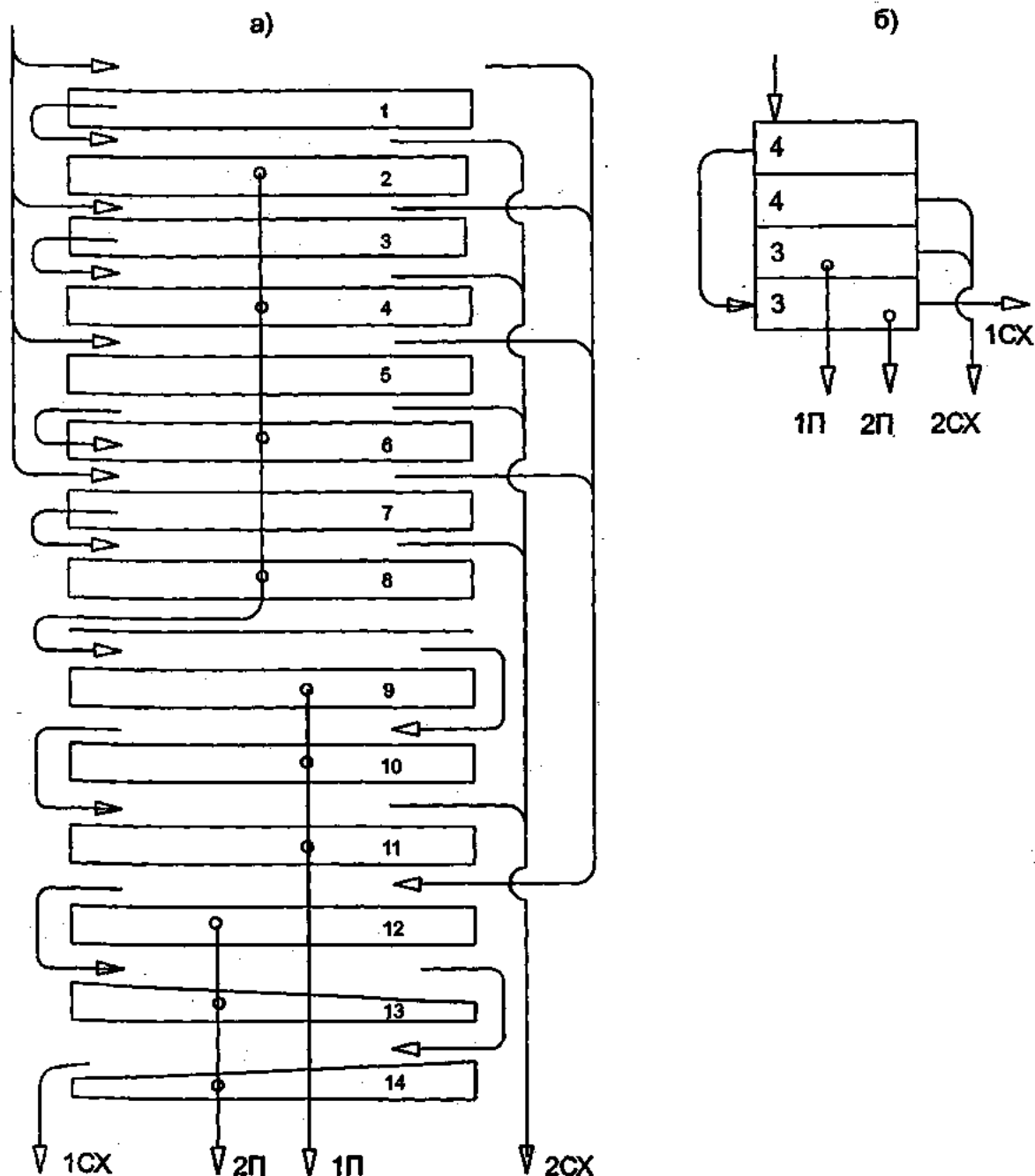


Рис. 2.22. Технологическая схема сепараторов ЗСШ-20 и БМС-12:

а) схема движения зерна и отходов; б) изображение для технологических схем
1СХ — первый сход; 2СХ — второй сход; 1П — первый проход; 2П — второй проход

По технологической схеме сепаратора неочищенное зерно равномерными потоками поступает на 1, 3, 5 и 7 сита, сходами которых получают крупную фракцию зерна с крупными примесями. Сходы объединяют и направляют на нижнюю, из трех ситовых рамок, группу сит. Проходами 1, 3, 5, 7 сит получают мелкое зерно с мелкими примесями. Конструктивно сепаратор устроен так, что проход первого сита поступает на второе, проход третьего сита — на четвертое, проход пятого — на шестое, проход седьмого — на восьмое. Таким образом, сита первых двух групп равномерно распределены между собой. Первое сито первой группы расположено с первым ситом второй группы и т. д.

Далее крупное зерно с крупной примесью последовательно обрабатывается на 12–13–14 ситах, проходы которых объединяются, и из сепаратора выводится крупная фракция зерна. Сходом 14 сита получают крупную примесь. Мелкое зерно с мелкими примесями (проход сит 1–3–5–7) попадает на 2–4–6–8 сита, объединенный сход которых представляет собой первый поток мелкого зерна. Проход сит 2–4–6–8 объединяется и последовательно обрабатывается на ситах третьей группы (9–10–11), объединенный проход этой группы сит представляет собой самый мелкий продукт сепарирования (обычно мелкую примесь зерна) и выводится первым проходом технологической схемы сепаратора. Сход с последнего сита третьей группы представляет собой второй поток мелкого зерна, который объединяется с первым потоком мелкого зерна и выводится из машины вторым сходом. Таким образом, по технологической схеме сепаратора выводится два прохода и два схода.

Шкафные сепараторы БСФ-50 и БСШ в технологии используются на этапе подготовки зерна в условиях элеватора. Это так называемая предварительная подготовка зерна. Технологические схемы сепараторов в соответствии с рисунком 2.23 мало отличаются. В обоих случаях исходное зерно делится на два схода и проход. Отличие состоит в общем количестве сит и количестве сит в группах.

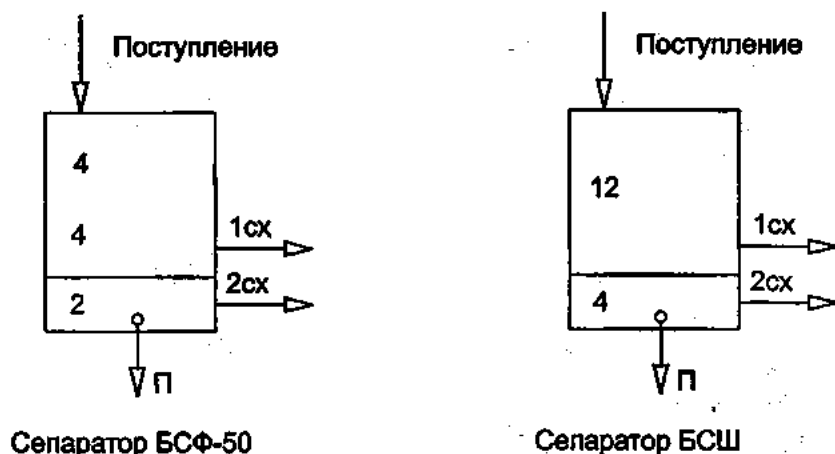


Рис. 2.23. Технологические схемы сепараторов БСФ-50 и БСШ

По технологическим схемам исходное зерно двумя или тремя параллельными потоками поступает в сепаратор и последовательно перемещается по ситам первой и второй групп, образуя сход восьмого или двенадцатого сита, который представляет самый крупный продукт. Проход сит первых двух групп объединяется и дополнительно обрабатывается на ситах третьей группы. При этом получают сход (обычно мелкое зерно) и проход (мелкая примесь).

§4. Подбор сит для сепарирования

При подготовке зерна на мельницах, крупно- и комбикормовых заводах используют сита первого второго и третьего типов (полотна решетные), а также тканые сетки из металлических нитей.

Полотна решетные штампованные эффективно работают, когда разделяемые компоненты или один из них имеют четко выраженные геометрические размеры — длину, ширину, толщину или специфическую форму.

Тканые сита эффективно работают при сепарировании смесей с нечетко выраженной формой — дробленые частицы основного зерна различной формы, частицы примесей, мучнистые частицы, минеральная пыль и т. п.

Общеизвестно, что при использовании сит первого типа разделение зерна и примесей осуществляется по ширине или по наибольшему размеру в поперечном сечении. Следовательно, сита с круглыми отверстиями задерживают частицы, ширина которых больше диаметра отверстий сита.

При использовании сит второго типа разделение зерна и примесей осуществляется по толщине или по наименьшему размеру в поперечном сечении. Следовательно, сита с прямоугольными отверстиями задерживают частицы, толщина которых больше ширины отверстия.

Сита третьего типа эффективно работают, если форма одного из компонентов смеси совпадает с формой отверстия сита. В этом случае даже при равенстве диаметров описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения разделяемых компонентов частицы, имеющие совпадающую форму с формой отверстия сита, окажутся в проходе, т. е. произойдет разделение смеси. Таким способом выделяют трудноотделимую примесь из гречихи и татарскую гречиху из зерна других культур. Кроме того, сита с треугольной формой отверстий используют для выделения подсеменных примесей (мелких примесей), отличающихся от основного зерна по величине и форме. В сравнении с ситами первого и второго типов, сита третьего типа имеют больший коэффициент живого сечения, что делает более эффективным их использование на некоторых технологических операциях.

Общий принцип и последовательность действия при подборе сит в сепараторах:

1. Оценивают назначение технологической операции и ее место в общей схеме подготовки. При этом необходимо учитывать, что при всем многообразии операций по выделению примесей задачу процесса сепарирования можно сформулировать следующим образом: на стадии предварительной обработки необходимо выделить максимальное количество грубых, случайно попавших примесей, легких и мелких примесей, в том числе и минеральных, а также возможно и некоторое количество мелкого зерна, если такую операцию предусматривает технология. На стадии основного сепарирования в технологическом цехе мельницы, крупно- или комбикормового завода выделяют оставшиеся крупные, легкие и мелкие примеси, разделяют зерно на фракции для оптимизации последующих операций, проводят контрольное сепарирование выделенных отходов.

2. Оценивают форму и геометрические размеры сепарируемого зерна по средневзвешенным оценочным критериям.

3. Определяют характер, специфику и физические признаки засорителей (по фактическому материалу или по справочным данным).

4. Оценивают тип сепарирующего устройства. При этом если оборудование необходимо принять для вновь организованного процесса, например, при реконструкции или техническом обновлении предприятия, то подбор осуществляют исходя из задачи технологии на данном этапе. Важно учитывать вид перерабатываемого зерна, способ транспортирования промежуточных продуктов, место установки оборудования (закрытый этаж, открытая площадка без навеса, полностью открытая площадка и т. п.), производительность технологической операции.

5. Оценивают технологическую схему принятого сепаратора. При этом определяют количество одновременно выводимых потоков продуктов, способ вывода (сходом или проходом сита), а также относительную крупность сходов и проходов. При этом в сепараторе с одним ситом, когда исходная смесь делится на две фракции, крупность этих продуктов может быть самая разнообразная. Так, в скальператоре сито подбирают с таким расчетом, чтобы сходом были выведены грубые примеси.

В сепараторе с двумя рядами сит верхнее сито, как правило, служит для выделения сходом крупных примесей и называется сортировочным, а нижнее — подсеивным для выделения проходом мелких примесей.

В сепараторе с тремя рядами сит верхнее сито служит для выделения грубых случайных примесей, далее идут сортировочное и подсеивное сито.

В сепараторе с четырьмя рядами сит добавляется разгрузочное сито. Оно устанавливается после сортировочного и перед подсеивным.

В сепараторе с пятью рядами сит, как правило, добавляют второе подсеивное сито.

В шкафных сепараторах функции отдельных сит выполняют группы сит. На рисунках 2.17–2.21 показаны названия сит для различных типов сепараторов.

Пример оценки технологической схемы сепаратора. При использовании ситовоздушного сепаратора с тремя рядами сит (приемным, сортировочным и подсеивным) в результате сепарирования получают четыре фракции продуктов: три выводятся сходами, а одна — проходом. Самым крупным из выводимых продуктов будет сход приемного сита, так как все частицы с размером больше размера отверстия сита будут выведены из сепаратора первым сходом. На сортировочное сито поступит проход приемного сита, и крупность этого продукта будет уже меньше, чем крупность первого схода. Крупность второго схода определяется проходом первого сита и сходом второго сортировочного, крупность третьего схода — проходом второго сита и сходом третьего. Поэтому, начиная от первого схода, крупность продуктов, выводимых сходами, будет уменьшаться. Самым мелким продуктом, полученным при сепарировании фракций, будет проход подсеивного сита. Таким образом, по убывающей крупности выведенные фракции продуктов располагаются следующим образом: первый, второй, третий сходы и проход. Та же запись, но в сокращенном виде и с использованием математических символов: $1cx > 2cx > 3cx > П$.

6. В соответствии с предыдущим анализом принимают решение о выводе примесей соответствующими сходами и проходами. Так, для предыдущего примера первым сходом должны быть выведены самые крупные примеси — грубые, случайно попавшие; вторым сходом — второй по крупности продукт смеси — крупные примеси; третьим сходом — третий по крупности продукт смеси — основное зерно; проходом — самый мелкий продукт смеси — мелкие примеси.

7. Принимают решение о типе сит, которые могут наиболее эффективно использоваться на данном этапе сепарирования.

8. Подбирают номера сит в соответствии с видом зерна, технологической схемой сепарирования и задачей технологии на данном этапе.

Так, если сходом приемного сита будут выводиться грубые, случайно попавшие примеси, то размер отверстия сита должен обеспечить беспрепятственный, с большой удельной нагрузкой проход основного зерна с более мелкими примесями, т. е. быть больше любого размера зерна.

Размер отверстия сита для вывода сходом крупных примесей (сортировочное сито) должен быть больше ширины или толщины зерна или диаметра описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения зерна в зависимости от типа используемого сита. Так, при использовании сит 1-го типа — ширины зерна, 2-го типа — толщины зерна, 3-го типа — диаметра описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения.

При таком подборе сортировочного сита зерно должно беспрепятственно просеиваться через отверстия сита, а крупные примеси выделяться сходом.

Сито для вывода проходом мелких примесей должно иметь размер отверстий меньше любого размера зерна, что должно исключить попадание зерна в отходы и обеспечить выделение мелких примесей в проход.

Для разделения зерна на крупную и мелкую фракции используют разгрузочное сито. Размер отверстия этого сита подбирают в соответствии с видом сепарируемой культуры, а также в зависимости от требований, предъявляемым в отрасли к мелкому и крупному зерну, а также к производственному назначению выделенных фракций.

Наличие сит четырех наименований позволяет получить пять фракций продуктов при сепарировании. На большее количество фракций в практических целях при использовании одного сепаратора зерновая масса не делится. В случае шкафных сепараторов одну целевую задачу выполняет группа сит. Поэтому все сита группы должны иметь один номер. Так, шкафные сепараторы отечественного производства ЗСП-20 и БИС-12, хотя и имеют 14 сит, но объединены в четыре группы: две группы по четыре и две группы по три сита. Исходная смесь сортируется на четыре фракции. При этом получают две фракции зерна, крупную и мелкую, а также мелкую и крупную примеси. Как правило, грубую примесь извлекают предварительно, используя скальператоры непосредственно перед сепаратором или при предварительной очистке в элеваторе.

У сепараторов с двумя рядами сит, как правило, не используют сито для выделения грубых примесей (они эксплуатируются в производственных цехах мельниц и крупозаводов на предварительно очищенном зерне, доведенном до мельничных и крупяных кондиций) и разгрузочное сито для разделения зерна на фракции. Поэтому верхнее сито выполняет функцию сортировочного, сходом которого выводятся крупные примеси, а нижнее сито — подсевное — для выделения проходом мелких примесей, а сходом — основного зерна. Следовательно, в соответствии с вышеописанным правилом в сепараторах с двумя ситами необходимо осуществить подбор сит верхнего, как сортировочного, и нижнего, как подсевого.

Сепараторы с одним ситом могут выполнять различные функции в технологии муки, крупы и комбикормов. Поэтому подбор сит необходимо осуществлять строго в соответствии с вышеизложенными правилами и в зависимости от специфики технологической операции.

Пример подбора сит. При сепарировании зерна пшеницы на первом этапе в подготовительном отделении мельницы используется сепаратор ситовоздушный с тремя рядами сит, технологическая схема которого изображена на рисунке 2.18. Зерновая масса засорена грубыми, крупными, мелкими и легкими примесями. Для сепарирования используют приемное и сортировочное сита 1-го типа, подсевное сито — 2-го типа.

В соответствии со справочными данными (см. раздел о физико-химических свойствах зерна) размеры зерна пшеницы составляют, мм: длина 4,2–8,6; ширина — 1,6–4,0; толщина 1,5–3,8.

Приемное или ловушечное сито для вывода случайно попавших грубых примесей должно иметь размер отверстий больше любого размера зерна.

Примем сито 1-100 с диаметром отверстий 10 мм. Сортировочное сито должно иметь размер отверстий больше ширины зерна. Примем сито 1-60 (1-80) с диаметром отверстий 6,0 (8,0) мм. Подсевное сито должно иметь размер отверстия меньше любого размера зерна. Принимаем сито 2а-17 × 2 0 (2а 18 × 20) с размерами отверстий 1,7 × 20 (1,8 × 20) мм. Тип сит был выбран по условию задачи.

Таким образом, вышеизложенные положения позволяют подобрать сита для сепараторов с любой схемой и для любой зерновой культуры.

В таблице 2.21 приведены рекомендации по использованию сит для сепараторов при организации процесса подготовки зерна на мукомольных и крупяных заводах.

В результате сепарирования получают очищенное от примесей зерно, а также выделенные в результате сепарирования примеси — грубые, крупные, легкие, мелкие, металломагнитные, длинные, короткие, минеральные и т. п., т. е. все примеси в соответствии с классификацией. При идеальном ведении процесса в зерне, полученном в результате сепарирования, не должно быть примесей, которые являются отделимыми на данном сепараторе, а в выделенных примесях — зерна. В реальном сепарировании всегда некоторая часть примесей не выделяется из зерновой массы по различным причинам, а в примесях может оказаться зерно. И то и другое, естественно, снижает эффект сепарирования. Выделенные в результате сепарирования примеси формируют два продукта технологии — кормовые зернопродукты и отходы (по более ранней классификации отходы первой, второй категории и отходы третьей категории). Точная классификация этих категорий продуктов будет рассмотрена в частной технологии муки, крупы и комбикормов.

§5. Показатели эффективности сепарирования при выделении примесей

Сепарирование на различных этапах технологии осуществляется с применением разнообразного по конструктивному исполнению технологического оборудования.

Очевидно, что процесс сепарирования должен сопровождаться увеличением чистоты фракций или увеличением относительного содержания преобладающего компонента во фракции. Так, при содержании в зерне 5 % примесей чистота будет 95 % или 0,95.

Это ключевое положение и принято для оценки технологического эффекта сепарирования. Кроме технологического эффекта процесс сепарирования характеризуется про-

Сита, рекомендуемые для установки в сепараторах

Таблица 2.21

В миллиметрах

Наименование культуры	С и т о							
	приемное		сортировочное		разгрузочное		подсевное	
	номер	размер отверстия	номер	размер отверстия	номер	размер отверстия	номер	размер отверстия
Пшеница	1-100... 1-140...	Ø 10 Ø 14	1-60...1-80 2а-34х20	Ø 6...Ø 8 3,4х20	1-40...1-60 2а-22х20	Ø 4...Ø 6 2,2х20	2а-17х20	1,7х20
Рис-зерно	1-120... 1-150...	Ø 12...Ø 15	1-55...1-60 2а-30(40)х20	Ø 5,5...Ø 6-0 3(4)х20	2а-22х20 1-36	Ø 2,2х20 3,6	1-32	Ø 3,2
Гречиха	1-120	Ø 12	3-70(75)	Δ 7(7,5)	2а-24х20	2,4х20	2а-20х20	2,0х20
Просо	1-45... 1-50	Ø 4,5...Ø 5,0	1-30...1-40	Ø 3,0 Ø 4,0	2а-15х20 2а-16х20	1,5х20 1,6х20	2а-14х20	1,4х20
Ячмень	1-120 1-150	Ø 12...Ø 15	2а-40х20...2а-45х20	4,0х2,0...4,5х20	2а-24х20	2,4х20	2а-20х20	2х20
Горох	1-150	Ø 15	1-100	Ø 10	1-55	Ø 5,5	1-50	Ø 5
Овес	1-150	Ø 15	2а-40х20...2а-45х20	4,0х20...4,5х20	2а-24х20...2а-24х20	2х20 2,2х20	2а-18х20	1,8х20
Кукуруза	1-150... 1-160	Ø 15...Ø 16	1-100...1-120	Ø 10... Ø 12	1-55	Ø 5,5	1-50	Ø 5

изводительностью операции, выраженной в различных единицах. В соответствии с этим для оценки эффективности зерноочистительных сепараторов приняты следующие критерии:

- производительность операции или количество зерновой смеси, поступающей в машину на ее часть или на систему машин, Q , кг/ч или т/ч;
- удельная нагрузка на единицу ширины приемного сита q , кг/см · сут;
- эффективность очистки зерна от примесей, E , % или д.е.;
- содержание полноценного зерна в отходах, a , %.

Производительность сепарирующей машины определяют по данным количественного материального баланса и рассчитывают по формуле:

$$Q = \frac{G \cdot 60 \cdot 60}{\tau \cdot 1000}, \quad (2.17)$$

где Q — производительность сепаратора, т/ч;

G — количество поступившей в машину зерновой смеси, кг;

τ — время отбора пробы, с.

Количественный материальный баланс — это количественное равенство между массой зерна или любого другого продукта, поступившего на машину, группу машин в процесс, и массой продуктов, полученных в результате работы машины, группы машин, процесса в целом. Например, на зерноочистительный сепаратор поступило 100 % зерна с примесями. В результате работы сепаратора получено 98,4 % очищенного зерна, 0,3 % — грубой примеси, 0,4 % — крупной примеси, 0,6 % — мелкой примеси и 0,3 % — легкой примеси в виде отноров. Наблюдается количественное равенство $98,4 + 0,3 + 0,4 + 0,6 + 0,3 = 100$ %.

С помощью материального баланса решается большой класс задач, связанных с эффективностью ведения процессов.

Удельную нагрузку q , или количество зерна, проходящего через 1 см ширины приемного сита сепаратора за сутки, также определяют по данным количественного материального баланса:

$$q = \frac{G \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24}{\tau \cdot B}, \quad (2.18)$$

где q — удельная нагрузка, кг/см · сут;

B — ширина приемного сита сепаратора, см.

Эффективность сепарирования зерна выражают показателем относительного извлечения примесей, которые могут быть выделены на данном сепараторе.

Рабочая формула для оценки эффективности имеет вид:

$$E = \frac{A - B}{A} \cdot 100, \quad (2.19)$$

где E — эффективность сепарирования, %;

A — содержание отделимых примесей в зерне до сепарирования, %;

B — содержание отделимых примесей в зерне после сепарирования, % к поступлению зерна на сепаратор;

$A > B$, если сепарирование произошло.

Величину эффективности можно выражать и в долях единицы, тогда из формулы исключают коэффициент 100.

Так как эффективность сепарирования снижается при попадании зерна в отходы, то в дополнение к основному критерию вводится ограничение на содержание полезного (полезного) зерна в отходах, величина которого не должна превышать 2 %.

При одновременном учете степени извлечения отделимых примесей и содержания зерна в отходах формула для расчета эффективности принимает вид:

$$E = \frac{(A - B) \left(1 - \frac{a}{100}\right)}{A} \cdot 100, \quad (2.20)$$

где a — содержание зерна в отходах, % от их массы.

Эффективность работы зерновых сепараторов можно оценить по увеличению чистоты фракций, полученных при сепарировании. Методика оценки была предложена В.И. Цединовским. За эффективность сепарирования при этом была принята степень приближения реального сепарирования к идеальному, когда чистота фракций, выделенных в результате сепарирования, равна 100 % или 1,0.

Пусть на сито поступила двухкомпонентная смесь массой P_0 , кг с содержанием первого компонента a_1 и второго компонента — a_2 . В результате сепарирования часть смеси оказалась в проходе сита, часть — в сходе. Масса сходовой фракции составила P_1 , кг, масса проходовой — P_2 , кг. При реальной эффективности сепарирования (меньше 1,0) часть первого компонента может попасть во вторую фракцию, а часть второго компонента — в первую фракцию. При этом относительное содержание первого компонента в первой фракции составило φ_{11} , а второго — φ_{21} ; содержание второго компонента во второй фракции, соответственно, φ_{22} и первого компонента во второй фракции — φ_{12} . Размерность относительного содержания компонентов принимаем в долях единицы. На рисунке 2.24 представлены обозначения потоков продуктов при сепарировании двухкомпонентной смеси.

В результате реального сепарирования произошло увеличение чистоты (концентрации) первого компонента в первой фракции и второго компонента во второй фракции (обязательное условие, если сепарирование произошло). Следовательно, $\varphi_{11} > a_1$ и $\varphi_{22} > a_2$.

Численная величина приращения концентрации реального сепарирования составила для первого компонента $(\varphi_{11} - a_1)$, а для второго компонента — $(\varphi_{22} - a_2)$.

При идеальном сепарировании, когда первый компонент окажется только в первой фракции, а второй — только во второй фракции:

$$\varphi_{11} = \varphi_{22} = 1, \quad \varphi_{12} = \varphi_{21} = 0.$$

Следовательно, численная величина приращения концентрации при идеальном сепарировании составит для первого компонента $(1 - a_1)$ и для второго компонента $(1 - a_2)$.

Очевидно, чем полнее выделены компоненты в конечные фракции и чем выше их чистота, тем выше и эффективность процесса. Количественно эта эффективность может быть оценена отношением реального приращения концентрации к идеальному.

Таким образом, эффективность сепарирования первого E_1 и второго E_2 компонентов соответственно будет равна:

$$E_1 = \frac{\varphi_{11} - a_1}{1 - a_1}; \quad E_2 = \frac{\varphi_{22} - a_2}{1 - a_2}. \quad (2.21)$$

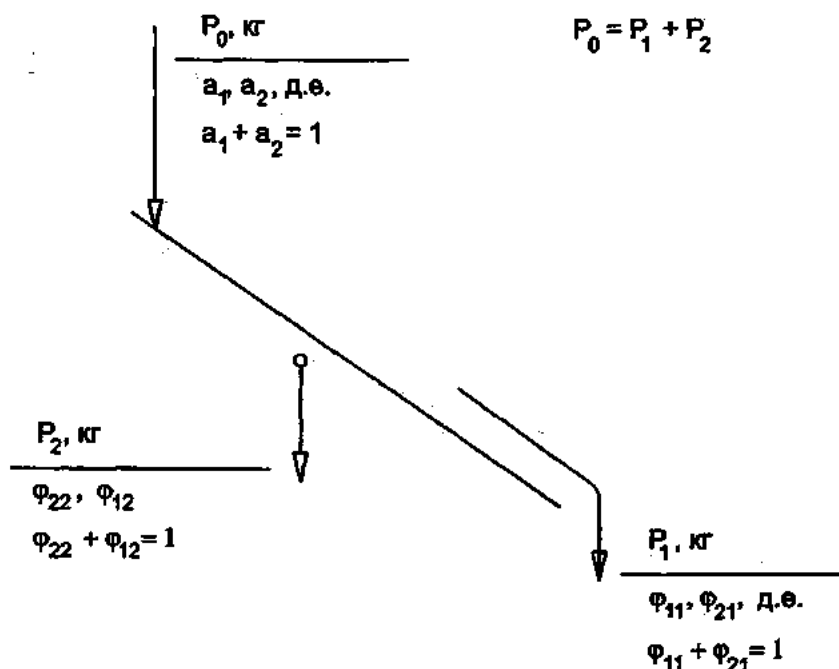


Рис. 2.24. К оценке эффективности сепарирования по увеличению чистоты фракции

Суммарная технологическая эффективность разделения двухкомпонентной смеси (технологическая эффективность сепарирования) будет равна сумме средневзвешенных величин эффективностей сепарирования каждого компонента. Учитывая, что $\frac{P_1}{P_0}$ и $\frac{P_2}{P_0}$ есть статические веса конечных фракций, получим:

$$E_o = \frac{P_1}{P_o} \cdot E_1 + \frac{P_2}{P_o} \cdot E_2. \quad (2.22)$$

Если подставить в уравнение (2.22) значения E_1 и E_2 (формулы 2.21), то уравнение примет вид:

$$E_o = \frac{P_1}{P_2} \cdot \left(\frac{\varphi_{11} - a_1}{1 - a_1} \right) + \frac{P_1}{P_2} \cdot \left(\frac{\varphi_{22} - a_2}{1 - a_2} \right). \quad (2.23)$$

В случае сепарирования смеси на большее число компонентов выражение для эффективности сепарирования примет вид:

$$E_o = \frac{1}{P_o} \sum_{i=1}^n E_i \cdot P_i. \quad (2.24)$$

Таким образом, для оценки эффективности по данному методу необходимо осуществить следующую процедуру:

1. Снять количественный баланс сепаратора.
2. Выразить весомость фракции в долях единицы или в процентах, или в единицах массы.

3. Определить содержание зерна, примесей в исходном продукте и во фракциях.
4. Рассчитать чистоту фракций или относительное содержание преобладающих компонентов во фракциях.
5. Рассчитать эффективность сепарирования.

Пример. При сепарировании зерна пшеницы на сепараторе с двумя рядами сит и пневмоканалом было получено четыре фракции продуктов: первый сход (крупные примеси); второй сход (зерно); проход (мелкие примеси); отходы (легкие примеси).

При снятии количественного баланса получены следующие результаты:

Таблица 2.22

Содержание компонентов смеси в продуктах сепарирования

В процентах

Наименование	До сепарирования	После сепарирования			
		первый сход	второй сход	проход	отходы
Зерно	96,0	0,1	95,8	—	0,1
Крупная примесь	1,0	0,9	0,1	—	—
Мелкая примесь	2,0	—	0,6	1,4	—
Легкая примесь	1,0	0,1	0,2	—	0,7
Итого	100,0	1,1	96,7	1,4	0,8

Таблица 2.23

Показатели эффективности сепарирования

Фракции после сепарирования	Весомость фракции, P_i/P_o	Чистота фракции φ_i	Приращение чистоты		Эффективность сепарирования $E_i = \frac{\varphi_i - a_i}{1 - a_i}$
			реальное $\varphi_i - a_i$	предельное $1 - a_i$	
Первый сход	0,011	0,91	0,90	0,99	0,91
Второй сход	0,967	0,99	0,03	0,04	0,75
Проход	0,014	1,00	0,98	0,98	1,00
Отходы	0,008	0,88	0,87	0,99	0,88

Суммарная эффективность сепарирования с учетом весомости фракций составит:

$$E_o = 0,011 \cdot 0,91 + 0,967 \cdot 0,75 + 0,014 \cdot 1,00 + 0,008 \cdot 0,88 = 0,756 \text{ или } 75,6 \%$$

Эффективность сепарирования, рассчитанная по формуле 2.19, составила 77,5 %, а по формуле 2.20 — 70,0 %, т. е. получены достаточно близкие результаты.

Эффективность сепарирования в основном зависит от двух групп факторов. Первая группа обусловлена особенностями и состоянием зерновой массы:

- правильность выбора физического признака для организации сепарирования и величины делящего фактора;
- степень засоренности сырья;
- наличие примесей, которые затрудняют самосортирование зерновой массы;
- влажность и сыпучесть зерновой массы;
- соответствие конструкции сепаратора характеру зерна и примесей.

Вторая группа факторов, зависящая от состояния оборудования:

- конструктивные особенности оборудования;

- ♦ соответствие механико-кинематических параметров оборудования физико-механическим свойствам зерновой массы;
- ♦ равномерность поступления (питания) зерновой массы в рабочую зону;
- ♦ оптимальная удельная нагрузка на рабочие органы сепаратора;
- ♦ исправность узлов и механизмов оборудования;
- ♦ эффективная аспирация оборудования.

Глава 4

СЕПАРИРОВАНИЕ

В РАЗМОЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ МЕЛЬНИЦ

§ 1. Общая характеристика продуктов измельчения

Технология муки высокого качества осуществляется путем многократного измельчения зерна, а затем продуктов начального измельчения. Имея сложную структуру и различные структурно-механические свойства анатомических частей, зерно разрушается с образованием частиц, резко различных по форме, размерам и химическому составу. Частицы, образовавшиеся из эндосперма зерна, низкозольны, белого цвета и способны дать муку высших сортов. Частицы из периферийной зоны зерна — высокозольны, темного цвета и способны только ухудшить качество муки. Поэтому необходимость сортирования продуктов измельчения на более однородные фракции очевидна. Это позволит оптимизировать последующие операции и более эффективно решить главную целевую задачу технологии муки — наиболее полно разделить оболочки и эндосперм зерна. Для характеристики продуктов измельчения используют, в основном, два показателя — крупность и качество. Крупность — это показатель геометрических размеров зерна. Качество в технологии муки связывают с содержанием в продуктах высокозольных оболочек. Продукты с большим содержанием оболочек относятся к продуктам второго качества (более низкого), а продукты с незначительным содержанием оболочек относят к продуктам первого качества. Очевидно, что продукты второго качества высокозольны, а продукты первого качества — низкозольны.

Крупность частиц в составе продуктов измельчения варьирует в значительных пределах и зависит от поступающего продукта и от режима измельчения на системе. На начальных системах измельчения образуются частицы, близкие по размерам к основному зерну, а также промежуточные по крупности продукты. На промежуточных и конечных системах — более мелкие продукты. Практически на всех системах измельчения образуется мука. Совместная дальнейшая их обработка неэффективна и нецелесообразна из-за невозможности установить оптимальный режим воздействия, будь то режим измельчения в вальцовых станках или в измельчителях другого типа, или режим обогащения в ситовечных машинах и т. п.

Образовавшиеся частицы в составе продуктов измельчения, также можно классифицировать по качеству или по соотношению оболочек и эндосперма. Традиционно выделяют три группы (класса) продуктов по качеству независимо от крупности частиц: частицы крахмалистого эндосперма, сростки эндосперма и оболочек, частицы оболочек с незначительным содержанием эндосперма (рис. 2.25).

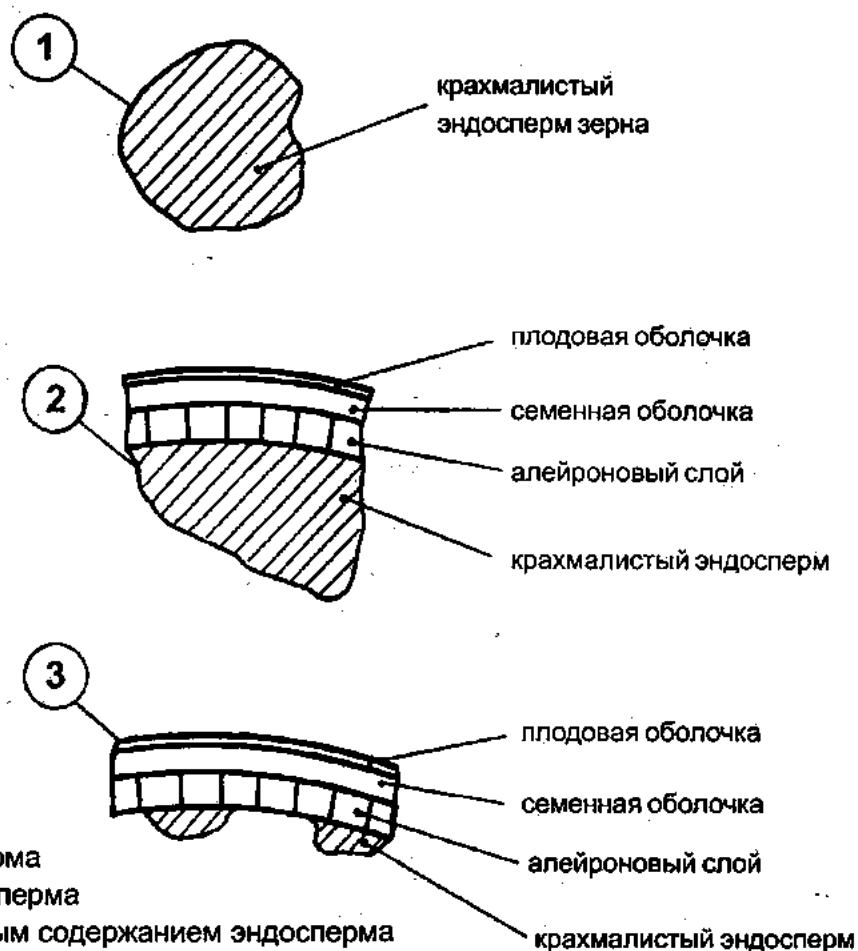


Рис. 2.25. Классификация продуктов измельчения по соотношению оболочек и эндосперма

Очевидно, что соотношение частиц с различным содержанием эндосперма будет различно на разных этапах технологии. Очевидно и другое, что эти частицы по своим потенциальным возможностям получить максимальное количество низкосолевой муки — различны. Частицы эндосперма обладают наивысшими потенциальными возможностями, а частицы оболочек — самыми низкими, пригодными только для получения отрубей — основного побочного продукта технологии. При совместном их измельчении возможно получение только высокосолевой низкокачественной муки, так как в муку будут измельчаться не только низкосолевый эндосперм, но и высокосолевые оболочки.

Еще один аргумент в пользу необходимости сортирования продуктов измельчения — это наличие в составе смеси частиц, в различной степени приближенных к конечным продуктам технологии — к муке, манной крупе, отрубям. Очевидно, что эти частицы должны быть или выведены из процесса и направлены на контрольные операции, или подвергнуты дополнительной обработке в соответствии с качеством продукта.

Таким образом, продукты измельчения на различных этапах технологии слишком разнородны и должны быть рассортированы на более однородные фракции как по круп-

ности, так и по качеству. Полученные фракции должны быть направлены на соответствующие системы технологического процесса:

- ♦ частицы, приближающиеся по своим размерам к основному зерну, требуют повторного измельчения с целью извлечения промежуточных продуктов и муки;
- ♦ крупитчатые частицы чистого эндосперма могут быть или конечным продуктом технологии (макаронной мукой, манной крупой), или могут быть направлены на одну из систем технологического процесса для интенсивного измельчения в тонкодисперсную муку;
- ♦ «сростки», требующие измельчения с целью разделения высокозольных оболочек и низкозольного эндосперма;
- ♦ оболочки с незначительным содержанием эндосперма должны быть направлены на этап вымола с использованием или вальцовых станков, или щеточных, или бичевых машин.

Такое разделение в конечном итоге согласуется с основной задачей технологии муки — разделить низкозольный крахмалистый эндосперм и высокозольные оболочки. Чем более точно выполнена эта операция, тем эффективнее в целом технология.

Промежуточные по крупности продукты измельчения (полупродукты)

Полупродукты или промежуточные продукты, получаемые при измельчении зерна при сортовых помолах, принято разделять на группы или классы. При этом за основу приняты крупность и качество продукта.

Крупная крупка — класс продуктов с размерной характеристикой 1100–560 мкм по большему размеру, состоящих из чистого эндосперма или из эндосперма со сросшимися оболочками («сростки»). Частицы крупных крупок могут быть получены как из срединной зоны эндосперма, так и из пограничной с алейроновым слоем и оболочками зоны зерна. Зольность крупной крупки для пшеницы варьирует в пределах 0,9–2,0 %.

Средняя крупка — класс продуктов с размерной характеристикой 560–400 мкм по большему размеру, состоящий из чистого эндосперма со сросшими оболочками. Частицы средних крупок также могут быть получены из различных частей зерна, поэтому их зольность варьируется в пределах 0,7–1,9 %.

Мелкая крупка — класс продуктов с размерной характеристикой 400–325 мкм и зольностью 0,6–1,0 %. Мелкую крупку также получают из различных зон зерна, что подтверждается значительной вариацией зольности.

Жесткий дунст — класс промежуточных по крупности продуктов с размерной характеристикой 250–325 мкм и вариацией по зольности 0,50–0,80 %.

Мягкий дунст — класс продуктов с размерной характеристикой 160–250 мкм и вариацией зольности 0,50–0,80 %.

Очевидно, что вариация размеров круподунстовых продуктов и их зольность не носит абсолютного характера. Границы классов размыты и определяются размером отверстий сит, проходом и сходом которых высеяны соответствующие продукты. Отклонение в нумерации сит на один — два номера не меняет понятие о классе промежуточного продукта, если при этом резко не ухудшается качество. Промежуточные продукты, крупность которых позволяет отнести их к тому или другому классу, но не удовлетворяющие требованиям по зольности и не имеющие крупитчатой структуры, должны быть отнесены к сходовым продуктам.

В технологии муки крупность продуктов выражают дробью, в числителе которой представляется номер сита, проходом которого получен продукт, а в знаменателе номер сита, сходом которого получен продукт. Для обозначения крупности промежуточных продуктов можно использовать сита металлотканые двух модификаций, шелковые крупочные, капроновые и полиамидные для высева крупок, т. е. те сита, которые используются в размольном отделении мукомольных мельниц в реальной технологии.

В таблице 2.24 представлена крупность промежуточных продуктов сортового помола пшеницы, выраженная ситами из различных материалов и разных модификаций. Приведенные данные позволяют идентифицировать в технологических схемах одинаковые по крупности и качеству продукты, формировать однородные по физическим свойствам потоки и тем самым обеспечивать оптимальные режимы их обработки, эффективно подбирать сита на системах сортирования и обогащения и т. п. В конечном итоге это позволяет эффективно управлять сложным процессом производства муки.

Таблица 2.24

Крупность промежуточных продуктов сортового помола

Наименование продукции	Сита				
	Металлотканые		Шелковые	Капроновые	Полиамидные
	по ТУ 14-4-1374-86	по ТУ 14-4-1063-86			
Крупки:					
крупная	1,114/0,562	1/056	71/120	7/12	6,5ПА/12ПА
средняя	0,562/0,421	056/04	120/160	12/17	12ПА/15,5ПА
мелкая	0,421/0,306	04/23	160/200	17/23	15,5ПА/21ПА
Дунсты:					
жесткий	0,306/0,248	—	200/270	23/29	21ПА/27ПА
мягкий	0,248/46	—	270/38	29/46	27ПА/46ПА

Промежуточные продукты после их обогащения и шлифования чаще всего используют для интенсивного измельчения в высококачественную хлебопекарную муку.

В некоторых случаях они могут быть и конечными продуктами технологии. Так, например, манную крупу по традиционной технологии получают из крупных крупок, а по технологии с использованием комплектного оборудования — из средних крупок. Макаaronную «крупку» или муку высшего сорта и «полукрупку» или муку первого сорта в технологии макаронных помолов получают из мелких крупок, жестких и мягких дунстов.

§2. Технологические схемы сортирования и техническая характеристика рассевов

Общие вопросы сортирования

Учитывая сложность разделения продуктов измельчения по крупности, особенно частиц с близкими размерами и приблизительно одинаковыми физическими свойствами, операция ситового сепарирования в размольном отделении мельниц может быть эффективна при правильном подборе сит и невысоких удельных нагрузках. Поэтому для опти-

мизации операции ситового сепарирования в целом, увеличения производительности операции на единицу площади производственного помещения ситовое сепарирование в размольном отделении осуществляется в многорамных мельничных рассевах, когда сита располагаются одно над другим в вертикальной плоскости.

Конструктивно рассевы выполняют или в виде пакета из ситовых рамок (пакетные рассевы), или в виде шкафа, куда вставляются в определенной последовательности ситовые рамки, образующие с устройствами для перемещения, вывода фракций так называемые технологические схемы. Независимо от конструктивного решения и от технологической схемы рассева вертикальная комбинация ситовых рам и каналов позволяет реализовать три варианта сортирования сыпучего продукта: последовательное, параллельное и смешанное.

При последовательном способе сортирования исходный продукт последовательно перемещается по ситам, когда сход верхнего сита попадает на нижележащее сито, а проходы или выводятся каждый индивидуально, или объединяются, а потом выводятся. В первом случае размер отверстий сит увеличивается от первого к последнему, а во втором случае — принимается одинаковым (в соответствии с рисунком 2.26):

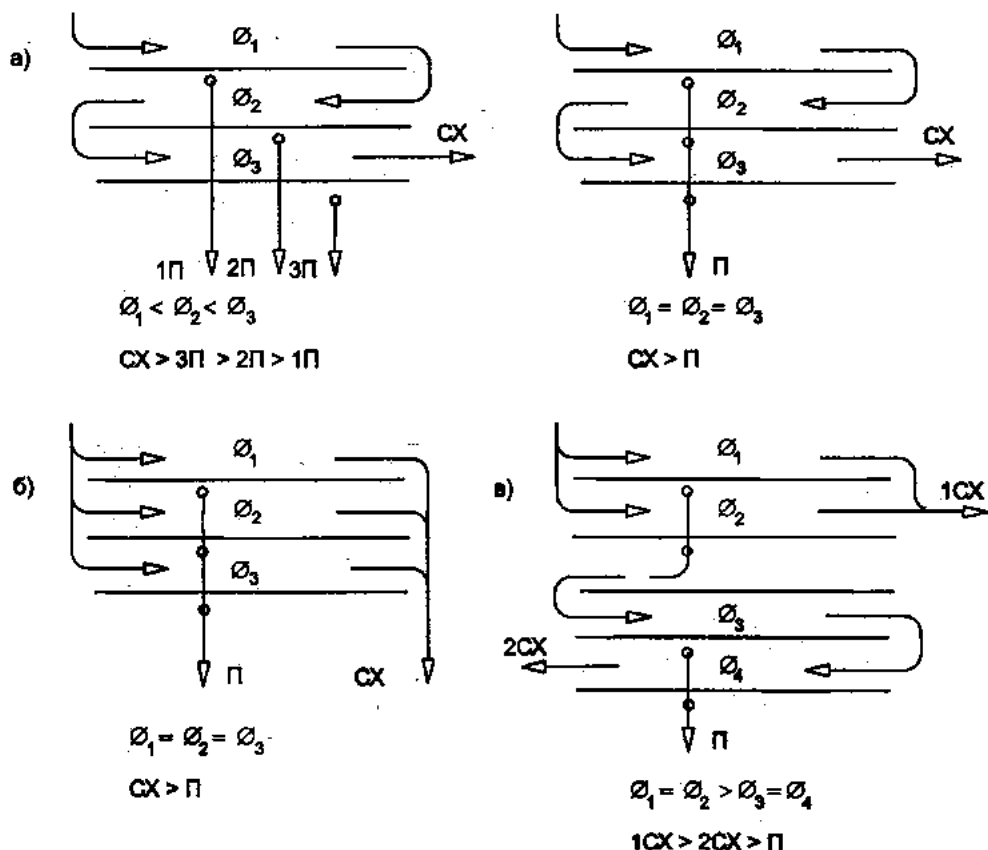


Рис. 2.26. Принципиальные схемы сортирования продуктов измельчения:

а) последовательное просеивание; б) параллельное просеивание;

в) вариант смешанного просеивания;

$\varnothing_1, \varnothing_2, \varnothing_3$ — принципиальное обозначение первого, второго и третьего сита;

СХ — сход сита; П — проход сита

При параллельном просеивании исходный продукт должен быть разделен на некоторое количество фракций с приблизительно одинаковой массой и параллельными потоками направлен на сита. Предположительно качественный состав исходных фракций должен быть одинаков. Поэтому размер отверстий сит должен быть одинаковым, так как сита выполняют одну и ту же задачу. Следовательно, качественный состав сходов сит должен быть одинаковым и они должны быть объединены. Аналогично поступают и с проходами сит. При таком способе сортирования увеличивается производительность операции.

Параллельное сортирование эффективно при поступлении продукта с резко различающимися по крупности частицами и используется, когда необходимо обеспечить производительность операции, т. е. операция осуществляется при высоких удельных нагрузках на сито. Так как продукты измельчения представляют собой смесь различных по крупности и качеству частиц, то для их эффективного разделения используют комбинацию последовательного и параллельного просеивания. В практике такая схема получила название комбинированной. На рисунке 2.26 показан один из вариантов комбинированной схемы, когда продукт двумя параллельными потоками направляется на два приемных сита с одинаковыми номерами, а затем объединенный проход последовательно проходит два последующих сита.

Вариантов технологических схем с комбинацией последовательного и параллельного просеивания множество, что реализовано в конструкциях современных мельничных рассевов.

Индивидуальная особенность рассева включает следующие характеристики:

- ♦ тип рассева (шкафный, пакетный);
- ♦ марку, типоразмер (четырёх- или шестиприемный);
- ♦ общее количество сит;
- ♦ число групп сит для выполнения индивидуальной операции;
- ♦ технологическую схему;
- ♦ сочетание в рассевных кузовах технологических схем или исполнение рассева;
- ♦ суммарная площадь поверхности сит;
- ♦ общее количество технологических схем и индивидуальная особенность их применения.

В таблице 2.26 представлена общая характеристика используемых в технологии муки рассевов. Пакетные рассевы используются ограничено из-за сложности в эксплуатации, что выражается в необходимости полной разборки рассевного кузова при замене сит. Од-

Таблица 2.26

Общая характеристика мельничных рассевов

Марка	Тип	Типоразмер (количество секций)	Количество технологических схем	Общее количество сит	Количество сит в группах	Общая площадь сит, м ²	
						4-х секций	6-ти секций
ЭРМ	пакетный	4	1,2,3,4,5,6	13,14	от 2-х до 4-х	27,0-29,0	—
ЭРШ	шкафный	4,6	1,2,3	16	4-5-4-3	17,0	25,0
ЭРШ-М	шкафный	4,6	1,2,3,4	16	4-4-4-4	17,0	25,5
ЭРШ-3М	шкафный	4,6	1,2,3,4	16	4-4-4-4	15,5	23,2
ЭРШ-4М	шкафный	4,6	1,2,3,4	18	6-4-4-4	18,0	27,0
БРБ	шкафный	6	19	22	разное	—	28,2
БРВ	шкафный	4	2	22	разное	18,8	—

нако на предприятиях средней и малой производительности, на мельницах сельхозмукомолья пакетные рассевы еще эксплуатируются. Более удобны и эффективны в эксплуатации шкафные рассевы, в которых замена сит осуществляется путем замены вкладной ситовой рамки. Для осуществления этой операции необходима кратковременная остановка, открытие дверцы шкафа и замена изношенной рамки на новую.

В соответствии с рисунком 2.27 в технологических схемах рассев изображают в виде прямоугольника, поделенного по вертикали на секции, число которых равно числу групп сит. Поступление и выход продуктов обозначают в виде отрезков со стрелкой на конце. У стрелки принятыми символами обозначают наименование продукта (сход или проход), а в действующих технологических схемах — направление продукта. В малом прямоугольнике, обозначающем группу сит, проставляют количество сит в группе (в левой части) и номер сита (в правой части). Продукт, выводимый проходом, обозначают вертикальным отрезком с точкой в начале отрезка и стрелкой в конце. Точка проставляется в малом прямоугольнике, обозначающем группу сит, проходом которых выводится продукт. Продукт, выводимый сходом, обозначают горизонтальным отрезком без точки в начале, но также со стрелкой на конце. Начало отрезка — у боковой линии прямоугольника секции, обозначающей группу сит, образующих сход.

Технологическая схема рассева — это главное, что его выделяет из группы подобных рассевов и позволяет его использовать только на конкретном этапе технологии, т. е. технологическая схема конструируется под конкретную операцию. Использование другой схемы возможно, но неэффективно. Причем потеря эффективности может быть настолько велика, что могут быть сбои в технологическом процессе в виде резкой потери производительности, увеличения и уменьшения массовой доли продуктов на последующих системах, что ведет к перегрузке или недогрузке систем и т. п.

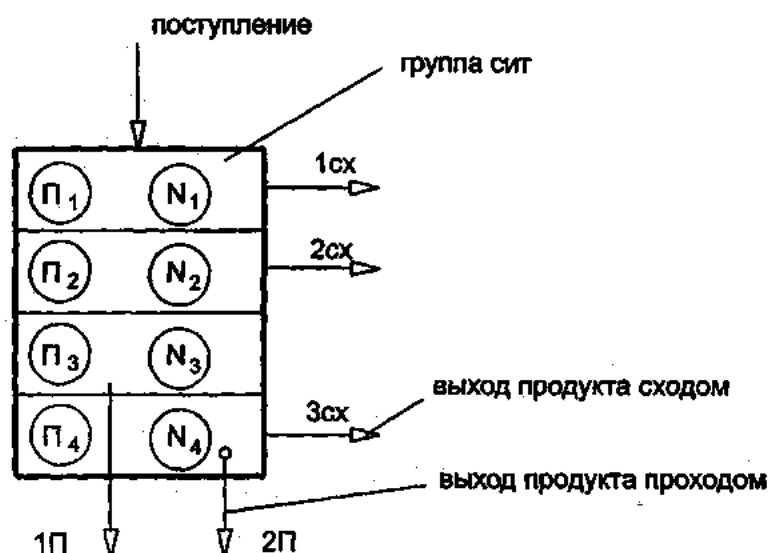


Рис. 2.27. Пример обозначения рассева в технологической схеме:

N_1, N_2, N_3, N_4 — номера сит в группах; $П_1, П_2, П_3, П_4$ — количество сит в группах;
СХ — сход; П — проход

Технологическая схема рассева — это схема приема, распределения, перемещения проходных и сходовых продуктов. Таким образом, технологическая схема может отличаться:

- ♦ общим количеством сит;
- ♦ количеством сит в группах;
- ♦ количеством групп сит;
- ♦ начальным распределением продукта;
- ♦ количеством сходов и проходов для вывода продуктов из отсева;
- ♦ способом перемещения проходных и сходовых продуктов верхних сит на нижние.

Технологическая схема отсева реализуется конструкцией приемных и распределительных устройств, ситовых рам, поддонов, каналов в ситовых рамах, в распределительных коробках и дверцах кузовов отсева в целом.

Пакетные отсева

Пакетные отсева ограничено используются на крупных и средней производительности мельницах. Значительная часть этого типа отсевов эксплуатируется на предприятиях небольшой производительности и на мельницах сельхозмукомолья. Отсевы ЗРМ, ЗРМ-2М komponуются из 13-14-15 ситовых рам. Каждая ситовая рама делится перегородкой на две автономные половины, в результате чего кузов отсева имеет две самостоятельные секции, но работающие по одной технологической схеме. Следовательно, каждый отсев может сортировать одновременно четыре разных по качеству продукта (четыреприемный отсев).

В соответствии с рисунком 2.28 ситовая рама имеет деревянный каркас, определяющий габарит, дно, которое принимает проходы сит верхнележащих рамок и на котором крепится направляющая для перемещения щеток-очистителей сита верхнележащей рамки. Для перемещения продукта по ситам используют гонки, располагающиеся над ситом. В зависимости от конструкции дна каждая ситовая рама выполняет специфические функции. В соответствии с рисунком 2.29 рама с проходным дном кроме того, что она принимает через специальный канал продукт и сортирует его на сите, принимает на дно с отверстием проходы сит верхнележащих рамок, перепускает их с помощью специального канала на нижележащие рамки, не смешивая их с продуктом на сите.

Рама с распределительным дном имеет специальные отверстия в дне (перфорированное дно), что позволяет ей принять проход сит (или одного сита) верхнерасположенных рам и распределить на сито данной рамы.

Рама отсевная со сплошным дном предназначена для сбора и вывода из отсева прохода сит верхнерасположенных рамок.

В соответствии с рисунком 2.30 пакетные отсева ЗРМ и ЗРМ-2М могут работать по шести технологическим схемам. Технологическая схема № 1 предназначена для «высоких» дражных и шлифовочных систем, т. е. начальных систем измельчения зерна с высоким режимом измельчения, что равносильно измельчению с большим рабочим зазором.

Технологическая схема № 2 предназначена для сортирования крупок, дунстов и муки, извлеченных при сортировании продуктов измельчения начальных измельчающих систем, а также для пересева сходов, отбросов, продуктов измельчения шлифовочных систем.

Технологическая схема № 3 предназначена для «низких» (малый рабочий зазор при измельчении) дражных систем, которые обрабатывают высокозольные остатки от зерна.

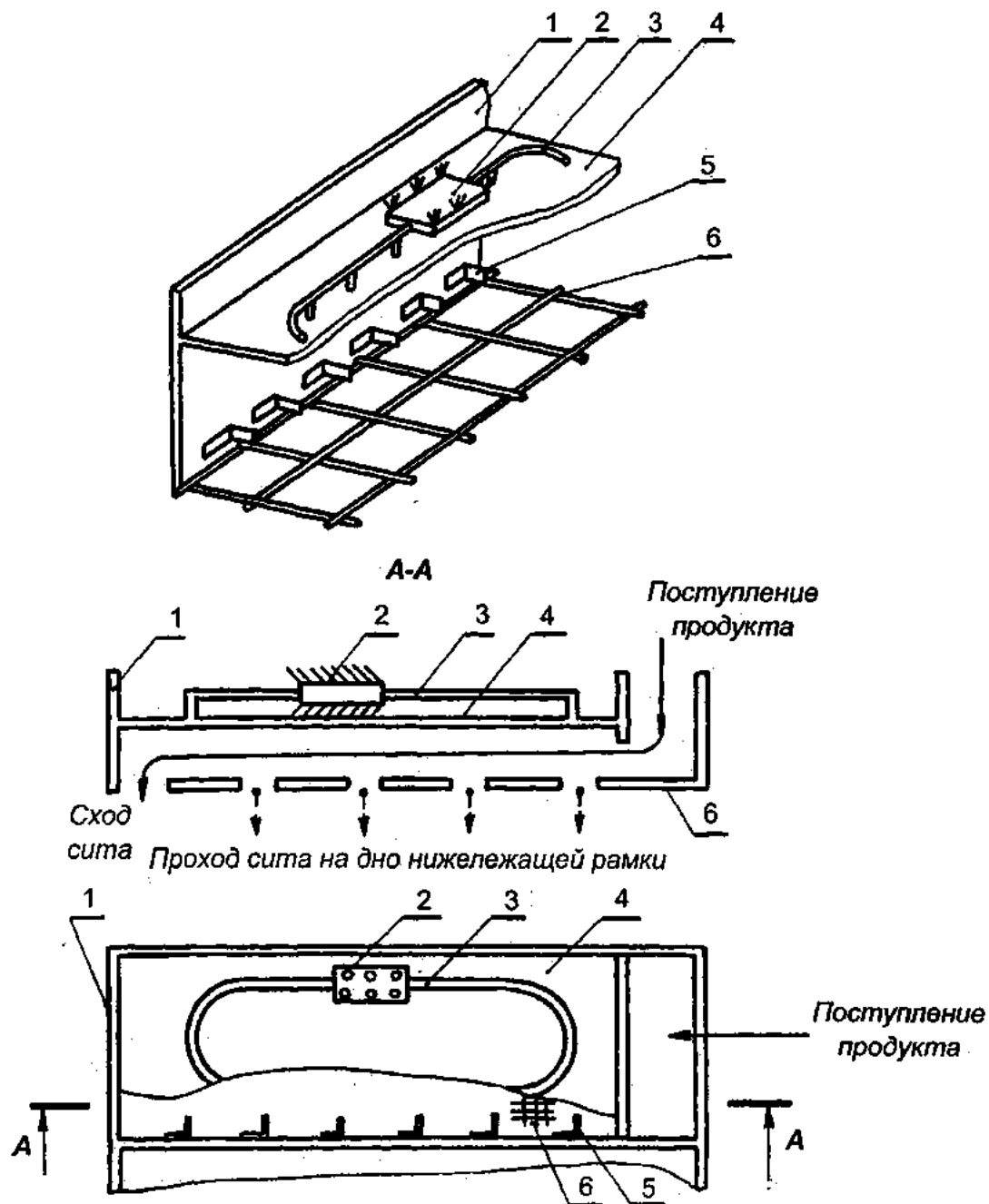
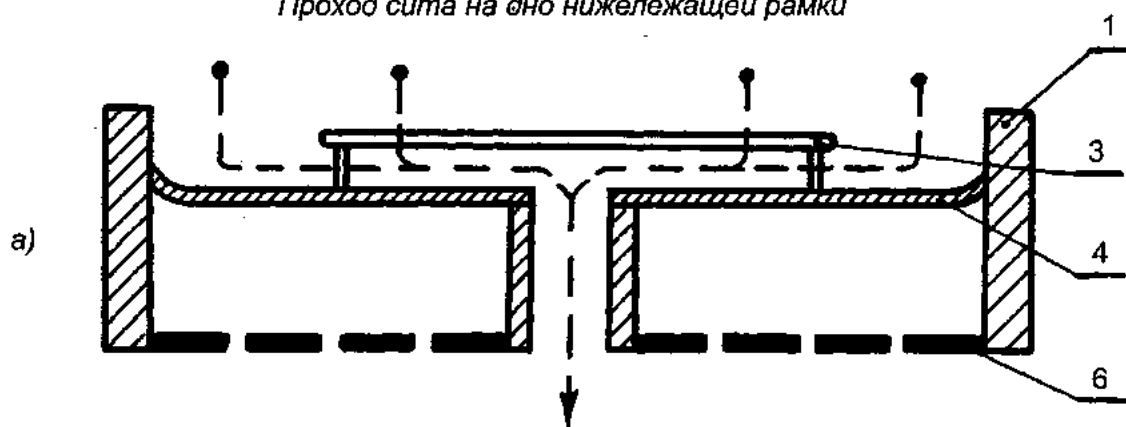
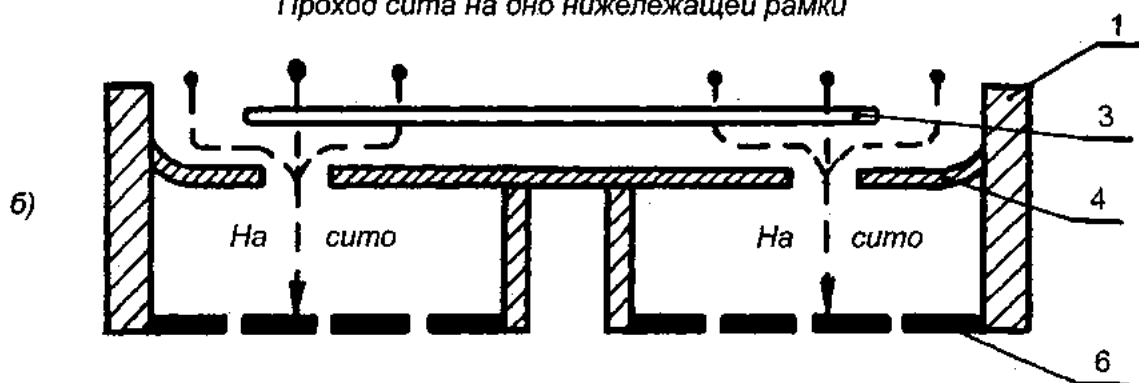


Рис. 2.28. Конструктивная схема ситовой рамы пакетного отсева:
 1 — боковая стенка; 2 — щетка-очиститель; 3 — направляющая для щетки;
 4 — дно; 5 — гонки; 6 — сито

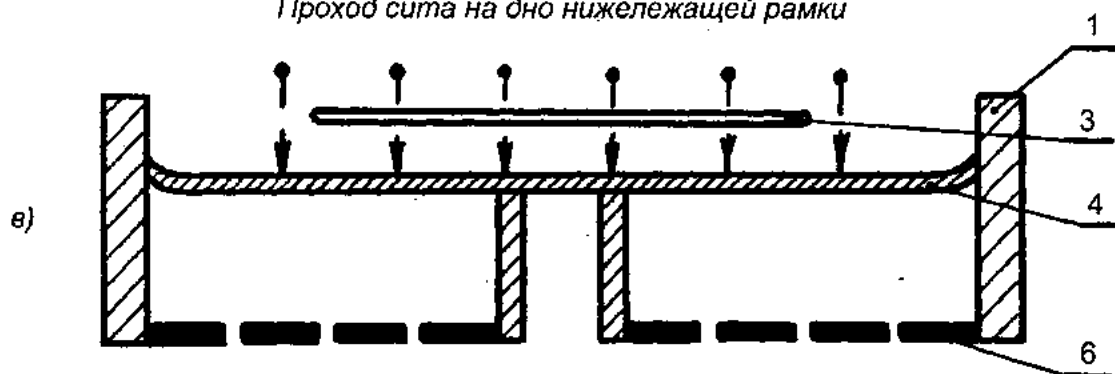
Проход сита на дно нижележащей рамки



Проход сита на дно нижележащей рамки



Проход сита на дно нижележащей рамки

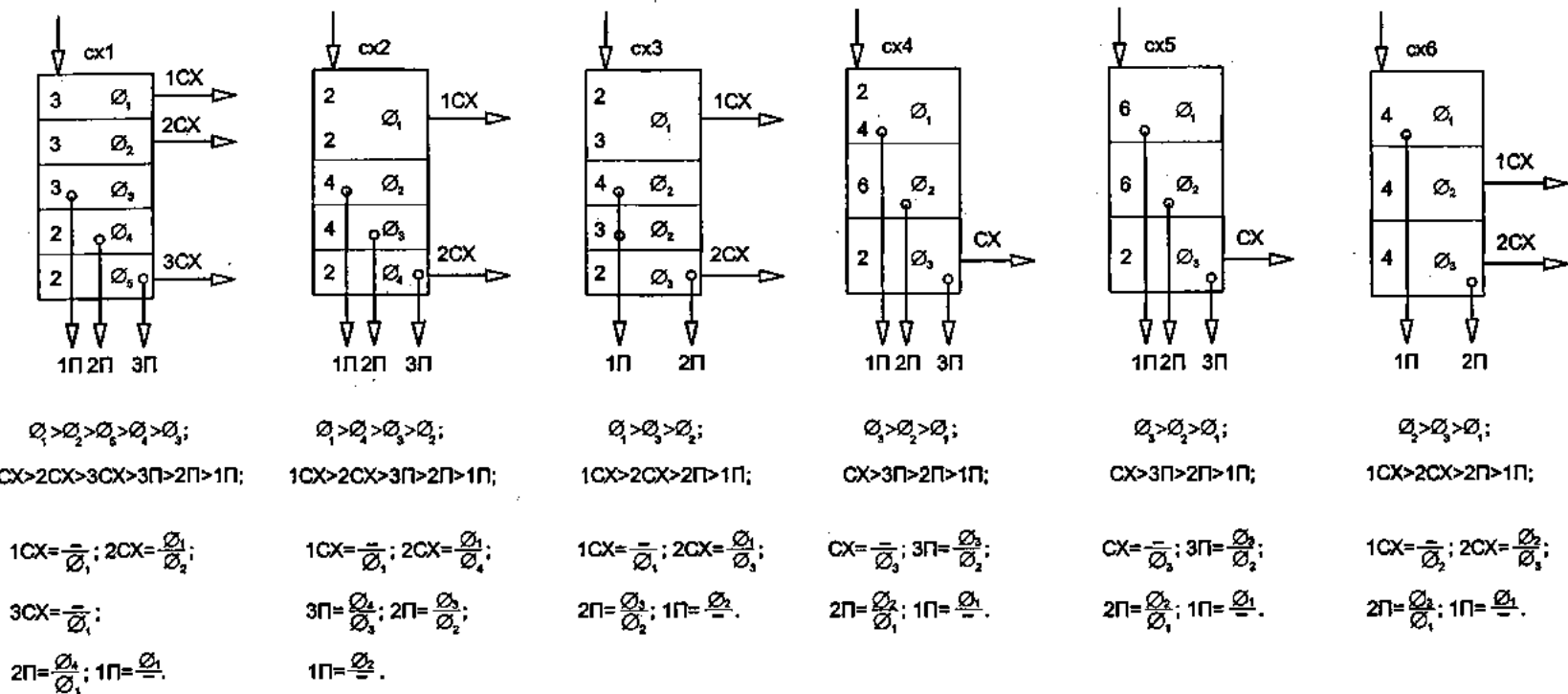


1 — боковая стенка;

3 — направляющая для щетки; 4 — дно; 6 — сито

Рис. 2.29. Ситовые рамы пакетного рассева

а) с проходным дном; б) с распределительным дном; в) со сборным дном



Ø — условные номера сит

Рис. 2.30. Технологические схемы пакетных рассевов

Технологическая схема № 4 предназначена для сортирования продуктов измельчения в размольном процессе (процесс предназначен для интенсивного, с минимальным рабочим зазором, измельчения крупок и дунстов), где получаются продукты с большим содержанием муки. Возможно также использование этой схемы сита для других пересевов с большим содержанием тонкоизмельченных продуктов.

Технологическая схема № 5 разработана для контроля муки, когда на систему пересева поступает в основном тонкоизмельченный продукт с небольшим содержанием случайно попавших более крупных оболочечных или крупитчатых продуктов.

Технологическая схема № 6 предназначена для мельниц обойного (простого, с минимальным отбором отрубей) помола пшеницы и ржи.

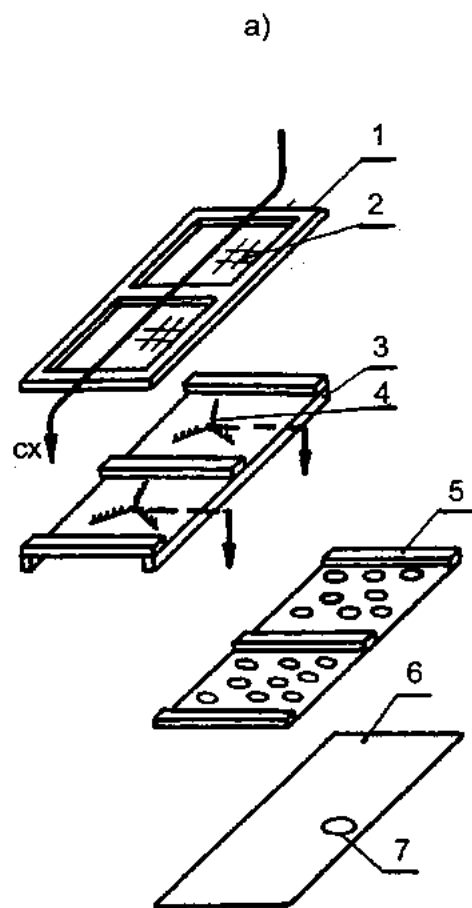
На рисунке 2.26 показаны условные номера сит в виде значка \emptyset с цифровым индексом, который означает, что сита данной группы имеют индивидуальный номер. Затем показано в убывающей последовательности соотношение размеров отверстий сит. Например, для технологической схемы сита № 1 дана следующая запись: $\emptyset_1 > \emptyset_2 > \emptyset_3 > \emptyset_4 > \emptyset_5$. Это значит, что независимо от качества и крупности сортируемого продукта при подборе сит необходимо, чтобы размер отверстий сита № 1 был больше размера отверстий сита № 2 и т. д.

Далее показано соотношение между крупностью выводимых продуктов. Выражение $1сх > 2сх > 3сх > 3П > 2П > 1П$ следует читать: крупность первого схода больше крупности третьего схода и т. д. Ниже этой записи приводится технологическая крупность выводимых из сита продуктов в виде дроби, в числителе которой показан номер сита, проходом которого получен продукт, а в знаменателе — сходом. Дефис в числителе дроби означает, что продукт по данной схеме сита не прошел никакого сита. Это может быть только для самого крупного продукта смеси. Дефис в знаменателе дроби означает, что продукт не получен сходом сит, принятых в сите данной технологической схемы. Это может быть только для самого мелкого продукта сортируемой смеси.

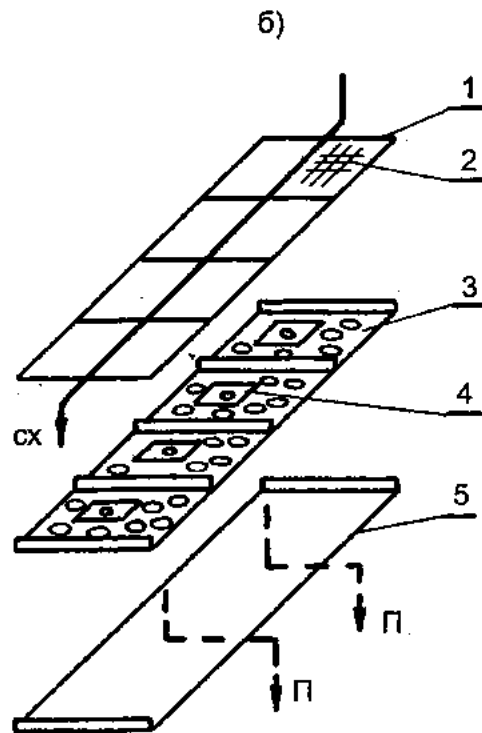
Шкафные сита

В шкафных ситах технологические схемы компонуются в ситовых кузовах — шкафах, куда ситовые рамы вставляются в определенные гнезда. Каждая модификация сита имеет определенное количество автономных частей ситового корпуса, способных сортировать продукт по одной из технологических схем. Это секция сита. Практически все известные марки шкафных сит имеют или четыре, или шесть секций. Для характеристики сита также используют термин четырех- или шестиприемный, что аналогично понятию четырех- или шестисекционный. Наиболее распространена в практической технологии марка сита ЗРШ-М. Промежуточная модель ЗРШ практически не эксплуатируется и поэтому по данной марке сита достаточно общих сведений, изложенных в таблице 2.26. В последнее время появились модернизированные сита ЗРШ-3М и ЗРШ-4М отечественной разработки, а также сита, изготовленные по лицензии фирмы Bühler — БРБ и БРВ. Во всех ситах шкафного типа основным элементом является также ситовая рама.

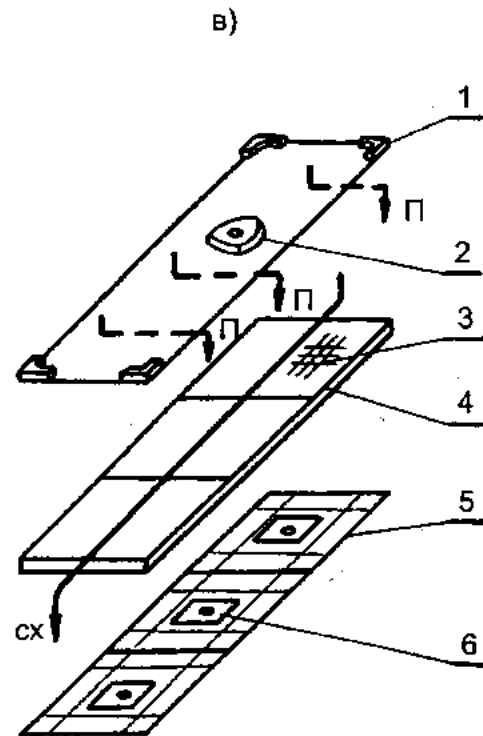
В соответствии с рисунком 2.31 ситовая рама в шкафном сите ЗРШ-М представляет собой деревянный каркас, разделенный поперечным брусом на две равные половины. Сверху



- 1 — ситовая рама;
- 2 — сито;
- 3 — поддон;
- 4 — очиститель;
- 5 — фордон;
- 6 — сборник;
- 7 — отверстие



- 1 — ситовая рама;
- 2 — сито;
- 3 — вкладыш;
- 4 — очиститель;
- 5 — поддон



- 1 — поддон глухой;
- 2 — побудитель;
- 3 — сито;
- 4 — ситовая рама;
- 5 — сетчатый поддон;
- 6 — очиститель

Рис. 2.31. Конструктивные схемы ситовых рам шкафных рассевов:
а) ЗРШ-М; б) ЗРШ-3М и ЗРШ-4М; в) БРБ и БРВ

каркаса натягивается сито. По сити продукт движется по длинной стороне, и сход попадает в один из каналов, расположенных или в дверце, или в распределительной коробке отсева. Проход сита может попадать или на поддон, или на фордон. По поддону (непроходная глухая перегородка) проход сита движется в поперечном направлении или в одну, или в обе стороны и попадает в один из боковых каналов. При необходимости собрать проход сита и направить для распределения на сита других рамок вместо поддона вставляют фордон — перегородку с отверстиями, которая принимает проход и передает на сборник. Транспорт продукта по плоскости сборника к отверстию, расположенному в непосредственной близости от сходовых каналов, осуществляется с помощью гонков. Для очистки сит в каждой ситовой раме установлены по две трехлопастные щетки инерционного действия.

Четырехприемные отсева ЗРШ-М могут работать по четырем схемам, а шестиприемные — по трем. Причем технологические схемы № 1, 2, 3 для обоих типоразмеров отсевов одинаковы. В соответствии с рисунком 2.32 при сортировании по первой схеме исходная смесь делится на пять продуктов, по второй — на пять, по третьей — на четыре, а по четвертой — на три продукта.

Первая технологическая схема предназначена для сортирования продуктов измельчения высоких драных систем (измельчение осуществляется при сравнительно больших рабочих зазорах) при начальном измельчении зерна, а также для сортирования продуктов измельчения системы шлифования крупок.

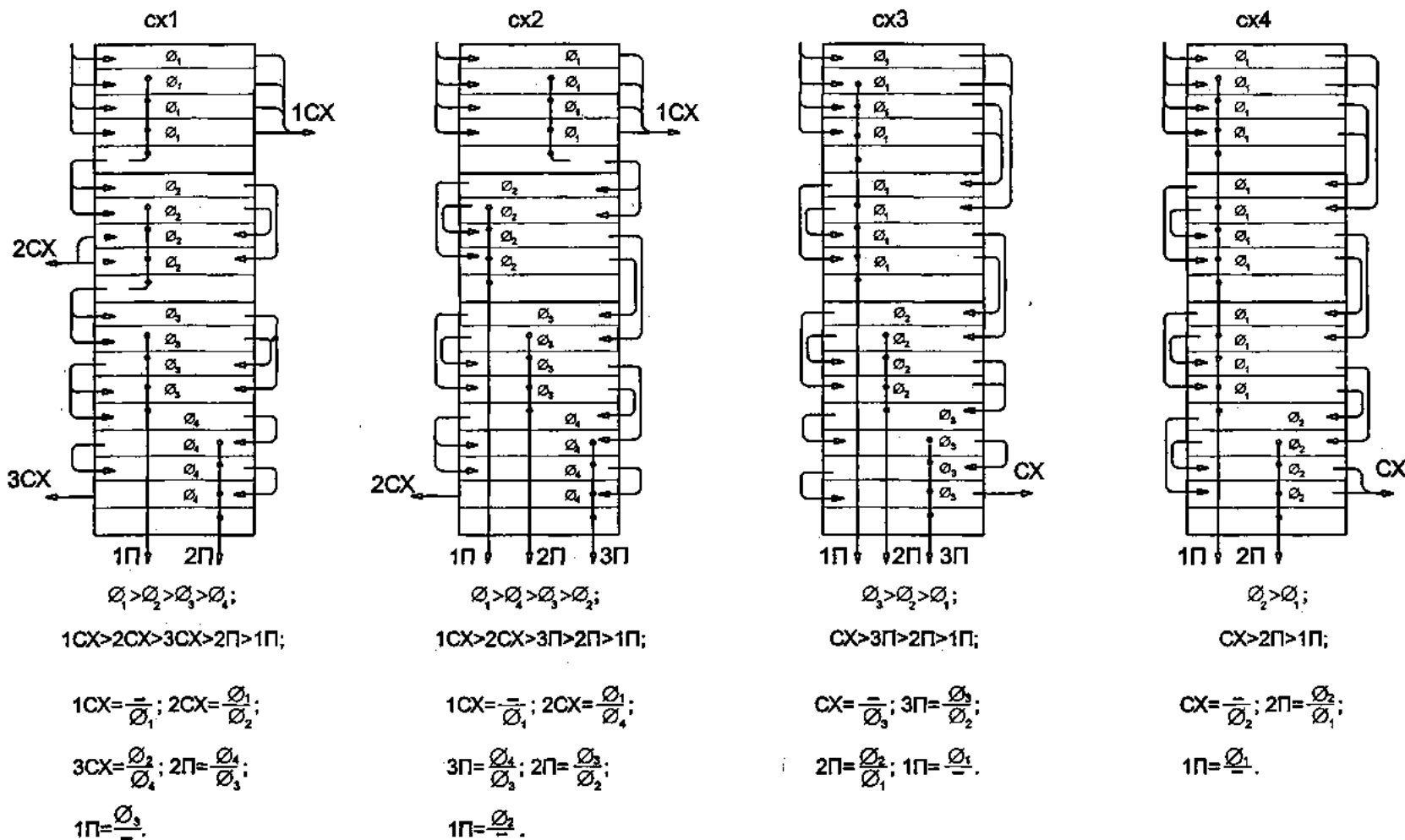
Вторая технологическая схема предназначена для сортирования продуктов измельчения последних драных систем, где измельчаются высокозольные остатки от зерна после извлечения эндосперма. Схема также используется для сортирования продуктов измельчения сходовых и вымольных размольных систем.

Третья технологическая схема предназначена для сортирования продуктов измельчения размольных, сортировочных и контрольных систем, куда поступают тонкоизмельченные смеси с большим количеством муки.

Четвертая технологическая схема предназначена для сортирования продуктов измельчения на мельницах обойного помола пшеницы и ржи. В технологических схемах помолов отсева изображают упрощенно в соответствии с рисунком 2.27.

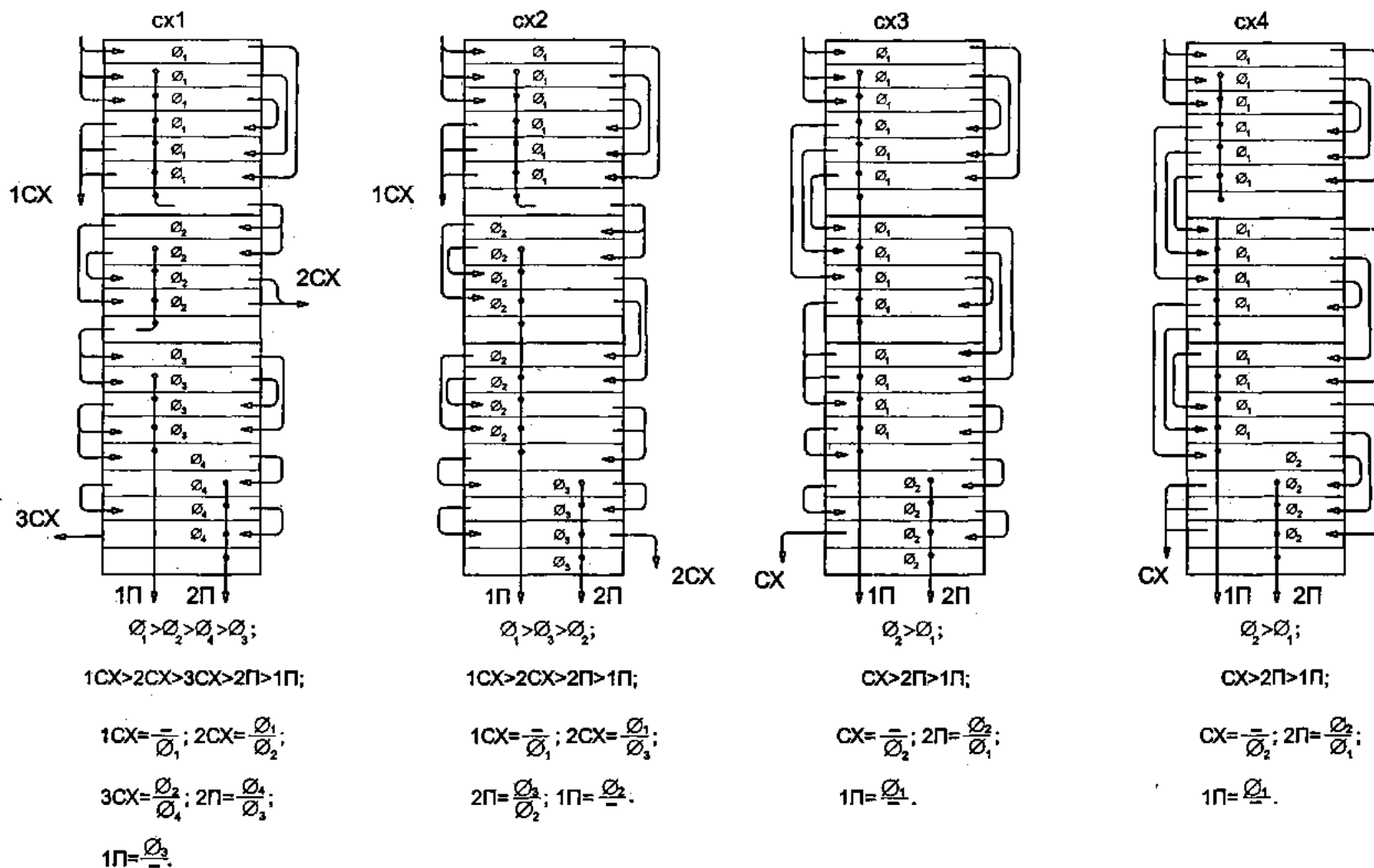
Как и для пакетных отсевов, на рисунке 2.32 показаны условные номера сит в виде значка Ø с цифровым индексом, что означает, что сита данной группы имеют индивидуальный номер. Затем показаны в убывающей последовательности условные номера сит при сравнении их размеров отверстий. Далее по убывающей степени расположены выводимые продукты в виде сходов и проходов, а также их технологическая крупность, выраженная отношением номера сита, проходом которого получен продукт, к номеру сита, сходом которого получен продукт.

Отсевы ЗРШ-3М и ЗРШ-4М имеют одинаковую конструкцию ситовой рамки, которая изготавливается из деревянных брусков и разделена на четыре ячейки. В ячейки рамы вставляются коробчатые вкладыши с перфорированным дном. Вкладыши служат опорой очистителям, которые помещаются на вкладыши перед натяжкой сита. Снизу ситовой рамы прикрепляется поддон, представляющий собой глухой лист с загнутыми концами по короткой стороне рамы. Последние препятствуют перемещению проходовой фракции вдоль ситовой рамы. Проходная фракция может перемещаться в обе стороны (двухскат-



Ø — условное обозначение номера сита; CX — сход сита; П — проход сита

Рис. 2.32. Технологические схемы расфевов ЗРШ-М и ЗРШ-ЗМ



Ø — условное обозначение номера сита; CX — сход сита; Π — проход сита

Рис. 2.33. Технологические схемы рассевов ЗРШ-4М

ная рама) и в одну сторону (односкатная рама). Технологические схемы рассева ЗРШ-3М полностью соответствуют технологическим схемам рассева ЗРШ-М.

Рассев ЗРШ-4М может быть изготовлен в четырех- и шестиприемном исполнении. Секции четырехприемного рассева могут работать по четырем технологическим схемам, секции шестиприемного — только по первым трем. Назначение технологических схем аналогично технологическим схемам рассевов ЗРШ-М и ЗРШ-3М. В соответствии с рисунком 2.33 над каждым ситом проставлен условный номер, а под каждой технологической схемой показано изменение размеров отверстий сит и крупностей продуктов. Подробно суть информации изложена для пакетных рассевов и рассевов ЗРШ-М, ЗРШ-3М.

Рассевы БРБ и БРВ из серии комплектного оборудования выпускаются в двух типоразмеров: шестиприемные РЗ-БРВ для разделения продуктов измельчения зерна и четырехприемные РЗ-БРВ — для контроля муки.

Шестиприемный и четырехприемный рассевы представляют собой сборную конструкцию шкафного типа. Корпус шестиприемного рассева имеет 12 модификаций в зависимости от сочетания исполнения каркасов, заглушек, лючков и т. п. Двери рассева имеют сложное строение. Внутри дверей установлены лотки, заглушки, образующие перепускные каналы для передачи сходовых фракций с одних сит на другие в соответствии с технологической схемой.

В каждой секции рассева установлены 22 ситовые рамки с поддонами. Рама представляет собой деревянный каркас, разделенный на три одинаковые по размерам части. Сверху рамы к деревянному каркасу крепится сито, окаймленное по периметру тесьмой. К нижней части рамы крепится поддон из металлической сетки, который служит опорой для инерционного очистителя. Очиститель выполнен в виде прямоугольной пластины из тканого материала с кнопкой посередине. Очиститель движется по сетчатому поддону кнопкой вниз и маховыми краями очищает сито. По мере износа очиститель округляется вокруг кнопки, его площадь уменьшается, что свидетельствует о необходимости его замены.

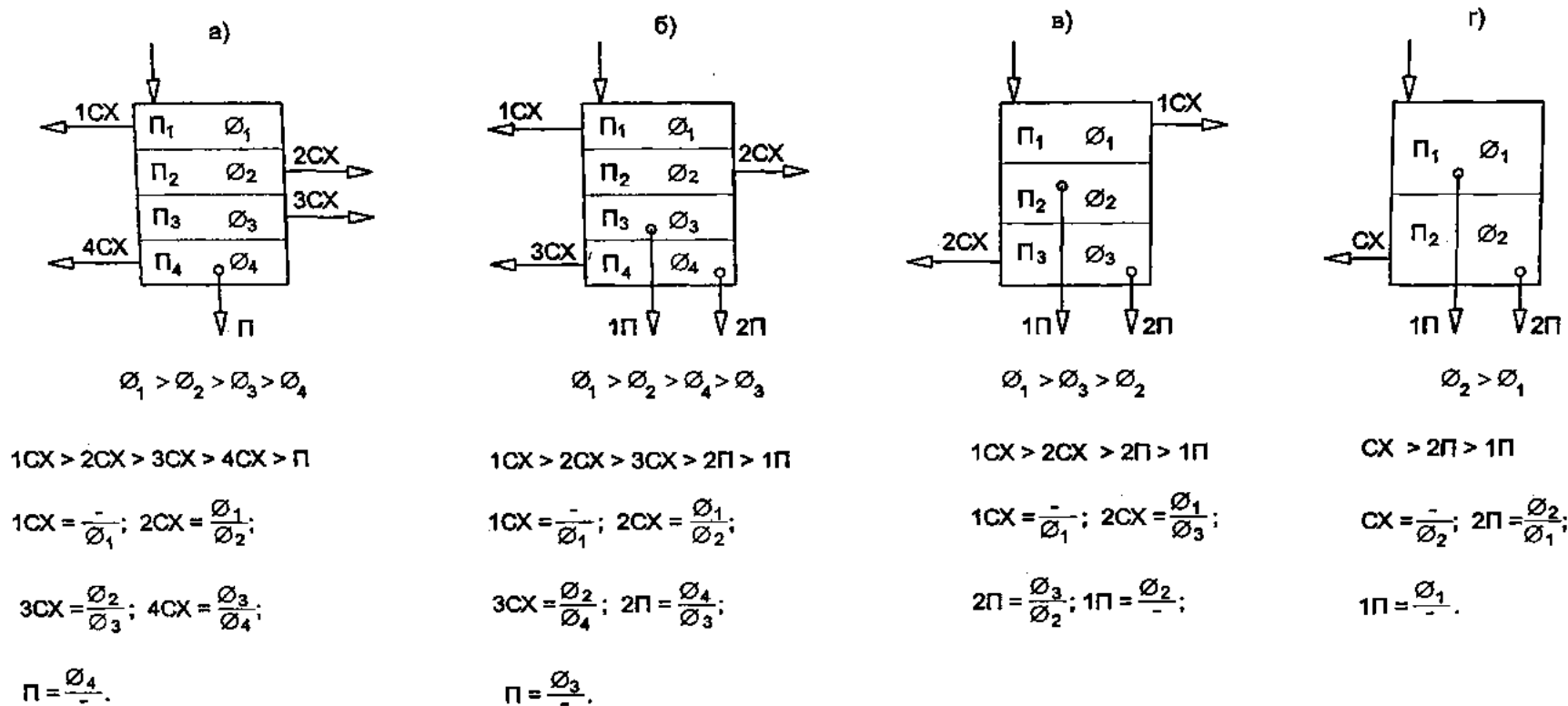
На верхнюю часть ситовой рамы устанавливается поддон, который служит для приема прохода сит верхележащей рамки и транспортировки его в соответствии с технологической схемой. Поддон представляет собой металлическую пластину с пластмассовыми ограничителями. Конструктивно поддоны должны обеспечивать транспортировку проходовой фракции сита на одну или на обе стороны. Для ускорения вывода продукта на каждом поддоне установлен побудитель инерционного принципа действия.

Ситовая рама вместе с поддоном в собранном виде устанавливается внутрь ситового кузова по уголковому направляющим и образует вместе с вертикальными брусками боковые каналы для вывода проходových фракций. В зависимости от технологической схемы каналы перекрываются съемными перекрышами.

Выпускные устройства рассевов представляют собой поддоны с патрубками, которые соединены матерчатыми рукавами с напольными тумбочками-патрубками. Для отбора проб патрубки оборудованы съемными резиновыми крышками.

Рассевы РЗ-БРБ и РЗ-БРВ имеют три типа технологических схем. В соответствии с рисунком 2.34 технологические схемы первого типа имеют четыре группы сит и предназначены для получения четырех сходовых и одной проходовой фракций или трех сходовых и двух проходových фракций.

Всего технологических схем первого типа шесть.



\varnothing — условное обозначение номера сита; CX — сход сита; П — проход сита

Рис. 2.34. Технологические схемы рассевов РЗ-БРБ и РЗ-БРВ:
а), б) первого типа; в) второго типа; г) третьего типа

Технологических схем второго типа — тринадцать; каждая имеет три группы сит, на которых получают две сходовые и две проходовые фракции.

Технологических схем третьего типа — две. Каждая имеет две группы сит, что позволяет получить две проходовые и одну сходовую фракции.

Технологические схемы первого типа используют для драных систем и четвертой размольной. Технологические схемы второго типа — для систем сортировок, пересевов, размольных и шлифовочных систем. Технологические схемы третьего типа — для контроля муки. Высокая эффективность рассевов БРБ и БРВ кроме высокого качества деталей и узлов обеспечивается большим разнообразием технологических схем внутри каждого типа, которые отличаются числом сит в группах. Это значит, что в зависимости от фракционного состава продуктов измельчения можно подобрать индивидуальную технологическую схему рассева с определенным количеством сит в группах. Таким образом, в зависимости от состава сортируемых продуктов подбором технологической схемы рассева можно оптимизировать нагрузки на сита и увеличивать эффективность просеивания.

§3. Подбор сит при сортировании продуктов измельчения

Эффективность ведения технологического процесса в размольном отделении мельницы напрямую зависит от правильности подбора сит. Сито, как средство обеспечения технологического процесса, в первую очередь влияет на количественное соотношение схода и прохода, которое должно быть определенным на конкретном этапе. Технология муки построена таким образом, что количество оборудования на каждом этапе зависит от массы поступающих продуктов с предыдущих систем. Любое изменение количества поступающего продукта приводит к изменению нагрузки на систему, машину, к нарушению режимов работы, к снижению эффективности и в крайних случаях к технологическим остановкам и к аварийным ситуациям.

Таким образом, правильность подбора сит существенно влияет на ведение технологического процесса и определяет:

- ♦ загрузку сит других групп данного рассева;
- ♦ загрузку последующих систем технологического процесса;
- ♦ непрерывность и бездефектность работы оборудования и самих сит;
- ♦ производительность мельничного предприятия в целом;
- ♦ соотношение основных и побочных продуктов;
- ♦ расход энергии на производство продукции.

Очевидно, что подбор сит необходимо увязывать с задачами технологии в целом и на конкретном этапе. В связи с этим конкретный подбор сит по этапам технологии будет рассмотрен в частной технологии муки. В настоящем разделе освещаются лишь общие положения.

Подбор сит в рассевах и других сепарирующих машинах может осуществляться как при эксплуатации действующего предприятия, так и при разработке или коррекции технологических схем, например, при изменениях в технологии. Первый вариант работы с ситами осуществляется практически непрерывно по мере производственной необходимости. Причин замены и корректировки сит множество:

- ♦ завышенное содержание проходовых фракций в сходах;
- ♦ износ и порыв сит;
- ♦ попадание высокозольных сходовых частиц в проход из-за неверно подобранного номера;
- ♦ повышенная зольность муки;
- ♦ плановая замена сит в период ремонтов и т. п.

При разработке технологических схем задача подбора сит определяется следующими исходными данными:

- ♦ видом перерабатываемой культуры;
- ♦ типом помола или количеством и качеством конечной продукции;
- ♦ производительностью предприятия;
- ♦ особенностью технологии на конкретном этапе;
- ♦ видом и технологической схемой принятого оборудования и т. п.

Процедура подбора сит начинается с оценки состава сортируемого продукта, т. е. с определения, на сколько фракций необходимо и возможно разделить исходную смесь. Чаще всего информация о составе смеси задается в неявном виде и требует конкретных технологических знаний. Например, продукты измельчения получены при начальном измельчении зерна с интенсивностью, характеризуемой величиной общего извлечения через контрольное сито заданного номера (подробно понятия извлечения и номера контрольного сита будут рассмотрены в разделе об измельчении зерна и компонентов комбикормов). Или смесь получена проходом и сходом конкретных сит соответствующей системы и т. п. Таким образом, проанализировав такого рода информацию, определяют состав продуктов измельчения.

Далее выбирают «тип отсева» и принимают технологическую схему. Это значит, что исполнитель знает, какое количество сходов и проходов может быть получено при сортировании продукта по данной технологической схеме и сравнительную крупность каждого выводимого продукта.

После этого принимают тип и материал сит для проведения сортирования. При этом учитывают общие сведения о ситах, условиях их применения, срок службы сит и т. п. Так, есть специальные сита для высева муки, для отбора крупок и дунстов. Известно также, что продукты начального измельчения зерна имеют острые кромки, которыми интенсивно истираются сита при перемещении по ним продуктов. Поэтому для повышения износостойкости принимают металлотканые сита и т. п.

Оценивают возможность технологической схемы отсева или сколько разделенных потоков продуктов можно получить. Если количество продуктов в сортируемой смеси больше возможности отсева, то принимают решение об объединении части продуктов и выводе их из отсева смесью. После объединения количество фракций, на которое делится сортируемая смесь, должно соответствовать возможности технологической схемы отсева. При этом на первом этапе сортирования крупные продукты выводятся отдельно, а мелкие — смесью, которая затем дополнительно сортируется. Далее записывают технологическую крупность фракций принятыми номерами сит в соответствии с таблицей крупности и определяют способ (сходом или проходом) и место их вывода из отсева.

Расставляют сита.

Пример. Подобрать сита и рассортировать смесь, состоящую из мелких крупок, жесткого и мягкого дунстов и муки. Эта задача из реальной технологии, когда продукты измельчения начальных систем драного процесса сортируются в два этапа из-за большой вариации размеров частиц в продуктах начального измельчения зерна. Как раз на второй этап сортирования и поступает вышеописанная смесь.

Для сортирования используем технологическую схему № 3 отсева ЗРШ-М и полиамидные сита для высева крупок.

В соответствии с рисунком 2.32 технологическая схема № 3 отсева ЗРШ-М сортирует исходные продукты на четыре фракции. Три фракции выводятся проходом, а одна — сходом.

Из информации о схеме известно, что самый крупный продукт должен быть выведен сходом, второй по крупности — третьим проходом, третий по крупности — вторым проходом и самый мелкий продукт — первым проходом.

Расположим по убывающей степени крупности продукты смеси, записав технологическую крупность каждого продукта названием и полиамидными ситами (знак > означает крупнее):

• мелкая крупка > жесткого дунста > мелкого дунста > муки.

$$\bullet \frac{15,5\text{ПА}}{21\text{ПА}} > \frac{21\text{ПА}}{27\text{ПА}} > \frac{27\text{ПА}}{46\text{ПА}} > \frac{46\text{ПА}}{-}$$

Очевидно, что самый крупный продукт смеси — мелкая крупка выводится из отсева сходом. Следовательно, вместо \emptyset_3 надо поставить 21ПА или просто 21.

Второй по крупности продукт — жесткий дунст выводится из отсева третьим проходом сита 21ПА или просто 21.

Третий по крупности продукт смеси — мягкий дунст выводится из отсева вторым проходом сита \emptyset_2 . Следовательно, в соответствии с крупностью мягкого дунста вместо \emptyset_2 необходимо принять сито 27ПА или 27.

Четвертый по крупности продукт — мука выводится первым проходом, следовательно, вместо \emptyset_1 необходимо принять номер сита 46 для первой и второй групп сит в отсева.

§4. Технологическая эффективность сортирования по крупности с использованием сит

Задача сортирования по крупности — это задача сепарирования. Поэтому эффективность технологии может быть оценена с использованием вышеприведенных уравнений и процедур. Однако специфика сортирования по крупности продуктов измельчения выработала свои несколько отличные критерии для оценки. Смесь различных по крупности продуктов считается идеально разделенной, если все частицы исходной смеси, размер которых меньше размера отверстия сита (проходные частицы), просеются и окажутся в проходе. В условиях реального сепарирования не все проходные частицы достигают поверхности сита и вместе с более крупными сходовыми окажутся в сходе. Такое явление получило название недосева. Величина недосева зависит от гранулометрического состава и физических свойств сортируемых продуктов, главным образом определяющих сыпучесть (влажность, коэффициент внутреннего трения, плотность, соотношение оболочек и эндо-

сперма и т. п.). На величину недосева оказывают влияние также состояние и конструктивные особенности используемого оборудования. В первую очередь, это соответствие кинематических параметров оборудования характеру сортируемых продуктов. Так, для разных продуктов меняется частота круговых колебаний решета и радиус колебаний.

Величина недосева может меняться от величины удельной нагрузки на сито, от эффективности работы аспирации, исправности механизмов и узлов решета.

Для количественной оценки недосева рассчитывают коэффициент недосева как относительное содержание проходных частиц в сходовых продуктах к их начальному содержанию в исходной смеси. Для расчета необходимо составить материальный баланс распределения продуктов на сите. Пусть на сито поступает продукт общей массой M_o , который содержит проходные частицы массой m_n и сходовые — m_{cx} . В результате реального сепарирования продукт разделится на сход и проход. В сходе сита окажутся все сходовые частицы (m_{cx}) и часть проходных частиц из-за явления недосева (m_{nn}). Остальные проходные частицы окажутся в проходе сита (m_{nn}).

Таким образом,

$$\begin{aligned} M_o &= m_n + m_{cx} \\ m_n &= m_{nn} + m_{nn} \\ M_o &= m_{cx} + m_{nn} + m_{nn} \end{aligned}$$

$$\text{Тогда коэффициент недосева } \eta_n = \frac{m_{nn}}{m_{nn}} \cdot 100 \% . \quad (2.25)$$

Оценивают эффективность сортирования также и по коэффициенту извлечения:

$$\eta_u = \frac{m_{nn}}{m_n} \cdot 100, \% . \quad (2.26)$$

Очевидно, что $\eta_n + \eta_u = 100$.

Коэффициент недосева нормируется в зависимости от крупности сортируемых продуктов. Так, его величина в крупных продуктах, например в верхних сходах драных систем (частицы с размерами больше 1–2 мм), не должна превышать 5–10 %. Для сходов размольных систем (частицы более мелкие с размерной характеристикой 0,3–0,5 мм) эта величина не должна быть выше 10–15 %, а содержание муки в дунстах не должно превышать 20 %.

Кроме недосева одной из характеристик процесса сепарирования на сите в решете является удельная нагрузка q_s . Различают общую удельную нагрузку q_{so} и частную удельную нагрузку q_{st} . Удельная нагрузка численно равна массе продукта в килограммах, проходящего через 1 м^2 просеивающей поверхности за сутки:

$$q_{so} = \frac{G \cdot 1000}{S_o \cdot \tau_o} , \quad (2.27)$$

где G — масса переработанного зерна, т;

$S_o = \sum_1^n S_i$ — суммарная просеивающая поверхность всех систем просеивания, м^2 ;

S_i — просеивающая поверхность единичной системы, м^2 ;

τ_0 — рабочий период, за который переработано G т зерна в сутки.

Величина удельной нагрузки q_{so} зависит от типа помола, конструкции рассева, вида перерабатываемого зерна. Так для рассевов ЗРШ-М и сортовых помолов $q_{so} = 1000-1200$ кг/м² · сутки, для обойных помолов она возрастает до 4000–4800 кг/м² · сутки.

Для пакетных рассевов удельная нагрузка ниже на 20–25 %, для рассевов БРБ и БРВ — на 20–25 % выше, чем для рассевов ЗРШ-М.

Частная удельная нагрузка рассчитывается на конкретную систему технологического процесса:

$$q_{si} = \frac{G \cdot 1000 \cdot C_i}{100 \cdot S_i \cdot \tau_0}, \quad (2.28)$$

где C_i — количество продукта, поступившего на i -ю систему, по отношению к массе продукта на первой системе технологического процесса, %;

S_i — площадь просеивающей поверхности i -й системы, м².

Величина частной удельной нагрузки колеблется для сортовых помолов пшеницы от 18000–22000 до 3000–3500 кг/м² · сутки в зависимости от системы технологического процесса.

Величина удельной нагрузки также может быть выражена в тоннах, на секцию рассева, на целый рассев и т. п.

Поддержание удельных нагрузок на оптимальном уровне — одно из основных условий эффективной эксплуатации систем сортирования и, в частности, рассевов. Колебания удельных нагрузок могут привести к росту недосевок, перегрузке или недогрузке систем технологического процесса, к увеличению оборота продуктов, повышенному расходу энергии и т. п.

§5. Сепарирование промежуточных продуктов измельчения в технологии муки по качеству

Общие вопросы

В практической технологии муки эту операцию называют обогащением или разделением продуктов измельчения по дробности или по качеству.

Под термином качество продукта следует понимать его зольность или относительное содержание в нем высокозольных оболочек. Высокое качество свидетельствует о низкой зольности и незначительном содержании в нем оболочек, низкое качество, наоборот, — о высокой зольности и о значительном содержании в нем высокозольных оболочек. Операция сепарирования продуктов измельчения по качеству осуществляется с использованием ситовеечных машин, где разделение происходит одновременно с использованием сит и пневмосепарирующих свойств воздушного потока. Необходимость операции обогащения становится очевидной, если проанализировать качество промежуточных продуктов по соотношению оболочек и эндосперма. Во всех фракциях крупности в смеси присутствуют:

- частицы чистого эндосперма, пригодные для измельчения в муку высоких сортов без проведения каких-либо дополнительных операций по улучшению их качества;

- частицы, представляющие с собой сростки оболочек и эндосперма, которые требуют дополнительной обработки с целью разделения высокозольных оболочек и низкозольного эндосперма;
- частицы с преимущественным содержанием оболочек («свободные» оболочки), которые должны обрабатываться с единственной целью — отделением остатков эндосперма от оболочек. Операция в технологии получила название вымола оболочек.

Объективные данные свидетельствуют, что при зольности эндосперма 0,35–0,50 % и зольности оболочек (плодовых, семенных) и алейронового слоя 8,0–15,0 % зольность промежуточных по крупности продуктов значительно превышает зольность эндосперма и составляет (по данным Л.Е. Айзиковича) следующие величины, %:

передирная крупка (крупная фракция крупной крупки)	1,70–2,50
крупная крупка	0,90–2,00
средняя крупка	0,70–1,10
мелкая крупка	0,61–1,00
жесткий дунст	0,55–0,90
мягкий дунст	0,50–0,80

Это свидетельствует о значительном содержании в промежуточных продуктах крупности высокозольных оболочек. Причем, с увеличением крупности продукта его зольность возрастает. В практической технологии считается, что если зольность крупок и дунстов укладывается в вышеуказанные пределы, то их обычно относят к продуктам первого качества, а если превышает — то к продуктам второго качества. Измельчение промежуточных продуктов в виде смеси оболочек, сростков и эндосперма в муку не может дать продукцию высокого качества, так как зольность практически всех этих продуктов выше зольности муки высшего сорта. Поэтому необходима предварительная обработка крупно-дунстовых продуктов всех фракций крупности с целью удаления высокозольных оболочек. Обычным ситовым сепарированием удастся выделить лишь незначительное количество эндосперма в чистом виде и только при эффективной водно-тепловой обработке зерна при его подготовке к помолу. Однако добиться при этом большого выхода высококачественных промежуточных продуктов не удастся. Поэтому в технологии муки для улучшения качества промежуточных продуктов и таким образом создания условий для увеличения выхода муки высших сортов используют процесс обогащения на ситовейках. Обогащение или разделение по добротности основано на различии физико-химических свойств частиц чистого эндосперма, сростков и оболочек. Обогащению подвергают практически все промежуточные продукты — крупки и дунсты. Попадая на наклонное сито, совершающее возвратно-поступательное движение, продукт расслаивается (стратификация) под воздействием гравитационных и инерционных сил. Частицы эндосперма, имеющие наибольшую плотность, перемещаются вниз к ситу, а оболочки, имеющие меньшую плотность, «всплывают», то есть перемещаются вверх слоя продукта. Воздушный поток, который пронизывает слой продукта снизу вверх, усиливает расслоение. Возникает так называемое явление псевдооживления слоя, что благоприятно действует на явление стратификации. В результате этого явления частицы в сите группируются по характерным признакам. В нижнем слое окажутся более плотные частицы эндосперма, в промежуточном слое — частицы сростков оболочек и эндосперма, а в верхнем — частицы «свободных» оболочек. Таким образом создаются условия для разделения смеси по убывающей плотности про-

дукта. Считается, что в ситовечной машине для эффективного введения процесса обогащения используют не один какой-то признак, отличающий частицы с различным содержанием оболочек эндосперма, а совокупность признаков. Реально для разделения по качеству используют следующие различия частиц с разным соотношением оболочек и эндосперма:

- по форме. Если форма частиц эндосперма — неправильные многогранники, а оболочек — пластинчатая, то сrostки занимают промежуточное положение. Следовательно, при самосортировании на сите оболочки, как более шероховатые, имеют меньшую способность, чем эндосперм, опускаться вниз к сити в слое продукта;
- по плотности. При плотности чистого эндосперма $1,44-1,47 \text{ мг/мм}^3$ оболочки имеют плотность $1,37-1,39 \text{ мг/мм}^3$. Сrostки занимают промежуточное положение;
- по объемной массе. Объемная масса крупок больше, чем оболочек;
- по скорости витания. Оболочки имеют значительно меньшую скорость витания, чем эндосперм. По данным К.В. Дрогалина (в соответствии с рис. 2.35), частицы, обладающие наибольшей зольностью, витают при скоростях воздушного потока $0,4-0,8 \text{ м/с}$. Скорость витания сверх $0,8 \text{ м/с}$ имеют частицы, приближающиеся по зольности к зольности эндосперма. При скорости витания $2,0-2,2 \text{ м/с}$ крупки представляют собой почти чистый эндосперм.

Кроме вышеперечисленных различий отмечается увеличение скорости витания с увеличением массы единичной частицы, а также увеличение зольности частиц с увеличением их крупности.

Таким образом, при возвратно-поступательном движении сита в восходящем потоке воздуха смесь разрыхляется, псевдоожижается, и частицы с различным содержанием эндосперма занимают положение в соответствии с рисунком 2.35. Если считать поверхность сита за начало отсчета, то частицы в слое располагаются по убывающей плотности ρ , по убывающей скорости витания V_v , по возрастающему коэффициенту трения f и по возрастающей зольности Z . Для расслоения смеси и ее последующего разделения при заданной удельной нагрузке необходимы оптимальные значения скорости воздушного потока, угла наклона и числа колебаний сита, а также оптимальная длина ситового яруса. При этом номера сит в ярусе должны соответствовать крупности обогащаемого продукта. При оптимальных вышеперечисленных параметрах проходом сит получают частицы с максимальным содержанием эндосперма, а сходом — частицы с максимальным содержанием оболочек.

Технологические схемы ситовечных машин

Принципиально технологию обогащения можно осуществить на одном ярусе сит (одноярусные ситовейки), на двух ярусах (двухъярусные), на трех ярусах (трехъярусные). Возможно увеличение количества ярусов сит по вертикали более трех, но с незначительным эффектом с практической точки зрения. Промышленность выпускает двухъярусные и трехъярусные ситовечные машины, в которых в зависимости от схемы перемещения продукта по ситам может осуществляться последовательный, параллельный и смешанный способ обогащения по аналогии с просеиванием в отсевах. Наибольшее распространение получили ситовечные машины двухъярусные со смешанным циклом обогащения типа ЗМС и трехъярусные — с последовательным циклом обогащения БСО. В таблице 2.27 приведена техническая характеристика ситовечных машин. При этом следует учи-

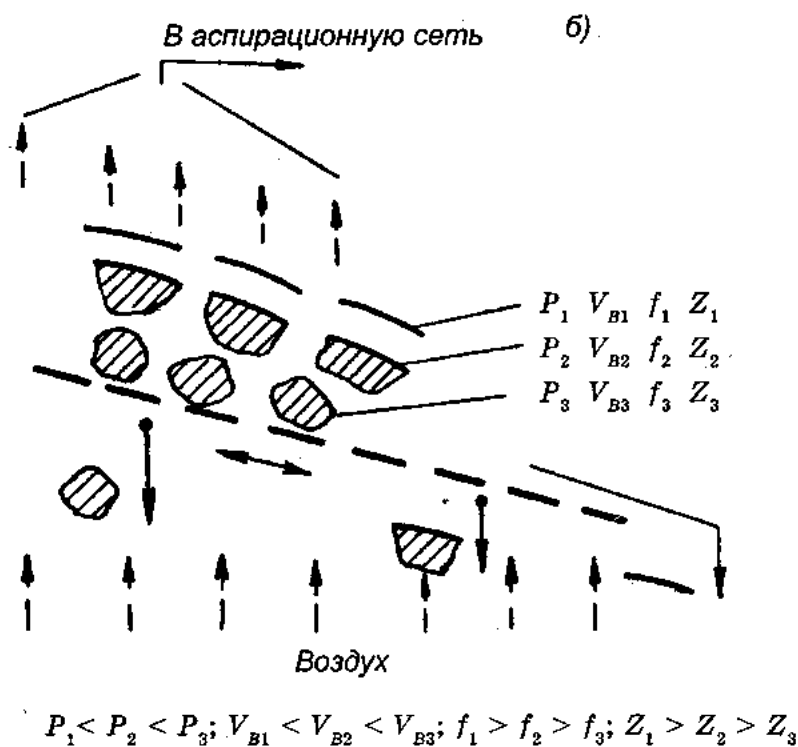
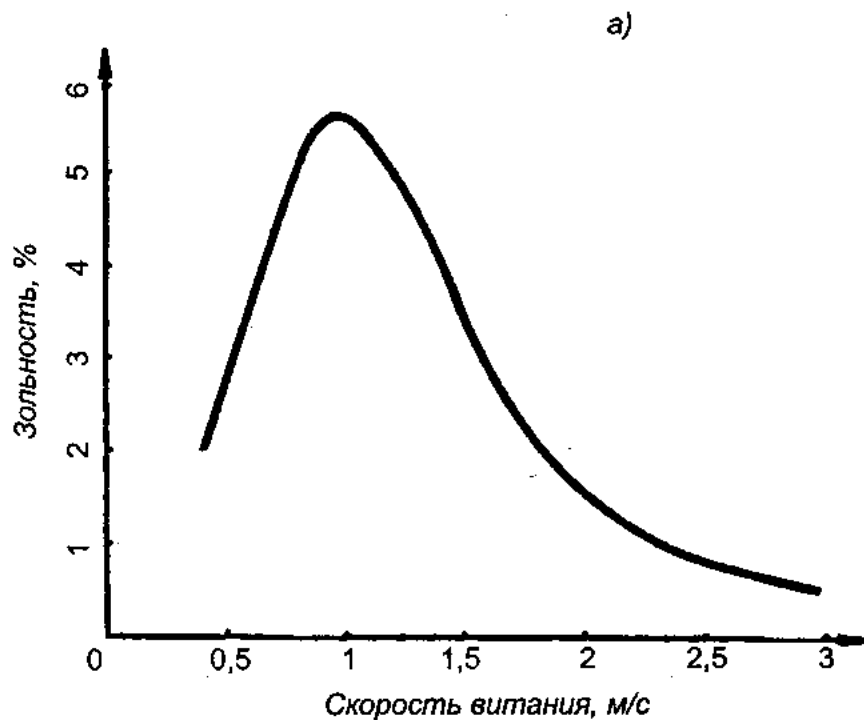


Рис. 2.35. Распределение продуктов измельчения с различным соотношением оболочек:
 а) в пневмоканале; б) на сите ситовейки

тивать, что производительность ситовеечной машины будет зависеть от крупности и качества обогащаемых круподунстовых продуктов. Поэтому для практических целей используют не величину производительности, а удельную нагрузку на сантиметр ширины приемного сита ситовойки.

Таблица 2.27

Техническая характеристика ситовеечных машин

Показатель	ЗМС - 2 x 2	ЗМС - 2 x 4	ЗМС - 1 x 4	А1-БСО
Производительность, т/ч	1,0-2,3	1,0-2,2	0,75-1,0	1,6-2,2
Число приемов	2	4	4	2
Число ярусов	2	2	2	3
Ширина приемного сита, мм	400 x 2	200 x 4	200 x 4	400 x 2
Общая ситовая поверхность, м ²	3,73	3,75	1,95	3,85
Расход воздуха, м ³ /мин	65	65	40	70
Амплитуда колебаний, мм	5	5	5	4,5-6,5
Мощность для привода, кВт	0,8	0,8	0,6	1,1
Число колебаний ситового кузова	530-550	530-550	530-550	480-525
Габариты, мм				
длина	3180	3155	2000	2700
ширина	1230	1300	1240	1270
высота	1550	1600	1600	1400
Масса, кг	800	835	670	1020

Число приемов означает количество автономных секций ситовеечной машины, которые можно использовать индивидуально. Так, при числе приемов два, самостоятельно можно использовать каждую половину, а при числе приемов четыре — каждую четверть ситовойки.

На рисунке 2.36 представлена технологическая схема, двухъярусной двухприемной ситовойки ЗМС-2 x 2. По технологической схеме продукт поступает на первое распределительное сито и перемещается на второе. При правильном подборе сит поступивший продукт распределяется приблизительно в равных долях на сход и проход. Считается, что проходовая фракция распределительных сит менее зольная и менее крупная, чем сходовая.

Однако эта разница в зольности и крупности продуктов незначительна. Далее процесс обогащения идет параллельно на верхнем и нижнем ярусах. С верхнего яруса сит выводится четыре прохода — по одному проходу с каждого сита, с нижнего яруса, где пять рабочих ситовых рам, выводится также четыре прохода. Причем проходы первой и второй рамок нижнего яруса объединяются непосредственно в машине. Кроме проходов с каждого яруса сит выводится по одному сходу. Таким образом, с каждой автономной половины ситовеечной машины выводится по десять фракций продуктов. Причем, различие в качестве соседних фракций незначительно, что позволяет объединить потоки с приблизительно одинаковой зольностью, но после машины.

Непосредственно в машине путем изменения направления продуктов можно объединить первый, второй, третий проходы сит нижнего яруса, четвертый и пятый проходы сит нижнего яруса, третий и четвертый проходы сит верхнего яруса.

Технологическая схема четырехприемной ситовойки ЗМС-2 x 4 представлена на рисунке 2.37.

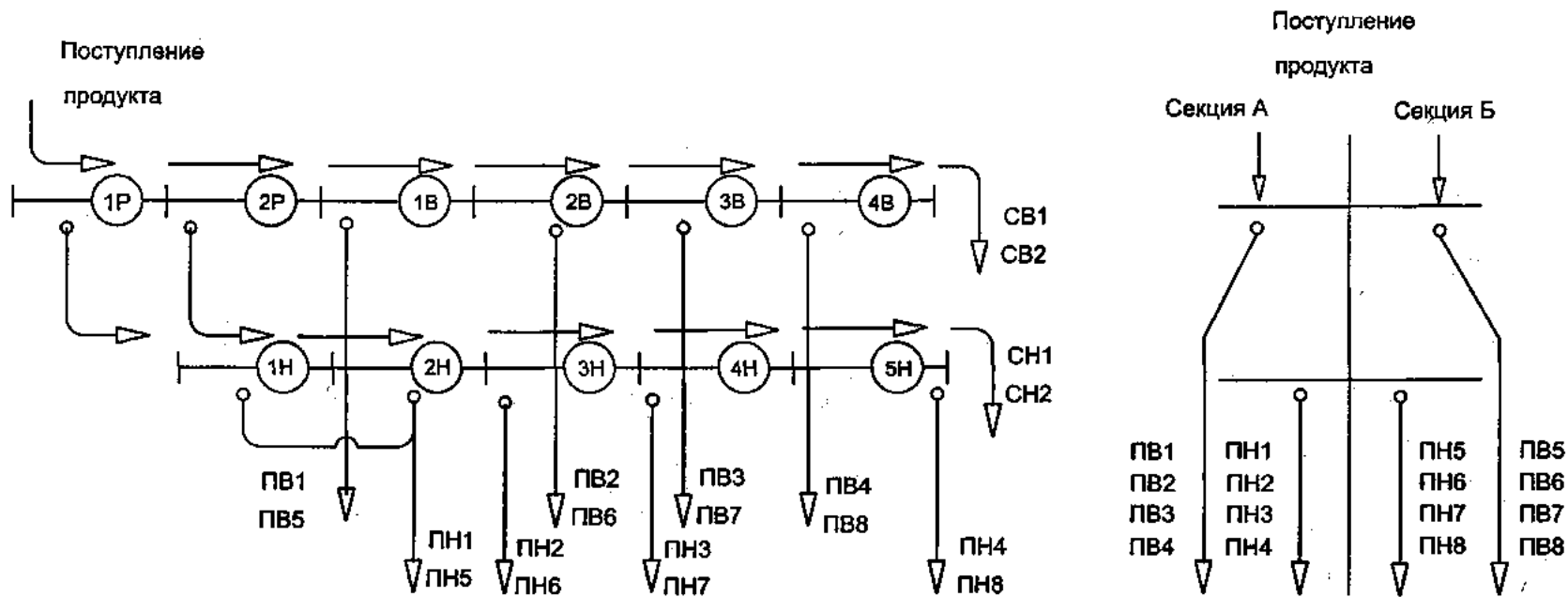


Рис. 2.36. Технологическая схема ситовойки ЗМС-2 x 2:

Р — распределительное сито; В — сито верхнего яруса; Н — сито нижнего яруса;

ПН, ПВ — проходы сит нижнего и верхнего ярусов;

СН, СВ — сходы сит нижнего и верхнего ярусов;

арабская цифра обозначает порядковый номер

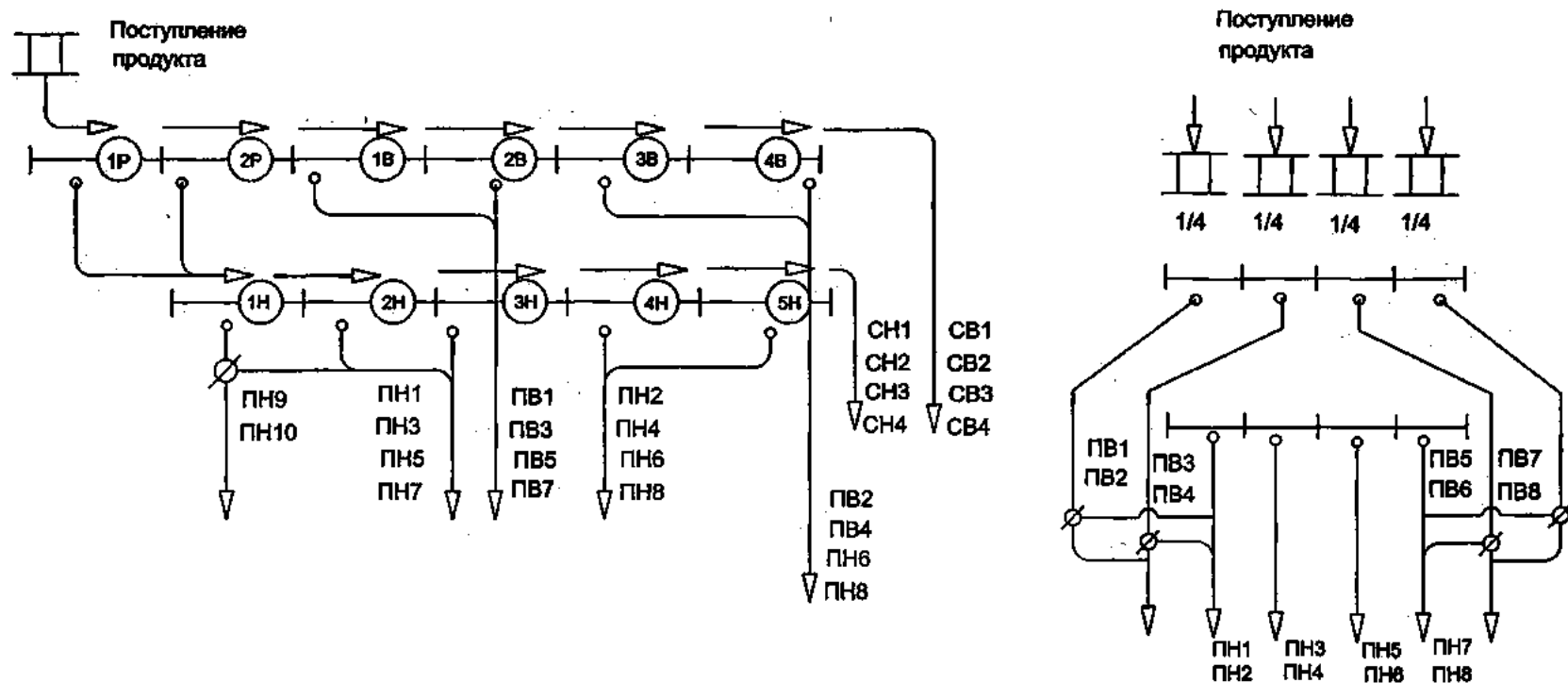


Рис. 2.37. Технологическая схема ситовойки ЗМС-2 x 4:

Р — распределительное сито; В — сито верхнего яруса; Н — сито нижнего яруса;

ПН, ПВ — проходы сит нижнего и верхнего ярусов;

СН, СВ — сходы сит нижнего и верхнего ярусов;

арабская цифра обозначает порядковый номер

Крупки, подлежащие обогащению, поступают на скат приемного устройства каждой четверти ситовеечной машины и затем на первое сито верхнего яруса. Сита первых двух рамок верхнего яруса являются первой ступенью обогащения и называются распределительными. Проход через эти сита поступает на первое сито нижнего яруса и должен составлять около 50–60 % от массы поступающего продукта. Сход с распределительных сит поступает на первое рабочее сито верхнего яруса. Всего рабочих сит в каждой четверти ситовой машины одиннадцать — четыре в верхнем ярусе, пять — в нижнем. Проходы сит верхнего яруса выводятся за пределы машины с помощью продольных желобов и поперечных скатов самостоятельными потоками, не смешиваясь с проходами сит нижнего яруса. Проходы сит нижнего яруса также выводятся индивидуальными потоками и с каждой четверти ситовеечной машины. В соответствии с конструкцией ситовеечной машины для вывода восьми нижних проходов имеется восемь выводящих патрубков, а для вывода восьми верхних проходов имеется четыре выводящих патрубка. Поэтому при работе каждой четверти ситовой машины с различными продуктами необходимо произвести соответствующие объединения. Проход крайней левой четверти ВП1 объединяют с НП1, а ПВ2 — с ПН2. Проходы ПВ3 и ПВ4 средней левой четверти выводят самостоятельно. Аналогично поступают с верхними проходами крайней правой четверти: ПВ7 объединяют с ПН7, а ПВ8 — с ПН8. Проходы ПВ5 и ПВ6 средней правой четверти выводят самостоятельно.

Сходы сит каждого яруса каждой четверти ситовеечной машины выводятся самостоятельно — всего восемь сходов. Кроме того, конструкция ситовеечной машины позволяет вывести самостоятельно проходы первых сит нижнего яруса крайних левой и правой четвертей, всего два самостоятельных потока.

Технологическая схема двухприемной, трехъярусной ситовеечной машины с последовательным принципом обогащения представлена на рисунке 2.38. Основные узлы, обеспечивающие эффективный процесс обогащения: ситовой кузов, приемные и выпускные устройства, аспирационная камера, привод с колебателями и несущая металлическая рама — станина. Ситовой корпус состоит из двух параллельно расположенных кузовов. В каждом кузове размещены один над другим три яруса сит с углом наклона каждого к горизонтали в пределах 1–1,5 градуса. В каждом ярусе установлены по четыре ситовых рамки.

Сита очищаются инерционными щетками. Ситовеечная машина имеет корпус-сборник для проходных фракций и камеру для вывода сходовых фракций. Корпус-сборник проходных фракций установлен непосредственно под ситовым корпусом и имеет два самостоятельных отсека, что дает возможность собирать проходы от каждой половины ситовой машины. В нижней части каждого отсека корпуса-сборника установлено по два лотка для вывода проходных фракций. Лотки наклонены в противоположные стороны, что делает возможным вывести проходные фракции в различные выпускные отверстия. Для удобства формирования проходных фракций с одинаковыми качественными показателями над лотками по всей длине установлены шарнирные перекидные клапаны. Поворотом клапанов вокруг оси можно направить проход любого сита в любой лоток корпуса-сборника. Сборник совершает возвратно-поступательные движения в противофазе с ситовым корпусом. В нижней части каждой половины ситового корпуса установлена коробка для вывода сходовых фракций и направления их в камеру сходов. Камера имеет три канала и два клапана, что позволяет выводить схода каждого яруса сит отдельно или объединять близкие по качеству продукты.

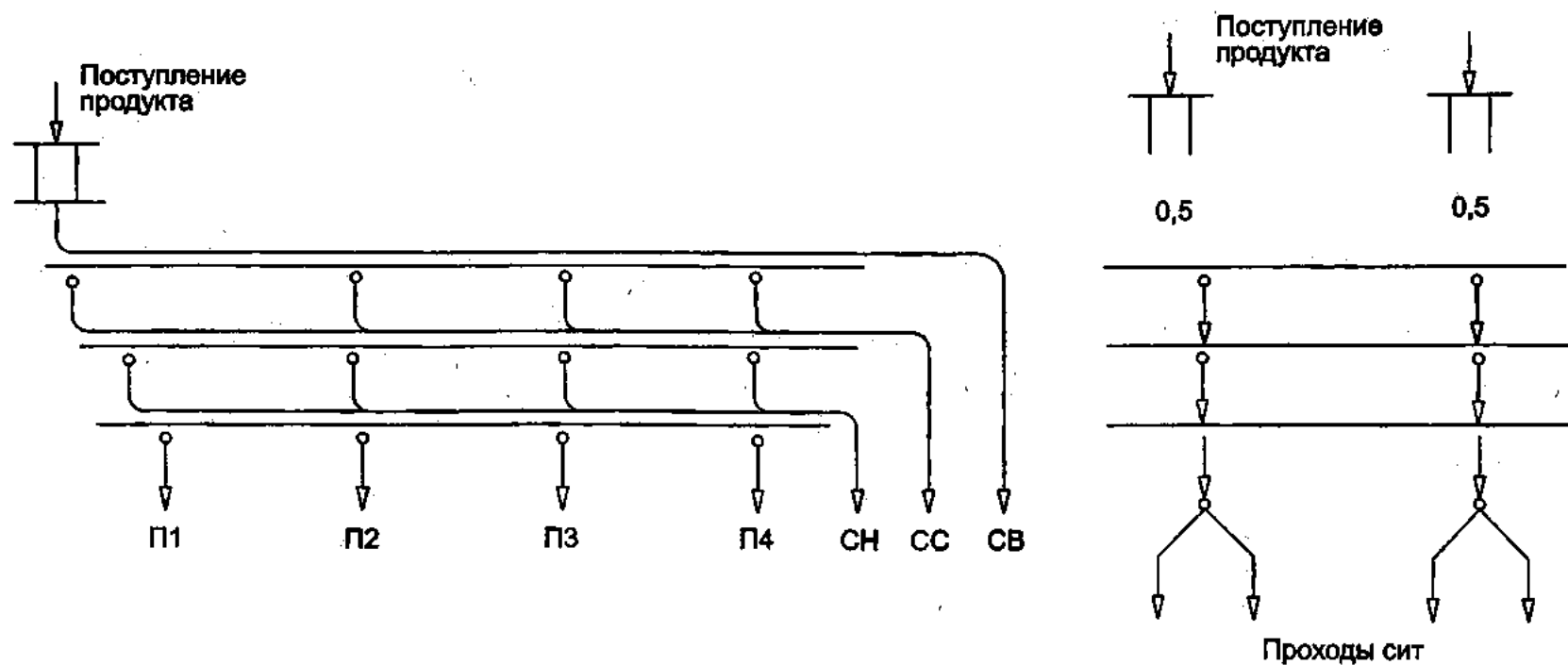


Рис. 2.38. Технологическая схема ситовоечной машины А1-БСО:

П — проход сита ; СН, СС, СВ — соответственно, сход сит нижнего, среднего и верхнего ярусов;
арабская цифра обозначает порядковый номер сита в ярусе

Для эффективного разделения продуктов по добротности и создания псевдооживленного слоя ситовеечная машина имеет аспирационные камеры над каждым ситовым кузовом. Аспирационные камеры по длине разделены вертикальными перегородками на 16 одинаковых секций. Каждая секция имеет регулятор воздушного режима, который представляет собой две наложенные одна на другую горизонтальные решетки с продолговатыми отверстиями. Верхняя решетка неподвижна, а нижняя может перемещаться относительно верхней, открывая и закрывая отверстия. Максимум живого сечения наблюдается при совпадении отверстий. В результате с каждой половины ситовой машины выводятся четыре прохода и три схода по одному с каждого яруса сит. В зависимости от условий технологической эксплуатации ситовеечная машина имеет 10 исполнений, которые отличаются количеством и местом вывода проходных фракций.

Подбор сит в ситовеечных машинах

Технологическая эффективность процесса обогащения в ситовеечных машинах при прочих равных условиях определяется правильностью подбора сит. Это означает, что при оптимальных механико-кинетических параметрах, скорости воздушного потока, технологических параметрах эффективность разделения оболочек и частиц эндосперма будет максимальна.

Подбирают сита индивидуально для каждой группы крупности обогащаемых круподуновых продуктов, а также в зависимости от конструкций ситовеечной машины. Для обогащения используют сита полиамидные для высева крупок. Возможно также использование капроновых сит соответствующих номеров при наличии таковых. Техническая литература ранних лет издания предлагает для ситовеек использование также шелковых крупочных сит из утяжеленной ткани.

Как правило, сита в ситовеечной машине должны перекрывать диапазон крупности обогащаемого продукта. Учитывая, что процесс просеивания на ситах ситовеек осложнен движением восходящего потока воздуха, подобранные сита могут быть несколько реже, чем сита, сходом и проходом которых продукт получен в рассеве.

Практическая технология муки выработала свои правила подбора сит в ситовеечных машинах, которыми пользуются технологи, внося коррективы в соответствии с местными условиями.

Подбор сит в двухъярусных ситовеечных машинах осуществляется в следующей последовательности:

- определяют крупность поступающего на обогащение продукта по номерам проходного и сходового сита в рассеве соответствующей системы;
- приемные сита ситовеечной машины принимают такими же (для крупной, средней и мелкой крупок) или на один-два номера реже (для дунстов), чем сито, проходом которого продукт получен в рассеве. Причем, приемные сита могут приниматься одинаковыми или второе приемное сито может быть на номер гуще. Основное правило при этом состоит в том, что продукт на приемных ситах должен приблизительноделиться на два равных потока — 50 % по верхнему ярусу, 50 % — по нижнему;
- далее последнее сито верхнего яруса принимают такое же, как первое приемное, а последующие сита сгущают на номер в сторону приемного сита;

- ♦ сита нижнего яруса сгущают на номер в сравнении с соответствующими ситами верхнего яруса. При этом считается, что сгущение сит необходимо, так как на нижний ситовой ярус просеивается более мелкий продукт.

На подбор сит оказывает влияние интенсивность воздушного режима ситовойки, качество зерна по стекловидности, удельная нагрузка на сито, состав обогащаемого продукта. Поэтому местные условия вносят свои коррективы. Так, в некоторых случаях при интенсивном воздушном режиме все сита принимаются на номер реже. Возможно применение двух соседних сит в ярусе с одинаковыми номерами. Были рекомендации, когда сита в верхнем и нижнем ярусах принимались одинаковыми, так как считалось, что крупность и качество разделенных на приемных ситах потоков приблизительно одинаковы. В технической литературе существуют рекомендации, когда сита в нижнем ярусе принимались на номер реже, чем соответствующие сита верхнего яруса. Мотив при этом был следующий — на нижний ярус просеивается более обогащенная часть исходного продукта и ее необходимо отобрать в максимальном количестве.

Поэтому в любом случае необходима практическая проверка вышеописанных рекомендаций. На рисунке 2.39 показан пример подбора капроновых сит для двухъярусных ситовеек.

Принципиальное положение по подбору сит для трехъярусной ситовойки сохраняется. Индивидуально сита подбираются для каждого продукта промежуточной крупности.

Для крупной крупки последнее сито верхнего яруса принимают таким же или на номер реже, чем сито, проходом которого продукт получен в отсеиве.

Для средней крупки это же сито принимают на три номера, для мелкой крупки — на три-четыре номера, для жестких дунстов — на пять-шесть номеров реже, чем сито, проходом которого продукт получен в отсеиве. Последующие сита верхнего яруса сгущают на номер по мере продвижения к приему. Сита второго яруса принимают на номер гуще соответствующего сита верхнего яруса, а сита нижнего яруса — на номер гуще соответствующего сита второго яруса. Как и для двухъярусных ситовеек при практической целесообразности возможна установка двух одинаковых (соседних) сит в ярусе, двух одинаковых сит в ярусах — одно под другим, общее сгущение и разрежение сит на номер.

На рисунке 2.40 показана принципиальная установка сит из полиамидных тканей для промежуточных продуктов различной крупности в трехъярусных ситовеечных машинах.

Технологическая эффективность ситовеечных машин

Технологический процесс разделения крупок по дробности считается проведенным эффективно, если первые проходы сит будут состоять из частиц эндосперма, последние проходы — из сростков оболочек и эндосперма, а сходы — из оболочек с незначительным содержанием эндосперма.

Основные показатели технологической эффективности:

- ♦ производительность ситовеечной машины, выраженная в единицах удельной нагрузки, кг/см · сутки;
- ♦ увеличение зольности сходов и снижение зольности проходов сит ситовойки в сравнении с поступающим продуктом;
- ♦ выход обогащенных продуктов.

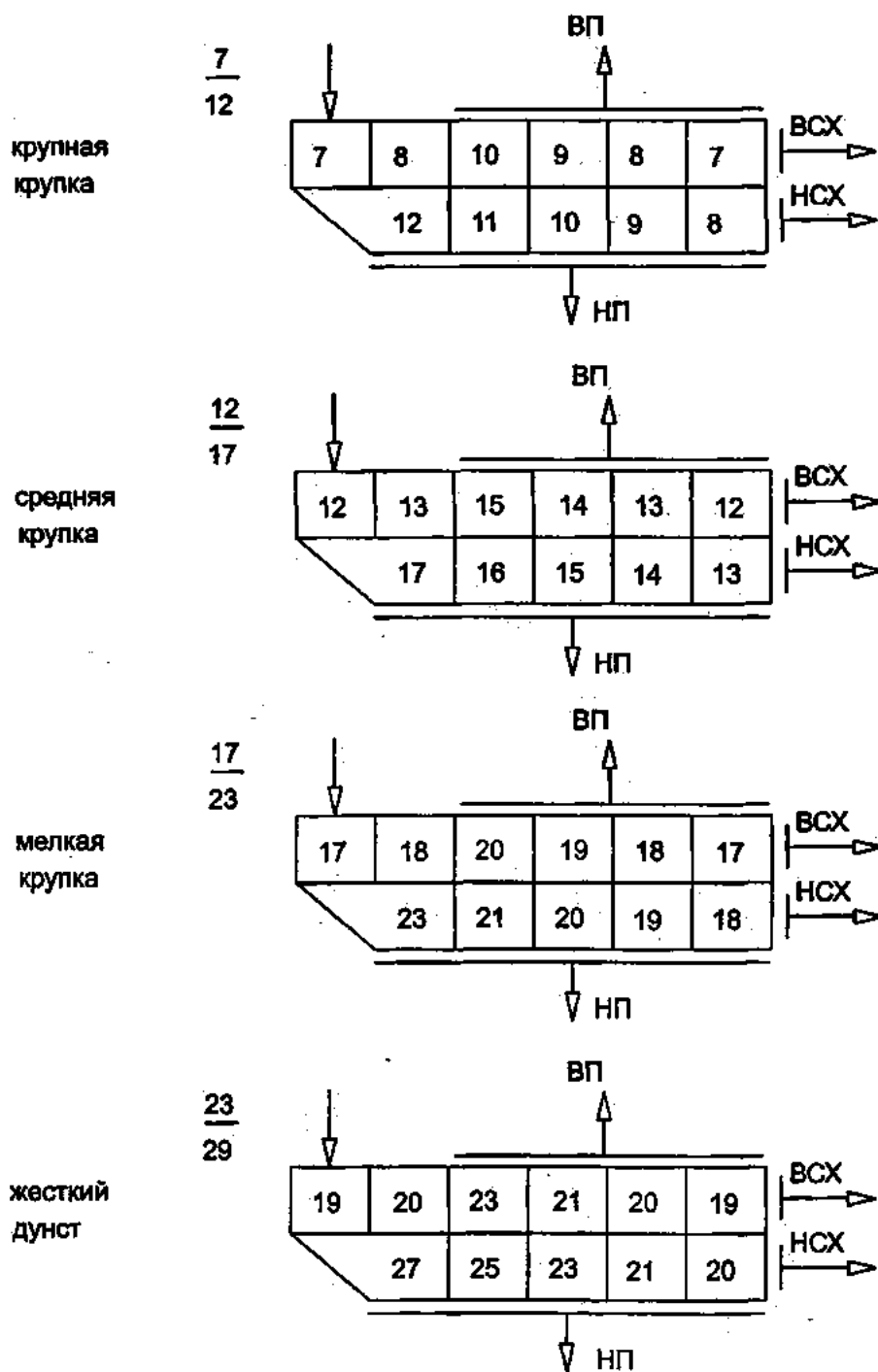


Рис. 2.39. Примеры установки капроновых сит для двухъярусных ситовеек:
 ВП — проход сит верхнего яруса; ВСХ — сход сит верхнего яруса;
 НП — проход сит нижнего яруса; НСХ — сход сит нижнего яруса

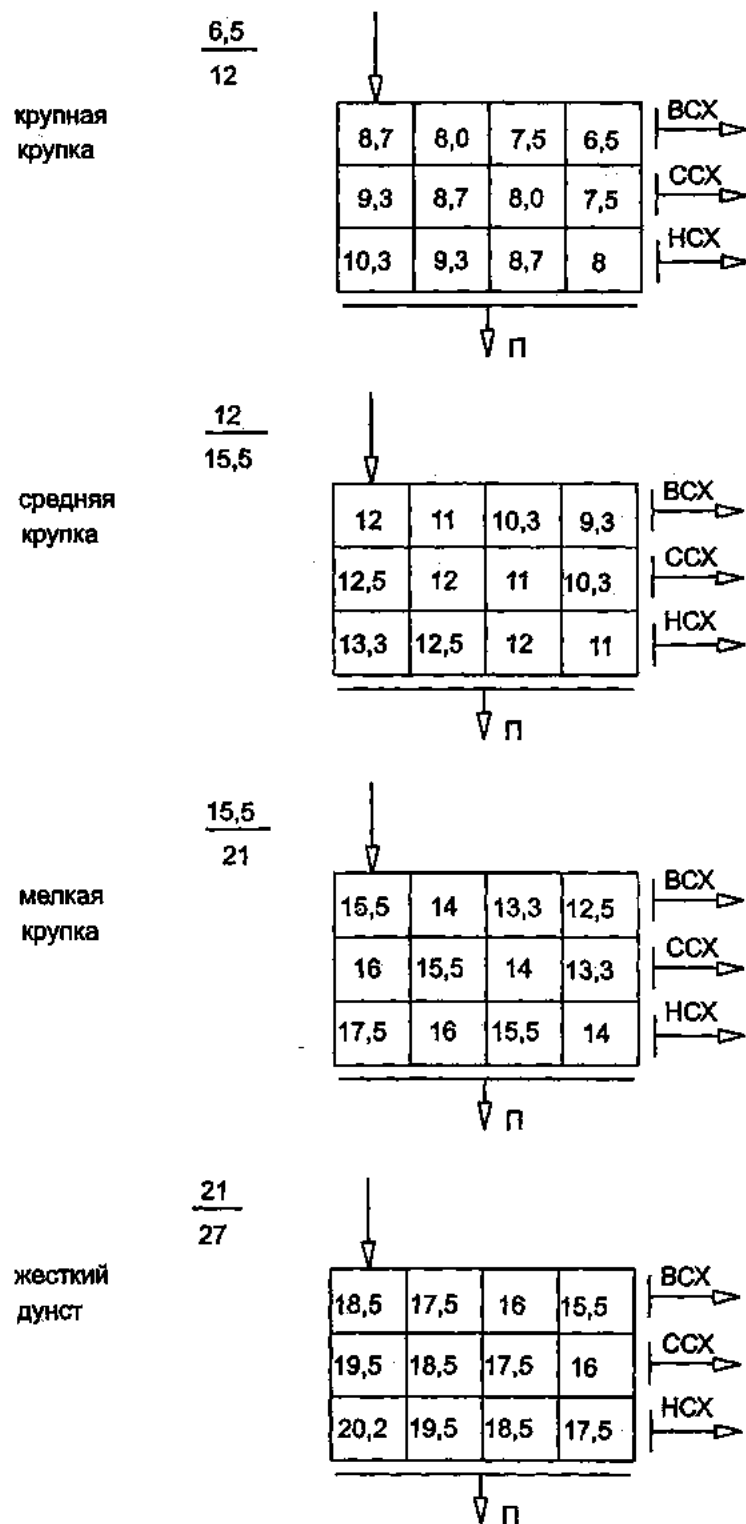


Рис. 2.40. Принципиальный подбор полиамидных сит для трехъярусных ситовеек:

П — проход сит; BCX — сход сит верхнего яруса;

CCX — сход сит среднего яруса; HCX — сход сит нижнего яруса

Величина удельной нагрузки изменяется в зависимости от типа помола, крупности и качества обогащаемого продукта, а также от конструктивных особенностей ситовеечной машины. В таблице 2.28 приведены данные об удельных нагрузках на ситовеечные машины при обогащении крупок различной крупности и качества.

Таблица 2.28

Удельные нагрузки на ситовейки, кг/см · сут.

Наименование продукта	Тип ситовейки при хлебопекарном помоле		Двухъярусная ситовейка при макаронном помоле
	Двухъярусная	Трехъярусная	
Крупная крупка	450–600	600–700	350–450
Средняя крупка	350–450	500–600	250–300
Мелкая крупка	250–350	300–400	200–250
Жесткий дунст	200–250	300–400	150–200
Мягкий дунст	—	—	до 180

Для крупок и дунстов второго качества рекомендуется удельную нагрузку принимать на 25 % ниже.

При использовании в макаронных технологиях трехъярусных ситовеечных машин рекомендуется увеличивать удельные нагрузки на 15–30 % в сравнении с двухъярусными ситовеечными машинами.

Работа ситовеечной машины считается эффективной, если наблюдается увеличение зольности сходов и снижение зольности проходов в сравнении с зольностью поступающего на обогащение продукта.

Так, при обогащении крупной крупки на двухъярусных ситовейках увеличение зольности схода в сравнении с зольностью поступающего продукта должно составлять не менее, чем в 2,0–2,5 раза, а для средней и мелкой крупок — не менее, чем в 1,5–2,0 раза. Так как по технологической схеме ситовеечной машины получают несколько проходов и сходов, то при расчете эффективности пользуются средневзвешенными значениями зольности. Последнее требует снятия количественно-качественного материального баланса системы.

При обогащении крупок и дунстов на трехъярусных ситовейках также необходимо обеспечить снижение зольности проходовой фракции по сравнению с зольностью поступающего продукта: для крупной крупки на 40–50 %; средней крупки — на 30–40 %; мелкой — на 20–25; дунстов — на 10–15 %.

Кроме изменения зольности в практической технологии муки процесс обогащения оценивают по выходу обогащенной крупки или дунста. Этот показатель также колеблется в зависимости от крупности и качества обогащаемого продукта. Считается, что при обогащении крупных крупок выход обогащенного прохода должен быть 80–85 %, а при обогащении средних, мелких крупок и дунстов — 85–90 %. При обогащении продуктов второго качества этот показатель снижается на 25 %.

Для оценки эффекта обогащения также возможно использование комплексных критериев, представляющих произведение качественного и количественного критериев. Данные для расчета критериев определяют из материального количественно-качественного баланса как средневзвешенные величины.

Количественный критерий:

$$E_1 = \frac{m_i}{M_o}, \quad (2.29)$$

где m_i — суммарная масса обогащенных проходов, %;

M_o — масса поступающего продукта, %.

Качественный критерий:

$$E_2 = \frac{Z_o}{Z_n}, \quad (2.30)$$

где Z_o — зольность поступающего на обогащение продукта, %;

Z_n — средневзвешенная зольность проходов, %;

Тогда комплексный критерий эффективности:

$$\eta_o = E_1 \cdot E_2. \quad (2.31)$$

При $\eta_o > 1$ работу ситовеечной машины можно считать эффективной.

Если принять $E_2 = \frac{Z_o - Z_n}{Z_o}$, то η_o лежит в пределах 0,1–0,3.

В практической деятельности мукомольных заводов эффективность обогащения оценивают органолептически при сравнении цвета продукта с эталоном.

ГЛАВА 5

СЕПАРИРОВАНИЕ В РУШАЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ КРУПОЗАВОДА

§1. Общие вопросы и характеристика сепарируемых продуктов

Необходимость сепарирования в рушальном отделении крупозавода становится очевидной при анализе состава продуктов после главных технологических операций, в процессе которых из зерна получается крупа. Технология крупы — это комплекс воздействий, в результате которых происходит постепенное удаление нежелательных в готовой продукции периферийных частей зерна. Удаление наружных оболочек осуществляется в операции шелушения, удаление внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша осуществляется в операциях шлифования и полирования. В результате проведения этих процессов образуются смеси, в составе которых находятся частицы, резко разнородные по физическим свойствам, а также по степени приближения к конечной продукции — крупе и побочным продуктам. Наиболее многофакторной получается смесь продуктов, образующихся при шелушении. При этом в зависимости от степени связи наружных оболочек с ядром состав продуктов шелушения несколько отличается.

При шелушении пленчатых культур, у которых наружные оболочки непрочны связаны с ядром, в результате шелушения образуется пятикомпонентная смесь:

1. Нешелушенные зерна (З), которые по различным причинам не прошелушились;
2. Шелушенные зерна или ядра (Я). Это зерно после полного удаления наружных оболочек, из которого при дальнейшей обработке получается крупа — основной продукт технологии;
3. Дробленые ядра (Д) — части целого ядра различного размера, но всегда менее $2/3$ целого ядра. Из дробленого ядра может быть получена дробленая крупа как пищевой продукт или кормовое средство — кормовая дробленка;
4. Мучка — тонко измельченный компонент продуктов шелушения, состоящий из различных анатомических частей зерна — оболочек наружных и внутренних, алейронового слоя, зародыша и эндосперма. В операции шелушения попадание эндосперма, внутренних оболочек и алейронового слоя в мучку минимальна. Это один из побочных продуктов технологии.
5. Лузга — преимущественно состоит из наружных оболочек зерна с незначительным содержанием других анатомических частей.

При шелушении зерна, наружные оболочки которого плотно соединены с ядром, глубоко заходят в бороздку (в технологии дробленых круп из пшеницы, ячменя), получают в различной степени шелушенные целые и дробленые зерна основной культуры, частицы оболочек и эндосперма в виде лузги и мучки. Целые и дробленые ядра в различной степени обработанные — это промежуточный продукт технологии, из которого получается крупа дробленая различных номеров.

При шлифовании и полировании в технологии крупы не образуются такие многофакторные смеси, как при шелушении. В основном при этом получают значительное количество мучки, так как процесс протекает при абразивном воздействии на ядра, а также возможно образование дробленых частиц. Таким образом, состав продуктов после шелушения, шлифования и других операций разнороден по крупности и качеству, что требует обязательного его разделения на более однородные фракции.

Согласно общей теории сепарирования смесь может быть разделена на фракции, если в ней есть делимые компоненты. При оценке возможности сепарирования продуктов шелушения и шлифования в первую очередь их оценивают по геометрическим размерам и по скорости витания, так как различие по этим признакам позволит использовать сита и пневмосепарирующие средства. На рисунке 2.41 представлены вариации геометрических размеров основных компонентов продуктов шелушения в виде полигонов распределения. Причем, в качестве геометрических размеров может использоваться любой признак — длина, ширина или толщина. Мучка от всех компонентов смеси резко отличается по геометрическим размерам, имеет качественный критерий делимости $\lambda = 1$, ее вариационный график не пересекается с вариационными графиками других компонентов смеси. Следовательно, по отношению к любому компоненту смеси она может быть полностью разделена по определяющему размеру с использованием сит любого типа.

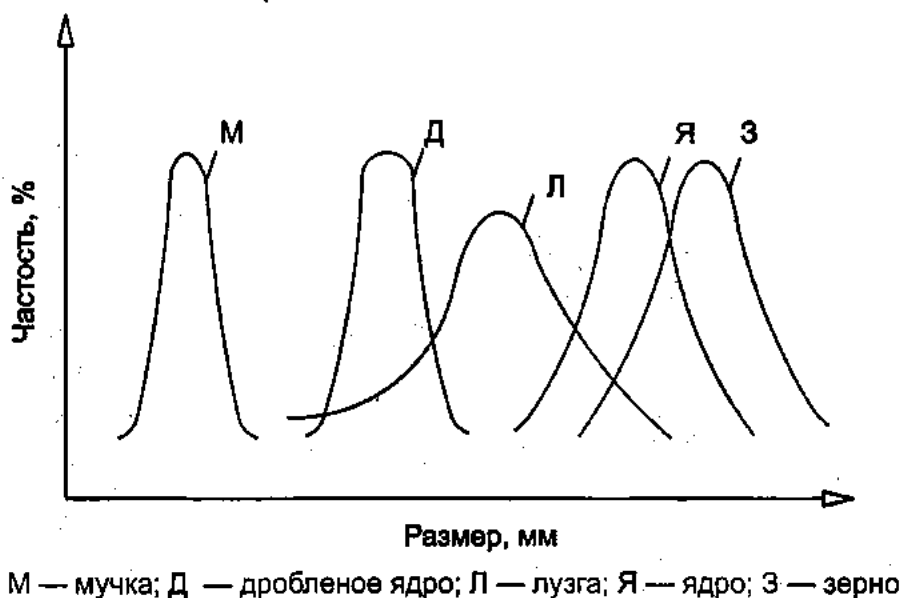
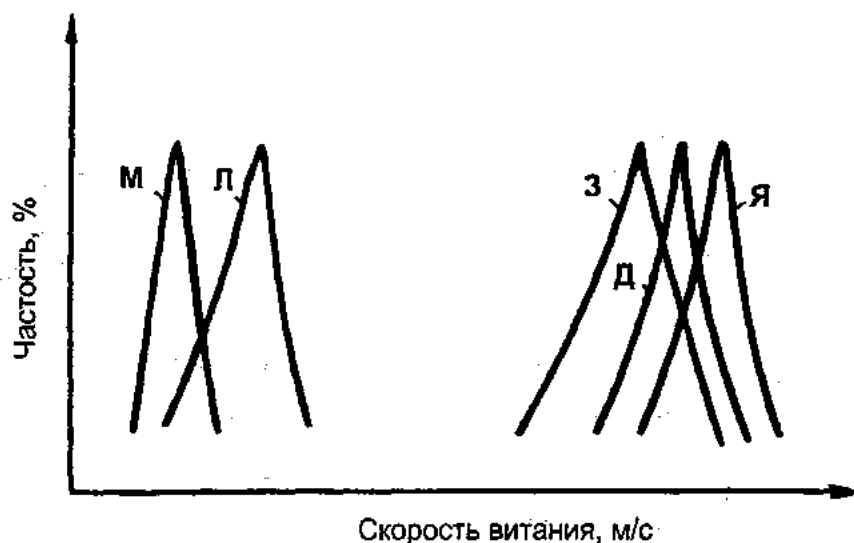


Рис. 2.41. Вариация продуктов шелушения по размерам

Дробленое ядро имеет значительно меньшие размеры по отношению к зерну и ядру и большие размеры по отношению к мучке. Поэтому с этими компонентами смеси дробленое ядро разделимо полностью или с использованием сит, или триерных поверхностей. Неразделимым компонентом по отношению к дробленому ядру является лузга, так как ее вариационные графики полностью перекрывают вариационные графики дробленого ядра.

Неразделимыми компонентами между собой и с лузгой являются также ядро и зерно крупной культуры. Таким образом, полностью делимым компонентом по геометрическим размерам является только мучка. В соответствии с рисунком 2.42 анализ вариационных графиков по скорости витания показывает, что зерно, ядро целое и ядро дробленое между собой являются неразделимыми компонентами, но разделимыми полностью по этому признаку с лузгой и мучкой. Лузга и мучка между собой также неразделимы по скорости витания.



М — мучка; Д — дробленое ядро; Л — лузга; Я — ядро; З — зерно

Рис. 2.42. Вариация продуктов шелушения по скорости витания

Наибольшую сложность для разделения представляют шелушенные и нешелушенные зерна, которые для большинства крупных культур имеют близкие значения размеров и скорости витания. Поэтому по этим признакам смесь ядра и зерна является трудноразделимой. В технологии крупы сепарирование ядра и зерна осуществляется по сложным технологическим схемам с использованием совокупности физических признаков и получило название крупотделение.

Разделение в различной степени шелушенного зерна (для зерновых культур, у которых оболочки прочно соединены с нижерасположенными анатомическими частями, глубоко заходят в бороздку, например пшеница, ячмень) теоретически и практически не осуществимо по всем известным физическим признакам. Поэтому такая операция в технологии дробленых круп отсутствует.

Продукты шелушения

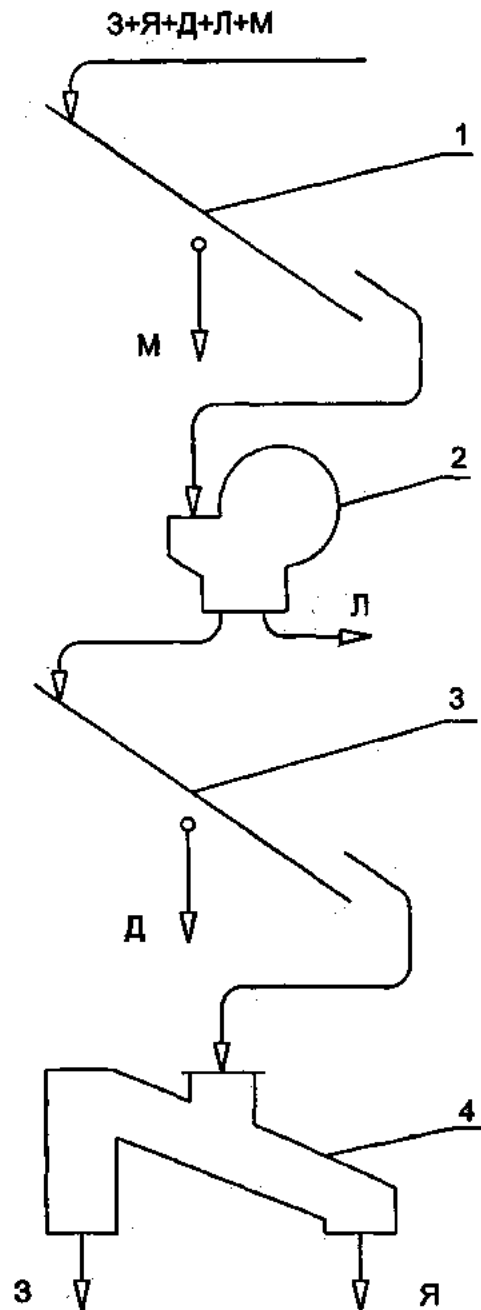


Рис. 2.43. Принципиальная схема сепарирования продуктов шелушения:

З — зерно; Я — ядро; Д — дробленое ядро; М — мучка; Л — лузга;

1 — ситовое сепарирование; 2 — пневмосепарирование; 3 — ситовое сепарирование;

4 — крупотделение (сепарирование по совокупности признаков)

Проведя совместный анализ вариации размеров и скорости витания, в практической технологии крупы осуществляется следующая последовательность разделения продуктов шелушения:

- ♦ отсеивание муки с использованием тканых сит или полотен респетных;
- ♦ отвеивание лузги пневмосепарированием;
- ♦ выделение дробленого ядра ситовым или триерным сепарированием;
- ♦ разделение ядра и зерна в специальной операции крупотделения.

Возможен и имеет место также вариант технологии, когда после отсеивания муки выделяют дробленое ядро совместно с мелкой лузгой, а затем пневмосепарированием отделяют лузгу и от дробленого ядра и от смеси ядро — зерно — лузга.

Принципиальная схема разделения продуктов шелушения представлена на рисунке 2.43.

Ситовое сепарирование осуществляется с использованием специализированных рассевов для крупной промышленности и крупосортировок с плоскими ситами. Принципиально можно использовать любые ситовые сепараторы, механико-кинематические параметры и технологические схемы которых отвечают потребностям данной технологической операции.

§2. Технологические схемы рассевов для крупной промышленности

Рассев А1-БРУ предназначен для очистки зерна от примесей, калибрования фракций зерна перед шелушением, сортирования продуктов шелушения, шлифования и полирования, контроля готовой продукции и побочных продуктов.

Рассев шкафной конструкции, четырехприемный с 14 ситовыми рамами, размерами каждой 400 × 800 мм. Суммарная ситовая поверхность 13,5 м².

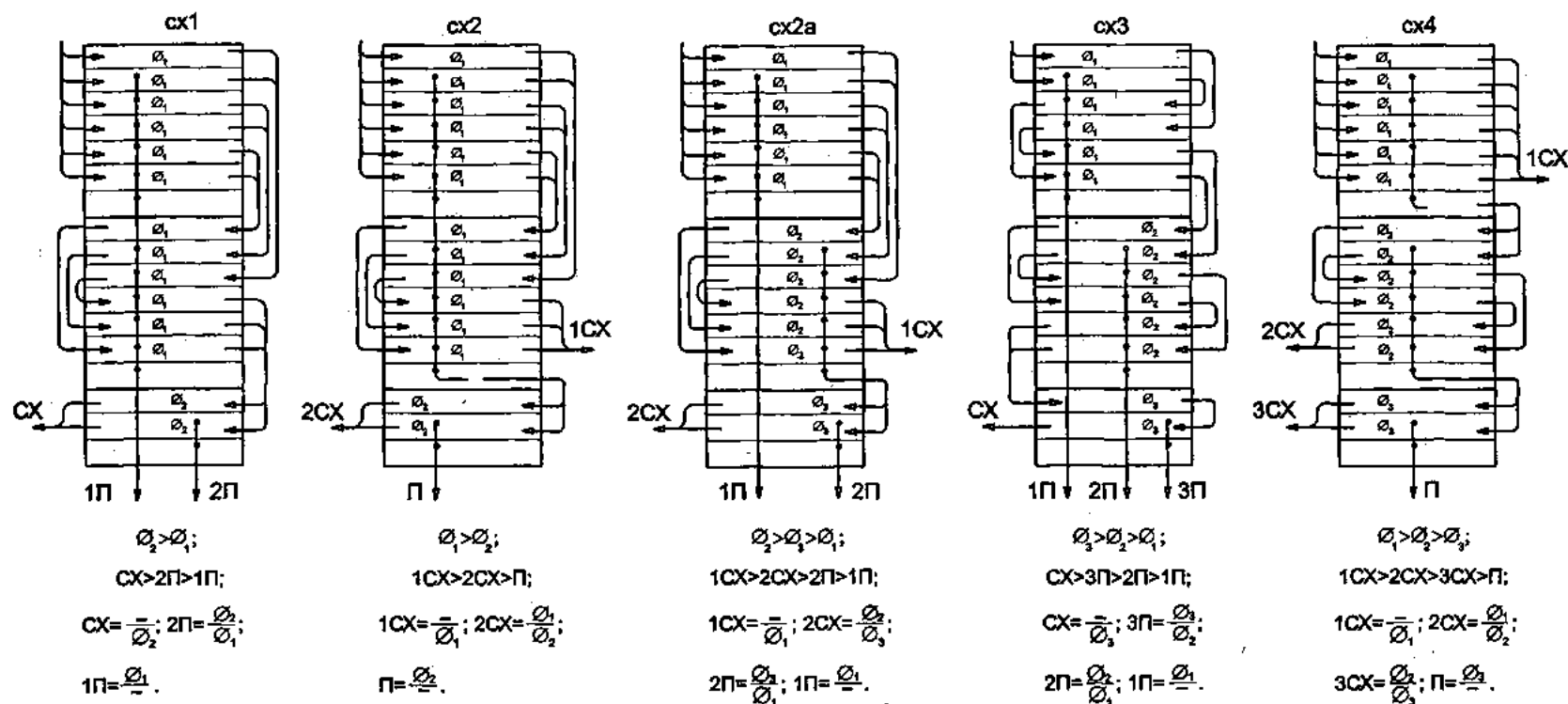
В соответствии с рисунком 2.44 в технологии используется четыре технологические схемы рассева, из которых вторая технологическая схема может работать в двух модификациях. Выбор технологической схемы просеивания на конкретном этапе зависит от состава продуктов и их размерной характеристики. Разработчик технологических схем и завод-изготовитель рекомендуют следующие варианты применения технологических схем.

Технологическая схема № 1:

- ♦ для сортирования гречихи перед шелушением;
- ♦ очистки и сортирования проса в зерноочистительном (подготовительном) отделении;
- ♦ предварительного сортирования перловой крупы и калибрования крупы первых трех номеров.

Технологическая схема № 2:

- ♦ для разделения продуктов шелушения гречихи;
- ♦ сортирования пенсака (продукт шелушения ячменя);
- ♦ сортирования перловой крупы № 1.



Ø — условный номер или размер отверстия сита; CX - сход сита; П - проход сита

Рис. 2.44. Технологические схемы рассевов А1-БРУ

Технологическая схема 2а используется для контроля ядрицы (целая, недробленая крупа из гречихи).

Технологическая схема № 3:

- для контроля продела (дробленая крупа из гречихи);
- сортирования рисовой муки;
- контроля перловой крупы № 4, 5;
- контроля ячменной муки;
- контроля овсяной крупы.

Технологическая схема № 4:

- для контроля гречневой лузги;
- разделения продуктов шелушения и шлифования риса;
- сортирования продуктов дробления при производстве крупы из ячменя;
- предварительного сортирования перловой крупы.

При использовании рассевов в технологических схемах крупозаводов в прямоугольнике, обозначающем рассев, показывают три группы сит, а также количество сит в группах (6-6-2) и способ вывода продуктов (сходом или проходом).

Под каждой технологической схемой в соответствии с рисунком 2.44 показано соотношение размеров отверстий сит, обозначенных условным номером, технологическая крупность продуктов и соотношение между размерами выводимых продуктов. При этом математический знак > следует читать «крупнее».

§3. Крупоотделение как сепарирование по качеству

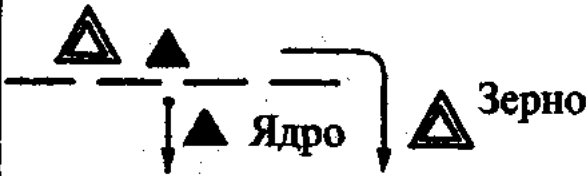
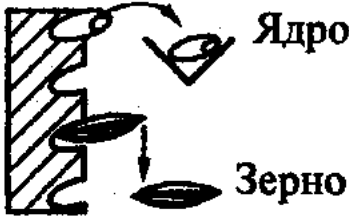


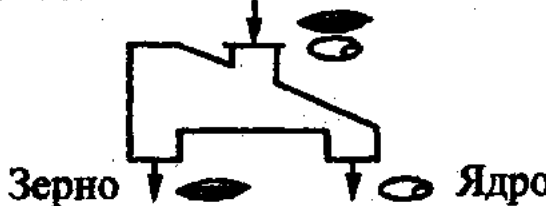
В практической технологии крупы для операции крупоотделения используют различные ядра и зерна по геометрическим размерам и по совокупности свойств. При ситовом крупоотделении — по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения, а при использовании ячеистой поверхности триеров — по длине. При использовании совокупности признаков (плотность, шероховатость, упругость и т. п.) находят применение специализированное технологическое оборудование: пади-сепараторы, самотечные крупоотделители и ячеистые корупоотделители.

В таблице 2.29 приведена классификация рабочих процессов при крупоотделении в зависимости от вида сепаратора-крупоотделителя.

Использование сит для крупоотделения базируется на значительном различии ядра и зерна гречихи по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения, которое всегда больше 0,5 мм (рис. 2.45).

Это означает, что при соответствующем подборе сит ядра и зерна гречихи могут быть разделены. Однако товарные партии зерна гречихи отличаются значительной вариацией геометрических размеров, по этому признаку достигающей двух и более миллиметров. По многолетним данным максимальный диаметр описанной окружности вокруг зерна составляет $D_{\max} = 4,9-5,0$ мм, а минимальный — $D_{\min} = 3,0$ мм. Тогда максимальные размеры

Рабочие процессы при крупноотделении

Вид оборудования	Крупяная культура	Признак разделения	Принципиальная схема	Рабочая технология
Ситовой сепаратор	Гречиха	Разность диаметров описанной окружности вокруг зерна D и ядра d $D - d > 0,5 \text{ мм}$		Предварительное деление зерна на фракции с последующим сепарированием продуктов шелушения
Триер	Овес Рис	Разность по длине зерна L_3 и ядра $L_я$ $L_3 - L_я \geq 0,5 \text{ мм}$		Одиночные машины или комбинация двух, трех
Самотечный крупноотделитель	Рис	Совокупность признаков		Комбинация трех, четырех машин. Комбинация с другими машинами
Ячеистый крупноотделитель	Рис	Совокупность признаков		Одиночные машины или комбинации машин
Падди-сепаратор	Рис Овес	Совокупность признаков		Одиночные машины или комбинации машин

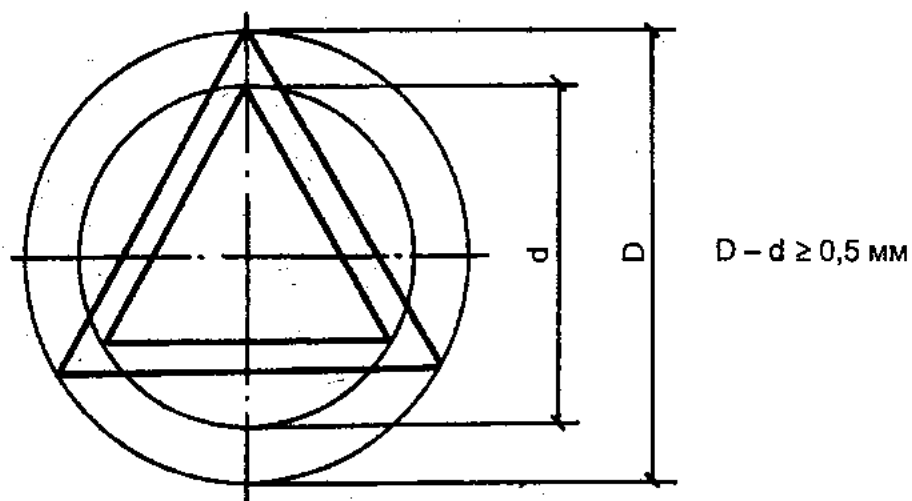


Рис. 2.45. Соотношение зерна и ядра гречихи по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего сечения

ядра по этому признаку составят $d_{\max} = 4,5$ мм, а минимальные — $d_{\min} = 2,5$ мм. Такая смесь считается частично разделимой, так как вариационные графики по диаметру описанной окружности вокруг зерна и ядра пересекаются в интервале 1,5 мм. Качественный критерий делимости такой смеси составляет $\lambda \leq 0,4$, что является недостаточным для практических целей.

Для преодоления этой трудности зерно гречихи предварительно сортируют на фракции с таким расчетом, чтобы разность между самым крупным D_{\max} и самым мелким D_{\min} зерном фракции по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения была меньше 0,5 мм, т. е. меньше разности по этим размерам между зерном и ядром:

$$D_{\max} - D_{\min} \leq D - d \leq 0,5 \text{ мм.}$$

Если принять $(D_{\max} - D_{\min}) = 0,5$ мм, то при фракционировании образуются четыре фракции зерна. Для каждой фракции максимальное значение ядра по диаметру описанной окружности составит:

$$\begin{aligned} d_{\max} &= D_{\max} - 0,5 \text{ мм,} \\ \text{но } D_{\max} &= D_{\min} + 0,5, \text{ тогда} \\ d_{\max} &= D_{\min}. \end{aligned}$$

Это означает, что самые крупные ядра и самые мелкие зерна фракции будут иметь близкие размеры, что снижает эффект крупотделения.

Поэтому в практической технологии гречиху делят на большее число фракций с таким условием, чтобы для фракции $D_{\max} - D_{\min} = 0,2-0,3$ мм.

$$\begin{aligned} \text{В этом случае } d_{\max} &= D_{\max} - 0,5 \text{ мм} \\ d_{\max} &= D_{\min} - 0,3 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Другими словами, самое крупное ядро фракции меньше любого зерна по диаметру описанной окружности. В отсеке для разделения продуктов шелушения фракции гречихи принимают сито первого типа, диаметр отверстия которого на 0,2 мм меньше, чем диаметр описанной окружности вокруг мелкого зерна:

$$\varnothing \text{ сита} = D_{\min} - 0,2 \text{ мм}; \varnothing \text{ сита} = D_{\max} - 0,4 \text{ мм}.$$

Тогда $D_{\max} > D_{\min} > \varnothing \text{ сита}$, т. е. все зерна, не прошедшие шелушение, окажутся в отсеке сита. Размер максимального ядра по отношению к диаметру сита составит:

$$d_{\max} = D_{\min} - 0,3 = \varnothing \text{ сита} + 0,2 - 0,3 = \varnothing \text{ сита} - 0,1.$$

Таким образом, самые крупные ядра фракции будут меньше диаметра сита на 0,1 мм и при соответствующих условиях окажутся в проходе:

$$\varnothing \text{ сита} > d_{\max} > d_{\min}.$$

Следовательно, при предварительном делении гречихи на фракции выполняется общее условие крупноотделения на сите с круглыми отверстиями:

$$D_{\max} > D_{\min} > \varnothing \text{ сита} > d_{\max} > d_{\min}.$$

В реальной технологии для обеспечения разделения ядра и зерна в продуктах шелушения гречиху делят на шесть фракций с наличием систем предварительного сортирования, калибрования и контроля.

Для разделения ядра и зерна риса используют самотечный крупноотделитель. В соответствии с рисунком 2.46 в самотечных крупноотделителях наклонное, под углом 32–40 градусов, проволочное сито имеет начальный участок, закрытый фрикционной тканью, что создает условия для послойного разделения ядра и зерна при перемещении по наклонной плоскости. Размер отверстия сита по направлению движения смеси должен быть меньше длины зерна и примерно равен длине ядра. Регулируя угол наклона рабочих поверхностей, длину фрикционного участка и удельную нагрузку, создают оптимальные условия для крупноотделения. При этом ядро опускается в нижний слой продукта и проваливается через отверстия сита, а зерно идет сходом. Промышленные образцы крупноотделителя имеют три наклонные плоскости (двухъярусные крупноотделители). На первой выделяется проход и сход, которые затем обрабатываются параллельно на второй и третьей наклонных плоскостях. В результате получают четыре продукта: «проход прохода» с содержанием зерна около 2,5 %, «сход схода» с содержанием зерна 40 %, «сход прохода» и «проход схода» с содержанием зерна 10 %. Эффективность сепарирования невысока, что требует не менее трех-четырех последовательных циклов крупноотделения для достижения заданного эффекта. Самотечные крупноотделители на рисозаводах чаще всего используются в комбинации с другими крупноотделителями.

Падди-сепаратор наиболее эффективен для разделения ядра и зерна риса и овса. Смесь движется в рабочем канале, имеющем гладкое дно и зигзагообразные стенки. Количество таких каналов в падди-сепараторах может достигать десятков, учитывая небольшую нагрузку (0,8–1,2 тонны) на один канал в сутки. Группа каналов образует стол или ярус падди-машины. Количество ярусов может быть до четырех. Каналы имеют уклон в сторону нижнего схода в пределах 0–6 градусов и постоянный перегиб с углом 4 градуса. Точка

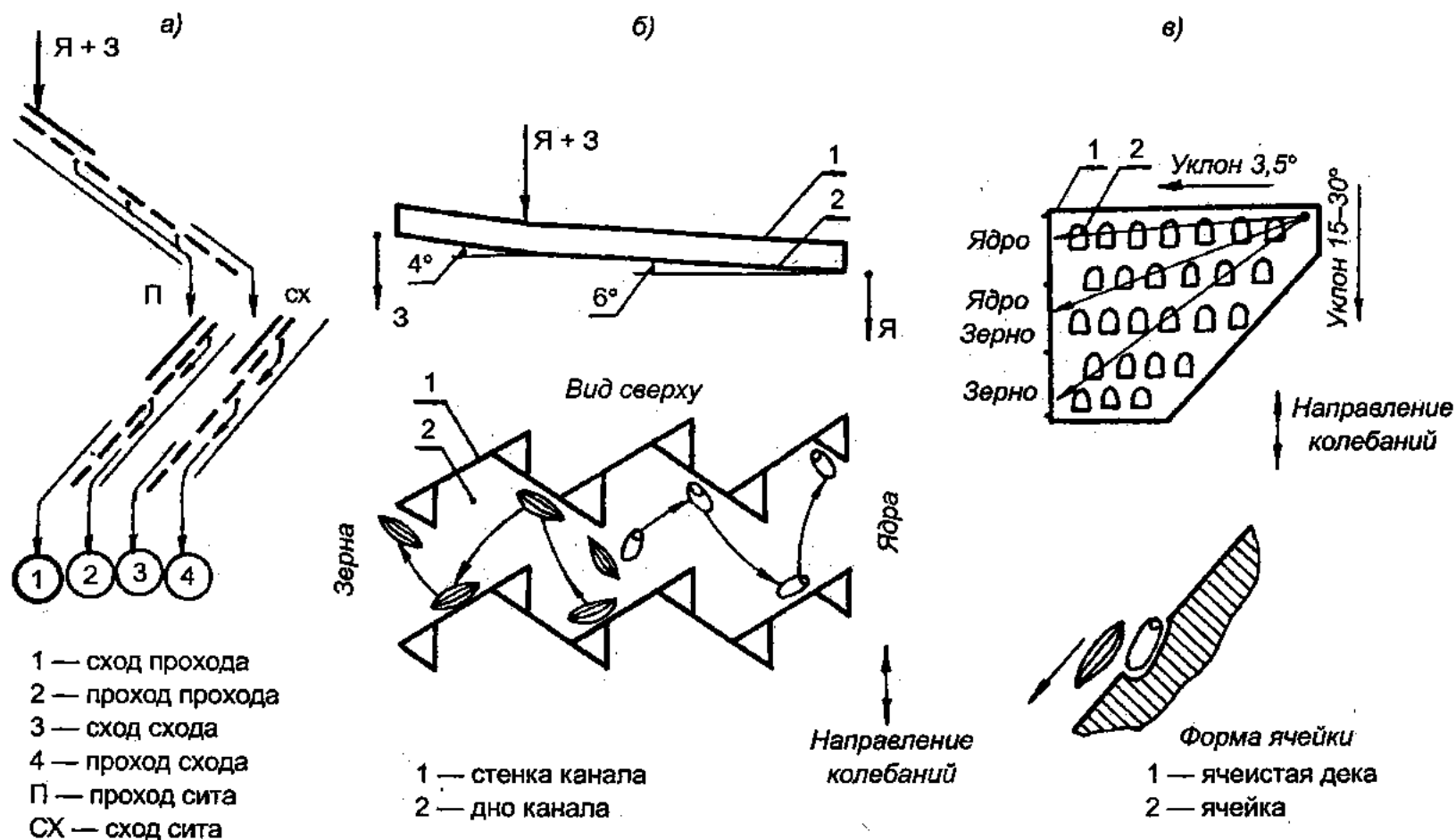


Рис. 2.46. Принципиальная схема разделения ядра и зерна:
а) в самотечном крупотделителе; б) в падди-машине; в) в ячейстом крупотделителе

перегиба расположена несколько выше середины канала и служит местом поступления продукта.

Стол падди-машины совершает возвратно-поступательные движения с определенной амплитудой и частотой. Колебания направлены перпендикулярно длине канала. При этом продукт (смесь шелушенных и нешелушенных зерен) отбрасывается поочередно к стенкам канала, что способствует самосортированию и расслоению смеси. Нешелушенные зерна в результате ударов о стенки перемещаются вверх по каналу и выводятся верхним сходом, шелушенные зерна постепенно перемещаются вниз под уклон, образуя нижний сход.

Разделение смеси ядра и зерна осуществляется по совокупности свойств.

Существует ряд теоретических объяснений сути разделения смеси в зигзагообразном канале падди-машины:

1. Смесь разделяется из-за различия в упругих свойствах зерна и ядра. При этом нешелушенные зерна, как более упругие, отбрасываются стенкой канала по более высокой траектории и попадают на более высокий выступ стенки канала. Менее упругие ядра отбрасываются по более низкой траектории и постепенно опускаются вниз;

2. Смесь разделяется в результате разности во фрикционных свойствах. Нешелушенные зерна, имеющие меньший коэффициент внешнего трения о стенки каналов, перемещают при контакте со стенкой на большую высоту, чем шелушенные. Это позволяет им оказаться на более высоком выступе канала и перемещаться вверх.

В.В. Гортинский объясняет движение нешелушенных и шелушенных зерен вверх и вниз специальной формой канала падди-машины, который представляет собой в плане ряд трапеций, обращенных длинными основаниями вверх (если смотреть на канал со стороны нижнего схода). При определенной частоте колебаний и угле наклона канала и нешелушенные, и шелушенные зерна способны перемещаться вверх. Только у нешелушенных зерен для достижения этого эффекта частота колебаний будет меньше, чем у шелушенных. Таким образом, при достижении оптимальных механико-кинематических параметров работы стола падди-машины произойдет разделение смеси.

Регулирующие параметры падди-машины — угол наклона стола, амплитуда и число колебаний. Реальная регулировка (при эксплуатации) осуществляется углом наклона стола. При повышенном содержании в нижнем сходе нешелушенных зерен уменьшают угол наклона стола. При повышенном содержании в верхнем сходе шелушенных зерен — увеличивают угол наклона стола падди-машины.

В ячеистом крупотделителе БКО для разделения ядра и зерна используют плоские ячеистые поверхности деки. Поверхности имеют постоянный уклон 3–4 градуса вдоль длинной стороны и регулируемый в пределах 10–30 градусов уклон вдоль короткой стороны (поперечный уклон). Поверхность дек ячеистая с ячейками-карманами специальной формы. Карман имеет большую глубину в сторону большего поперечного уклона деки, что создает условия для задержки в ячейках шелушенного зерна, которое опускается в нижний слой продукта при самосортировании. Рабочая поверхность (ячеистая дека) совершает возвратно-поступательные движения в плоскости большего поперечного уклона, что перемещает шелушенные зерна вверх по деке до ограничительной стенки и благодаря продольному уклону — вдоль длинной стороны до выхода. Нешелушенные зерна скользят вначале по слою шелушенных зерен, а потом по ячеистой поверхности вниз и выводятся через специальные отверстия-окна. Размер ячеек крупотделителя должен быть подобран таким образом,

чтобы исключить попадание в них нешелушенных зерен. В середине деки между шелушенными и нешелушенными зернами выводится поток смеси ядра и зерна. Регулируется процесс разделения поперечным уклоном деки. При повышенном содержании в нешелушенном зерне ядра угол наклона деки уменьшают и наоборот. Крупноотделитель эффективно работает на чистой смеси ядро — зерно. Например, присутствие мучки может ухудшить эффект крупноотделения. При самосортировании смеси на деке мучка попадает в карманы-ячейки, меняет их глубину, что препятствует задерживанию ячейками ядра.

Однократное использование крупноотделителей, как правило, имеет невысокую технологическую эффективность. Поэтому в практической технологии используют последовательно два и более проходов однотипных крупноотделителей или комплекс крупноотделительных машин разного принципа действия. Последнее повышает эффективность процесса в целом.

§4. Оценка эффективности крупноотделения

Как и при всяком сепарировании, при крупноотделении должна возрасти чистота фракций. В идеальном случае при разделении ядра и зерна на две фракции чистота фракций должна быть равна единице. Другими словами, одна фракция должна состоять из ядер, другая — из зерен.

В практической технологии для оценки эффективности используют два метода:

- ♦ метод, предложенный М.Е. Гинзбургом и Л.С. Зубковой;
- ♦ метод, базирующийся на оценке приращенной концентрации или чистоты полученных фракций. Метод предложен В.М. Цециновским.

В обоих случаях необходимо снятие материального количественного баланса.

Метод М.Е. Гинзбурга — Л.С. Зубковой

Суть метода состоит в следующем. Пусть при реальном крупноотделении исходная смесь массой P_0 , состоящая из ядра ($Я_0$) и зерна ($З_0$), была разделена на две фракции: P_1 — фракция, состоящая преимущественно из ядра ($Я_1$) с небольшим содержанием зерна ($З_1$); P_2 — фракция, состоящая преимущественно из зерна ($З_2$) с небольшим содержанием ядра ($Я_2$) (в соответствии с рисунком 2.47).

Из количественного баланса процесса:

$$P_0 = P_1 + P_2 = З_1 + Я_1 + З_2 + Я_2$$

$$З_0 + Я_0 = З_1 + Я_1 + З_2 + Я_2$$

$$P_0 = З_0 + Я_0$$

Если сепарирование произошло с некоторым эффектом, то:

$$P_0 > P_1 > P_2$$

$$Я_0 > Я_1 > Я_2$$

$$З_0 > З_2 > З_1$$

Степень разделения смеси оценивают двумя коэффициентами, определяющими точность сортирования (количественная сторона процесса), и одним коэффициентом, определяющим чистоту выделенного ядра (качественная сторона процесса).

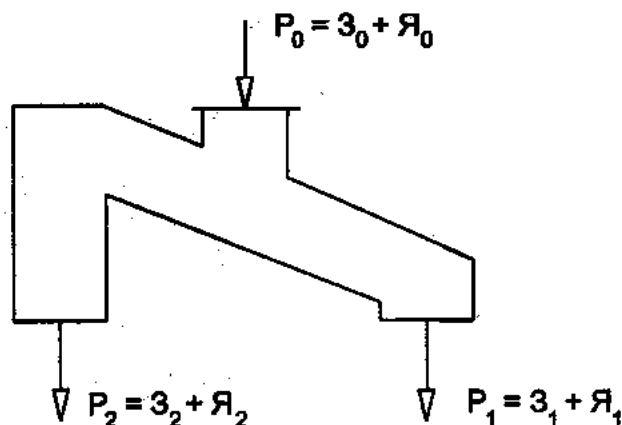


Рис. 2.47. К определению эффекта крупотоделения

Коэффициенты для количественной оценки:

степень извлечения ядра $\alpha = \frac{Я_1}{Я_0} \cdot 100;$ (2.32)

степень извлечения зерна $\beta = \frac{З_2}{З_0} \cdot 100.$ (2.33)

Коэффициент для качественной оценки процесса

чистота выделенного ядра $\gamma = \frac{Я_1}{Я_1 + З_1} \cdot 100.$ (2.34)

Общий коэффициент крупотоделения η_k равен произведению коэффициентов для количественной и качественной оценок, взятых в долях единицы $\eta_k = \lambda \cdot \beta \cdot \gamma.$ (2.35)

Оценка эффективности крупотоделения по приращению концентрации ядра и зерна

Метод основан на том, что в результате реального сепарирования должно произойти увеличение концентрации или чистоты выделенных в результате сепарирования фракций зерна и ядра в сравнении с их исходными значениями. Под чистотой или концентрацией понимают относительное содержание во фракции преобладающего компонента.

Определим в соответствии с рисунком 2.47 чистоту ядра в нижнем сходе ($Я_n$) и чистоту зерна в верхнем сходе ($З_o$):

$$Я_n = \frac{Я_1}{Я_1 + З_1}; \quad З_o = \frac{З_2}{З_2 + Я_2}. \quad (2.36)$$

Очевидно, по условию сепарирования:

$$Я_n > Я_o; \quad З_o > З_o$$

Приращение концентрации для ядра и зерна в реальном сепарировании, соответственно, составит:

- ♦ для ядра $Y_n - Y_0$;
- ♦ для зерна $Z_n - Z_0$.

При идеальном ведении процесса крупотделения:

$$Y_n = 1; Z_0 = 1.$$

Это означает, что разделение прошло с абсолютной точностью, и в ядре отсутствует зерно, а в зерне — ядро.

Следовательно, приращения концентрации (чистоты) зерна и ядра при идеальном сепарировании составят:

- ♦ для ядра $1 - Y_0$;
- ♦ для зерна $1 - Z_0$.

За эффективность извлечения ядра E_n и зерна E_z принято отношение реального приращения концентрации соответствующего компонента к идеальному:

$$E_n = \frac{Y_n - Y_0}{1 - Y_0}; \quad E_z = \frac{Z_n - Z_0}{1 - Z_0}. \quad (2.37)$$

В соответствии с общей теорией сепарирования за эффективность крупотделения принимают сумму средневзвешенных значений эффективностей извлечения ядра и зерна, т. е. с учетом массовых долей фракций ядра и зерна по материальному балансу:

- ♦ массовая доля ядра — $\frac{P_1}{P_0}$;

- ♦ массовая доля зерна — $\frac{P_2}{P_0}$.

$$\text{Тогда } \eta_k = \frac{P_1}{P_0} \cdot E_n + \frac{P_2}{P_0} \cdot E_z, \quad (2.38)$$

$$\text{или } \eta_k = \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{(Y_n - Y_0)}{(1 - Y_0)} + \frac{P_2}{P_0} \cdot \frac{(Z_n - Z_0)}{(1 - Z_0)}. \quad (2.39)$$

В практической технологии эффективность крупотделения кроме расчета общего эффекта η_k процесса дополнительно оценивают также по удельной производительности на квадратный метр производственной площади и по коэффициенту оборота продукта (отношение реального количества зерна, поступившего в процесс, к начальному).

Глава 6

ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРНА И ЯДРА

§1. Общие положения

Обработка поверхности зерна и ядра является составной частью технологического процесса производства муки и крупы. Она выполняется с различной интенсивностью и имеет различную направленность в зависимости от этапа технологического процесса.

В технологии комбикормов такая операция необходима лишь при выработке специальных кормов для молодняка животных, когда, например, удаляют грубые цветковые пленки ячменя и овса. Для осуществления этой операции наиболее часто используется фрикционно-терочное и ударно-истирающее воздействие абразивной, стальной, сетчатой, щеточной и других поверхностей на поверхность зерна и ядра. В некоторых случаях, когда удаляемые периферийные части непрочны связаны с ядром, используются деформации сжатия и сдвига и более мягкие поверхности воздействия, например обрезающие.

Операция по обработке поверхности зерна и ядра осуществляется:

- при подготовке зерна к помолу, когда шелушению подвергается только поверхностный слой зерна. Одновременно удаляются минеральная пыль и другие примеси, прочно связанные с поверхностью зерна. Такая операция получила название сухой или мокрой обработки поверхности зерна;
- при переработке крупяного сырья, когда удаляются практически полностью наружные оболочки зерна. Такая операция называется шелушением;
- шелушение в технологии комбикормов пленчатых культур (ячменя и овса) при подготовке зерна в процессе производства специальных комбикормов для молодняка животных;
- в технологии крупы после шелушения удаляются внутренние оболочки, алейроновый слой и зародыш в операции шлифования;
- при финишной обработке крупяного ядра с целью придания крупе товарного вида. Эта операция называется полированием.

Интенсивность воздействия в разных случаях диктуется задачей процесса. Так, при подготовке к помолу пшеницы в процессе сухой или влажной обработки поверхности массовая доля удаляемого поверхностного слоя не превышает 0,3–0,5 % от количества поступающего на обработку зерна. А при шелушении риса удаляются все наружные цветковые пленки, т. е. масса удаляемого периферийного слоя численно равна массе оболочек — цветковых пленок. При шлифовании рисового ядра удаляется 11–13 % наружного слоя в виде плодовых, семенных оболочек, алейронового слоя и зародыша.

Таким образом, технология и ее интенсивность диктуются задачей процесса, а выбор способа воздействия — характером и прочностью связей удаляемых периферийных частей с нижерасположенных частей зерна или ядра. Наиболее эффективно для обработки поверхности используется абразивное воздействие.

Количество одноименных операций и интенсивность обработки зависят от вида и качества материала рабочих органов оборудования: дек, дисков, валков и т. п. Причем, проблема стоит достаточно остро в связи с высокой стоимостью обновляемых деталей и трудоемкостью операции, если обновление изношенных рабочих органов осуществляется силами ремонтников технологического цеха. В практической технологии выработан ряд требований к рабочим поверхностям и, в частности, к абразивам, используемым для технологических целей:

1. Поверхность абразива должна быть гладкой, ровной, без раковин и сохранять первоначальную форму по мере износа в течение всего срока эксплуатации;

2. Поверхность должна быть прочной и износостойкой, что должно обеспечить длительную эксплуатацию с высокой эффективностью;

3. Так как она (поверхность) должна обладать определенной «режущей» способностью, то контактный слой должен постоянно обновляться, открывая новые режущие грани нижерасположенных слоев шлифовального зерна;

4. Постоянное обновление контактного слоя должно исключить «засаливание» абразивной поверхности, когда продукты, удаляемые с поверхности зерна или ядра, забивают пространство между острыми гранями шлифовальных зерен. Все это приводит к резкому ухудшению фрикционно-терочной способности абразива и к снижению технологической эффективности процесса.

Абразивная масса, используемая для изготовления абразивов, — это двухкомпонентная смесь шлифовальных зерен и связующего. В качестве шлифовальных зерен используют различные абразивные материалы, чаще корунд. А для связывания шлифовальных зерен в монолитную структуру используют различные связующие. Наиболее часто используют керамическое связующее и магнезиальное. Последнее используется при обновлении абразивных изделий силами ремонтников технологических цехов. Высокими эксплуатационными достоинствами обладают абразивы, изготовленные с использованием полимерного связующего (разработка кафедры технологии переработки зерна и комбикормов Кубанского государственного технологического университета). Они более износостойкие, с хорошей фрикционно-терочной способностью, могут быть изготовлены в условиях ремонтных мастерских технологических цехов.

В соответствии с техническими условиями на изготовление абразивной массы для абразивной обработки поверхности зерен и ядер используются шлифовальные зерна различной зернистости по ГОСТ 3647-71 (табл. 2.30).

Опыт практической эксплуатации показал, что с лучшим технологическим эффектом работают абразивы, при изготовлении которых использовано шлифовальное зерно разных номеров зернистости в виде смеси. В таблице 2.31 приведены рекомендации «Правил организации и ведения технологического процесса» по соотношениям номеров зернистости шлифовальных зерен для разных культур и на различных этапах технологии.

Высокими фрикционно-терочными свойствами обладают металлотканые поверхности дек, изготовленные из стальной проволоки квадратного или круглого сечения. Изготовление таких дек возможно только в условиях машиностроительного завода. Поэтому эксплуатация такого оборудования связана с периодической заменой изношенных дек на новые.

Номера зернистости шлифовальных зерен для абразивных масс

Номер зернистости	Вариация размеров, мкм	Средний размер зерна, мм
200	2500-2000	2,250
160	2000-1600	1,800
125	1600-1250	1,425
80	1000-800	0,900
63	800-630	0,715
50	630-500	0,565
40	500-400	0,450

Таблица 2.31

Рекомендуемые соотношения номеров зернистости шлифовальных зерен, %

Система технологического процесса	Номер шлифовальных зерен					
	160	125	100	80	63	50
1	2	3	4	5	6	7
Просо						
1 шелушильная				50	50	
2 шелушильная					50	50
3,4 шелушильная					50	50
шлифовальная					50	50
Овес						
шелушение в обоечной машине			20	20	60	
основное шелушение в поставах		50	50			
сходное шелушение в поставах			50	50		
шлифование				50	50	
Рис						
основное шелушение		30	20	50		
сходное шелушение			20	20	60	
1 шлифование			40	30	30	
2 шлифование			40	30	30	
3,4 шлифование			20	20	60	
Ячмень						
1,2 шелушение		50	50			
3,4 шелушение			50	50*		
1 шлифование	60	40				
2 шлифование		60	40			
3 шлифование		60	40			
1 полирование		20	40	40		
2,3 полирование			60	40		
Пшеница						
1 шелушение	20	20	30	30		
2 шелушение		20	20	30	30	
1 шлифование	60	40				
2,3 шлифование		60	40			
1 полирование		20	40	40		
2,3 полирование			60	40		

1	2	3	4	5	6	7
Горох						
1 шелушение		50	50			
2 шелушение			50	50		
Кукуруза						
1 шлифование	60	40				
2 шлифование		60	40			
3 шлифование					50	50
4 шлифование					50	50

* Для ЗШН № 125 — 60 %, № 100 — 40 %.

Аналогично поступают при износе обрезиненных поверхностей валков для шелушения риса, срок службы которых составляет около трех суток. При этом стойкость поверхности к истиранию, твердость и фрикционные свойства влияют на технологическую эффективность процесса. Особенно ухудшаются условия шелушения при неравномерном износе валков и при чрезмерном уменьшении диаметров.

§2. Обработка поверхности зерна при его подготовке к переработке

Необходимость операции диктуется наличием на поверхности зерна минеральной и органической пыли, плесеней, грибов, волосков грызунов, хитинового покрова насекомых и т. п. Все эти примеси благодаря особой структуре поверхности (наличие бороздки, бородки, микро- и макронеровностей) прочно удерживаются зерном и не удаляются при сепарировании. Кроме того, в зерновой массе находятся комочки земли, живые и неживые вредители — насекомые, частично изъеденные зерна и т. п., то есть все то, что нежелательно в готовой продукции по разным причинам. Поэтому необходима операция по интенсивной обработке поверхности, в результате которой:

- разрушается поверхностный слой зерна и осуществляется неглубокое шелушение;
- удаляются надрывы оболочек, волоски бородки;
- разрушаются изъеденные изнутри насекомыми-вредителями зерна;
- уничтожаются живые особи насекомых при сочетании ударных и фрикционных воздействий;
- разрушаются комочки земли.

Все это осуществляется при сухой обработке поверхности в обоечных, щеточных и других типах машин.

Для этих же целей осуществляется операция по мокрой обработке поверхности зерна, когда воздействие осуществляется или при полном погружении в воду (в моечных машинах), или при частичном погружении в воду (в машинах мокрого шелушения). В результате мокрой обработки поверхности создается дополнительный эффект увлажнения зерна, который может рассматриваться как первый этап гидротермической обработки. Кроме того, воздействие воды значительно улучшает санитарное состояние зерна. В некоторых случаях, например при обработке дефектного зерна, при наличии трудноудаляемых во-

лосков грызунов и хитинового покрова насекомых это единственное средство улучшения качества зерна.

В результате сухой обработки поверхности зерна минеральная пыль, оболочки, волоски, бородки, комочки земли и другие засорители переходят в тонкодисперсное свободное состояние и становятся легко удаляемыми при последующих операциях. Поэтому в технологии подготовки зерна после операции по обработке поверхности следует операция пневмосепарирования.

При мокрой обработке поверхности зерна продукты шелушения переходят в жидкую фазу и затем отделяются от воды на специальном оборудовании. Так как влажность продуктов шелушения может достигать 40–50 %, то их обязательно просушивают до оптимальной влажности.

Таким образом, обработку поверхности зерна можно осуществлять как сухим, так и мокрым способами, причем при подготовке к сортовым помолам обязательны оба варианта.

В процессе обработки поверхности зерна образуется многокомпонентная смесь, которая включает:

- зерна основной культуры с частично обработанной поверхностью;
- продукты разрушения периферийного слоя зерна, а также комочков земли и т. п.
- дробленые зерна основной культуры.

Интенсивность обработки поверхности может быть оценена по глубине удаляемого слоя зерна, по массовой доле образовавшихся продуктов шелушения, по изменению абсолютной массы единичного зерна и т. п. Все методы могут иметь применение, но для практических целей сложны и затратны во времени. Практичен метод оценки степени обработки по величине массовой доли продуктов шелушения, образовавшихся при обработке. Метод требует снятия материального количественного баланса:

$$M_0 = M_{ш} + M_{п.ш.}, \quad (2.40)$$

где M_0 — масса зерна, поступившего на машину;

$M_{ш}$ — масса зерна, прошедшего шелушение;

$M_{п.ш.}$ — масса продуктов шелушения.

При снятии материальных балансов массы продуктов определяют за одну временную единицу.

Тогда из баланса определяют относительное содержание продуктов шелушения в процентах и эту величину принимают за степень обработки E , %:

$$E = \frac{M_{п.ш.}}{M_0} \cdot 100. \quad (2.41)$$

Выражение не точно оценивает степень обработки поверхности, так как в продуктах шелушения всегда присутствует минеральная пыль поверхности зерна, разрушенных комочков земли и т. п.

Более точную картину интенсивности обработки дает степень обработки, рассчитанная по потере массы зерном. Причем, точность возрастает, если потерю рассчитывать по массе 1000 зерен:

$$E = \frac{m_0 - m_{ш}}{m_0} \cdot 100, \quad (2.42)$$

где E — степень обработки поверхности, %;

m_0 — масса 1000 зерен до шелушения;

$m_{ш}$ — масса 1000 зерен после шелушения.

Однако и этот прямой метод по разным причинам не находит применения в практической технологии, которая рекомендует косвенный метод оценки интенсивности обработки поверхности по снижению зольности зерна. Метод основан на неравномерном распределении зольных элементов по сечению зерна. Поэтому удаление даже незначительной части периферийного слоя зерна приводит к ощутимому снижению зольности. Метод узаконен отраслевыми стандартами и имеет точную количественную характеристику. Считается, что в результате обработки на известных типах машин ожидаемое снижение зольности ΔZ должно составить 0,01–0,05 %:

$$\Delta Z = Z_{до} - Z_{после},$$

где $Z_{до}$ — зольность зерна до обработки, %;

$Z_{после}$ — зольность зерна после обработки, %.

Увеличение ΔZ возможно на типе машин, где интенсивность обработки регулируется временем пребывания зерна в рабочей зоне. Величина ΔZ также изменяется от способа обработки и от вида технологического оборудования (в основном, от материала деки).

Дробление — негативное явление в процессе обработки поверхности зерна и поэтому его необходимо свести к минимуму. В связи с этим в дополнение к степени снижения зольности для оценки эффективности используют абсолютное увеличение содержания дробленых зерен ΔD , %:

$$\Delta D = D_{после} - D_{до},$$

где $D_{после}$ — содержание дробленого ядра после обработки, %;

$D_{до}$ — содержание дробленого ядра до обработки, %.

Величина ΔD изменяется в зависимости от способа обработки и колеблется в пределах 1–2 %.

В таблицах 2.32 и 2.33 приведены способы обработки поверхности зерна сухим и мокрым способами, используемые при подготовке зерна к переработке. Даны типы применяемого оборудования, схемы и способы воздействия, а также показатели эффективности работы при оптимальной обработке поверхности. Дополнительно приведены данные о расходе воды в литрах на килограмм зерна и возможная степень увлажнения. Из приведенных данных видно, что интенсивность воздействия на поверхность зерна зависит от типа применяемого оборудования. Более интенсивно обрабатывают поверхность машины с абразивной декой, менее интенсивно — щеточные машины. Обоечные машины с ситовой декой приближаются по интенсивности воздействия к машинам с абразивной декой, но значительно менее травмируют зерно. Обоечные машины со стальным цилиндром (декой) находят меньшее применение, чем обоечные машины с абразивной и ситовой деками. Машины с фрикционно-терочным принципом воздействия с абразивным ротором и ситовой декой могут легко менять интенсивность воздействия за счет увеличения времени пребывания зерна в рабочей зоне. При этом резко падает производительность операции, что необходимо учитывать при эксплуатации оборудования.

На эффективность работы обоечных машин оказывает влияние окружная скорость бичевого ротора, удельная нагрузка или удельная производительность машины, расстоя-

Классификация методов сухой обработки поверхности зерна

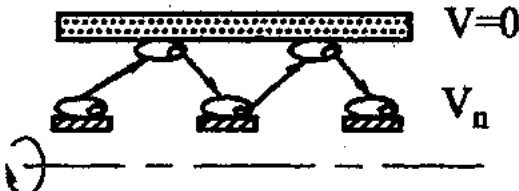
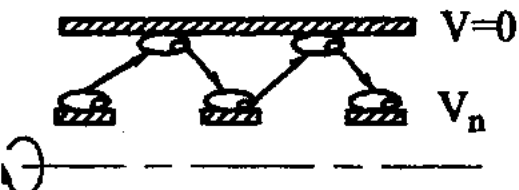
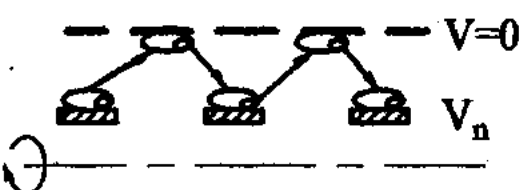
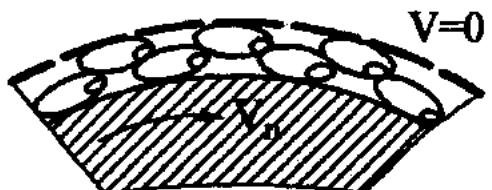

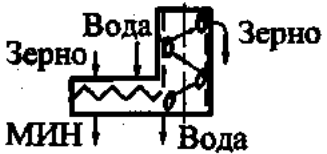

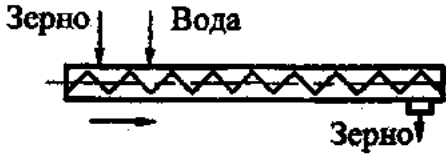
Тип оборудования (машина)	Схема воздействия	Способ воздействия	$\Delta Z, \%$	$\Delta D, \%$ не более
С бичевым ротором и абразивной декой (обоечная)		Многократный удар и фрикционное воздействие	0,03–0,05	2
С бичевым ротором и стальной декой (обоечная)		Многократный удар и фрикционное воздействие	0,01–0,03	1
С бичевым ротором и сетчатой декой (обоечная)		Многократный удар и фрикционное воздействие	0,02–0,04	1
С абразивным ротором и сетчатой декой (тип ЗШН)		Фрикционно-терочное воздействие	0,03–0,06	1
С щеточным ротором и щеточной декой		Фрикционно-терочное воздействие	0,01–0,02	1

Таблица 2.33

Классификация методов мокрой обработки поверхности зерна

Тип оборудования (машина)	Схема воздействия	Способ воздействия	ΔZ , %	ΔD , % не более	ΔW , %	Расход воды кг/кг
С моечной ванной и отжимной колонной (моечная)		Мойка, многократный удар, фрикционное воздействие	0,02–0,04	1	2,5–3,5	1,5–2
С увлажнением и отжимной колонной (мокрого шелуше- ния)		Увлажнение, много- кратный удар, фрикци- онное воздействие	0,02–0,04	0	1,6–2	0,2–0,3
С увлажнением и интенсивным пе- ремешиванием (шнек интенсивного увлажнения)		Увлажнение, смешивание, фрикци- онное воздействие	–	–	4,5	–

ние между кромкой бича и поверхностью деки, а также время пребывания зерна или количество ударно-истирающих воздействий, которое регулируется уклоном бичей или гонков. При этом, кроме времени пребывания, регулируемые параметрами являются удельная нагрузка и расстояние между кромками бичей и декой. Как правило, увеличение удельной нагрузки снижает интенсивность воздействия на поверхность зерна, а увеличение времени пребывания в рабочей зоне — увеличивает. Очевидно, это связано с количеством ударно-истирающих воздействий на единичные зерна, которое возрастет при увеличении времени пребывания и уменьшается при увеличении удельной нагрузки. Расстояние между бичевым ротором и декой выбирают с учетом обрабатываемой культуры, физических свойств зерна и производительности операции. Например, при обработке пшеницы в обочных машинах с абразивной декой оно составляет 25–30 мм, а при обработке ржи — 20–25 мм. Для всех машин сухой обработки поверхности чрезвычайно важное значение имеет состояние абразивной, щеточной, стальной, сетчатой рабочих поверхностей, которые не должны иметь нарушений геометрии, раковин, разрывов и т. п. На дробимость зерна существенное влияние оказывает износ бичей. При этом, чем больше износ, тем выше дробимость.

При использовании машин для сухой обработки, как правило, на поверхности зерна еще сохраняется достаточно много минеральной и органической пыли, волосков грызунов, хитинового покрова насекомых и т. п., что делает чрезвычайно эффективной мокрую обработку с точки зрения улучшения санитарного состояния. Особенное значение приобретает мокрая обработка при использовании в технологии дефектного зерна. Кроме того, в моечной ванне происходит дополнительно удаление из зерна тяжелых минеральных примесей. Увлажненная поверхность зерна более легко шелушится во всех типах машин. Кроме того, зерно увлажняется, что является первым этапом гидротермической обработки. В моечной ванне степень увлажнения зерна составляет 4,0–5,0 %, что приблизительно равно влагоемкости оболочек. Обезвоживание в отжимной колонке снижает влажность зерна на 1,5–2,0 %. В машинах мокрого шелушения общее увеличение влажности зерна составляет 1,6–2,0 %, в шнеках интенсивного увлажнения — до 5,0 %. Расход воды на мойку зерна — 1,5–2,0 литра на килограмм зерна делает операцию дорогостоящей. Однако по заключению экспертов моечная машина наиболее эффективна при обработке поверхности зерна, особенно, если это касается удаления таких специфических примесей, как грибки, плесени, хитиновый покров насекомых, волоски грызунов и т. п. По существу, моечная машина обеспечивает оптимальное санитарное состояние муки.

Наряду с проблемой повышения себестоимости продукции из-за высокой стоимости питьевой воды, существует проблема очистки сточных вод после моечной машины и машины мокрого шелушения. В мукомольной технологии (подробно в частной технологии муки) воду вначале очищают от твердых частиц, таких как соломистые частицы, щуплые и битые зерна и т. п., а затем обрабатывают одним из способов:

- ♦ по индивидуальной схеме очистки воды с целью повторного ее использования для мокрой обработки зерна;
- ♦ обеззараживание для безопасного спуска в канализацию, если отсутствует центральная канализация в месте переработки зерна;
- ♦ спускают в канализацию без специальной обработки, если имеется центральная станция обработки канализационных вод.

Таким образом, отказ от эксплуатации моечных машин или хотя бы машин мокрого шелушения в технологии муки, несмотря на увеличение себестоимости продукции, является ошибочным как с точки зрения технологии муки, так и с точки зрения санитарного состояния муки и хлеба.

Технологическое использование методов сухой и мокрой обработки зерна, в основном, зависит от вида перерабатываемой культуры и типа помола (сортовой или обойный). Так, более интенсивна сухая обработка абразивными средствами рекомендуется для обойных помолов и помолов ржи. Для сортовых помолов пшеницы обязательна двухкратная сухая обработка поверхности и однократная влажная. Причем, чтобы не повредить оболочки и тем самым не уменьшить их прочность, рекомендуется использование сетчатых, стальных или щеточных дек.

В технологии подготовки зерна к помолу имеет место операция по обеззараживанию зерна в энтолейторах-стерилизаторах, которую также можно отнести к сухой обработке поверхности. Суть операции состоит в следующем. В зерне могут находиться живые особи насекомых-вредителей, изъеденные изнутри пустотелые зерна, зерна с куколками насекомых-вредителей и т. п. Все это засорители зерновой массы, попадание которых в готовую продукцию нежелательно. В обоечных машинах лишь частично разрушаются такие зерна. В энтолейторах-стерилизаторах зерно обрабатывается более интенсивно, чем в обоечных машинах, и в основном ударным способом, что и приводит к уничтожению живых особей насекомых-вредителей, разрушению изъеденных и пустотелых зерен. Рабочий процесс начинается в пространстве между двумя дисками вращающегося ротора, соединенными между собой втулками. Зерно захватывается втулками и отбрасывается на отражательное кольцо. Таким образом, зерно испытывает дважды ударные нагрузки о втулки ротора и отражательное кольцо. Как и в случае сухой обработки поверхности, продукты обработки удаляются последующим пневмосепарированием.

Таким образом, в технологии муки на стадии подготовки обязательны как сухая, так и мокрая обработки поверхности зерна, что позволяет более эффективно удалить некоторые категории примесей и улучшить санитарное состояние зерна.

Эффективность технологии оценивают по абсолютному снижению зольности зерна, прошедшего обработку.

Дополнительно процесс обработки поверхности оценивается по приращению содержания дробленых зерен, которое должно быть минимальным.

§3. Шелушение в технологии крупы

Общие положения. Классификация методов

Шелушение в технологии крупы — это более глубокая обработка поверхности, чем при подготовке зерна к помолу. В результате этой операции практически полностью удаляются наружные оболочки риса, гречихи, овса, ячменя, проса, частично — пшеницы, гороха. Операцию шелушения для кукурузы не проводят, а наружные оболочки удаляют шлифованием после дробления зерна.

Таким образом, шелушение — это операция по отделению наружных оболочек у зерна крупяных культур. Причем, операция должна быть проведена с минимальным дроблением ядра, так как при переработке основных крупяных культур крупа — это целые, недробленные ядра, в различной степени сохранившие внутренние оболочки, алейроновый слой и зародыш. При производстве дробленых круп степень разрушения ядра также должна быть минимальной, что позволит получить больший выход крупы крупных номеров. Решение этой проблемы лежит в правильном выборе метода шелушения, который определяется особенностью анатомического строения зерна, степенью связи удаляемых оболочек с ядром, а также прочностью ядра или зерна (способностью сопротивляться разрушению при внешнем силовом нагружении).

В зависимости от принципа механического воздействия, конструкции рабочих органов шелушительных машин, характера вызываемых деформаций способы шелушения классифицируют с выделением четырех самостоятельных групп.

К первой группе (таблица 2.34) относят способ шелушения, в котором преобладающим видом воздействия являются сжатие и сдвиг. Таким способом можно шелушить зерно гречихи, риса, овса, проса, у которых наружные оболочки не срастаются с ядром. По такому принципу работают вальцедековые станки с неподвижной декой и вращающимся валком, поставы с неподвижным и вращающимся диском, шелушители с двумя вращающимися с разной скоростью валками.

Ко второй группе относят способ шелушения, в основе которого лежит многократный удар и сопутствующее фрикционное воздействие об абразивную или стальную терочную поверхность. Таким способом шелушат ячмень, овес, пшеницу. Эти культуры имеют достаточно прочное ядро, глубоко проникающую в ядро бороздку, что усложняет отделение наружных оболочек. По такому принципу работают обочные машины.

К третьей группе относят способ шелушения, в основе которого лежит однократный удар о стальную поверхность, что приводит к разрушению связей оболочки — ядро и к шелушению. Таким способом шелушат овес, у которого цветковые пленки хотя и плотно соединены с ядром, но с ним не срастаются. Ядро прочное, нехрупкое. Этот способ шелушения реализован в центробежных шелушителях.

К четвертой группе относят фрикционно-терочный способ шелушения, в основе которого лежит контактное трение поверхности зерна об абразивную и стальную терочную поверхность. В результате воздействия происходит постепенное разрушение поверхностного слоя зерна. Таким способом шелушат крупяные культуры, у которых наружные оболочки прочно связаны с нижерасположенными анатомическими слоями зерна (пшеница, ячмень, горох). Этот способ шелушения реализован в шелушителях с абразивным ротором и ситовой декой.


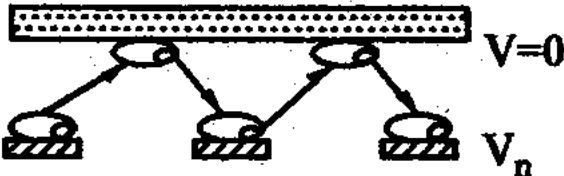

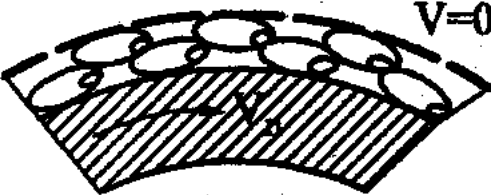
Таким образом, в основе выбора способа шелушения лежат особенности строения зерна, показатели структурно-механических свойств и степень связи с ядром разделяемых анатомических частей.

Оценка технологического эффекта шелушения

Технологический процесс шелушения необходимо вести с определенной интенсивностью. Это значит, что в результате шелушения должно возрасть количество шелушенных

Таблица 2.34

Принципиальные способы шелушения

Оборудование	Схема шелушения	Вид воздействия	Зерновая культура
Вальцедековый станок, шелушительный постав, валковый шелушитель		Сжатие и сдвиг	Гречиха Рис Овес Просо
Обочная машина		Многократный удар и фрикционное воздействие	Овес Ячмень Пшеница
Центробежный шелушитель		Однократный удар и разрушение	Овес
Шелушитель с абразивным ротором и ситовой декой		Фрикционно-терочный	Ячмень Горох Пшеница

зерен и снижаться количество нешелушенных зерен. При этом в продуктах шелушения должна накапливаться лузга, количество которой должно быть пропорционально массе удаляемых наружных оболочек. Интенсивность воздействия может возрасти до такой степени, что все нешелушенные зерна превратятся в шелушенные, а количество лузги достигнет максимума. В реальной технологии под воздействием рабочих органов машин происходит интенсивное разрушение как отделяемых наружных оболочек, так и ядра крупной культуры. При этом в продуктах шелушения будут накапливаться дробленые частицы ядра и мучнистые частицы, которые в случае производства недробленой крупы являются побочными, т. е. менее ценными продуктами технологии, чем крупа. Очевидно, чем больше будет накапливаться таких продуктов, тем менее эффективно будет проведена операция. Таким образом, мы имеем дело с технологическим парадоксом. С одной стороны, необходимо повышать интенсивность шелушения, без чего невозможно получить крупу. С другой стороны, всякое повышение интенсивности шелушения приводит к снижению эффективности шелушения из-за повышения выхода побочных продуктов.

При получении дробленых круп картина не так парадоксальна, как при получении недробленых круп. Дробление в этой технологии, одна из операций при получении крупы. Однако при этом излишнее дробление при операции шелушения также может привести к негативным последствиям. Например, к снижению выхода крупы крупных номеров или к повышенному выходу мучнистых частиц, которые для любой технологии образуют побочный, малоценный в сравнении с крупой, продукт. Таким образом, ведение технологии шелушения должно контролироваться с двух позиций — количественной и качественной. Увеличение интенсивности процесса не должно быть чрезмерным, так как это ведет к снижению общего эффекта из-за повышенной дробимости.

За меру интенсивности или за количественную меру ведения процесса шелушения принято относительное количество прошелушенных зерен, образовавшихся за однократный пропуск через шелушильную машину. В технологии этот показатель называют коэффициентом шелушения $K_{ш}$, %:

$$K_{ш} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} \cdot 100, \quad (2.43)$$

где Z_1 — количество нешелушенного зерна перед шелушением, %;

Z_2 — количество нешелушенного зерна в продуктах шелушения к массе зерна, поступившего на систему шелушения, %.

Выражают коэффициент шелушения или в процентах, или в долях единицы. Реальное значение коэффициента шелушения изменяется для разных культур от 0,25 до 0,95. Основным регулирующим фактором интенсивности шелушения является величина рабочего зазора. Увеличение рабочего зазора приводит к снижению коэффициента шелушения и наоборот. Выбор оптимального значения коэффициента шелушения в производственных условиях осуществляется по органолептической оценке продуктов шелушения. Практическое применение может найти экспериментально полученная зависимость выхода дробленого ядра от величины коэффициента шелушения. Последняя индивидуальна для шелушителей разных типов и для разных культур (в соответствии с рисунком 2.48). Как правило, с повышением интенсивности процесса и, соответственно, величины коэффициента шелушения возрастает выход дробленого ядра. Приращение дробленого ядра вначале

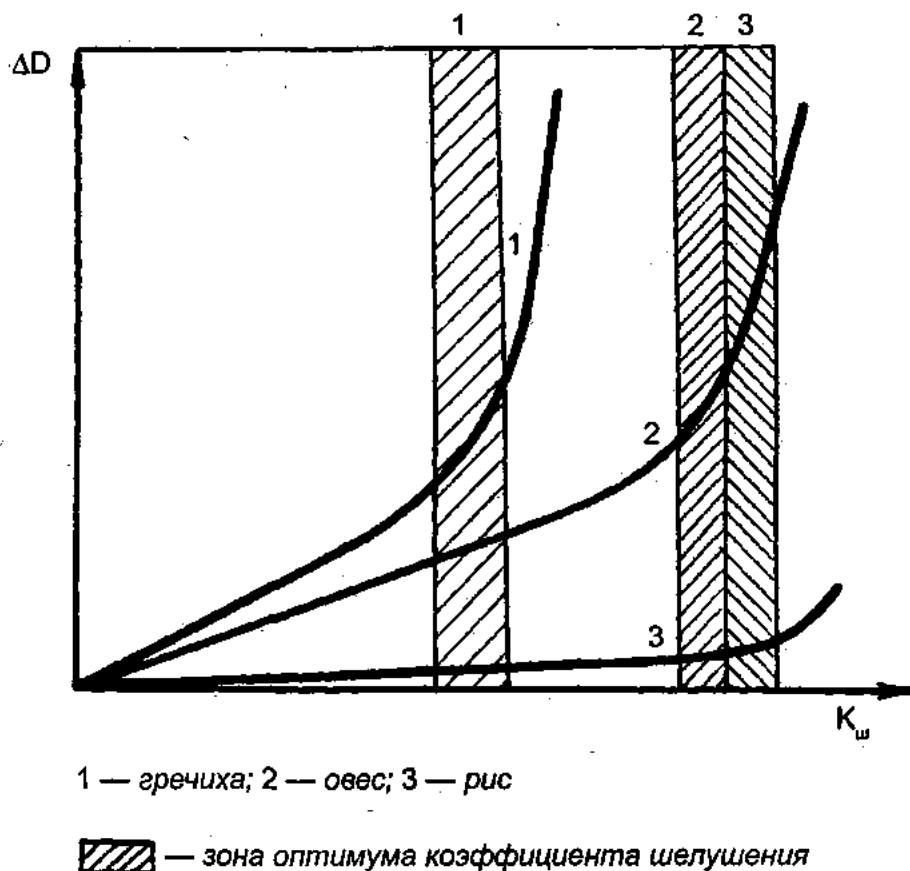


Рис. 2.48. Влияние интенсивности шелушения на выход дробленого ядра

протекает с минимальной интенсивностью, а при достижении некоторой величины ее интенсивность резко возрастает. На некоторых графиках отчетливо прослеживается точка перелома (гречиха и овес) в изменении выхода дробленого ядра в шелушителях с жесткими абразивными поверхностями. При шелушении риса на шелушителях с мягкими обрезиненными валками выход дробленого ядра начинает возрастать более интенсивно при значении коэффициента шелушения 0,91–0,92. При меньших значениях график приращения дробленого ядра развивается с небольшим уклоном почти параллельно оси абсцисс. Специфика риса как культуры такова, что на стадии шелушения при использовании шелушителей с обрезиненными валками дробленые ядра получают преимущественно из лома в зерне риса. Ломом в зерне риса считаются зерна, ядра которых при ручном удалении цветковых пленок разрушаются на части. И лишь при интенсивном воздействии происходит некоторое приращение дробленого ядра за счет зерен, имеющих глубокие сквозные трещины.

Очевидно, что шелушение зерна при значениях коэффициента шелушения, близких к единице (100 %), нецелесообразно ни технологически, ни тем более экономически. Чтобы оценить негативное влияние дробимости ядра, т. е. для оценки качества процесса шелушения рассчитывают (определяют) степень целостности ядра или относительное количество целого ядра по отношению к массе ядра, образовавшегося при шелушении. В техно-

логии этот показатель получил название коэффициент целостности ядра $K_{ц.л.}$, % (можно в долях единицы):

$$K_{ц.л.} = \frac{\Delta Y}{\Delta Y + \Delta D + \Delta M} \cdot 100, \quad (2.44)$$

где $\Delta Y = Y_2 - Y_1$ — приращение целого ядра при шелушении, %;

$\Delta D = D_2 - D_1$ — приращение дробленого ядра при шелушении, %;

$\Delta M = M_2 - M_1$ — приращение мучки при шелушении, %;

Индекс 1,2 означает содержание соответствующих продуктов до и после шелушения.

Общий эффект шелушения $\eta_{ш}$ рассчитывают как произведение коэффициентов шелушения и целостности ядра взятых в долях единицы:

$$\eta_{ш} = K_{ш} \cdot K_{ц.л.} \quad (2.45)$$

Очевидно, что для расчета коэффициентов, определяющих эффективность шелушения, необходимо снятие баланса и определение в продуктах содержания зерна, ядра, дробленого ядра и мучки.

В правилах организации и ведения технологического процесса приводятся не $K_{ш}$ и $K_{ц.л.}$, а предельные нормы выхода шелушенных зерен и дробленого ядра за однократный пропуск через машину для шелушения.

При получении дробленой крупы из зерна, у которого наружные оболочки прочно связаны с ядром или глубоко заходят в бороздку (ячмень, пшеница, горох), в процессе шелушения получают целые и дробленые ядра в различной степени шелушенные, частицы наружных оболочек в виде лузги, т. е. не получают чистого ядра (зерна с полностью удаленными оболочками), что не позволяет использовать вышеприведенный метод для оценки эффекта шелушения. Как и в случае обработки поверхности зерна пшеницы и ржи при их подготовке к помолу интенсивность воздействия на поверхность можно определить по изменению массы единичных зерен или массы 1000 зерен, по относительному выходу тонкодисперсных продуктов шелушения поверхности, а также косвенными методами, например, по снижению зольности зерна при его обработке. Так, по данным М.Е. Гинзбурга, при четырехкратном шелушении ячменя на обоечных машинах происходит снижение зольности ячменя с 2,22 до 1,45 %, при этом выход тонкодисперсных продуктов шелушения периферийного слоя зерна составил 12,3 % с зольностью 7,22 %.

Факторы, влияющие на технологический эффект шелушения

На технологический эффект шелушения оказывают влияние как само зерно, так и условия его шелушения, т. е. вид машины и как она задействована в технологическом процессе.

В практической технологии хорошо известно, что шелушение двух партий зерна на одной шелушительной машине может дать различные результаты. Итак, две группы факторов, влияющие на эффект шелушения:

- ♦ факторы, зависящие от качества зерна;
- ♦ факторы, определяемые видом шелушительного оборудования и условиями его эксплуатации.

Факторы, связанные с особенностями перерабатываемого зерна:

1. Физические признаки зерна — крупность, выполненность и выровненность.
2. Влажность и степень ее приближения к оптимальной.
3. Структурно-механические свойства — прочность зерна, ядра, оболочек, прочность связи разделяемых анатомических частей.
4. Особенности анатомического строения и формы.
5. Наличие гидротермической обработки.

Влияние физических признаков на эффект шелушения общеизвестно. Крупное зерно шелушится легче и с меньшими затратами электроэнергии, чем мелкое. У мелкого зерна более прочная связь оболочек с ядром. Как правило, при шелушении невыровненного по размерам зерна нешелушеными остаются мелкие зерна. Поэтому в технологии наиболее рационально разделять шелушить мелкую и крупные фракции зерна и даже с привлечением разных шелушительных машин. Например, опыт работы Красноармейского рисозавода показывает, что крупную фракцию риса целесообразно шелушить с использованием мягких обрезиненных поверхностей валкового шелушителя, а мелкую фракцию — на абразивных шелушительных поставках.

Влажность зерна существенно влияет на показатели процесса шелушения. Существует понятие оптимальная влажность, при которой достигается оптимум технологических свойств. Так, для гречихи, прошедшей гидротермическую обработку, влажность должна быть не более 13,5 %, для овса при шелушении на абразивных поставках — не более 10,0 %, а при шелушении на обоечных машинах — 13,5–14,0 %. Разница во влажности овса объясняется используемым способом шелушения. В первом случае, где преобладают деформации сжатия и сдвига, овес может быть сухим, а во втором случае, при шелушении на обоечных машинах, где имеют место ударные нагрузки, ядро овса должно быть более влажным и поэтому более пластичным. Горох шелушат при влажности 14,0–15,5 %, пшеницу — 14,5–15,0 %, рис — 14,5–15,5 %, просо — 13,0–14,5 %, ячмень — при влажности не более 15,5 %. Кукурузу перерабатывают при различной влажности в зависимости от вида готовой продукции. Так, при переработке в пятиномерную крупу влажность должна быть в пределах 15,0–16,0 %, а при выработке крупы для хлопьев и палочек — 19,0–22,0 %. Эффект шелушения снижается при переработке зерна влажностью более и менее оптимальной. Особое внимание уделяют влажности разделяемых анатомических частей. Считается, чем больше разность во влажности оболочек и ядра, тем выше эффект шелушения. Сухие наружные оболочки становятся хрупкими и легко отделимыми, а влажное ядро — менее хрупкое и более устойчиво против дробления. Большое внимание должно быть уделено однородности по влажности зерна и при формировании крупяных партий.

Гидротермическая обработка существенно изменяет свойства разделяемых анатомических частей зерна. Так, при тепловом воздействии ядро становится еще более прочным, оболочки более хрупкими и легко отделимыми, что увеличивает эффективность шелушения.

Вторая группа факторов, влияющих на эффективность шелушения, связана с особенностями применяемого технологического оборудования и производственными условиями его эксплуатации. В первую очередь, это соответствие принятого способа шелушения особенностям анатомического строения зерна и формы. При этом обязательно рассматривают степень связи оболочек с ядром и прочность ядра. Например, шелушение риса в машинах с ударно-истирающим способом воздействия приводит к образованию чрезмерно

большого количества дробленого ядра, хотя шелушение как таковое произойдет. Однако общий эффект шелушения будет несомненно низким из-за чрезмерного дробления ядра.

При эксплуатации шелушильных машин необходимо обеспечить:

- ♦ равномерность питания и оптимальную удельную нагрузку;
- ♦ исправность деталей и узлов;
- ♦ постоянство кинематических параметров;
- ♦ периодическое обновление рабочих поверхностей (абразивных, резиновых и т. п.) для шелушения;
- ♦ эффективную аспирацию.

Выявление неисправностей в работе машин, снижения эффективности процесса шелушения осуществляется при постоянном оперативном контроле персонала технологического цеха и периодическом лабораторном контроле. При этом выявляют путем органолептической оценки процент необрушенных зерен, дробленых ядер, степень обработки поверхности, т. е. те показатели, которые наиболее существенно влияют на эффект шелушения. В период остановок проверяют состояние рабочих поверхностей шелушителей, натяжения ремней и т. п.

Технологические особенности шелушения различных культур

Гречиха. Ядро гречихи хрупкое, что приводит к повышенному выходу дробленого ядра, особенно при шелушении без гидротермической обработки и без деления зерна на фракции. Три лепестка плодовой оболочки гречихи свободно охватывают ядро и соединены с ним в одной точке, что предопределяет использование деформации сжатия и сдвига при шелушении. Шелушат гречиху с использованием вальцедековых шелушителей с неподвижной декой и вращающимся валком. Материал деки и вала абразивный. Геометрия (радиус кривизны) вала и деки совпадают. При установке рабочего зазора деку можно отодвигать от вала по линии радиуса, делящего деку на две равные половины (равноплечая дека). В соответствии с рисунком 2.49 при общем угле охвата деки 60° $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$. Отодвигать деку можно по линии радиуса, делящего деку на две неравные части (неравноплечая дека). При этом $\alpha_1 = 15^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$.

В обоих случаях максимальный зазор B_0 будет по линии радиуса, по которому отодвигается дека при приведении ее в рабочее положение. При равноплечей деке зазор на входе B_1 будет равен зазору на выходе B_2 . При неравноплечей деке $B_1 > B_2$. В обоих случаях валок и дека образуют рабочий зазор серповидной формы. Преимущество неравноплечей деки состоит в том, что облегчаются условия входа зерна в рабочую зону. При шелушении зерно втягивается в рабочий зазор между валком и декой, сжимается по граням и испытывает сдвигающие усилия со стороны вала и тормозящие со стороны деки, что приводит к разрушению плодовой оболочки. Так как размеры зерна гречихи варьируются в пределах двух и более миллиметров по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения, то для оптимизации процесса шелушения ее делают на шесть фракций с разницей в размерах 0,2–0,3 мм. Поэтому рабочий зазор для шелушения подбирают индивидуально для каждой фракции. При шелушении зерновка сжимается по линии ребра, поэтому величина рабочего зазора должна быть меньше длины ребра грани ядра, чтобы исключить излишнее дробление. Величину рабочего зазора для шелушения

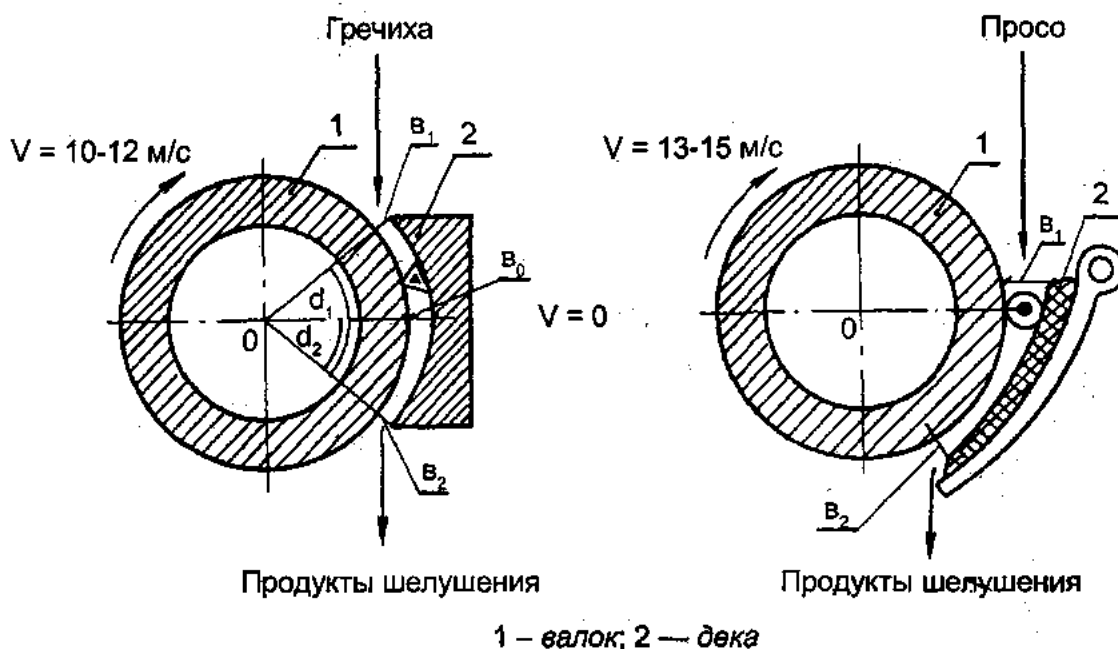


Рис. 2.49. Шелушение гречихи и проса в вальцедековом станке

фракции можно получить экспериментально или расчетным путем, принимая форму зерна гречихи в наибольшем поперечном сечении в виде равностороннего треугольника.

Процедура расчета:

- находят средний размер описанной окружности вокруг зерна фракции (рис. 2.50):

$$D_{cp} = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}; \quad (2.46)$$

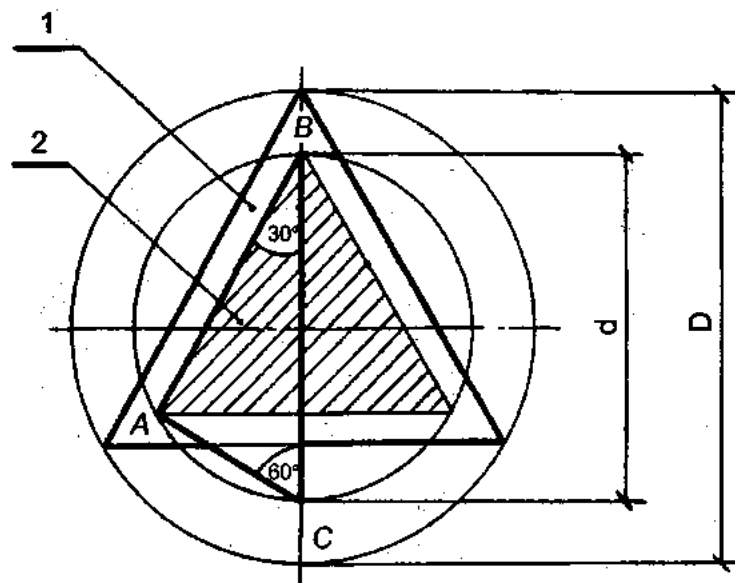
- рассчитывают средний диаметр описанной окружности вокруг ядра: $d \leq D_{cp} - 0,5$ мм;
- из треугольника ABC находят длину грани ядра $AB = d \cdot \cos 30^\circ$, которую можно принять за величину рабочего зазора B_0 ;
- уточняют размер рабочего зазора при настройке вальцедекового станка в режиме шелушения.

Просо. Цветковые пленки проса свободно охватывают ядро и соединены с ним по линии рубчика; ядро нехрупкое. Для шелушения проса применяют вальцедековые станки с абразивным валком и декой, рабочая поверхность которой покрыта технической резиной с тканью. Рабочая поверхность валка и деки имеет одинаковую кривизну. При шелушении создается рабочий зазор клиновидной формы (постепенно суживающийся), что позволяет шелушить просо не сортированное на фракции крупности. Рабочий зазор на входе B_1 и выходе B_2 ориентировочно рассчитывают, исходя из максимального размера проса d_n :

$$B_1 = (1,5 - 1,6) d_n$$

$$B_2 = (0,7 - 0,8) d_n$$

Расчетные значения рабочих зазоров уточняют при шелушении по показателям эффективности. В рабочей зоне просо испытывает непродолжительное сжатие и сдвиг (тор-



1 — зерно; 2 — ядро
 D — диаметр описанной окружности вокруг зерна;
 d — диаметр описанной окружности вокруг ядра

Рис. 2.50. Геометрия зерна и ядра гречихи в миделевом сечении

мозящее усилие со стороны неподвижной деки и сдвигающее усилие валька), вызывающих скалывание и размыкание цветковых пленок. Конструктивно вальцедековые станки могут быть выполнены с одной или двумя деками. Во втором случае длина зоны шелушения удваивается. При использовании однодековых станков количество последовательных циклов шелушения достигает четырех, а при использовании двухдековых станков — двух. Возможно пофракционное шелушение проса, что увеличивает эффективность процесса.

Рис, овес. Цветковые пленки риса свободно охватывают ядро и с ним не срастаются. Ядро хрупкое. При механическом нагружении, а также при воздействии тепла и влаги возможно разрушение ядра трещинами, что является главным фактором дробления при шелушении. Основным шелушителем для риса является станок с обрезиненными вальками диаметром 200 мм и длиной 400 мм. Вальки вращаются навстречу друг другу с разной скоростью (дифференция 1,45), что обеспечивает в рабочей зоне сдвигающие усилия (см. рис. 2.51). Рабочий зазор B_0 подбирают с учетом толщины зерна B_z :

$$B_0 = (0,6 - 0,7) \cdot B_z.$$

Шелушение происходит при непродолжительном сжатии и сдвиге, вызывающих скалывание и размыкание цветковых пленок. Шелушители с обрезиненными вальками работают с высоким технологическим эффектом. Основным недостатком этого типа шелушителей является быстрый износ резины, что делает необходимым частую замену валков (через 72–100 часов непрерывной работы). Последнее сказывается на технологическом эффекте шелушения и на себестоимости продукции. Другим скрытым недостатком этого способа шелушения является увеличение количества зерен с опасными трещина-

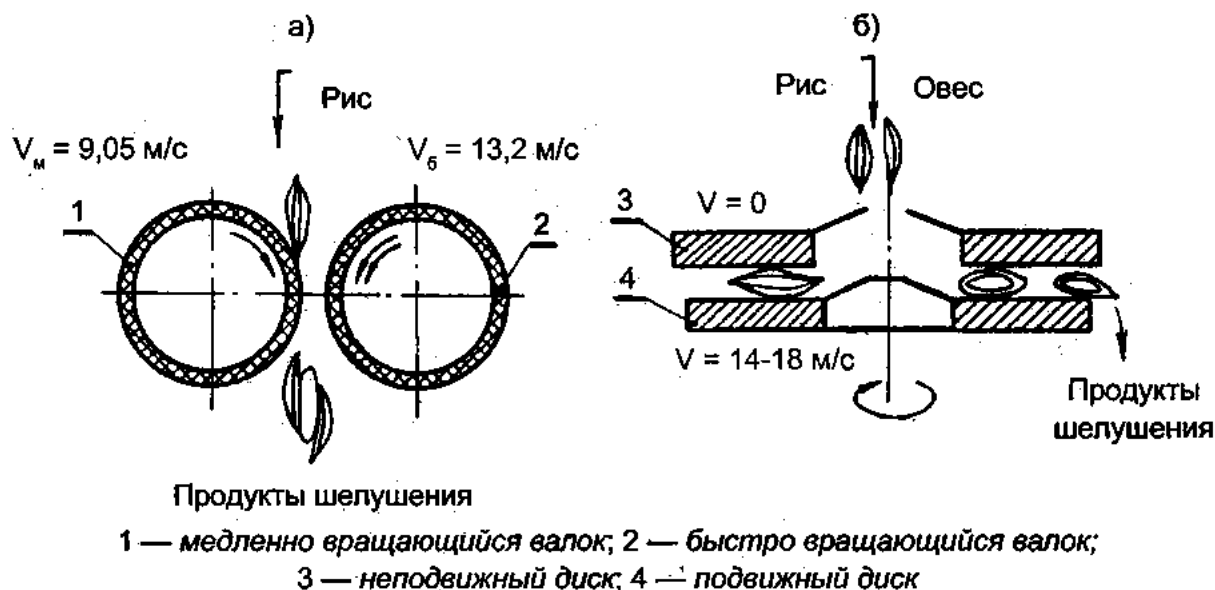


Рис. 2.51. Шелушение риса обрезаемыми (а) и абразивными (б) поверхностями

ми, которые могут привести к разрушению ядра при последующих после шелушения операциях.

Рис также шелушат в поставах с абразивными дисками. В основном, это мелкие и сходовые фракции, зерно которых менее эффективно шелушится на обрезаемых валках. Однако это оборудование является основным для шелушения овса, у которого цветковые пленки плотно охватывают ядро, но с ним не срастаются. Ядро овса прочное и эластичное, что позволяет шелушить его в фиксированном рабочем зазоре между двумя абразивными поверхностями. По отношению к неподвижному диску зерно описывает многовитковую спираль. На слегка сжатое зерно воздействует с одной стороны центробежная сила, что способствует выводу продуктов шелушения из рабочей зоны, с другой стороны зерно испытывает тормозящие усилия от неподвижного диска. Таким образом, шелушение осуществляется при деформации сжатия и сдвига и сопутствующим фрикционным воздействием. Абразивные диски могут работать более года без снижения эффекта шелушения. К недостаткам следует отнести повышенную дробимость ядра, особенно для крупных ядер, таких как у зерен риса.

Овес также можно шелушить в обоечных машинах с абразивным цилиндром, где основной способ воздействия — удар и сопутствующее фрикционное воздействие. В технологии крупы обоечные машины используют в основном для шелушения ячменя и пшеницы.

Ячмень. Цветковые пленки ячменя плотно соединены с ядром по всей поверхности и глубоко заходят в бороздку. Ядро прочное. Удаление наружных оболочек, заходящих в бороздку, возможно только в результате дробления и последующего шелушения. В обоечных машинах этот процесс происходит одновременно, в результате чего получают продукты шелушения, состоящие из различной степени шелушенных и дробленых зерен (пенсак) с частицами оболочек (лузга). Интенсивность воздействия на зерно пропорциональна квад-

рату окружной скорости бичей. Поэтому кинематические параметры обоечной машины выбирают в зависимости от структурно-механических свойств перерабатываемой культуры. Количество последовательных циклов воздействия при шелушении подбирают с учетом суммарной степени обработки. Так, в технологии перловой и ячневой крупы используют четыре последовательных цикла.

Пшеница. Также имеет прочно соединенные с нижерасположенными анатомическими частями плодовые оболочки, глубоко заходящие в бороздку. Это определяет ударно-истирающий способ воздействия в операции шелушения с применением обоечных машин с абразивным цилиндром. В этом случае при частичном дроблении зерна можно обеспечить удаление оболочек, заходящих в бороздку. Пшеницу шелуют путем двукратной последовательной обработки на обоечных машинах с абразивным цилиндром. Оптимальные показатели (по данным М.Е. Гинзбурга) механико-кинематических параметров обоечных машин при шелушении ячменя и пшеницы представлены в таблице 2.35.

Таблица 2.35

Механико-кинематические параметры обоечных машин

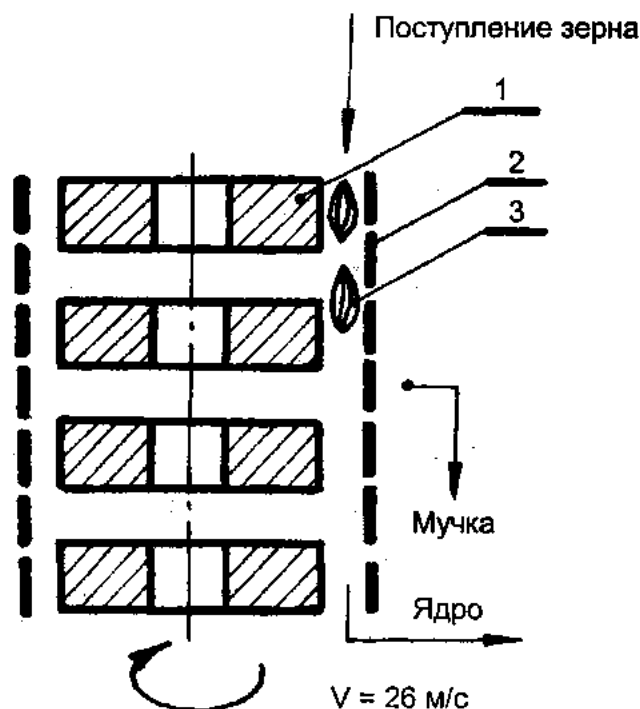
Зерновая культура	Операция	Окружная скорость ротора, м/с	Радиальный зазор, мм	Продольный уклон бичей, %
Ячмень	1 и 2 шелуш.	20–22	12–16	8–10
Ячмень	3 и 4 шелуш.	18–20	16–20	8–10
Пшеница	1 шелуш.	16–18	20	8–10
Пшеница	2 шелуш.	14	20–25	8–10

Для уменьшения дробления зерна при шелушении ячменя и пшеницы, например, при необходимости увеличения выхода крупы крупных номеров, последние один-два прохода обоечных машин заменяют на шелушители с фрикционно-терочным способом воздействия. К таким типам шелушителей относят машины с абразивными дисками и ситовой декой (рис. 2.52)

Применяют такого рода шелушители для зерновых культур, у которых удаляемые оболочки прочно связаны с ядром или с нижерасположенными частями зерна, например пшеница, ячмень. Эффективность шелушения регулируют временем пребывания зерна в рабочей зоне, для чего машины этого типа имеют специальной конструкции грузовой клапан. При увеличении времени пребывания увеличивается интенсивность шелушения, но одновременно снижается производительность. При полном открытии грузового клапана интенсивность шелушения снижается и машина пропускает зерно как самотечная труба.

Этот тип шелушителя является основным при шелушении гороха, семенные оболочки которого примыкают к ядру по всей поверхности. При ударе ядро раскалывается на семядоли, что снижает выход недробленой крупы. Поэтому ударно-истирающий способ шелушения для гороха неприменим. Шелуют горох раздельно крупную и мелкую фракции на двух последовательных системах машин типа ЗШН (с абразивными деками и ситовой декой).

Таким образом, выбор способа воздействия, механико-кинематических и технологических параметров машин для шелушения определяется особенностью анатомического строения, а также структурно-механическими свойствами разделяемых частей зерна.



1 — абразивные диски; 2 — ситовая дека; 3 — зерно

Рис. 2.52. Шелушение в дисковом шелушителе

§4. Шелушение пленчатых культур в комбикормовом производстве

Одним из основных компонентов, вводимых в состав комбикормов для поросят-отъемышей и сельскохозяйственной птицы, является овес, в ядре которого содержится много легкоперевариваемых питательных веществ. Однако наряду с высоким содержанием питательных веществ овес содержит 20–40 % цветочных пленок, а они, в свою очередь, содержат около 50 % клетчатки. В нешелушенном овсе содержится 14 % клетчатки, в шелушенном — 2 %.

В соответствии с зоотехническими требованиями к комбикормам для поросят-отъемышей и откорма птицы (молодняка) содержание клетчатки в них не должно быть более 3,5 %. Поэтому овес и ячмень, вводимые в эти комбикорма, освобождают от пленок в процессе шелушения. В шелушенном зерне допускается не более 4 % пленок. Для повышения эффективности процесса шелушения необходимо подбирать партии наиболее выровненного зерна, имеющего влажность не более 14 % и объемную массу овса не ниже 490 г/л, а ячменя не ниже 505 г/л; предварительно отделить мелкое зерно, идущее проходом через сито с отверстиями размером $2,2 \times 20 \text{ мм}$ (количество мелкого зерна достигает иногда 25–30 %).

В комбикормовой промышленности овес шелушат на обочечных машинах с металлической рабочей поверхностью и реже с наждачной. Неподвижную рабочую поверхность барабана делают из угловой стали сечением $25 \times 25 \text{ мм}$.

При шелушении окружная скорость бичей 20–27 м/с, а расстояние от рабочей поверхности 20–25 мм. Угол наклона бичей принимают от 5 до 10°. В настоящее время широкое применение для шелушения получил комплектный шелушитель А1-ДШО.

Продолжительность обработки зерна в машине τ , с определяют по формуле:

$$\tau = \frac{3600 \cdot q}{Q}, \quad (2.47)$$

где q — масса продукта, находящаяся в рабочем пространстве, кг;

Q — производительность машины, кг/ч.

Процесс шелушения должен обеспечить возможно более полное отделение оболочек у зерен, поступивших в шелушительные машины. Однако полного отделения пленок у всех зерен ни одна шелушительная машина практически не обеспечивает.

Количественно эффективность шелушения может быть оценена коэффициентом шелушения.

При шелушении пленчатых культур получают лузгу. Ее используют для выработки кормовых смесей.

Все некроновые отходы, полученные за смену при очистке сырья, передают в специальное помещение, находящееся в ведении начальника производственного цеха. Отходы вывозят с территории завода, предварительно оформив документы на списание.

Мелкие зерна овса и ячменя, полученные проходом сита 2,2–2,4 × 20 мм, измельчают и используют для выработки кормовых смесей.

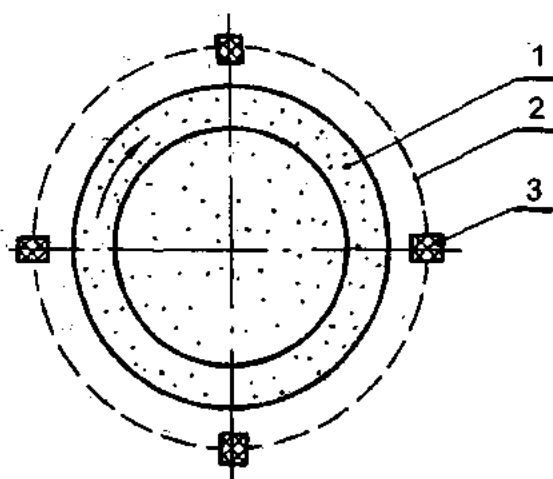
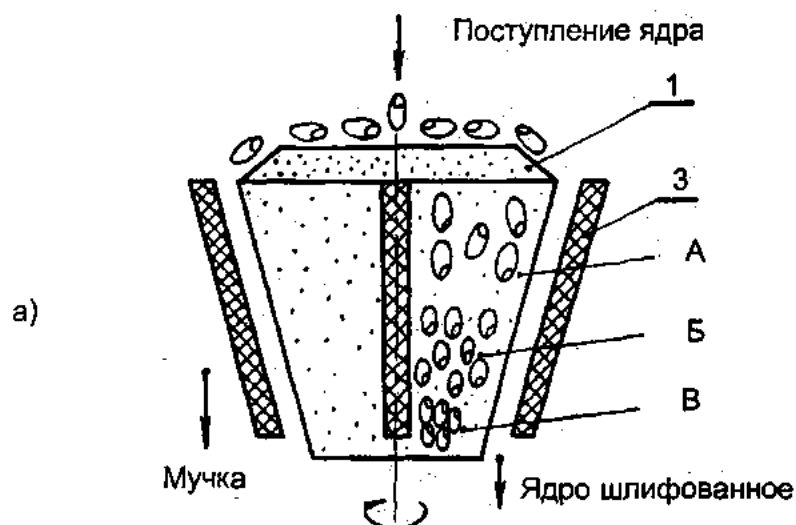
§5. Шлифование и полирование ядра в технологии крупы

Шлифование — это технологическая операция, в результате которой ядро крупных культур освобождается от остатков наружных оболочек, частично или полностью от внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша. Кроме того, в технологии дробленых круп частицам ядра придается необходимая форма (овальная для крупных номеров, близкая к шарообразной — для мелких номеров). Так как в процессе шлифования удаляются анатомические части зерна с большим содержанием клетчатки, жира, солевых элементов, то в результате повышается усвояемость крупы, стойкость при хранении, развариваемость.

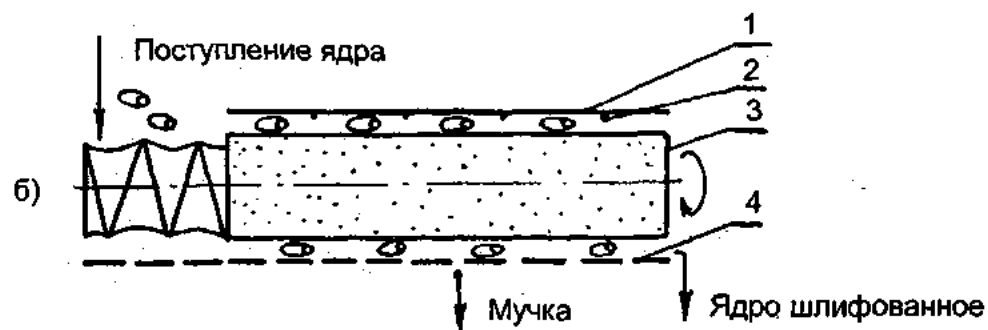
Анатомическое строение крупных культур таково, что внутренние оболочки, алейроновый слой и зародыш прочно связаны с эндоспермом зерна и для их отделения требуются значительные усилия. Поэтому для шлифования используют машины с фрикционно-терочным способом воздействия на поверхность (сухая обработка поверхности ядра).

Наибольшее распространение в операции шлифования получили конусные шлифовальные поставы с вертикальной осью вращения, машины с горизонтально расположенным абразивным барабаном (рис. 2.53) и машины с вертикальной осью вращения ротора, состоящего из набора дисков (типа ЗШН).

Технологический процесс в машине с конусным абразивным ротором осуществляется следующим образом. Ядро крупной культуры попадает на приемный конус и равномерно распределяется в зазоре между абразивным ротором и ситовой обечайкой. В процессе шлифования зерно описывает многовинтовую спираль под воздействием ротора. Интен-



1 — абразивный ротор; 2 — ситовая дека; 3 — тормозное устройство



1 — металлическая дека; 2 — гонки; 3 — абразив; 4 — ситовая дека

Рис. 2.53. Шлифование в машинах с конусным вертикальным (а) и цилиндрическим горизонтальным (б) роторами

сивность воздействия регулируется рабочими зазорами — абразив — сито и абразив — тормозное резиновое устройство. Величина зазоров регулируется положением ротора по вертикали и положением тормоза. Тормоз представляет собой резиновую пластину прямоугольной формы, которая располагается с небольшим зазором над поверхностью конусного ротора. Наиболее приемлемые зазоры при шлифовании риса:

- ♦ абразив-тормоз — 3–5 мм;
- ♦ абразив-ситовая обечайка — 15–20 мм.

В каждом секторе можно выделить три зоны. Зона А — свободного движения ядра, зона Б — предварительного уплотнения, зона В — интенсивного шлифования. Наибольшее воздействие ядро испытывает при прохождении в зазоре между тормозной колодкой и поверхностью абразивов. При этом возможно дробление, если силовое воздействие превышает предел прочности ядра. Поэтому выбор рабочих зазоров в процессе шлифования зависит от требуемой интенсивности шлифования, размеров ядра, количества последовательных проходов одноименных машин, структурно-механических свойств ядра.

При шлифовании в машинах с горизонтально расположенным абразивным ротором продукт нагнетается в рабочую зону между поверхностью ротора и обечайкой шнековым питателем. Обечайка состоит из двух полуцилиндров, из которых нижний — ситовой, а верхний — сплошной. На верхнем полуцилиндре расположены гонки, положение которых изменяет скорость перемещения продукта в рабочей зоне. Интенсивность шлифования регулируется положением гонков и грузового клапана, которые изменяют время пребывания продукта в зоне шлифования и, соответственно, сумму воздействий абразива на поверхность ядра.

При шлифовании в машинах типа ЗШН (рис. 2.52) происходит истирание поверхности ядер поверхностью абразивных дисков. Некоторое воздействие на ядра оказывает также фрикционная поверхность ситовой обечайки. При шлифовании дробленых частиц происходит более интенсивное воздействие на острые грани продукта. В результате частицы приобретают шарообразную форму. Менее податливы шлифованию длинные частицы, поэтому в технологии дробленых круп желателен дробление до частиц приблизительно кубической формы. Во всех типах машин в результате шлифования получают два продукта: шлифованное ядро сходом сита обечайки и мучку проходом сит обечайки. Массовая доля мучки численно равна массе сошлифованного наружного слоя ядра.

Таким образом, процесс шлифования — это сумма многократных механических воздействий рабочих органов шлифовальных машин, в результате которых разрушается шлифуемый слой. Физическая основа процесса — работа сит внешнего и внутреннего трения, вызывающих микроизнос участвующих в контактном трении поверхностей. Считается, что ядро обрабатывается (шлифуется) в результате трения о наждачную поверхность, о поверхность ситовой обечайки и зерна о зерно. Преобладающим является режущее воздействие острых граней шлифовальных зерен абразивов. Хотя поверхность ядер крупных культур обладает пониженной стойкостью к истиранию в сравнении с поверхностью абразивов, последняя также истирается. В связи с этим абразивная пыль попадает в мучку. По данным С.С. Бакала, на тонну мучки в технологии рисовой крупы образуется 50–100 г абразивной пыли.

Удаление внутренних оболочек зерна, алейронового слоя и зародыша приводит к значительному изменению химического состава шлифованного ядра, а также его физических свойств.

Так, наблюдается снижение содержания клетчатки, золаобразующих элементов, что способствует лучшему усвоению крупы как продукта питания. Улучшается товарный вид крупы, что является следствием изменения цвета. Окраска некоторых видов крупы приобретает цвет эндосперма, становится ровной, исчезает пестрота. Изменение химического состава улучшает потребительские свойства крупы (снижается время кулинарной обработки, увеличивается привар). Удаление жиросодержащих анатомических частей зерна-зародыша и алейронового слоя повышает стойкость крупы при хранении.

К негативным сторонам процесса шлифования следует отнести потерю значительной части витаминов вместе с сошлифуемым слоем ядра, уменьшение содержания белка и эндосперма в целом.

Таким образом, если найти удобный количественный способ выражения изменений, происходящих с ядром при шлифовании, то любой из этих показателей можно использовать для оценки интенсивности процесса (степени шлифования).

В таблице 2.35 приведены в систематизированном виде изменения, происходящие с ядрами крупяных культур при шлифовании и возможный метод оценки интенсивности ведения процесса (степени шлифования).

Таблица 2.35

**Изменения в ядре при шлифовании
и возможные методы оценки степени обработки**

Изменения в ядре	Метод оценки
1. Удаление в различной степени внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша	По изучению анатомического строения. По относительному содержанию ядер с зародышем или степени удаления зародыша
2. Изменение массы единичных ядер	По относительному уменьшению массы единичных и 1000 зерен
3. Изменение геометрических размеров	По относительному уменьшению длины, ширины или толщины ядра
4. Изменение химического состава	По снижению содержания золы, жира, белка и др.
5. Изменяется цвет, степень отражения и пропускания света	Фотометрическое измерение физических показателей
6. Массовая потеря ядром периферийного слоя с образованием мучки	По относительному извлечению мучки по данным материального баланса

В практической технологии степень обработки поверхности ядра или степень шлифования оценивают органолептически в сравнении с эталоном.

В зарубежной практике степень шлифования рисовой и других видов круп оценивают фотометрическими методами, определяя коэффициент яркости поверхности. В силу того, что отражательная способность и цвет анатомических частей зерна крупяных культур меняется от года урожая, сорта, района произрастания метод может быть применен ограниченно и не может быть всеобщим в виде государственного стандарта. В связи с этим наиболее эффективным и объективным является метод, который оценивает степень шлифования по относительной величине массовой доли периферийного слоя ядра, удаленного в процессе обработки поверхности. Чем больше удалено периферийного слоя, тем интенсивнее проведен процесс:

$$E = \sum_{i=1} M_i \cdot 100 / J_0. \quad (2.48)$$

где E — степень шлифования, %;

M_i — масса мучки, полученная на i -й системе шлифования, по отношению к массе ядра на первой системе шлифования, %;

J_0 — масса ядра на первой системе шлифования, %.

Для оценки интенсивности обработки поверхности по данной формуле необходимо снять материальный баланс процесса, т. е. определить в единицу времени массы продуктов, поступающих и полученных в результате шлифования. Величина E , % колеблется в значительных пределах для разных культур и технологий и диктуется, в первую очередь, требованиями к качеству готовой продукции. В некоторых случаях в связи с особенностью анатомического строения зерна, например, в технологии ядрицы из гречихи, шлифование вообще не производят.

Прочие методы, описанные в таблице 2.35, не находят широкого применения в практической технологии, а используются эпизодически в исследовательской практике.

В зависимости от типа технологического оборудования, вида и качества перерабатываемого зерна, требуемой степени обработки применяют различные схемы процесса шлифования. Так, общее количество последовательных проходов систем шлифования может меняться от одного до семи. Так, при получении дробленых круп достаточно трех-четырех последовательных проходов или систем шлифования. При переработке риса со значительным содержанием зерен с красной семенной оболочкой количество систем может быть увеличено до пяти-семи. При шлифовании ядра проса в технологии пшена достаточно одной системы шлифования.

При построении технологических схем возможно промежуточное сортирование продуктов шлифования с выделением мучки или различных фракций крупности ядра. Для промежуточного сортирования используют ситовые сепараторы (рассевы) и пневмосепараторы.

Общий эффект процесса шлифования при требуемой степени обработки (степень шлифования E , %) оценивают общим выходом крупы, соотношением выхода целой и дробленой крупы, соотношением крупы различных номеров и эксплуатационными затратами на тонну готовой крупы.

Полирование в технологии крупы — это заключительная операция по обработке поверхности. Четкого разграничения между шлифованием и полированием нет. Поэтому физическая сущность операций одинакова — обработка поверхности. Обычно полирование следует за шлифованием. В технологии недробленых круп полирование используется для рисовой крупы и крупы из гороха, а в технологии дробленых круп — при выработке перловой крупы из ячменя и Полтавской — из пшеницы.

При шлифовании абразивами, особенно при использовании крупозернистых номеров шлифовального зерна, поверхность ядер или его частей покрыта бороздками, царапинами, шероховатая, со следами мучки. Поэтому для удаления следов предыдущей обработки и придания ядру гладкой, полированной поверхности ядра обрабатывают с использованием абразивов, металлических поверхностей, кожи, ткани и т. п.

Интенсивность воздействия при полировании значительно меньше, чем при шлифовании. Для оценки эффекта процесса используют те же методы, которые используются для

оценки процесса шлифования. В технологии применяют от одного до трех последовательных циклов полирования. Качество процесса в основном зависит от состояния полирующей поверхности и качества предыдущей обработки.

Кроме операции полирования на крупозаводах возможно применение операций глазирования и отбеливания. При глазировании в специальный глазировальный барабан одновременно подают полированную крупу, тонко измельченный тальк, патоку, сахарный сироп. В результате обработки поверхность крупы приобретает блеск, более плотную структуру, что благоприятно сказывается на товарном виде и потребительских свойствах.

При отбеливании готовую крупу обрабатывают специальными средствами, что повышает белизну продукции. Возможны и другие технологические операции по улучшению товарного вида и потребительских свойств крупы.

ГЛАВА 7

ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

§1. Общие сведения о гидротермической обработке

Гидротермическая обработка (ГТО) — это обработка влагой и теплом с целью направленного изменения свойств зерна. ГТО используют в технологии муки, крупы и комбикормов как обязательную и высокоэффективную технологическую операцию подготовки зерна к переработке. В технологическом плане ГТО предназначена для создания оптимальных условий по решению главной задачи мукомольной и крупяной технологий — разделить с максимальной эффективностью малоусвояемые, малоценные, грубые оболочки и эндосперм. Эндосперм зерна дает основную продукцию — муку или крупу, а оболочки — побочную продукцию технологии — лузгу, отруби, мучку. В технологии комбикормов в задачу процесса не входит разделение оболочек и эндосперма, так как практически все анатомические части зерна должны оказаться в готовой продукции. В основном ГТО в технологии комбикормов направлена на повышение питательности и перевариваемости входящих в состав комбикорма зерновых продуктов, например, при производстве комбикормов для молодняка животных, у которых недостаточно развита ферментная система. В технологии муки и крупы также происходит улучшение питательных свойств продукции благодаря миграции растворимых биологически активных веществ из периферии зерна в эндосперм. При тепловых способах воздействия благодаря биохимическим изменениям происходит улучшение перевариваемости, цвета, запаха и вкуса продукции из зерна, прошедшего ГТО. При этом гидротермическая обработка зерна позволяет получать продукцию заранее обусловленной влажности и обеспечивает более длительные сроки безопасного хранения.

Необходимость гидротермической обработки становится очевидной при оценке свойств зерна, не прошедшего гидротермическую обработку. Предположительно, что влага в зерне при хранении в сухом состоянии распределена по параболическому закону. Это означает, что крахмалистый эндосперм более влажный, чем периферийная часть зерна.

В целом зерно имеет невысокую влажность, что предопределяет ряд негативных для технологии свойств:

- ♦ зерно прочно и измельчение идет с повышенным расходом энергии;
- ♦ невысокая влажность оболочек предопределяет их повышенную дробимость и попадание в муку;
- ♦ разделяемые в технологии анатомические части (наружные, внутренние оболочки, эндосперм) прочно связаны, что препятствует их эффективному разделению;

- биологически активные вещества зерна сосредоточены в большом количестве по периферии, что способствует их потере в побочные продукты.

В связи с этим гидротермическая обработка в первую очередь направлена на минимизацию негативных свойств зерна. В технологии муки необходимо обеспечить высокую эластичность и прочность оболочек, чтобы не допускать их излишнего дробления при измелчении. Если при этом удастся разрушить связь оболочек и эндосперма, то наружные оболочки должны отделяться в виде крупных «лопатистых» отрубей, что считается положительным при оценке эффективности гидротермической обработки и ведении технологии в целом. Кроме этого эндосперм должен быть предразрушен микро- и макротрещинами, что должно снизить его прочность и предопределить разрушаемость по плоскостям трещин. Считается, что такое состояние зерна наиболее соответствует проведению сортовых помолов, направленных на максимальное извлечение крахмалистого эндосперма в чистом виде.

При переработке зерна в крупу, особенно в целые недробленные продукты, решают прямо противоположную задачу — сохранить эндосперм в целостности и тем повысить выход основной продукции. При этом при тепловом воздействии благодаря биохимическим изменениям упрочняется ядро. Оболочки, особенно пленчатых культур, обезвоживаются, что делает их хрупкими и легкоотделимыми. Разрушаются также связи внутренних оболочек и эндосперма зерна.

В технологии комбикормов, где нет необходимости в разделении оболочек и эндосперма, при гидротермической обработке изменяют питательность и перевариваемость зерна высокотемпературными воздействиями.

Процесс гидротермической обработки осуществляется в результате многоступенчатого воздействия на зерно влаги и тепла во времени, что и приводит к оптимизации технологических свойств, а также к улучшению питательности и перевариваемости продукции. Несмотря на многообразное сочетание отдельных операций, режимных условий их проведения, конструктивных особенностей аппаратов в гидротермической обработке можно выделить ряд общих операций, характерных для всех способов.

Увлажнение. Массовое добавление воды в зерно в соответствии с сущностью метода гидротермической обработки, видом зерна и технологии. Вода может добавляться в виде жидкости комнатной температуры (водопроводная вода), подогретой воды в специальных аппаратах или в виде пара с различными параметрами. При обработке паром увлажнение совмещается с прогревом зерна, что активизирует процессы влагопереноса. В этом случае технология сокращается во времени, например, при скоростном кондиционировании уменьшается время отволаживания и температура рассматривается как фактор интенсивности.

Отволаживание. Технологическая операция, когда увлажненное зерно находится в емкостях различное время, оптимальное для данной технологии. Время отволаживания может изменяться от 10–30 мин до 24 и более часов. Отволаживание связывают с перемещением влаги от поверхности зерна вглубь эндосперма с разрушением структуры и преобразованием свойств. Возможны два способа отволаживания — порционное, когда зерно неподвижно лежит в емкостях, и непрерывное, когда зерно в процессе отволаживания перемещается в емкостях непрерывно со скоростью, обеспечивающей заданное время отволаживания.

Обезвоживание увлажненного зерна. Осуществляется с целью обеспечения заданной влажности зерна в целом или отдельных анатомических частей, например обезвоживание оболочек пленчатых культур при гидротермической обработке. Обезвоживание может осуществляться в специальных аппаратах при контакте с нагретой поверхностью (кондуктивный нагрев), нагретым до определенной температуры воздухом (конвективный нагрев), а также при сочетании обоих способов нагрева. При высоких температурах и длительном воздействии обезвоживание может способствовать изменению химического состава зерна, например, денатурации белков, клейстеризация крахмала, инактивация ферментов и т. п. Последнее приводит к изменению питательности, перевариваемости, цвета, запаха продуктов.

Охлаждение. Осуществляется с целью достижения оптимальной температуры без ухудшения ранее достигнутых свойств зерна. Резкое охлаждение нагретого зерна может привести к ухудшению структурно-механических свойств зерна, например образованию трещин и снижению прочности ядра. Охлаждение влажным воздухом может привести к увлажнению сухих пленок и ухудшить условия их отделения при шелушении.

В технологии муки, крупы и комбикормов эти операции могут присутствовать в различных сочетаниях все одновременно или только некоторые из них. Отдельные операции гидротермической обработки могут сочетаться с другими операциями подготовки зерна, как это имеет место в технологии муки. Или операция гидротермической обработки может быть самостоятельной и выполняться непосредственно перед операциями переработки, как в технологии крупы.

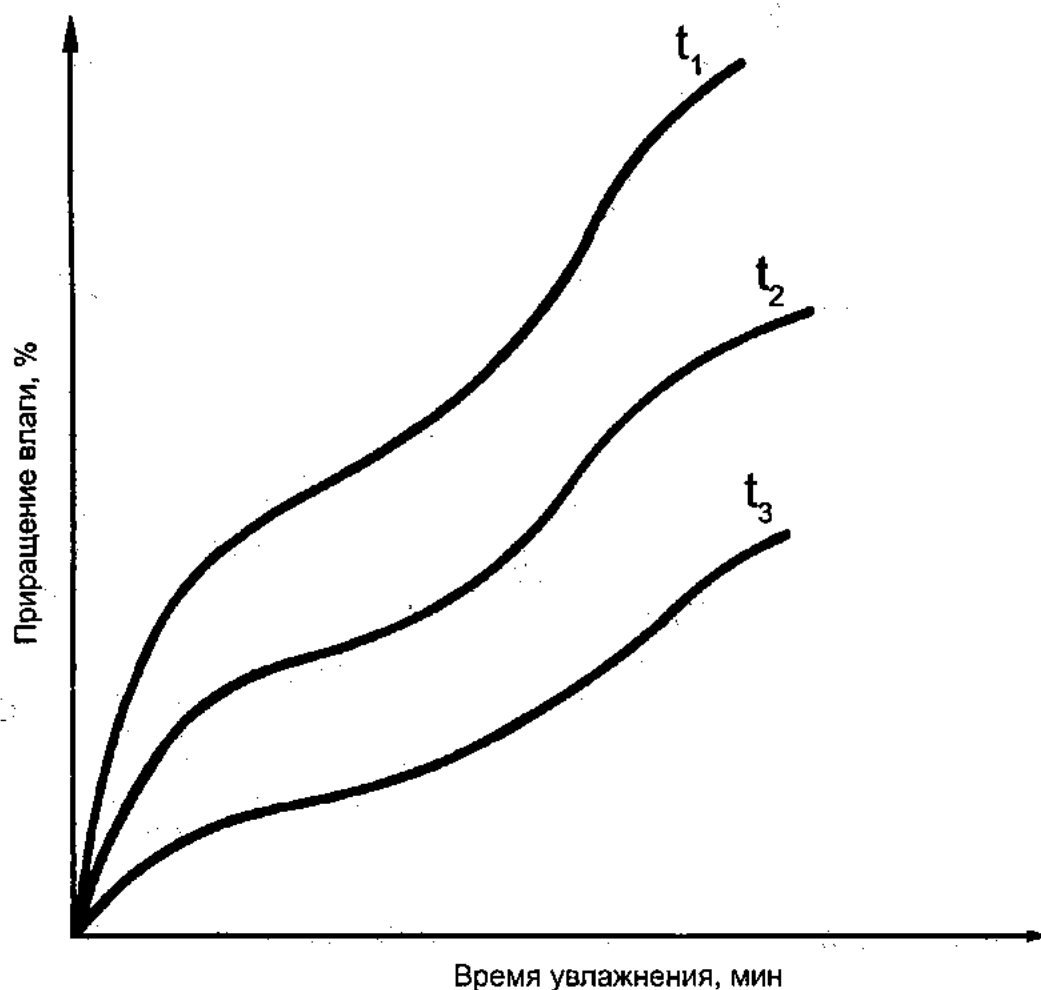
Очевидно, что выбор способа воздействия на зерно, температурный режим, место гидротермической обработки в общем процессе подготовки зерна диктуется, в первую очередь, общей задачей технологии по получению продукции определенного вида и качества.

§2. Характеристика процессов при гидротермической обработке

Увлажнение

В практической технологии увлажнение осуществляют водой в капельножидком состоянии, при полном погружении в воду или паром с различными параметрами. Поверхность зерна как биологического объекта имеет пустотелые трубчатые клетки и приспособлена для быстрого захвата влаги, что необходимо для начального этапа развития будущего растения. Количество начальной поглощенной воды численно равно влагоемкости наружных оболочек. В соответствии с рисунком 2.54 кинетические кривые увлажнения развиваются ступенчато.

В течение первых 5–6 с зерно поглощает 3–5 % влаги. Вслед за первым интенсивным этапом наступает период, когда влагосодержание зерна практически не меняется. Продолжительность этого этапа составляет 15–30 мин. Затем наступает новый интенсивный период поглощения влаги. И так в течение всего периода взаимодействия зерна с водой. Интенсивность второго и последующих пиков поглощения влаги постепенно снижается. Очевидно, сказывается насыщение влагой тканей зерна. Ступенчатый характер поглоще-



$t_1 > t_2 > t_3$ — температура воды

Рис. 2.54. Критические кривые поглощения влаги зерном

ния связывают с особым механизмом взаимодействия влаги с зерном как с живым биологическим объектом. Температура при этом является фактором интенсивности поглощения влаги, т. е. увеличение температуры воды приводит к росту скорости влагопоглощения. Ступенчатый характер развития кривых увлажнения и зависимость первоначального количества поглощенной влаги от влагоемкости оболочек имеет большое практическое значение. При контакте с влагой зерно не может поглотить влаги больше определенного максимума, который определяется видом и качеством зерна, а также термодинамическими условиями процесса (в основном температурой воды).

Следовательно, избыточно добавленная вода не может быть поглощена зерном полностью и остается на поверхности зерна или в аппарате для увлажнения. Возможно попадание избыточной влаги в другое оборудование или самотеки, которые следуют по технологии за аппаратом для увлажнения. Это требует дополнительных усилий по поддержанию оптимального санитарного состояния в технологическом помещении, а также корректировки степени увлажнения зерна. Постоянный избыток влаги в аппарате для увлажнения

может привести к различным неисправностям и преждевременному выходу оборудования из эксплуатации. Особенно негативно на ведение технологии сказывается избыточное добавление холодной воды в зимнее время с минусовыми температурами в помещении. Вода при этом может превратиться в лед, что создаст дополнительные трудности при ведении технологического процесса. Наиболее рациональное решение при этом видится в создании условий для многократного увлажнения зерна с промежуточным отволаживанием, что создает естественные для зерна условия поглощения влаги. Несомненно, полезным может быть увлажнение зерна водой с повышенными температурами, поддержание оптимальной температуры в производственном помещении и подогрев зерна в специальных аппаратах.

Увлажнение пропариванием осуществляется или влажным насыщенным паром, или перегретым паром. Считается, что при пропаривании происходит более равномерное увлажнение поверхности зерна, что создает благоприятные условия для проведения гидротермической обработки в целом. Одновременно с увлажнением происходит прогревание зерна, что увеличивает скорость диффузии влаги от периферии к центру и, естественно, скорость преобразования свойств зерна. Тепловое воздействие при определенных температурных параметрах может привести к глубоким изменениям в зерне, которые повлияют на технологические свойства.

Степень увлажнения зерна при гидротермической обработке ΔW , % рассчитывают как разность между оптимальными значениями влажности W_{opt} и начальным содержанием влаги в зерне W_n :

$$\Delta W = W_{opt} - W_n. \quad (2.49)$$

Величина W_{opt} зависит от многих факторов. В первую очередь, от вида и качества перерабатываемого зерна, а также от типа технологии. Так, в технологии муки значение оптимальной влажности колеблется от 14,0 % для простых помолов пшеницы и ржи до 16,5–17,5 % — для макаронных помолов твердой пшеницы второго типа. Очевидно, что при начальной влажности зерна 10,0–11,0 % (оптимальная влажность для длительного хранения зерна в условиях элеватора) и специфической ступенчатой форме поглощения влаги зерно не может за однократный прием поглотить (связать) до 7 % влаги. Поэтому увлажнение осуществляют в два–три этапа. Режимные параметры процесса увлажнения будут рассмотрены при описании конкретных технологических схем гидротермической обработки.

В технологии крупы оптимальная влажность также колеблется в значительных пределах и также в зависимости от вида перерабатываемого зерна и типа технологии. Для большинства культур технологическая влажность составляет 13–16 %, а при переработке кукурузы в крупу для хлопьев и палочек влажность повышают до 19–22 %, что связано с необходимостью пластификации зародыша и последующего его отделения без дробления.

Увлажнение осуществляют в аппаратах любого принципа действия, которые могут обеспечить заданные значения степени увлажнения. В некоторых случаях, например, для предприятий с ограниченным набором оборудования добавление воды может осуществляться непосредственно в перемешивающий шнек из водопровода. При таком способе дозирования воды ее количество регулируется обычным водопроводным вентилем. Поэтому рассчитанное количество воды ΔW должно быть отмерено объемным способом при предварительной регулировке операции увлажнения:

$$\Delta W = \frac{W_k - W_n}{100 - W_k} \cdot P_3, \quad (2.50)$$

где W_k — конечная влажность зерна на этапе увлажнения, %;

W_n — влажность зерна поступающего на увлажнение, %;

P_3 — масса увлажняемого зерна, кг/час.

В условиях реальной технологии процедура определения массового добавления воды в зерно в единицу времени должна учитывать производительность мельзавода и производительность зерноочистительного отделения, которая на 10–20 % должна превышать производительность мельзавода. С учетом этого рабочая формула примет вид:

$$\Delta W = \frac{W_k - W_n}{100 - W_n} \cdot \frac{Q \cdot 1000 \cdot K}{24}, \quad (2.51)$$

где ΔW — количество добавляемой воды, кг/час;

Q — производительность мельзавода, т/сут;

K — коэффициент, учитывающий превышение производительности зерноочистительного отделения, равный 1,1–1,2.

Например, при увлажнении зерна пшеницы с 10 до 14 % на первом этапе увлажнения и производительности мукомольного завода 100 т/сут норма расхода воды составит:

$$\Delta W = \frac{(14 - 10) \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 1,2}{(100 - 14) \cdot 24} = 232,6 \text{ кг.}$$

В соответствии с расчетным количеством, подача воды в единицу времени регулируется вручную. Очевидно, что эффективность увлажнения зерна таким способом крайне низкая из-за неравномерности контакта воды с массой зерна, несмотря на интенсивное перемешивание в шнеках-смесителях. В современных увлажнителях аппаратах увлажнение зерна осуществляется путем распыления воды форсункой под давлением в водопроводной системе или с помощью специальных компрессоров. Это создает условия для более равномерного контакта зерна с капельками распыленной влаги. Подача воды при этом блокирована с подачей зерна, а расход воды регулируется с помощью ротаметров. Применительно к конструкции аппаратов, а также в зависимости от схемы управления процессом дозирования воды существуют калибровочные графики, которые связывают в единое целое степень увлажнения в процентах, расход воды в литрах за час и показания ротаметра в единицах прибора. Это позволяет регулировать достаточно точно заданную степень увлажнения зерна.

Отволаживание

Влага, захваченная наружными оболочками зерна, удерживается слабо и поэтому перемещается к внутренним оболочкам, алейроновому слою и зародышу, обладающим большей гидрофильностью. Очевидно, что при соответствующих условиях, например, интенсивная аспирация, пневмотранспортирование зерна, влага наружных оболочек может вновь испариться в окружающую среду, что нарушит заданный режим гидротермической обработки. Поэтому в технологии муки, крупы вслед за увлажнением обязательной операцией является отволаживание зерна. При этом зерно должно находиться в специальных изоли-

рованных емкостях, что исключает интенсивное испарение влаги в атмосферу и делает единственно возможным перемещение влаги от периферии к центру зерна (в эндосперм) и от зерна к зерну. В эндосперме влага прочно связывается и удерживается белками и углеводами. Перенос влаги осуществляется диффузионным путем и с невысокой скоростью, что делает процесс отволаживания достаточно продолжительным по времени.

Так, в технологии муки он может продолжаться 20–24 часа и более, что указывает на то, что в этом процессе в основном осуществляется преобразование свойств зерна при его подготовке к помолу. В технологии крупы отволаживание не играет такой существенной роли, как в технологии муки. Поэтому отволаживание при подготовке крупяного сырья скоротечно и колеблется от 0,5 до 3 часов. При увлажнении влага неравномерно поглощается анатомическими частями зерна и в начальный период отволаживания отмечается ее концентрация в зародышевой и бородочной зонах. Эндосперм при этом остается сухим, что создает поле влагосодержания с необычайно большим градиентом и, как следствие, напряженное состояние. При превышении критического уровня напряжений эндосперм зерна разрушается трещинами. Это основная причина трещинообразования. Считается, что в месте образования трещин напряжения релаксируются, т. е. переходят на более низкий уровень. По мере перемещения влаги внутрь зерна напряженное состояние, приводящее к растрескиванию, может возникнуть неоднократно из-за различной гидрофильности биохимических веществ зерна и, в частности, белков и крахмала эндосперма. И так происходит на протяжении всего периода отволаживания. По мере насыщения структурных элементов зерна влагой уровень напряжений спадает, трещины, где напряжения релаксируются, уменьшаются в размерах по протяженности и глубине, и эндосперм покрывается сеткой мелких трещин. Это основной фактор разрыхления эндосперма и создания так называемого предразрушенного состояния. Очевидно, что при воздействии на зерно, например, мелющих валков разрушения структуры вероятнее всего произойдут по плоскости трещин. Поэтому при подготовке зерна к помолу время отволаживания является очень важным технологическим фактором, так как оно является регулятором степени разрушения структуры эндосперма. На начальных этапах отволаживания структура зерна разрушается единичными крупными трещинами, располагающимися поперек зерна или под небольшим уклоном относительно поперечной оси. При измельчении такого зерна следует ожидать максимума крупных по геометрическим размерам частиц, а при увеличении времени отволаживания — более мелких. Таким образом, время отволаживания следует выбирать в зависимости от типа помола, типа и качества зерна, то есть с учетом задач технологии. Температура процесса является фактором интенсивности, то есть преобразования свойств зерна при повышенных температурах может происходить быстрее, а время отволаживания становится более коротким.

Кроме разрушения структуры зерна микротрещинами разрыхление эндосперма есть следствие изменения структуры биополимеров зерна и конформации их макромолекул, а также биохимических процессов гидролитического характера. Однако влияние последних менее ощутимо в сравнении с разрушениями структуры трещинами.

В процессах увлажнения и отволаживания выделяют три этапа или периода, которые характерны для гидротермической обработки в технологии муки.

Первый этап называют начальным или подготовительным. Продолжительность этапа 0,25 — 1 час. На этом этапе влага захватывается наружными оболочками (плодовыми для

пшеницы и ржи), перемещается к семенным оболочкам, зародышу и алейроновому слою. В результате обводнения периферийных частей набухают ткани только поверхностных слоев зерна, возрастает удельный объем. Поскольку структурные изменения затрагивают только поверхностный слой зерна, изменения технологических свойств зерна незначительны.

Второй период называют периодом активного разрыхления зерна. Продолжительность этого этапа 5–20 часов. В течение этого времени влага перемещается из поверхностных слоев в эндосперм зерна. Изменения удельного объема зерна достигают максимума, что косвенно свидетельствует о разрыхлении структуры зерна микро- и макротрещинами. Макротрещины достаточно легко регистрируются визуально при просвечивании стекловидного зерна потоком света под небольшим углом к плоскости трещины. Разрушаются связи наружных оболочек с эндоспермом, это делает более эффективным выполнение главной задачи технологии — разделение оболочек и эндосперма. В этот период практически завершаются преобразования технологических свойств зерна. Считается, что время отволаживания при подготовке зерна к помолу должно ориентировочно равняться времени активного разрыхления.

Третий период называют заключительным. Продолжительность периода — 48–72 часа. При этом влага в зерне распределяется в равновесном соотношении в соответствии с термодинамическими характеристиками. Макромолекулы полимеров принимают равновесную конформацию. Напряжения релаксируются. Изменения технологических свойств незначительны.

Очевидно, что деление времени отволаживания зерна на периоды весьма условно, о чем свидетельствует вариация времени в каждом периоде. На продолжительность каждого периода оказывает влияние качество зерна, особенно состояние зерна по влажности. В практической технологии возможны случаи, когда время отволаживания зерна в процессе гидротермической обработки значительно превышает время активного разрыхления. При подборе режимных параметров отволаживания следует руководствоваться типом зерна, видом помола, стекловидностью зерна или твердозерностью. Величину времени отволаживания уточняют, проводя прямую переработку на лабораторном или производственном оборудовании, моделируя технологию помола. При этом эффект отволаживания оценивают по общему выходу продукции (муки), выходу продукции высоких сортов, средневзвешенной зольности продукции, расходу энергии. Это косвенные оценочные критерии. Возможна также оценка эффекта разрыхления эндосперма прямыми методами, например, по соотношению в измельченных промежуточных круподунстовых продуктах (крупках, дунстах) частиц сростков, чистого эндосперма и «свободных» оболочек. При оптимальном времени отволаживания количество сростков должно быть минимальным, что свидетельствует об эффективном разрушении связей оболочек и эндосперма. Косвенно об эффекте отволаживания и гидротермической обработки в целом можно судить по крупности («лапатистости») отрубей.

Способы отволаживания

Очевидно, что эффективность гидротермической обработки зависит от точности соблюдения основных режимных параметров процессов. Для отволаживания — это время, в течение которого зерно находится в емкостях перед выполнением следующей операции. Оно должно быть оптимальным.

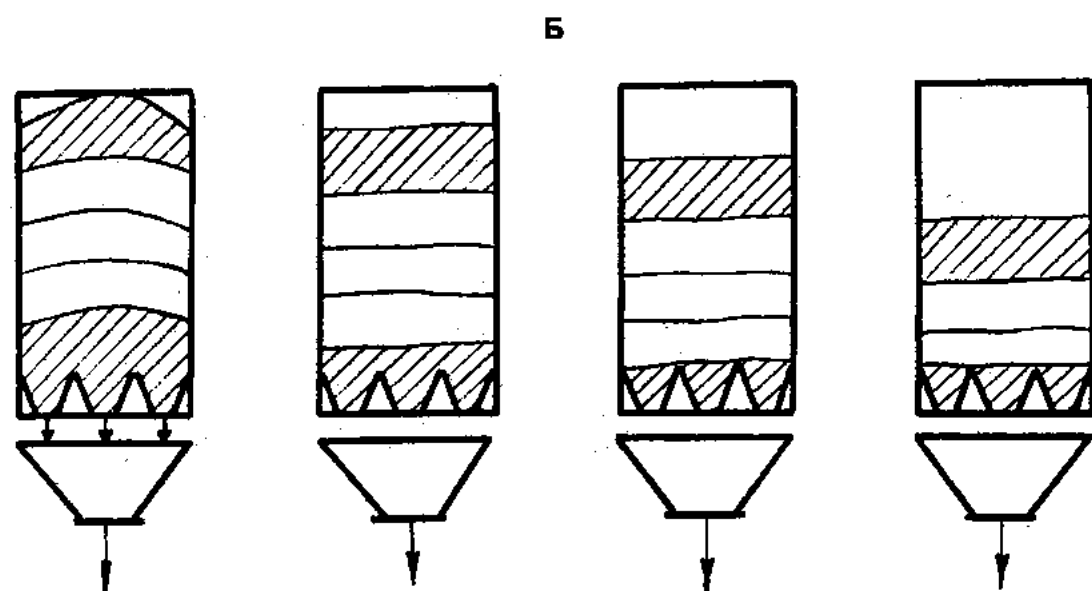
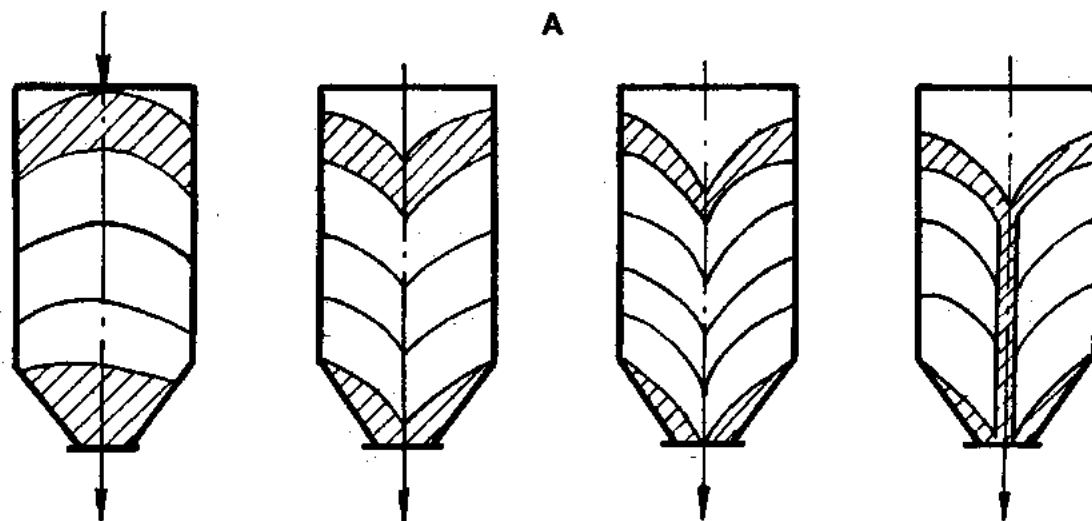
Для перерабатываемой культуры и типа технологии уменьшение времени отволаживания приведет к недостаточному разрыхлению эндосперма и, как следствие, к недостаточному эффекту преобразования свойств зерна. Превышение времени отволаживания сверх оптимального может привести к чрезмерному разрыхлению эндосперма, что может снизить эффект технологии. Например, при макаронных помолах пшеницы чрезмерное разрыхление эндосперма приведет к повышенному извлечению мелких фракций круподуновых продуктов и мягкой муки, что отрицательно скажется на выходе и качестве макаронной крупки. Считается, что при начальном измельчении хорошо подготовленному к макаронному помолу зерна пшеницы выход крупных крупок — частиц с размерной характеристикой 1,15–0,56 мм, должен быть не менее 50 %. Очевидно, что между выходом этих продуктов и степенью разрыхления эндосперма при гидротермической обработке существует прямая связь. Поэтому время отволаживания твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы при их подготовке к макаронным помолам должно быть ограничено с таким расчетом, чтобы предразрушение трещинами произошло на относительно крупные частицы. Превышение времени отволаживания на значительную величину может также привести к потере влаги периферийными частями зерна и, как следствие, к потере пластичности. Последнее может привести к чрезмерному дроблению высокозольных оболочек и алейронового слоя в процессе переработки и попаданию их в муку, ухудшая ее качество.

В практической технологии возможно осуществлять процесс отволаживания в двух типах емкости (в соответствии с рис. 2.55):

А. Емкости с одним выпускным отверстием по центральной оси, обеспечивающие истечение зерна по принципу «центрального потока». Отволаживание в таких емкостях может быть периодическим или порционным;

Б. Емкости с несколькими отверстиями в днище, обеспечивающие истечение зерна по принципу «массового потока». Отволаживание в таких емкостях может быть непрерывным.

«Центральный поток» — это такой вид выпуска зерна из емкости, при котором не происходит движения продуктов вниз по отношению к стене емкости. Первоначальная выгрузка после открытия выпускного отверстия обусловлена разрыхлением продукта непосредственно над отверстием. При этом образуется центральный столб или воронка. Эта воронка двигается вверх с незначительным увеличением диаметра до тех пор, пока не достигнет поверхности насыпи и не образуется конусная впадина. При этом уровень свободной поверхности насыпи не снижается. Продукт выходит из емкости за счет потери уплотнения насыпи в центральной воронке. Диаметр воронки возрастает по мере того, как впадина достигает стенок емкости. Продукт располагается на поверхности под углом естественного откоса и скользит в центр воронки. При таком выпуске продукт, первым поступивший в емкость, выходит из него последним (первый на входе, последний на выходе). Продукт, расположенный в пассивной зоне, будет находиться в емкости более длительное время. Таким образом, при организации гидротермической обработки в таких емкостях невозможно обеспечить одинаковое время отволаживания для зерна, расположенного в различных зонах емкости, что негативно скажется на качестве зерна. Расчеты показывают, что при производительности мукомольного завода 10 т/час время загрузки емкости размерами $3 \times 3 \times 14,4$ м составит 8–9 часов, $3 \times 3 \times 9,6$ м — 5–6 часов и $1,5 \times 1,5 \times 9,6$ — 1,5 часа. Очевидно, что такое же время необходимо затратить на выгрузку зерна из емкостей. Следовательно, неравномерность отволаживания во времени может достигать бо-



А — с одним отверстием по центральной оси.
Б — с несколькими отверстиями в днище

Рис. 2.55. Истечение зерна из емкостей с различной конструкцией днищ

десяти часов. Так, при начале загрузки емкости зерно, находящееся у стенки выпускного конуса, может отволаживаться по времени, равному сумме времени загрузки и выгрузки зерна. А зерно верхнего слоя емкости будет отволаживаться минимальное время, равное времени прохождения зерна по оси воронки. Промежуточные слои по сечению емкости также будут отволаживаться неодинаковое время. Такая же неравномерность отмечается при начале отсчета времени отволаживания после заполнения емкости.

Таким образом, при конструкции с одним выпускным отверстием по центральной оси емкости невозможно обеспечить равномерное время отволаживания для зерна, находящегося в различных местах емкости, как по высоте, так и по сечению. Причем, чем больше время загрузки и выгрузки зерна из емкости, тем сложнее обеспечить равномерность времени отволаживания. В таких емкостях крайне не желательно организовывать одновременно и загрузку и выгрузку зерна, так как продукт в пассивной зоне емкости может находиться без движения многие часы. Кроме неравномерности отволаживания при истечении зерна воронкой по центральной оси возникает интенсивное самосортирование зерна, что делает его разнокачественным по содержанию примесей. Последнее требует постоянной регулировки зерноочистительного оборудования.

Во втором типе емкостей выпуск зерна осуществляется по принципу «массового потока». При этом вся масса зерна одновременно перемещается к выпускным отверстиям. При этом сечения потока выпускаемого зерна остаются в основном горизонтальными и поверхность при движении вниз сохраняет свой первоначальный профиль. Поток перемещается вдоль стен и по центральной оси емкости, и зерно, которое загружается в емкость первым, первым и выходит из емкости (первое на входе — первое на выходе). В практике технологии муки такой выпуск зерна из емкости получил название «выпуск столбом». Очевидно, что для таких емкостей можно обеспечить равномерное заданное время отволаживания для зерна в любой части емкости.

При таком истечении ограничивается расслоение продукта (самосортирование).

Так как продукт (зерно) постоянно скользит вдоль стен емкостей, то практически исключается сводообразование.

«Массовый поток» возникает в случае, если суммарная площадь выпускных отверстий емкости $S_{отв}$ составляет не менее 35 % площади дна емкости $S_{дн}$:

$$S_{отв} \geq 0,35 S_{дн}.$$

Процесс отволаживания при этом организуется по непрерывному способу. Это значит, что производительность загрузки емкости зерном должна быть равна производительности выгрузки, а время перемещения зерна от загрузки до выгрузки должно быть равно оптимальному (расчетному) времени отволаживания. В современной технологии муки предпочтение отдают непрерывному способу отволаживания. Считается, что в сравнении с порционным способом коэффициент использования емкостей увеличивается с 65–70 % до 90–95 %. Конечно, основным аргументом в пользу применения непрерывного способа отволаживания является стабильное расчетное время отволаживания для любой порции зерна.

Таким образом, при организации процесса отволаживания по непрерывному способу необходимо выполнить ряд условий:

- ♦ конструкция днищ емкостей должна обеспечить выпуск зерна по принципу «массового потока». Это достигается равномерным распределением на площади дна емкости ряда выпускных отверстий, суммарная площадь которых должна быть не менее 35 % от площади дна емкости;
- ♦ производительность загрузки емкости зерном должна быть равна производительности выгрузки;
- ♦ время истечения зерна из емкости должно быть равно времени отволаживания зерна, оптимальному для конкретной технологии и для зерна заданного качества;

- ♦ суммарное количество емкостей, одновременно участвующих в операции непрерывного отволаживания, зависит от времени отволаживания, часовой производительности завода и вместимости единичной емкости.

Обработка зерна теплом и обезвоживание

Эти технологические операции характерны как для мукомольной, так и для крупяной технологии. Тепловая обработка при подготовке зерна пшеницы к помолу осуществляется при мягких режимах, при температурах, исключаяющих тепловую денатурацию белков, которая приводит к потере упругих свойств клейковины и ухудшению хлебопекарных свойств. Операция может осуществляться в воздушно-водяных кондиционерах при гидротермической обработке горячим способом или в специальных аппаратах — влагоснимателях при гидротермической обработке скоростным методом (см. методы гидротермической обработки). В нагревательных секциях воздушно-водяного кондиционера поддерживают температуру в зависимости от качества клейковины зерна пшеницы. Так, для пшеницы с крепкой клейковиной рекомендуется температура нагрева зерна не выше 40–50 °С, для пшеницы с нормальной клейковиной — 45–50 °С, для пшеницы со слабой клейковиной — 50–60 °С. Тепловую обработку для пшениц 2-го типа (твердых), как правило, не проводят. Однако в некоторых случаях допускается тепловой нагрев не более чем до 35 °С. Таким образом, превышение температур нагрева свыше допустимого и особенно действие этих температур длительное время приводит к частичной или полной денатурации белков, к потере растяжимости клейковины, которая становится короткорвущейся, что негативно сказывается на хлебопекарных свойствах зерна и муки. Положительно тепловой нагрев сказывается на качестве зерна со слабой клейковиной. Однако и здесь длительное нагревание при сверхдопустимых температурах также приводит к отрицательному эффекту. Кроме воздействия на биохимические свойства зерна тепловой нагрев интенсифицирует влагоперенос от периферии к центру зерна. Поэтому процесс гидротермической обработки становится более скоротечным (компактным) во времени, в основном, из-за уменьшения длительности отволаживания. Это особенно актуально для мукомольных заводов с ограниченным количеством емкостей для отволаживания и их недостаточной вместимостью.

Тепловую обработку ржи при любых технологиях не проводят. Также избегают ее переувлажнения. Это связано с особой структурой зерна и с наличием в химическом составе слизей, коллоидных полисахаридов, растворимых в воде, образующих чрезвычайно вязкие и клейкие растворы. Поэтому, даже при незначительном переувлажнении и прогреве зерно ржи становится пластичным, что затрудняет измельчение и сортирование продуктов измельчения.

Тепловой нагрев и обезвоживание (сушка) более широко используют в технологии крупы. При этом процессы проводят с высокими температурными параметрами. Так, температура пара при увлажнении пропариванием может достигать 140 °С и выше, а время обработки — 1,0–5,0 мин. А температура сушки (одна из операций гидротермической обработки крупяных культур) может достигать 150–160 °С. Жесткие параметры тепловой обработки, прежде всего, связывают с необходимостью упрочнения ядра, что должно увеличить выход недробленой крупы и повысить уровень использования зерна в целом. Ме-

ханизм упрочнения объясняется глубокими биохимическими изменениями в ядре при тепловом воздействии на влажное зерно. При этом происходит денатурация белков, клейстеризация крахмала, образование декстринов, которые, обладая клеящими свойствами, цементируют (упрочняют) ядро.

Вначале под воздействием температуры и высокой влажности крахмальные гранулы зерна интенсивно набухают и при определенной температуре образуют вязкий коллоидный раствор (крахмальный клейстер). Температура клейстеризации колеблется в довольно широком диапазоне для разных культур. Так, например, для риса уже при 50–51 °C отмечается ясно выраженное набухание крахмальных гранул, при 58,7 °C — начало клейстеризации. Полная клейстеризация наступает при 61,2 °C (по данным Н.П. Козьминой). Под действием фермента амилазы происходит ферментативное осахаривание крахмала (расщепление с образованием в конечном итоге мальтозы) с образованием в качестве промежуточного продукта декстринов, обладающих клеящими свойствами. Причем, действие амилазы наиболее интенсивно на оклейстеризованный крахмал. Таким образом, при тепловом воздействии на зерно в процессе гидротермической обработки создаются условия для упрочнения ядра.

При высокотемпературном воздействии интенсивно испаряется влага с периферии зерна, обезвоживаются и растрескиваются наружные оболочки пленчатых культур, что облегчает их отделение от ядра при шелушении. Тепловая обработка приводит к изменению цвета зерна и появлению приятного запаха, свойственного увлажненным и поджаренным хлебным злакам.

Изменение цвета и запаха крупы происходит в результате осуществления так называемой меланоидиновой реакции. При определенных температурных параметрах и влажности аминокислоты могут вступать в реакцию с восстанавливающими сахарами. В результате реакции происходит расщепление как аминокислоты, так и сахара. При этом из аминокислоты образуются соответствующий альдегид, аммиак и углекислый газ, а из сахара — фурфурол или оксиметилфурфурол. Альдегиды, обладая определенным запахом, создают аромат крупы, прошедшей тепловую обработку. Фурфурол или оксиметилфурфурол легко вступает в соединение с аминокислотами, что приводит к образованию темно-окрашенных продуктов — меланоидинов. Особенно интенсивна меланоидиновая реакция при повышенных температурах. Потемнение крупы в одних случаях может рассматриваться как позитивный фактор, а в других — как негативный.

Пример позитивного изменения цвета — это приобретение серо-зеленым ядром гречи приятного темно-коричневого цвета в результате гидротермической обработки. И наоборот, потемнение эндосперма риса рассматривается как ухудшение товарных качеств крупы.

Тепловая обработка при высоких температурах приводит к инаktivации ферментов, что благоприятно сказывается на безопасных сроках хранения крупы. Одновременно, высокая температура может привести к снижению витаминной ценности продукции.

В технологическом плане операцию сушки (обезвоживания) при гидротермической обработке необходимо осуществлять до оптимальной влажности, обеспечивающей получение стандартной готовой продукции и оптимальные условия ведения технологического процесса. Время обработки выбирают в зависимости от температурных условий процесса и конструктивных особенностей аппаратов.

Таким образом, тепловой нагрев зерна при гидротермической обработке (обработка пшеницы в кондиционерах, влагоснимателях, сушка крупяных культур при гидротермической обработке) является необходимой, а в некоторых случаях обязательной операцией. Она способствует интенсификации внутреннего влагопереноса и делает процесс гидротермической обработки более компактным во времени.

Благодаря глубоким структурно-механическим и биохимическим изменениям в зерне оптимизируются его технологические свойства, что позволяет получить больше готовой продукции высокого качества с минимальными эксплуатационными затратами.

Охлаждение зерна

Охлаждение зерна как специальную операцию гидротермической обработки используют в технологии крупы при предварительной высокотемпературной обработке зерна, например, при сушке и когда есть опасность негативного изменения свойств зерна при резком охлаждении. Это может быть растрескивание ядра, что приводит к снижению выхода недробленой крупы. Или увеличение влажности наружных оболочек зерна при контакте с холодным атмосферным воздухом, что может привести к ухудшению условий их отделения при шелушении. Для охлаждения используют специальные аппараты — охладительные колонки, работающие с разомкнутым циклом воздуха. Возможно также не использовать специализированные аппараты, если после интенсивного теплового нагрева по технологии применяются пневмосепарирующие машины и также с разомкнутым циклом воздуха. Во время охлаждения зерно может дополнительно подсушиваться, если влагосодержание атмосферного воздуха невысоко. Охлаждение атмосферным воздухом в сырую погоду нежелательно, так как возможно повышение влажности отделяемых наружных оболочек. Охлаждают зерно равномерно, постепенно снижая температуру в нем до 25–30 °С. Считается, что при шелушении пленчатых культур разрыв во времени между окончанием операции охлаждения и началом операции шелушения должен быть сведен к минимуму. Это благоприятно скажется на сохранении приобретенных при гидротермической обработке структурно-механических свойств оболочками и зерном в целом.

§3. Методы гидротермической обработки

Гидротермическая обработка зерна независимо от режимных параметров процесса, последовательности операций, аппаратного оформления выполняет одну стратегическую задачу — оптимизирует технологические свойства зерна. При этом в различных технологиях она может иметь различную, в некоторых случаях противоположную направленность. Так, в технологии муки влаготепловая обработка предразрушает структуру зерна, а в технологии крупы, наоборот, укрепляет. Единой классификации методов гидротермической обработки нет. Возможно деление методов по их принадлежности к основной технологии. Например, методы, используемые в технологии муки, крупы и комбикормов. Разделяют методы гидротермической обработки по принадлежности к зерновой культуре. Например, кондиционирование пшеницы, ржи, гидротермическая обработка гречихи, овса и т. п. Есть специфические методы гидротермической обработки, такие как вакуумное

кондиционирование пшеницы, микронизация или нагрев инфракрасными лучами, тостирование соевого шрота в технологии комбикормов, поджаривание и т. п. Главное отличие всех применяемых методов гидротермической обработки состоит в интенсивности теплового воздействия на обрабатываемое зерно. По этому признаку методы гидротермической обработки можно классифицировать следующим образом:

- ♦ мягкие методы, исключаящие тепловое воздействие или обрабатывающие зерно теплой водой с температурой не выше 30 °С. К этим методам относят метод холодной гидротермической обработки (холодного кондиционирования) при подготовке зерна к помолу в технологии муки или при подготовке крупяных культур к переработке;
- ♦ методы гидротермической обработки со средней интенсивностью. К ним относятся метод горячего кондиционирования при подготовке пшеницы к помолу, а также обработка крупяных культур горячей водой при температурах 45–50 °С;
- ♦ интенсивные методы гидротермической обработки, предусматривающие пропаривание влажным насыщенным паром с последующим тепловым воздействием;
- ♦ жесткие методы гидротермической обработки, предусматривающие пропаривание паром с избыточным давлением с последующей сушкой при высоких (свыше 100 °С) температурах. К ним также относят методы, предусматривающие контактный нагрев зерна, сочетание контактного и конвективного методов с высокими температурными параметрами.

Каждый из вышеперечисленных методов отличается параметрами воздействия и аппаратным оформлением технологии или последовательностью операций.

К параметрам воздействия или режимным параметрам процесса гидротермической обработки относят:

1. Степень увлажнения.
2. Время отволаживания.
3. Кратность обработки одинаковыми средствами, например, увлажнением и отволаживанием.
4. Температурный режим воздействия.

Это наиболее общие показатели режимных параметров.

Степень увлажнения ΔW , % количественно определяется как разность между оптимальным значением влажности зерна для технологии W_{opt} , % и начальным значением влажности W_n , %:

$$\Delta W = W_{opt} - W_n.$$

Степень увлажнения зерна зависит от вида перерабатываемой культуры, типа технологии, качества зерна (типовой состав, стекловидность, начальная влажность и т. п.). Величина степени увлажнения колеблется в реальных условиях в пределах 3–7 %.

Время отволаживания — необходимое время для преобразования свойств увлажненного зерна. Этот параметр зависит также от вида перерабатываемого зерна, его качества, типа технологии, а также от принятого способа гидротермической обработки.

Кратность воздействия одноименными средствами зависит от реакции зерна на влаготепловую обработку и начальной влажности зерна. Например, при низкой начальной влажности зерна не удастся достичь оптимальной технологической влажности за одно-

кратное увлажнение. Или однократное воздействие не дает оптимальных преобразований свойств зерна.

Температурный режим процесса в основном определяется целевой задачей технологии и качеством зерна. В некоторых случаях коррективы вносит наличие средств для проведения гидротермической обработки. Так, в технологии крупы для укрепления ядра требуются жесткие режимы воздействия. При получении крупы с минимальным сроком кулинарной обработки или продуктов глубокой переработки крупы — хлопьев и крупы плющеной требуется интенсивная тепловая обработка пропариванием, варка по специальной технологии, плющение и сушка. При переработке дефектного зерна пшеницы или пшеницы со слабой клейковиной рекомендуется пропаривание и т. п. Гидротермическая обработка с пропариванием также рекомендуется при ограниченной вместимости емкостей для отволаживания.

§4. «Холодные» способы гидротермической обработки

К ним относят все методы, исключая какой-либо тепловой нагрев зерна или обрабатывающие зерно теплой водой с невысокой температурой. Обработка теплой водой эффективна при соответствующих погодных условиях, например, в холодное время года. Холодные способы гидротермической обработки применяют при подготовке мягкой пшеницы и ржи к хлебопекарным сортам и обойным помолам, при подготовке твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы к макаронным помолам, а также при подготовке к переработке пшеницы в крупу. Сюда можно отнести также холодный способ гидротермической обработки кукурузы при подготовке к переработке в крупу шлифованную пятиномерную и кукурузы в крупу для хлопьев и палочек, когда температура воды не превышает 35–40 °С. На рисунке 2.56 представлена технология гидротермической обработки холодным способом, используемая в мукомольной промышленности. Технология представлена в виде графического изображения систем технологического процесса (технологических машин и емкостей), соединенных между собой сплошными линиями основного контура, обозначающими транспортирование продукта от системы к системе.

Сущность метода состоит в том, что зерно увлажняется водой комнатной температуры на заданную величину и отволаживается определенное время в соответствии с задачей технологии. По технологической схеме увлажнение может осуществляться при мойке зерна, при мокром шелушении или в аппарате для увлажнения любого принципа действия. При сортовых помолах пшеницы обязательной операцией является или мойка зерна, или мокрое шелушение, так что первое увлажнение осуществляется в этом оборудовании. При помолах ржи мойку зерна исключают, чтобы избежать нежелательного переувлажнения. При сортовых помолах высокостекловидной мягкой пшеницы в хлебопекарную и макаронную муку, а также при помолах твердой пшеницы в макаронную муку и при низкой влажности зерна технология должна включать три этапа увлажнения и отволаживания (два основных и один — перед первой измельчающей системой). При помолах низкостекловидного зерна пшеницы и влажности, увеличение которой до технологической возможно за один этап, второе основное увлажнение и отволаживание исключают из технологи-

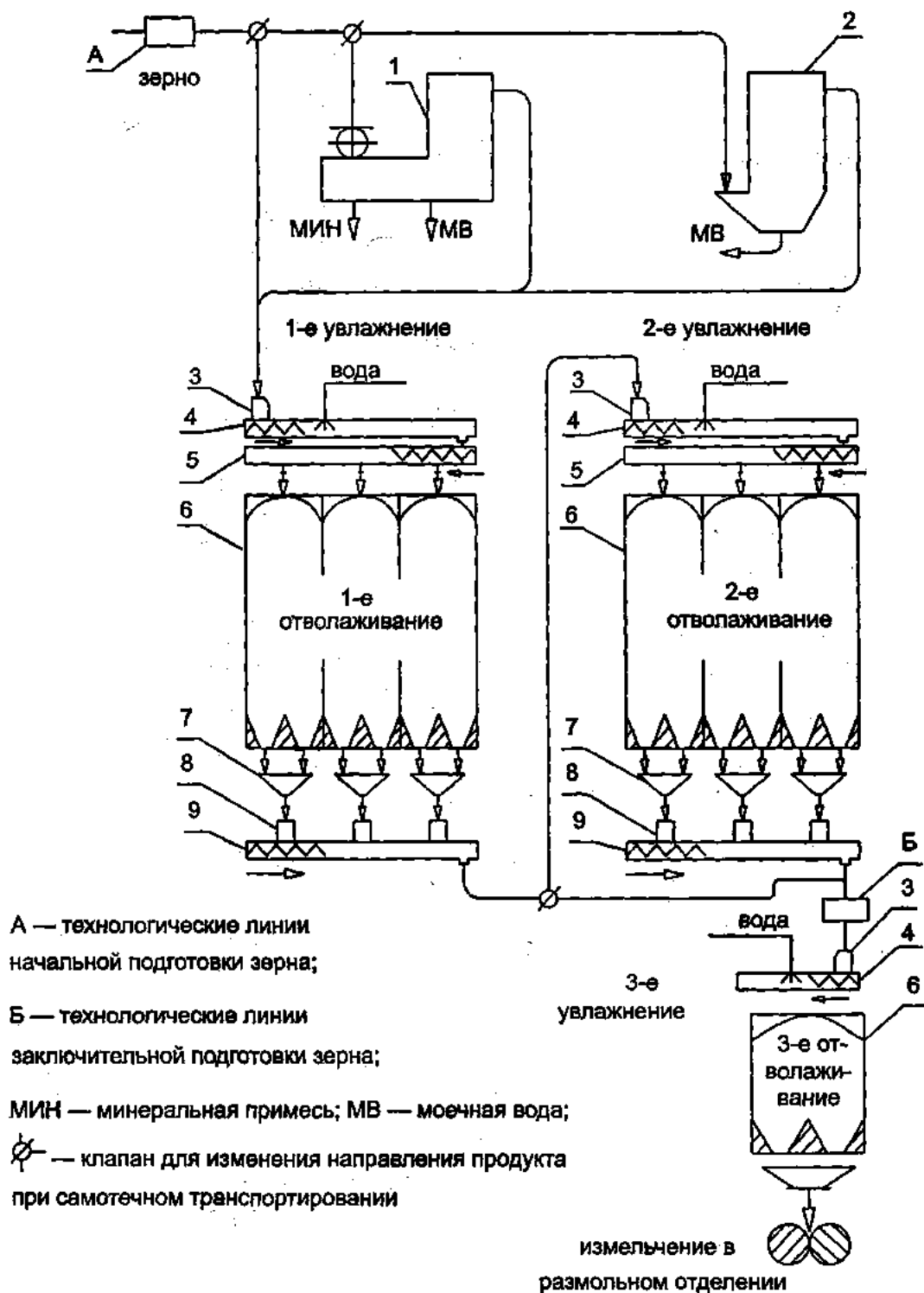


Рис. 2.56. Технологическая схема холодного способа гидротермической обработки:

1 — мойка зерна; 2 — мокрое шелушение; 3 — индикатор наличия зерна;

4 — шнек-смеситель; 5 — распределительный шнек; 6 — емкости для отволаживания;

7 — сборные воронки; 8 — дозатор зерна; 9 — шнек-смеситель

ческой схемы. Для этого в технологии предусматривают так называемые перекидные клапаны для изменения направления транспортируемого зерна. Независимо от качества зерна при всех сортовых помолах пшеницы и ржи в технологии гидротермической обработки всегда присутствует доувлажнение зерна и кратковременное отволаживание с целью пластификации оболочек перед измельчением (по технологической схеме 3-е увлажнение и отволаживание). Необходимость этой операции объясняется тем, что при отволаживании после основных этапов увлажнения влага перемещается в глубину зерна, оболочки обезвоживаются и теряют пластичность. Одновременно потере влаги в окружающую среду способствует интенсивная аспирация зерна, перемещение по транспортным коммуникациям и обработка в технологическом оборудовании. Таким образом, дополнительное увлажнение и отволаживание — необходимая операция, если технология предусматривает в максимальной степени разделение оболочек и эндосперма. Если такой необходимости нет, то эту операцию исключают. Так, операция доувлажнения и отволаживания отсутствует при обойных помолах пшеницы и ржи, в которых большая часть оболочек измельчается в муку. Режимные параметры доувлажнения и отволаживания приблизительно одинаковы для всех помолов. Степень увлажнения $\Delta W = 0,3-0,5$ % и отволаживание $\tau = 0,3-0,5$ часа. Такого количества влаги достаточно для пластификации оболочек, а кратковременность процесса не позволяет влаге переместиться вглубь зерна и таким образом выполнить функцию пластификатора оболочек.

Режимные параметры основных этапов увлажнения и отволаживания диктуются, прежде всего, видом перерабатываемого зерна, типовым составом, качеством, особенно стекловидностью или твердозерностью, а также типом технологии. В таблице 2.36 приведены оптимальные значения влажности зерна пшеницы при сортовых хлебопекарных и макаронных помолах.

Таблица 2.36

Оптимальные значения влажности зерна пшеницы для сортовых помолов

в процентах

Тип зерна	Стекловидность, %		
	менее 40	40-60	более 60
I	14,5-15,0	15,0-15,5	15,5-16,0
II			16,0-17,0
III	14,0-14,5	14,5-15,0	15,0-15,5
IV	15,0-15,5	15,5-16,0	16,0-16,5

При сортовых помолах ржи и обойных помолах пшеницы оптимальное значение влажности перед измельчением принимают в пределах 14,0-15,0 %. При обойных помолах ржи оптимальную влажность выбирают в интервале 14,0-14,5 %. Очевидно, что при сортовых помолах пшеницы чем больше стекловидность зерна, тем на большую величину необходимо увлажнять зерно. Большая степень увлажнения также предусматривается для пшеницы II-го и IV-го типов, а меньшая — для III-го типа.

Время отволаживания также изменяется в зависимости от вида, типового состава, стекловидности зерна и от типа технологии. Большее время отволаживания предусматривается для сортовых помолов пшеницы, так как в этих технологиях требуется более радикаль-

ное изменение структуры зерна. Увеличение стекловидности зерна в пределах типа также требует увеличения времени отволаживания. Прослеживается также влияние типового состава на время отволаживания. Большее время отволаживания в пределах одной группы стекловидности предусматривается для пшеницы IV-го типа, меньшее — для пшеницы III-го. Сокращают время отволаживания при сортовых помолах ржи и обойных помолах пшеницы и ржи. Особые рекомендации необходимо выполнять при выборе времени отволаживания при переработке твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в макаронную муку. В технологическом плане увеличение времени отволаживания приводит к более интенсивному разрыхлению эндосперма на более мелкие структуры. Поэтому при измельчении такого зерна получают относительно больше мелких частиц с размерами менее 0,4 мм (мелких крупок, дунстов, муки). Последнее нежелательно для макаронных технологий в связи с особенностью помола. Считается, что высокого выхода макаронной муки (крупки и полукрупки) можно достигнуть при получении более 50 % крупных крупок с размерами 1,15–0,56 мм в начальном драном (крупнообразующем процессе). Поэтому время отволаживания сокращают таким образом, чтобы избежать излишнего предразрушения зерна в процессе гидротермической обработки. В таблице 2.37 приведено рекомендуемое время отволаживания для зерна пшеницы при сортовых помолах.

Таблица 2.37

Время отволаживания зерна пшеницы при сортовых помолах

в часах

Тип зерна	Стекловидность, %		
	менее 40	40–60	более 60
I	4–8	6–12	10–16
II	–	–	см. текст
III	4–6	6–10	8–12
IV	6–10	10–16	16–24

Для макаронных помолов твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы существуют следующие рекомендации.

При переработке твердой пшеницы:

- если степень увлажнения зерна более 3 %, то основное увлажнение и отволаживание проводят в два этапа. На первом этапе время отволаживания составляет 8–12 ч, на втором — 2–4 ч;
- при степени увлажнения менее 3 % основное увлажнение и отволаживание проводят в один этап. При этом время отволаживания составляет 4–8 ч.

При переработке высокостекловидной мягкой пшеницы:

- если степень увлажнения более 3 %, то основное увлажнение и отволаживание проводят в два этапа. Время отволаживания после первого этапа увлажнения составляет 6–8 ч, а после второго — 1–2 ч;
- при степени увлажнения менее 3 % основное увлажнение и отволаживание проводят в один этап. При этом время отволаживания принимают 3–5 ч.

При сортовых помолах ржи основное увлажнение и отволаживание проводят в один этап и доувлажняют перед измельчением. Рекомендуются при влажности ржи до 13,5 %

принимать продолжительность отволаживания основного этапа 3–6 ч и доувлажнять зерно перед измельчением на 0,3–0,5 % при отволаживании 0,25–0,3 ч. При исходной влажности зерна более 13,5 % основного увлажнения не проводят, а рожь доувлажняют на 0,4–0,7 %, доводя до технологической влажности, с отволаживанием 0,25–0,3 ч.

При обойных помолах пшеницы с влажностью менее 14,0 % и ржи — менее 13,5 % зерно доувлажняют на 0,5–1 %, доводя до технологической влажности, с отволаживанием для пшеницы 2–3 ч и для ржи — 1–2 ч.

Кратность процесса увлажнения — отволаживание определяется типом технологии, видом, типом, а также качеством зерна по влажности и стекловидности. При низкой исходной влажности зерна пшеницы и высокой стекловидности не удается за однократное увлажнение и отволаживание достичь технологической влажности и преобразовать свойства зерна. Поэтому операцию проводят в два основных этапа и доувлажняют с кратковременным отволаживанием. Для влажного зерна пшеницы при сортовых помолах, при сортовых помолах ржи увлажнение и отволаживание осуществляют за один основной этап и доувлажняют зерно на небольшую величину с кратковременным отволаживанием. В обойных технологиях увлажнение и отволаживание проводят в один этап. При делении общей степени увлажнения и общего времени отволаживания на первое и второе основное принимают соотношение 3:1 и (2:1). Это значит, что время отволаживания и степень увлажнения первого основного этапа должно приниматься в два или три раза больше, чем второго этапа.

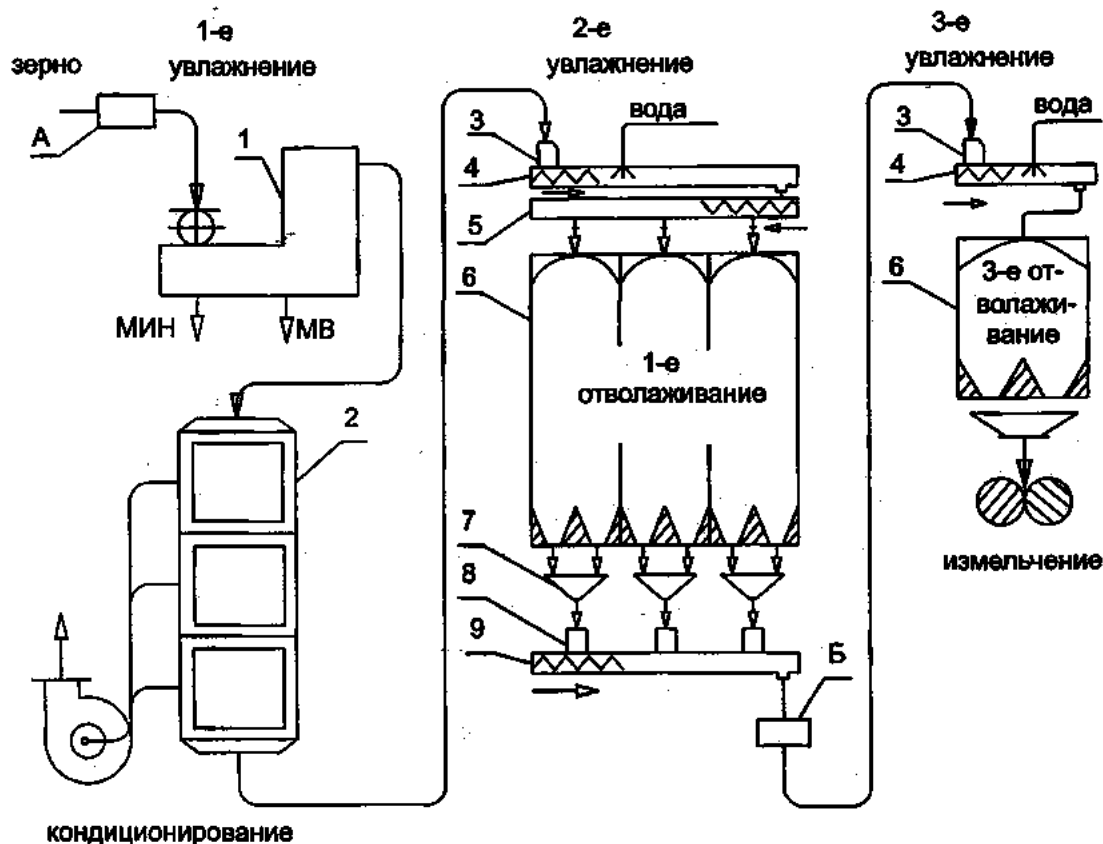
Холодный способ гидротермической обработки в технологии крупы осуществляется в один этап — увлажнение с использованием аппарата любого принципа действия сочетается с кратковременным отволаживанием. Как уже было сказано выше, отволаживание в технологии крупы не играет столь существенной роли, как в технологии муки. Поэтому осуществляется в емкостях любой конструкции и материала. Так, отволаживание пшеницы осуществляют в диапазоне 0,5–2 часа после увлажнения до 14,5–15,0 %.

Кукурузу при производстве пятиномерной шлифованной крупы увлажняют до 15,0–16,0 % с отволаживанием в течение 2–3 часов, а при производстве крупы для хлопьев и палочек, соответственно, до 19,0–22,0 % и в течение 2 часов. Увлажнение рекомендуется проводить подогретой до 35–40 °C водой, что несколько интенсифицирует процесс влагопоглощения и влагопереноса.

§5. Гидротермическая обработка с использованием тепловых факторов воздействия

Горячий способ гидротермической обработки

Этот способ относят к среднеинтенсивным. Для его осуществления используют специальные воздушно-водяные кондиционеры, где зерно проходит ряд нагревательных секций, контактирует с поверхностями нагрева, что приводит к прогреву зерна и к испарению некоторого количества влаги с поверхности. Процесс обезвоживания интенсифицируется благодаря эффективной аспирации оборудования. Принципиальная схема горячего кондиционирования представлена на рисунке 2.57. По технологической схеме зерно



А — технологические линии начальной подготовки зерна;

Б — технологические линии заключительной подготовки зерна;

МИН — минеральная примесь; МВ — моечная вода

Рис. 2.57. Технологическая схема горячего кондиционирования зерна:

1 — мойка зерна; 2 — кондиционер; 3 — индикатор наличия зерна;

4 — шнек-смеситель; 5 — распределительный шнек; 6 — емкости для отволаживания;

7 — сборные воронки; 8 — дозатор зерна; 9 — шнек-смеситель

предварительно обрабатывается в моечной машине, где, кроме первого увлажнения, осуществляется эффективная обработка поверхности зерна, выделяются тяжелые минеральные примеси и часть легких примесей и щуплого зерна вместе с моечной водой. На втором этапе зерно прогревается в течение 20–30 мин в воздушно-водяном кондиционере, что благоприятно сказывается на качестве клейковины (особенно для зерна со слабой клейковиной), благодаря тепловому воздействию интенсифицируется внутренний влагоперенос и, соответственно, все процессы, связанные с разрыхлением эндосперма зерна. После обработки в кондиционере осуществляется повторное увлажнение зерна и отволаживание в течение 2–8 часов в зависимости от типа зерна и стекловидности. Верхний предел принимают для высокостекловидной пшеницы IV-го типа, а нижний — для низкостекловидного зерна III-го типа. Непосредственно перед измельчением зерно доувлажняют на 0,3–0,5 %

и отволаживают в течение 0,3–0,5 ч для пластификации оболочек. Суммарная степень увлажнения должна соответствовать данным таблицы 2.36.

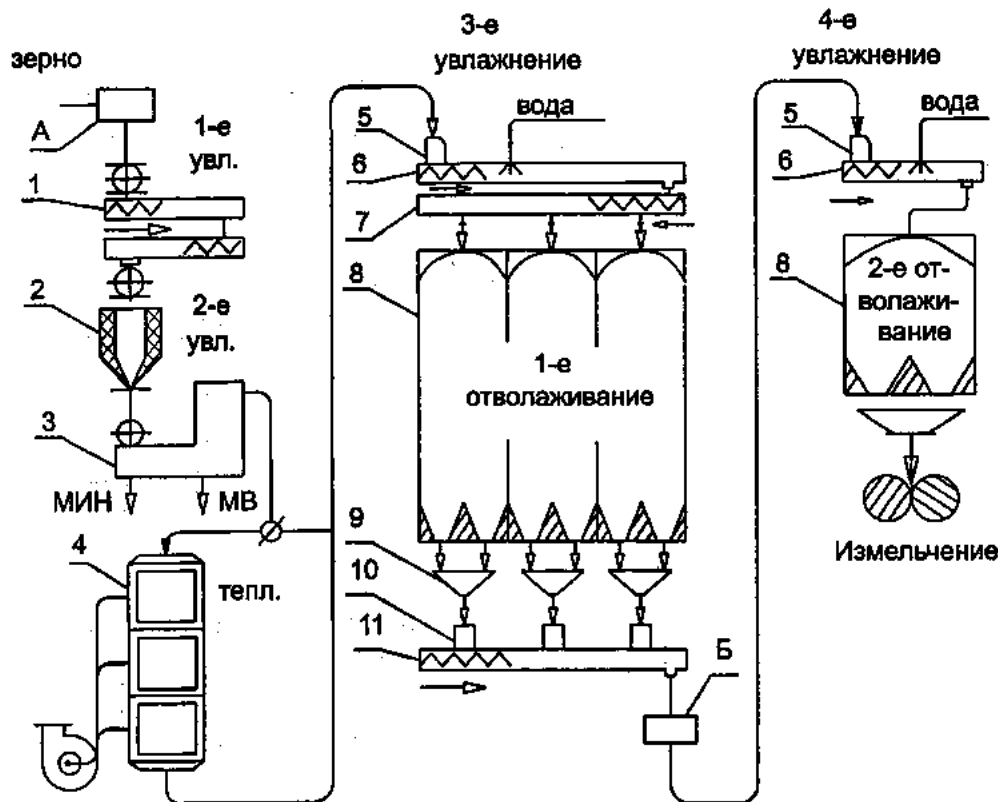
При эксплуатации кондиционеров рекомендуется поддерживать температурный режим в зависимости от качества клейковины зерна. Для зерна с крепкой клейковиной температура нагрева не должна превышать 40–45 °С, а для зерна со слабой клейковиной — 50–55 °С. Температура зерна на выходе из кондиционера колеблется в пределах 18–25 °С. Рекомендуется использовать метод горячего кондиционирования для сортовых помолов пшеницы. В настоящее время метод находит ограниченное применение из-за высокой стоимости аппаратуры и оборудования, а также тепловой энергии.

Скоростной метод гидротермической обработки

Метод относится к интенсивным, что связано с пропариванием зерна на начальном этапе. Наиболее эффективен метод для пшениц со слабой клейковиной и для мукомольных заводов с ограниченной вместимостью емкостей для отволаживания. Благодаря тепловому воздействию при пропаривании, а также прогреву зерна во влагоснимателе интенсифицируется влагоперенос и процесс разрыхления эндосперма зерна. В связи с этим преобразования свойств заканчивается намного быстрее, чем при обычных (холодных) способах гидротермической обработки. Поэтому способ получил название скоростного. Этапы скоростного кондиционирования представлены на технологической схеме в соответствии с рисунком 2.58.

Кратковременное пропаривание производят влажным насыщенным паром, что более эффективно увлажняет зерно, чем пропаривание при повышенном давлении пара. Экспозиция пропаривания 20–40 с. За это время влажность зерна повышается на 1,5–2,0 %, а температура зерна может достигнуть 45–55 °С. После пропаривания зерно кратковременно (в течение 10 мин) отволаживается в емкости с теплоизоляционными стенками. Этого времени достаточно, чтобы выровнять в некоторой степени температуру зерна и создать таким образом одинаковые условия для зерновой массы при проведении второго увлажнения. Второе увлажнение совмещают с интенсивной обработкой поверхности зерна в моечной ванне и отжимной колонне моечной машины. При этом влажность зерна еще повышается на 1,5 %, снижается его зольность и удаляются тяжелые и легкие примеси. В результате мойки температура зерна снижается до 25–30 °С. Далее технология предусматривает тепловую обработку в специальном аппарате влагоснимателе в течение 10–15 мин. При этом удаляется около 1 % влаги. Третье увлажнение осуществляют в увлажнителях любого принципа действия. При этом рассчитывают, чтобы суммарное увлажнение было равно требуемой степени увлажнения в соответствии с качеством зерна и типом помола. Отволаживание при данном способе гидротермической обработки составляет 180 мин, т. е. значительно сокращено в сравнении с холодным способом. Дополнительное увлажнение на 0,3–0,5 % и кратковременное отволаживание в течение 0,3–0,5 ч осуществляются для пластификации периферийных частей зерна, как и при любом способе гидротермической обработки при проведении помолов в сортовую муку.

Таким образом, в результате чередующихся увлажнений с различными температурными параметрами тепловой обработки и кратковременного отволаживания разрушается струк-



А — технологические линии начальной подготовки зерна;

Б — технологические линии заключительной подготовки зерна;

Рис. 2.58. Технологическая схема скоростного способа гидротермической обработки зерна:

- 1 — пропариватель; 2 — емкость для выравнивания температуры; 3 — мойка;
- 4 — тепловая обработка; 5 — индикатор наличия зерна; 6 — шнек-смеситель;
- 7 — шнек распределительный; 8 — емкости для отволаживания; 9 — сборные воронки;
- 10 — дозаторы зерна; 11 — шнек-смеситель

тура зерна, ослабляются связи между разделяемыми оболочками и эндоспермом, что в целом приводит к оптимизации технологических свойств зерна. Одновременно тепловое воздействие может положительно воздействовать на зерно с ослабленной клейковиной.

Гидротермическая обработка с жесткими режимами воздействия

Применение высокотемпературной обработки, прежде всего, необходимо для укрепления ядра крупяных культур в технологии недробленых круп и в технологии быстрорастваривающихся круп или продуктов, не требующих кулинарной обработки. В практической технологии крупы по такой технологии обрабатывают гречиху при производстве ядрицы, овес — в технологии пропаренной недробленой овсяной крупы и при производстве гороха лущеного целого и колотого. Технология многоэтапная, с обработкой паром,

сушкой и охлаждением, с промежуточным отволаживанием. В соответствии с рисунком 2.59 пропаривание осуществляют или в аппаратах порционного действия или в пропаривателях непрерывного действия. Выбор средства для пропаривания, в первую очередь, диктуется возможностью обеспечить параметры обработки, такие как экспозиция пропаривания, температура и давление пара. С учетом того, что экспозиция пропаривания может составить до 5–8 мин, предпочтение отдают порционным пропаривателям (периодического действия).

Для обеспечения бесперебойной работы пропаривателей непосредственно перед каждым аппаратом устраивают оперативные емкости с вместимостью, равной не менее чем двухкратной вместимости аппарата. Совмещение двух операций — увлажнения и тепловой обработки уже в начальной стадии процесса позволяет активно преобразовывать свойства зерна, в первую очередь, за счет изменения биохимического характера (см. раздел увлажнение и тепловая обработка) и структурно-механических свойств. Эти изменения в зерне кру-пных культур продолжаются на втором этапе при тепловой обработке в специальных сушилках для крупных культур с конвективно-кондуктивным способом теплопередачи.

При прохождении в камере-сушилке зерно контактирует с паровыми трубами, расположенными в шахматном порядке. По трубам циркулирует пар с давлением 0,35 МПа,

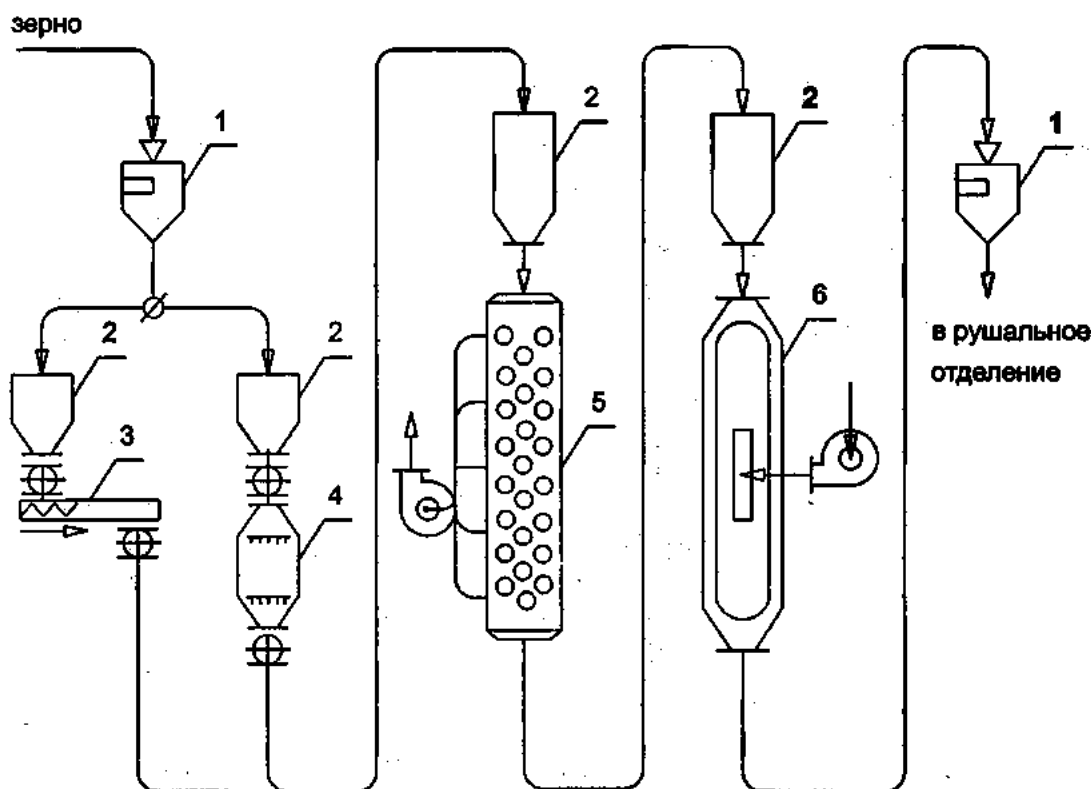


Рис. 2.59. Технологическая схема гидротермической обработки крупяных культур:

1 — автоматические весы; 2 — оперативные емкости;

3 — пропариватель непрерывного действия; 4 — пропариватель периодического действия;

5 — сушилка для крупяных культур; 6 — аппарат для охлаждения

с температурой до 163 °С. Интенсивный прогрев сопровождается интенсивным испарением влаги, разрушением связей между разделяемыми в процессе технологии анатомическими частями. Процесс обезвоживания периферийных частей зерна усиливается благодаря поперечной продувке слоя зерна воздухом. Обезвоженные оболочки пленчатых культур растрескиваются и становятся легко отделимыми при шелушении. Глубокие биохимические изменения, начальный этап которых наметился уже при пропаривании, завершаются. Образовавшиеся декстрины укрепляют ядро, что благоприятно сказывается на сохранении его целостности. Для оптимальной работы сушилок требуется установить перед каждой оперативную емкость на 1,0–1,5 часа работы сушилки. Для сохранения приобретенных на первых двух этапах свойств зерно охлаждают на третьем этапе в специализированных охлаждающих колонках или в аппаратах (оборудовании) с интенсивной аспирацией и разомкнутым циклом воздуха. Избегают охлаждения атмосферным воздухом с высоким влагосодержанием. Температура зерна после охлаждения не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 5–10 °С.

Параметры процесса гидротермической обработки крупяных культур представлены в таблице 2.38.

Таблица 2.38

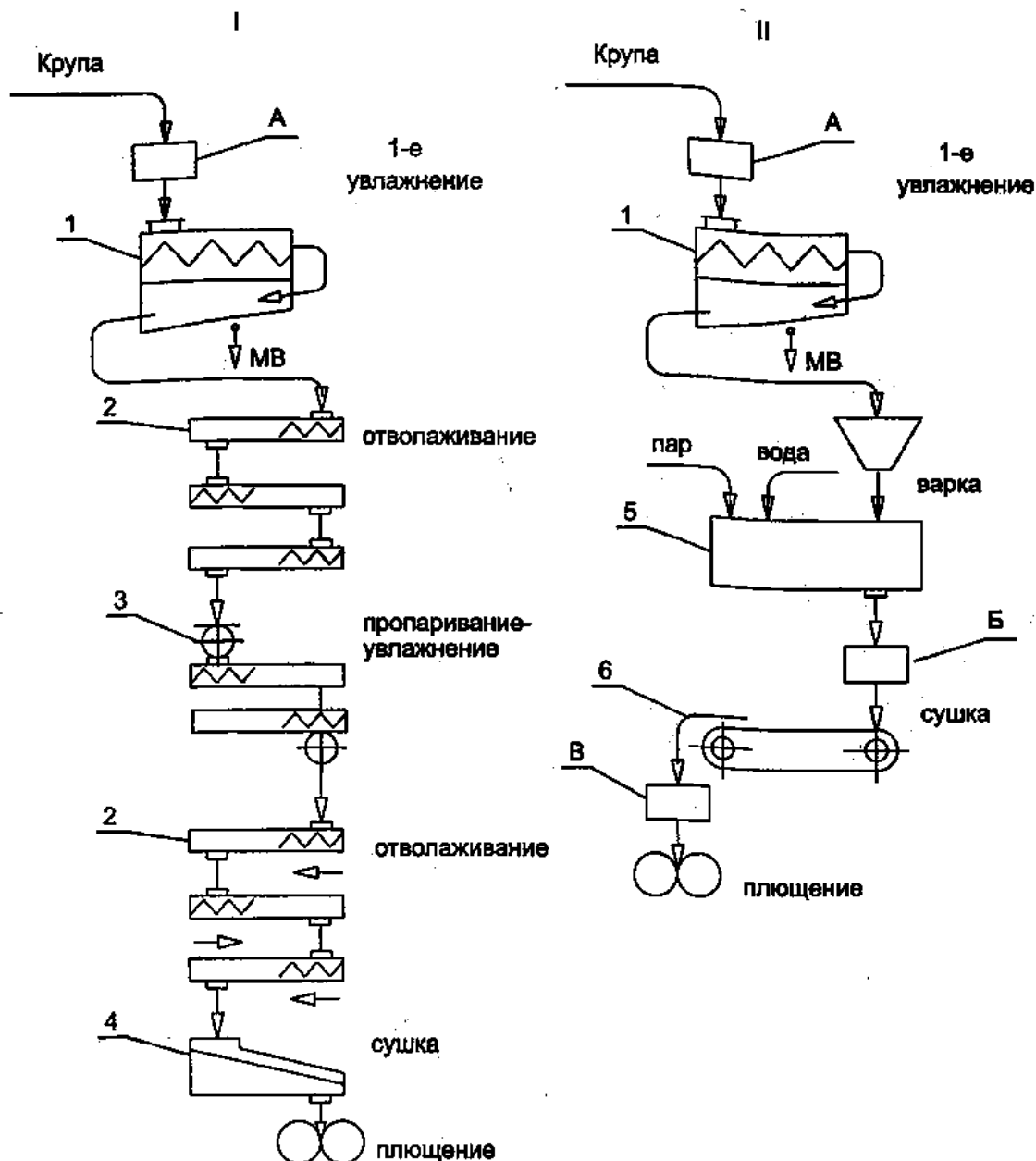
Режимные параметры гидротермической обработки крупяных культур

Зерновая культура	Пропаривание		Сушка до влажности, %	Время отволаживания, ч
	давление пара, МПа	экспозиция, мин		
Гречиха	0,25–0,30	5,0	не более 13,5	1,0–1,5
Овес	0,05–0,10	5,0	не более 10,0/14,0 ¹	1,0–1,5
Горох	0,10–0,15	2,0–2,5	14,0–15,0	0,3–0,5

¹В числителе при шелушении на поставках, в знаменателе — на обочных машинах.

Технологии гидротермической обработки при производстве зерновых продуктов быстрого приготовления и готовых к употреблению

При производстве круп быстрого приготовления влаготепловая обработка предназначена для перевода основных компонентов химического состава круп — крахмала и белков в полуготовое состояние. В соответствии с рисунком 2.60 увлажнение круп может осуществляться в любых аппаратах, где можно довести влажность крупы до 25–27 %. Хорошие результаты получают при использовании промышленной моечной машины, где операция увлажнения совмещается с операцией санитарной мойки. Для интенсификации влагопоглощения используют воду с температурой 25–27 °С. Крупа с высокой влажностью быстро слипается, что делает ее трудносыпучей. Поэтому отволаживание в течение 40 мин осуществляют или в емкостях с ворошителями, или в шнеках с минимальной скоростью вращения. Пропаривание круп осуществляют в шнековых пропаривателях непрерывного действия при давлении пара 0,1 МПа. Продолжительность пропаривания составляет около 3 мин. За это время крупа прогревается, в ней начинаются процессы тепловой денатурации белков, клейстеризации крахмала, продолжается набухание, а влажность возрастает до 28–29 %. После пропаривания крупа вновь отволаживается как и в первом случае.



А — предварительная обработка; Б, В — промежуточная обработка;

МИН — минеральная примесь; МВ — моечная вода

Рис. 2.60. Гидротермическая обработка при производстве круп быстрого приготовления (I) и не требующих варки (II):

1 — мойка-увлажнение; 2 — шнеки-ворошители; 3 — пропариватель; 4 — сушилка;
5 — варочный аппарат; 6 — сушилка

специальных емкостях или в шнеках-ворошителях. Время второго отволаживания 30–40 мин. После отволаживания перед плющением крупа подсушивается до влажности 23–25 %, которая считается оптимальной для плющения.

В технологии гидротермической обработки при производстве круп, не требующих варки, используют операцию варки острым насыщенным паром. Кулинарная обработка такого продукта состоит из заливки кипящей водой и набухания в течение 10 минут. По технологии крупу увлажняют при мойке в промышленной моечной машине при расходе воды 2–2,5 литра на килограмм крупы. Экспозиция мойки 3–5 мин. При этом влажность крупы повышается до 27 ± 3 %. Крупу с такой влажностью обрабатывают в специальных варочных аппаратах воздействием водяным паром с давлением 0,2 МПа. Экспозиция обработки 45–60 мин, что соответствует времени полной кулинарной готовности. Влажность крупы после варки должна составлять 35 ± 3 %. В связи с этим в варочный аппарат добавляют расчетное количество воды. Расчет ведут по формулам усушки с учетом начальной и конечной влажности. При этом учитывают, что крупа может поглощать некоторое количество конденсата, которое устанавливают экспериментальным путем. Перед плющением сваренную крупу подсушивают при температуре теплоносителя 100–150 °С. Влажность крупы после подсушивания разная в зависимости от вида. Так, для крупы из гречихи — 25 ± 2 %, а для пшеничной и перловой — 20 ± 2 %.

§6. Специфические приемы гидротермической обработки в технологии комбикормов

Основная направленность гидротермической обработки в технологии комбикормов состоит в изменении питательности и перевариваемости комбикормового сырья, а также некоторых его физических свойств для оптимизации операции плющения, гранулирования и т. п.

Установлено, что у молодняка животных недостаточно развита активность амилалитических ферментов и крахмал, основная часть зерна, является для них трудноперевариваемым веществом. Поэтому при производстве комбикормов для молодняка животных крахмалосодержащие культуры (ячмень, овес, кукуруза и др.) целесообразно подвергать влаготепловой обработке (ВТО) для превращения крахмала в более простые углеводы: декстрины, мальтозу и сахарозу. Так, на комбикормовых заводах при животноводческих комплексах производится обжаривание ячменя, входящего в рецепты для поросят. При этом зерно обрабатывают нагретым воздухом с применением барабанных обжарочных агрегатов. При такой обработке происходит декстринизация крахмала. Максимальное количество декстринов (до 36 % на сухое вещество зерна) образуется при обработке зерна влажностью 16–22 % в течение 2 мин и $t = 300$ °С. Такая обработка ячменя существенно повышает питательную ценность комбикорма.

Разработан также метод ГТО с применением интенсивного нагрева зерна ИК-лучами (микронизация). Широко используют обработку зерна в экструдерах.

Для поросят-сосунов и отъемышей, подкормка которых начинается с 9-дневного возраста, а отъем в 26 дней и у которых еще слабо развита ферментативная секреция желудка, а природный крахмал зерна является трудноперевариваемым, необходимо вырабатывать комбикорма с улучшенными вкусовыми и легкоперевариваемыми углеводами, в которых

крахмал находится в форме декстринов, мальтозы и т. д. С этой целью зерновую часть комбикормов (ячмень, кукурузу, пшеницу, отруби и т. п.) подвергают обработке в экструдерах.

В настоящее время разработана и утверждена «Технологическая инструкция по производству специальных комбикормов с применением экструдеров».

Экструзией называется процесс переработки продуктов в экструдере. Экструдер, от латинского *extrudo* — выталкиваю, это машина для размягчения или пластификации продуктов и придания им формы путем продавливания через профилирующий инструмент — экструзионную головку, сечение которой соответствует конфигурации изделия.

Процесс экструдирования биополимеров относится к термодинамическим методам обработки, которые включают как статические режимы, так и динамический эффект давления, температур, осмоса и др.

В основе экструдирования лежат два процесса — механико-химической деформации и «взрыв», или «декомпрессионный шок», трансформированный на участке ударного разряжения. Эти процессы непрерывны, осуществляются под действием деформативных напряжений и теплоты при определенных скоростях подвода и отвода тепла и давления.

Экструдирование зерновых компонентов или их смеси производится на экструдерах различных марок и типоразмеров. Процесс экструдирования осуществляется при следующем режиме: температура продукта на выходе — 120–130 °С; нагрузка основного двигателя — 60–65 А. В шнеке экструдера устанавливают шайбы Ø 117,5 мм на входе и 125 мм на выходе.

Для улучшения работы экструдеров, повышения стабильности процесса экструдирования следует проводить увлажнение зерновых продуктов водой или паром (3–5 %).

Для этого проводят воду к приемному патрубку экструдера.

В модернизированном экструдере установлен пропариватель-смеситель, который монтируется между питателем и шнеком экструдера. Режим работы пропаривателя: давление пара — 0,1–0,3 МПа; расход пара — 50–70 кг/т; температура пропаренной смеси — 70–80 °С на выходе из пропаривателя, влажность пропаренной смеси — 17–18 %.

Выходящие из экструдера гранулы Ø 10–15 мм и длиной 20–30 мм имеют вспученную пористую структуру, их объемная масса 300–320 кг/м³. После экструдера продукт охлаждают до температуры не выше чем на 15–18 °С окружающей среды. Влажность продукта не более 11 %, объемная масса после охлаждения 580–600 кг/м³.

После экструдирования смеси содержание декстринов в ней повышается с 1,65 до 10,6 %, крахмал полностью клейстеризуется, его перевариваемость в результате этого повышается в 2 раза. Перевариваемость протеина остается на том же уровне. В процессе экструдирования происходит обеззараживание грибной флоры на 99,5 %, бактериальной — на 99,9 %.

Изучение эффективности использования комбикормов показало, что среднесуточный прирост живой массы поросят, получавших рацион с экструдированными компонентами, был выше на 18,6 %, чем у контрольной группы.

Наиболее эффективным способом тепловой обработки является микронизация. Сущность ее заключается в воздействии на зерно микроволновым инфракрасным излучением.

В процессе микронизации концентрированный и легко управляемый поток инфракрасных (ИК) лучей с частотой 700–1200 млн мегациклов в секунду, взаимодействуя с обработанным зерном, преобразуется в тепло. В результате происходит быстрый внутренний

разогрев зерна. При интенсивном прогреве зерна ИК-лучами при температуре 150–170 °C в течение 30–80 с значительно изменяются его физические, биохимические и коллоидные свойства. Содержащаяся в зерне влага быстро переходит в состояние закипания. Крахмал при этом набухает и желатинизируется, происходит клейстеризация и декструкция крахмала, который переходит в стадию, близкую к превращению его в сахар, что делает энергетическое содержание зерна более доступным для усвоения животными.

Микронизация обеспечивает высокое санитарное состояние обрабатываемого зерна, она успешно решает задачу инактивации антипитательных веществ при обработке соевых бобов (наблюдается денатурация трипсина ингибитора, липоксигеназы и уреазы), при этом потери жирорастворимых витаминов не наблюдается.

Таким образом, в результате взаимодействия на зерно влаги и тепла происходят интенсивные преобразования всех видов и свойств. Закономерным результатом этих преобразований является оптимизация технологических свойств, изменение пищевых, вкусовых достоинств и питательности продуктов, обеспечивается более безопасное хранение, появляется возможность выпуска продукции с заранее обусловленной влажностью. Наблюдаются также некоторые негативные явления.

Оптимизация технологических свойств при гидротермической обработке является следствием следующих преобразований в зерне:

- благодаря повышению влажности пластифицированные оболочки в технологии муки отделяются без дробления, что положительно сказывается на качестве муки;
- разрушение связи оболочек и эндосперма (разделяемых анатомических частей в технологии) позволяет с минимальными затратами выполнить основную задачу технологии;
- предразрушенный микро- и макротрещинами эндосперм легче измельчается с образованием крупок и дунстов, что благоприятно сказывается на ведении технологического процесса в технологии муки;
- обезвоженные наружные оболочки крупяных пленчатых культур становятся хрупкими и легко разрушаются при их отделении от ядра;
- увеличивается прочность ядер крупяных культур, что позволяет увеличить выход недробленной продукции;
- повышается пластичность зародыша, что делает возможным его отделение без излишнего дробления.

Улучшение пищевых достоинств продукции из зерна является следствием:

- миграции водорастворимых биологически активных веществ из периферии зерна в эндосперм;
- исчезновения горечи в некоторых крупяных продуктах (например, в крупе из овса);
- приобретения запаха, свойственного увлажненному и слегка поджаренным хлебным злакам;
- снижения потерь крахмала в варочную воду благодаря клейстеризованному крахмалу;
- улучшения консистенции сваренной крупяной продукции, отсутствием комкования, лучшего усвоения.

Гидротермически обработанное зерно позволяет:

- обеспечить выпуск продукции с заранее обусловленной влажностью;
- увеличить стойкость продукции при хранении в связи с инактивацией ферментов липазы и липоксигеназы, которые активизируют окислительные процессы жира.

Дыхание зерна после гидротермической обработки с интенсивными режимами прекращается почти полностью и зерно становится стерильным.

Уничтожаются плесени, споры, насекомые-вредители. Зерно с более плотным (после гидротермической обработки) эндоспермом меньше повреждается насекомыми-вредителями, менее гигроскопично.

При гидротермической обработке с интенсивными тепловыми режимами наблюдаются некоторые негативные явления:

- ♦ потемнение эндосперма риса, что ухудшает товарный вид крупы;
- ♦ снижение содержания биологически активных веществ;
- ♦ увеличивается энергоемкость некоторых процессов из-за упрочнения поверхности ядер.

ГЛАВА 8

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА И КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

§ 1. Общие положения

Измельчение — это технологическая операция разделения твердого тела, например, зерна, на составные части. В результате уменьшаются средние размеры частиц и увеличивается их суммарная поверхность в сравнении с исходными. Это одна из основных операций при работе с зерном и компонентами комбикормов и самая энергоемкая. Выполняя принципиально одну задачу, измельчение в технологии муки, крупы и комбикормов глубоко различно частными задачами, сложностью построения операций и конечными результатами.

Так, в технологии муки при высокой степени разделения анатомических частей зерна необходимо измельчить крахмалистый эндосперм в муку, а высокозольные оболочки отделить без дробления. Поэтому для обеспечения качества операция повторяется многократно. Количество циклов воздействия (деформаций) может достигать нескольких десятков с индивидуальной интенсивностью измельчения на каждом этапе. Конечной продукцией процесса измельчения является мука — тонко измельченные частицы крахмалистого эндосперма с незначительным содержанием высокозольных и отличающихся от эндосперма по цвету оболочек.

В технологии крупы специальное измельчение осуществляется эпизодически и только в технологии дробленых круп. Конечной продукцией такого измельчения являются частицы ядра (зерна), по форме приближающиеся к кубикам. Поэтому операция требует специального оборудования и определенных режимов воздействия.

В технологии комбикормов измельчению подвергается сырье, если размеры его частиц не удовлетворяют техническому условию на крупность готовой продукции.

С некоторыми допущениями измельчение в технологии муки, крупы и комбикормов можно классифицировать или как простое, или как сложное избирательное. При простом измельчении необходимо, чтобы измельчаемый материал был однороден по химическому составу и по структурно-механическим свойствам, а измельченные до определенной крупности частицы представляли собой однородную сыпучую массу, которую можно использовать по назначению как конечный продукт. В технологии комбикормов — это измельчение однородного минерального сырья; с некоторыми допущениями — также измельчение любого компонента, который затем используется в производстве комбикормов в соответствии с рецептом.

Сложное или избирательное измельчение предполагает неоднородность по химическому составу и структурно-механическим свойствам исходного материала. При этом измельчение необходимо вести на извлечение одного из составляющих веществ. Такой тип измельчения имеет место в технологии муки и крупы. В результате одинакового силового нагружения при измельчении зерна и промежуточных продуктов получают частицы, отличающиеся как по структурно-механическим свойствам, так и по химическому составу.

Как правило, при однократном воздействии рабочих органов оборудования не удается полностью извлечь какую-либо часть измельчаемого тела (в нашем случае, например, эндосперм зерна). Поэтому процесс измельчения повторяют многократно вплоть до достижения некоего конечного результата. В идеале — полное разделение крахмалистого эндосперма и высокозольных периферийных частей зерна.

Измельчение в технологии муки, крупы и комбикормов — наиболее энергоемкий процесс в общем балансе энергии. При измельчении общие энергозатраты расходуются на преодоление упругих и пластических деформаций непосредственно в измельчаемом материале, в кинематических звеньях машины, а также на образование новой поверхности. Часть этой энергии превращается в тепловую, что выражается в повышении температуры измельчаемого материала и деталей оборудования, другая часть затрачивается на электролизацию продукта и также поверхности рабочих органов оборудования. Обобщенный закон измельчения, сформулированный академиком Ребиндером П.А., имеет реальную практическую направленность. Общие энергозатраты на процесс измельчения A_0 складываются из энергозатрат на преодоление упругих и пластических деформаций $A_{\text{уп}}$ и энергозатрат на образование новой поверхности A_s :

$$A_0 = A_{\text{уп}} + A_s. \quad (2.52)$$

В свою очередь, энергозатраты на преодоление упругих и пластических деформаций $A_{\text{уп}}$ складываются из потерь в оборудовании $A_{\text{ос}}$ и в измельчаемом материале A_x .

Следовательно, $A_0 = A_{\text{ос}} + A_x + A_s$.

При расшифровке отдельных составляющих получают обобщенный закон измельчения в развернутом виде:

$$A_0 = A_{\text{ос}} + m_y \frac{\sigma_p^2 \cdot V}{2E} + \omega \cdot \Delta F \cdot i, \quad (2.53)$$

где m_y — число циклонов деформаций (воздействий) при измельчении;

σ_p — разрушающее напряжение измельчаемого материала;

V — объем измельчаемого материала;

E — модуль упругости материала;

ω — энергия на образование единицы новой поверхности;

$\Delta F = F_k - F_n$ — приращение поверхности;

F_n, F_k — начальная и конечная поверхности измельчаемого материала;

$i = \frac{F_k}{F_n}$ — безразмерный множитель, характеризующий степень измельчения.

Анализ обобщенного закона измельчения показывает, что энергозатраты могут быть сокращены при снижении $A_{\text{ос}}$. Это значит, что необходима высокая точность и надежность изготовления деталей и узлов технологического оборудования. Одновременно к снижению энергозатрат приводит сокращение числа циклов измельчения m_y . В технологии это означает, что необходимо сократить до разумного предела количество систем измельчения, тщательно готовить сырье и промежуточные продукты, избегать ненужных заворотов продуктов и т. п. Величину разрушающих напряжений σ_p можно снизить в процессе гидротермической обработки, добиваясь оптимального изменения структурно-механических свойств измельчаемого материала. С увеличением степени измельче-

ния i также растут энергозатраты. Поэтому в технологии необходимо исключать чрезмерное измельчение. Последнее связывают с оптимальными режимами измельчения удельными нагрузками, а также с рациональной организацией сортирования продуктов измельчения.

§2. Оценочные критерии процесса измельчения

Показатели, характеризующие интенсивность процесса:

- ♦ средневзвешенный размер частиц продуктов измельчения;
- ♦ суммарная поверхность единицы массы продуктов измельчения;
- ♦ приращение суммарной поверхности продуктов измельчения одинаковых масс;
- ♦ степень измельчения;
- ♦ модуль крупности измельченного материала как частный случай средневзвешенного размера;
- ♦ извлечение как относительное содержание в продуктах измельчения частиц определенной крупности.

Показатели, характеризующие качество процесса измельчения:

- ♦ гранулометрический состав;
- ♦ соотношение в продуктах измельчения частиц определенных классов крупности;
- ♦ качество продуктов определенных классов крупности по зольности или по соотношению оболочек.

Показатели, характеризующие энергоемкость процесса:

- ♦ расход энергии на единицу вновь образованной поверхности;
- ♦ расход энергии на тонну выработанной муки, крупы или комбикормов;
- ♦ расход энергии на тонну измельченного сырья.

Показатели, характеризующие производительность операции:

- ♦ общая удельная нагрузка на единицу длины валков измельчителя;
- ♦ частная удельная нагрузка на единицу длины валков измельчителя;
- ♦ производительность измельчающего оборудования в единицах массы в единицу времени.

Наиболее характерными показателями интенсивности процесса измельчения являются степень измельчения и извлечение. Прочие показатели получают в качестве промежуточных результатов при вычислении степени измельчения. В практической технологии используют показатели извлечения (для оценки интенсивности измельчения в технологии муки) и модуль крупности (для оценки интенсивности измельчения в технологии комбикормов).

Степень измельчения i — это безразмерный показатель (множитель), показывающий во сколько раз возрастает суммарная поверхность частиц F_x в результате измельчения продукта с начальной поверхностью F_n :

$$i = \frac{F_x}{F_n} \quad (2.54)$$

Очевидно, что при определении величин F_k , F_n необходимо оперировать с одинаковыми массами продукта. Аналогичный результат получается, если вместо показателей поверхности использовать средневзвешенные размеры частиц продуктов до (\bar{D}_n) и после (\bar{D}_k) измельчения:

$$i = \frac{\bar{D}_n}{\bar{D}_k}. \quad (2.55)$$

В практической технологии муки величины F и D находят наиболее доступным методом ситового анализа. Возможно использование других методов, например методов седиментационного анализа и т. п. Используют также специальные приборы для определения поверхности единицы массы измельченного продукта.

При использовании ситового анализа необходимо соблюдать некоторые принципиальные положения:

1. Размер отверстий сит должен перекрывать размеры отдельных частиц смеси.
2. В соответствии с ГОСТ 8032-84 сита подбирают по модулю набора сит (отношение размера ячейки сита к размеру ячейки последующего сита).

Модуль набора сит является величиной постоянной и рассчитывается из рядов предпочтительных чисел. Каждый ряд представляет собой десятичный ряд геометрической прогрессии с каким то знаменателем.

Например: R5 ($\sqrt[5]{10} \approx 1,6$); R10 ($\sqrt[10]{10} \approx 1,25$); R20 ($\sqrt[20]{10} \approx 1,12$); R40 ($\sqrt[40]{10} \approx 1,06$), и т. п.

Таким образом, выбрав значение модуля, подбирают сита из стандартного ряда по размеру отверстий. Например, при значении модуля 1,25 расчетные значения размера отверстий сит составляют: 1,2; 0,96; 0,76; 0,6; 0,48 и т. д. Так как средневзвешенный размер частиц и значение степени измельчения не являются строго регламентированными показателями, то при несовпадении размеров отверстий сит, рассчитанных по модулю и из стандартного ряда сит, выбирают ближайшее значение.

При сортировании смеси на наборе сит с размерами отверстий $d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n$ получают сходы и проходом фракции продуктов более однородные по размерам с некоторыми массами $m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n$.

Очевидно, что $d_1 > d_2 > \dots, d_i > \dots, > d_n$ и $m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots + m_n = M_0$, где M_0 — масса продукта, принятого для сортирования. Средний размер частиц фракции D_i рассчитывают как полусумму размеров отверстий сит, проходом и сходом которых получена фракция:

$$D_i = \frac{d_{i-1} + d_i}{2}. \quad (2.56)$$

Далее в зависимости от поставленной задачи расчет оценочных критериев можно осуществлять по разным направлениям:

1. Если известно стандартное для данной технологии средневзвешенное значение размеров частиц измельченного материала $\bar{D}_{см}$, то рассчитывают средневзвешенное значение крупности полученных при измельчении продуктов \bar{D} и сравнивают со стандартным. Величину \bar{D} рассчитывают, пользуясь общим принципом расчета взвешенной средней:

$$\bar{D} = \frac{D_1 \cdot m_1 + D_2 \cdot m_2 + \dots + D_i \cdot m_i + \dots + D_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_i + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}. \quad (2.57)$$

2. При известном стандартном значении поверхности измельченного материал $\bar{F}_{см}$ рассчитывают поверхность полученного при измельчении продукта \bar{F} и также сравнивают. При расчете поверхности форму частиц продуктов измельчения условно принимают или в виде куба, или в виде шара. Чаще принимают первый вариант приближения, так как он ближе соответствует истинной форме частиц. Таким образом, если форма частицы кубическая, то поверхность единичной частицы f_i составляет:

$$f_i = 6D_i^2. \quad (2.58)$$

Количество частиц каждой фракции n_i находят, исходя из массы фракции m_i и плотности материала ρ_i (для зерна пшеницы плотность принимает от 1223 до 1428 кг/м³):

$$n_i = \frac{m_i}{D_i^3 \cdot \rho_i}. \quad (2.59)$$

Тогда поверхность всех частиц фракции F_i составит:

$$F_i = f_i \cdot n_i = 6 \cdot D_i^2 \cdot \frac{m_i}{D_i^3 \cdot \rho_i} = \frac{6m_i}{D_i \cdot \rho_i}. \quad (2.60)$$

Суммарная поверхность продукта F_0 рассчитывается как сумма i -х поверхностей частиц фракций:

$$F_0 = F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n = 6 \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{D_i \cdot \rho_i}. \quad (2.61)$$

Средневзвешенные значения крупности продуктов или поверхности можно использовать также при сравнении интенсивности измельчения на различных системах, на одной системе, но в разное время и т. п.

3. Степень измельчения дает больше информации о процессе измельчения, так как оценивает изменение состояния конечного продукта измельчения в сравнении с исходным. Степень измельчения i можно рассчитывать, пользуясь значениями суммарных поверхностей фракций продуктов измельчения или их средневзвешенных размеров. Рабочие формулы для оценки степени измельчения приведены выше.

В практической технологии для оперативного контроля процесса измельчения пользуются показателями извлечения и модуля крупности. Модуль крупности M используется при простом измельчении в технологии комбикормов. Это частный случай оценочного критерия процесса по средневзвешенному размеру.

В мукомольной технологии для оценки интенсивности измельчения (режима измельчения, режима работы системы измельчения) используют оценочный критерий под названием извлечение. Это относительное содержание в продуктах измельчения частиц или фракций продуктов (образовавшихся на данной системе при измельчении) менее определенной крупности. Извлечение определяют просеиванием продуктов измельчения на контрольном сите, которое индивидуально для каждой системы. Так как в продуктах, поступающих на данную систему измельчения, могут присутствовать частицы класса крупности, входящих в извлечение, то их величина (количество) должна быть также определена и исключена из величины прохода, определяющего извлечение. Таким образом, в процедуру определения извлечения входит просеивание на контрольном сите как поступающего продукта, так и продуктов измельчения. Рабочая формула для расчета извлечения I , % имеет вид:

$$И = \frac{П - Н}{100 - Н} \cdot 100, \quad (2.62)$$

где $П$ — величина прохода в продуктах измельчения через контрольное сито, %;

$Н$ — величина прохода в продукте, поступающем на систему через контрольное сито такого же номера, %.

Величину $Н$ называют также недосевом. Это часть проходowego продукта, который должен быть выделен из продуктов измельчения на предыдущей системе, а по разным причинам не был выделен (подробно о недосеве см. главу II). Следовательно, при идеальном ведении сепарирования продуктов измельчения величина недосева должна быть равна нулю. Величина недосева также равна нулю при измельчении зерна на начальной системе. Тогда рабочая формула для определения интенсивности измельчения будет иметь вид: $И = П$.

Извлечение может быть общим $И_0$ и частным $И_{\text{ч}}$. Общее извлечение как меру режима измельчения определяют для систем, в задачу которых входит получение нескольких по крупности продуктов. Например, при начальном измельчении зерна в драном процессе сортового помола в задачу систем входит получение в максимальном количестве крупок и дунстов (промежуточных по крупности продуктов). Поэтому режим работы таких систем оценивают суммарным или общим извлечением крупных ($И_{\text{кр.кр.}}$), средних ($И_{\text{ср.кр.}}$), мелких ($И_{\text{м.кр.}}$) крупок, дунстов ($И_0$) и муки ($И_{\text{м}}$). Следовательно, для такого случая:

$$И_0 = И_{\text{кр.кр.}} + И_{\text{ср.кр.}} + И_{\text{м.кр.}} + И_0 + И_{\text{м}}$$

Номер контрольного сита при оценке общего извлечения подбирают с таким расчетом, чтобы в проходе оказался самый крупный из извлеченных продуктов. Частное извлечение как меру интенсивности процесса измельчения используют для систем, в задачу которых входит получение какого-либо одного продукта. Так, режим работы размольных систем оценивают частным извлечением муки. Причем, при выборе номера контрольного сита необходимо учитывать, какого сорта или вида муку получают на системе. Так, для систем, где получают муку высшего сорта, контрольное сито принимают более густое (с меньшим размером отверстий), чем для систем, где получают муку второго сорта. Величина извлечения и номер контрольного сита для оценки режима измельчения определяется техническими условиями или отраслевыми стандартами на ведение технологического процесса для разных культур, помолов и систем технологического процесса для конкретного помола. Величина извлечения как мера режима измельчения определяется в процентах по отношению к массе продукта, поступившего на систему. Значения величин извлечения и номера контрольных сит для различных систем помолов пшеницы и ржи определяются отраслевыми стандартами. Считается, что ведение процесса с рекомендуемыми величинами извлечений позволит получить оптимальную технологическую эффективность.

При избирательном измельчении, которое характерно для технологии муки, количественной меры для оценки эффективности ведения процесса измельчения недостаточно. Для оценки качества процесса определяют соотношение в продуктах измельчения фракций продуктов различной крупности, а также их зольность. Так, нормативными документами устанавливается соотношение между извлечениями крупок, дунстов и муки для

различных помолов при измельчении зерна различной стекловидности. Особое внимание уделяют соотношению крупных и мелких промежуточных продуктов при измельчении твердой пшеницы в технологии макаронной муки. Считается, что для обеспечения высокого общего выхода макаронной муки (крупки и полукрупки) при начальном измельчении зерна в крупобразующем процессе необходимо получить не менее чем 50 % крупных крупок (частиц преимущественно из эндосперма с незначительным количеством сростков оболочек и эндосперма размером 0,5–1,1 мм). Высокие требования предъявляются также к извлеченным круподунстовым продуктам и муке по зольности. Несомненно, что при прочих равных условиях (качество гидротермической обработки, качество подготовки зерна в целом, особенность технологии) качество процесса измельчения играет свою немаловажную роль.

Энергоемкость процесса измельчения оценивают расходом энергии или на измельчение единицы массы продукта, или на единицу приращения поверхности. Измельчение — наиболее энергоемкий процесс при производстве муки, крупы и комбикормов. Величина расхода энергии зависит от интенсивности измельчения (конкретно от степени измельчения), от нагрузки на систему технологического процесса, от физических свойств измельчаемого продукта и от механико-кинематических параметров оборудования для измельчения. В практической технологии энергоемкость оценивают или на тонну вырабатываемой готовой продукции (муки, комбикормов), или на тонну переработанного зерна (в технологии крупы). При этом энергоемкость оценивают в целом по технологическому процессу, не выделяя процесс измельчения. Так, в технологии муки на производство 1 тонны обойной муки расходуется 21–28 кВт/час электроэнергии, а для сортовых помолов эта величина возрастает до 65–70 кВт/час. При использовании пневматического транспортирования продуктов эти величины могут возрасти в 1,5 и более раза. В технологии крупы эти показатели в 2,5–3 раза ниже, что связано с эпизодическим применением операции измельчения. Расход энергии на производство тонны рассыпного комбикорма колеблется в диапазоне 10–15 кВт/час, а при производстве гранулированных кормов этот показатель может возрасти до 40–55 кВт/час.

Одними из оценочных показателей процесса измельчения являются производительность в единицу времени и удельная нагрузка. Производительность характеризует практически любое оборудование для измельчения и измеряется количеством измельчаемого продукта в единицу времени при достижении некоторого положительного эффекта, например, заданной степени измельчения. Удельную нагрузку как оценочный критерий используют преимущественно, если процесс осуществляется на валковых измельчителях (вальцевых станках). При этом измельчение осуществляется в межвальцовом зазоре, образованном парой рифленых или нерифленых цилиндрических валков, вращающихся навстречу друг другу с разной скоростью. Удельная нагрузка представляет собой показатель количества продукта, измельчаемого в рабочем зазоре на 1 см длины мелющих валков в течение определенного времени. В технологии муки за показатель количества принят один килограмм, а за показатель времени — сутки. Таким образом, размерность удельной нагрузки q , кг/см · сут. Специфика технологии муки такова, что процесс измельчения осуществляется одновременно и непрерывно на системах вальцовых станков, количество которых может достигать десятков. Продукты измельчения, образовавшиеся на первых (начальных) системах могут измельчаться повторно на последующих. И так повторя-

ется многократно, вплоть до достижения некоторого заданного результата. Измельчение на каждой системе протекает с различной интенсивностью, с различной нагрузкой (производительностью), что выражается величиной удельной нагрузки. Поэтому для характеристики процесса в целом используют общую удельную нагрузку q_o , а на каждой конкретной системе — частную q_v . Для расчета удельных нагрузок определяют массу переработанного за определенный период времени зерна (либо промежуточного продукта) на мельзаводе в целом или на отдельной системе. Общее количество переработанного зерна определяют по показаниям автоматических весов или по массе готовой продукции, побочных продуктов, отходов с учетом усушки и механических потерь. Для определения количества переработанного зерна (либо промежуточного продукта) на конкретной системе снимают материальный количественный баланс. Рабочий период исчисляют в часах с учетом простоев предприятия и переводят в сутки. Для расчетов удельных нагрузок используют следующие расчетные формулы:

$$q_o = \frac{G \cdot 1000}{\sum_i L_i \cdot \tau}; \quad q_v = \frac{C_o \cdot G \cdot 1000}{100 \cdot L_i \cdot \tau}, \quad (2.63)$$

где G — масса переработанного зерна, т;

L_i — длина вальцовой линии системы, см;

τ — рабочий период, сут;

C_o — количество продукта, поступающего на систему (загрузка системы) по данным материального баланса, %.

Пример. На мельзаводе за 174 ч было переработано 1886 т зерна. На II драную систему по данным материального баланса поступало 70 % продуктов. Измельчение осуществляется на 18 вальцовых станках с размерами валков 1000×250 , а на II драной системе работают 1,5 вальцовых станка. Определить общую и частную удельные нагрузки на II драную систему:

$$q_o = \frac{1886 \cdot 1000}{3600 \cdot 7,25} = 72,26 \text{ кг/см} \cdot \text{сут},$$

$$q_v = \frac{1886 \cdot 1000 \cdot 70}{100 \cdot 300 \cdot 7,25} = 606,98 \text{ кг/см} \cdot \text{сут}.$$

При расчетах следует учитывать, что вальцовые станки с размерами валков 1000×250 работают двумя автономными половинами с длиной мелющей линии половины станка 100 см.

Интенсивность процесса измельчения всегда определяется требованиями, предъявляемыми к конечным и промежуточным продуктам технологии. При сложном избирательном измельчении это требования к крупности и качеству муки или к качеству и количеству промежуточных по крупности продуктов. Крупность регламентируется для всех сортов муки и увязывается с интенсивностью набухания ее частиц при приготовлении теста и с особенностью ведения технологии.

В крупной технологии интенсивность измельчения минимальная, так как конечная продукция — недробленая или дробленая крупа с размерами, приближающимися к размерам зерна.

В комбикормовой технологии измельчение по всем признакам простое и все части измельченного зерна или другого компонента образуют в конечном итоге комбикорм.

В связи с этими особенностями технологий операция измельчения осуществляется на машинах (оборудовании) с различным принципом воздействия на измельчаемый продукт.

Так, в технологии муки наиболее распространенным оборудованием для измельчения является вальцовый станок. В качестве доизмельчителей используются энтолейторы — машины ударного действия, деташеры-разрыхлители, а также бичевые машины. Энтолейторы и деташеры применяют на стадии интенсивного измельчения крупок и дунстов в муку, когда в качестве основного измельчителя используются вальцовые станки с нерифлеными валками. При этом возможно образование так называемых предразрушенных частиц, что требует применения доизмельчителей. Бичевые машины используют для обработки высокозольных остатков-сходов после извлечения эндосперма в виде промежуточных круподуновых продуктов, а также как доизмельчители в простых и сокращенных сортовых помолах.

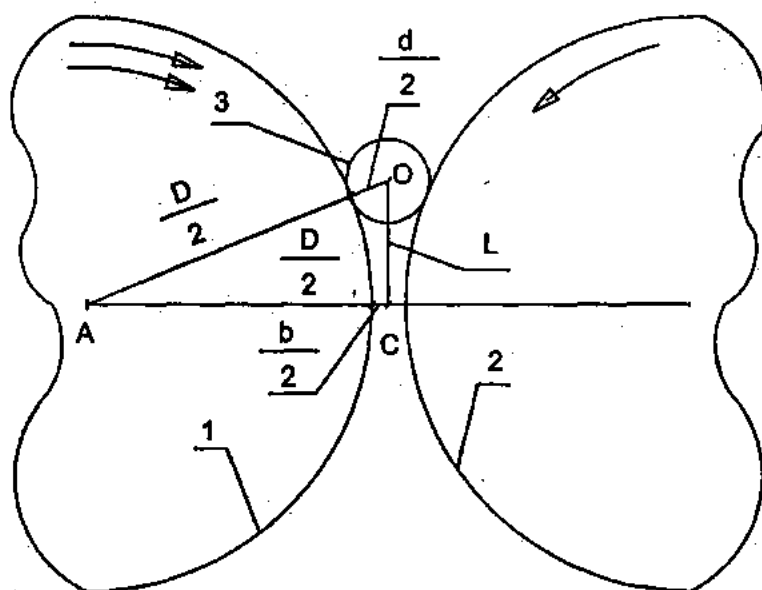
В крупяном производстве также используют валковые измельчители, но со специальной нарезкой валков: быстровращающегося валка — с пирамидальной нарезкой по винтовой линии, медленновращающегося валка — по образующей цилиндра с небольшим уклоном или без уклона. В специальных технологиях, например, в технологии крупы из кукурузы, дробление осуществляют в дезинтеграторах с конусной формой ротора и изменяющейся конфигурацией дробильной поверхности. Возможно также использование дробилок со специальной формой молотков.

В комбикормовой технологии основное оборудование для дробления — молотковые мельницы (дробилки).

§3. Измельчение в вальцовом станке

Вальцовые станки — основная измельчающая машина мукомольных мельниц. Измельчение осуществляется в межвальцовом зазоре, образованном парой вращающихся навстречу друг другу цилиндрических валков. Для обеспечения оптимальных условий измельчения валки вращаются с разной скоростью, обеспечивая деформацию сжатия и сдвига в рабочей зоне. Последнее интенсифицирует процесс измельчения, делая его менее энергоемким. Считается, что деформация сдвига в 6 раз менее энергоемка, чем деформация сжатия при обеспечении заданной степени разрушения. Поверхность валков может быть рифленой или гладкой, микрошероховатой. Применение рифленых или микрошероховатых валков диктуется, в первую очередь, условиями ведения технологического процесса на конкретных системах. При прочих равных условиях рифленые валки обеспечивают более интенсивное измельчение в сравнении с валками с микрошероховатой поверхностью. Поэтому применение последних наиболее эффективно при измельчении мелких фракций круподуновых продуктов в муку. Отсутствие рифлей на поверхности валков не приводит к интенсивному измельчению оболочек, что позволяет получить муку с минимальной зольностью. Негативная сторона применения валков с микрошероховатой поверхностью состоит в том, что некоторая часть измельченных частиц может не до конца из-

мельчаться, образуя так называемые предразрушенные структуры. Поэтому наибольшего эффекта можно добиться при одновременном последовательном применении после валковых измельчителей доизмельчителей — энтолейторов и деташеров-разрыхлителей, которые дополнительно разрушают предразрушенные частицы. В существующих в мировой практике конструкциях валковых станков используют валки диаметром 250 мм и длиной 1000, 800, 600 мм. Встречаются конструкции валковых станков с размерами по диаметру 185 и 300 мм. Диаметр валков при прочих равных условиях предопределяет условия разрушения измельчаемой частицы или длину пути воздействия поверхности валков на продукт. В соответствии с рисунком 2.61 длина пути измельчения L равна длине катета прямоугольного треугольника AOC .



$$AO^2 = AC^2 + OC^2$$

$$AO = \frac{D}{2} + \frac{d}{2};$$

$$AC = \frac{D}{2} + \frac{b}{2};$$

$$OC = L$$

Рис. 2.61. Длина пути измельчения в межвалковом зазоре:

1 — быстровращающийся мелющий валок; 2 — медленновращающийся мелющий валок;
3 — измельчаемая частица

Очевидно, что

$$L = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} + \frac{b}{2}\right)^2}, \quad (2.64)$$

где D — диаметр мелющих валков;

d — условный диаметр измельчаемой частицы;

b — величина рабочего зазора.

Следовательно, увеличение диаметра валков приводит к увеличению длины пути измельчения. Считается, что при этом оптимизируются условия измельчения. В таблице 2.39 приведены количественные и качественные показатели процесса измельчения в зависимости от диаметра валков (по данным Хусида).

**Количественные и качественные показатели процесса измельчения
в зависимости от диаметра валков (по данным Хусида)**

Показатели	Диаметр валков, мм			
	150	225	250	300
\bar{Z} , %	1,63	1,58	1,51	1,49
U_0 , %	21,5	44,6	47,9	50,7
ΔS , см ²	41,8	56,0	57,2	59,6

Примечание: \bar{Z} — средневзвешенная зольность извлеченных продуктов, %; U_0 — общее извлечение, %; ΔS — приращение поверхности продуктов измельчения, см².

Очевидно, что при росте интенсивности процесса по показателям извлечения и приращения поверхности наблюдается существенное снижение зольности извлеченных продуктов. Это свидетельствует в пользу валков с большим диаметром, но, к сожалению, в реальной технологии выбор невелик — или валки с диаметром 250 мм, или валки малогабаритных вальцовых станков с меньшим диаметром.

На показатели эффективности процесса измельчения оказывает влияние ряд факторов, которые заложены в конструктивных особенностях вальцовых станков, в характеристике поверхности валков, а также факторы, определяемые технологом в зависимости от места процесса измельчения в общем технологическом процессе. Наиболее существенными являются следующие показатели.

Показатели, определяемые параметрами поверхности мелющих валков:

- ♦ форма рифли, ее конфигурация и геометрия;
- ♦ количество рифлей на единицу длины окружности мелющего валка;
- ♦ уклон рифли по отношению к образующей цилиндра;
- ♦ параметр шероховатости для нерифленых валков.

Кинематические параметры мелющих валков:

- ♦ окружная скорость быстро и медленно вращающихся валков;
- ♦ дифференция или отношения скоростей быстро и медленно вращающихся валков.

Технологические параметры мелющих валков, которые определяются технологом в зависимости от задачи процесса на конкретном этапе:

- ♦ величина рабочего зазора;
- ♦ взаиморасположение рифлей мелющих валков.

Существует ряд других показателей, которые также оказывают влияние на эффективность процесса измельчения, но все они определяются главными параметрами.

Рифля мелющего валка (в соответствии с рис. 2.62) представляет собой длинный зуб с основанием на теле цилиндра. Зуб имеет неодинаковые по размерам стороны. Меньшая сторона называется острием рифли, большая — спинкой. Острие и спинка рифли соединяются под некоторым углом, который называется углом заострения. Для увеличения износостойкости на вершине рифли устраивают площадку. Рифля располагается под некоторым углом к образующей цилиндра и имеет несколько большую длину, чем длина цилиндра валка.

Форму рифли, ее конфигурацию определяют углы острия α и спинки β , а также высота рифли, которая определяется ее размером.

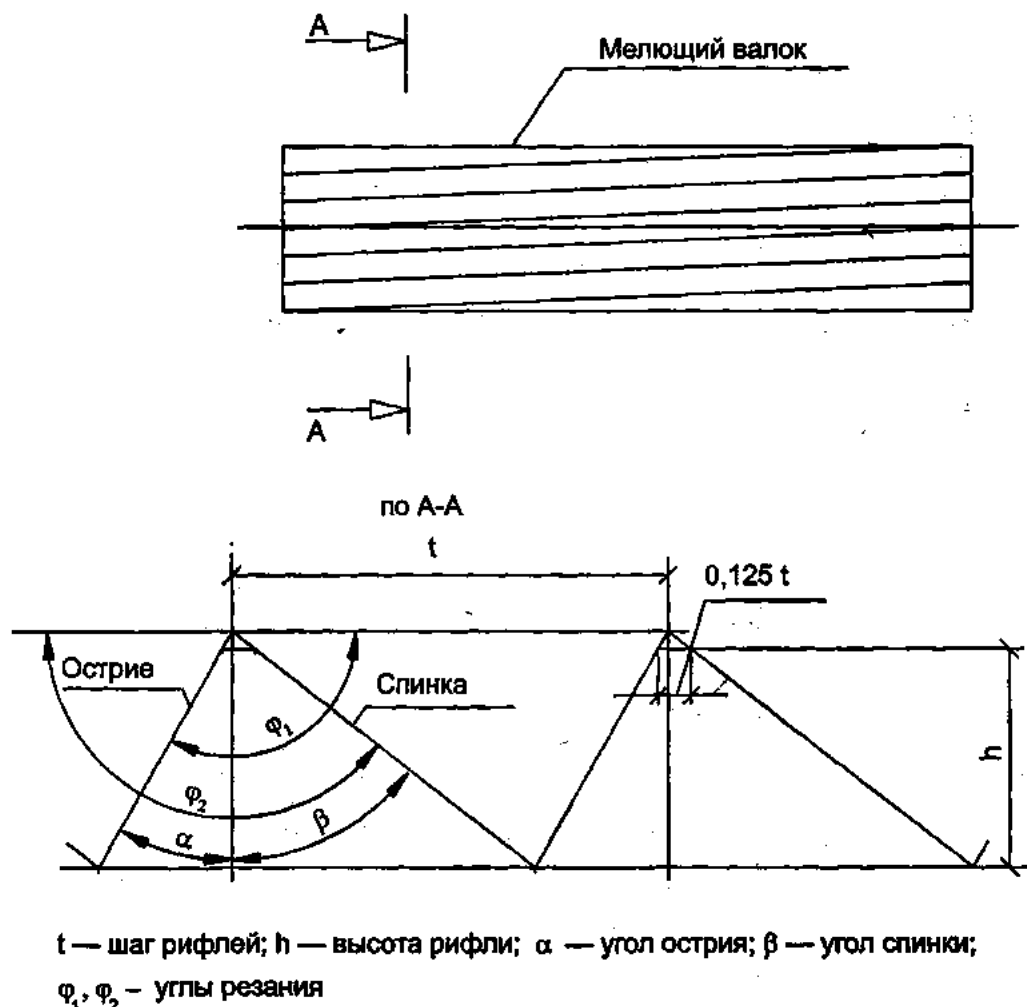


Рис. 2.62. Конфигурация рифлей мелющего валака

Величина углов α и β выбирается в зависимости от технологической задачи процесса или системы и колеблется в следующих пределах:

- угол α — 30–40 градусов,
- угол β — 65–70 градусов.

Суммарный угол, образуемый углами α и β , называют углом заострения рифли $\gamma = \alpha + \beta$. Соответственно, угол заострения может меняться от 90 до 110 градусов. Предпочтение отдают рифлям с большим углом заострения как более износостойким.

Количество рифлей n измеряют на сантиметр длины окружности мелющего валака и связывают с функциональной задачей технологической системы. Как правило, с увеличением крупности измельчаемого продукта количество рифлей на сантиметр длины окружности валака уменьшается. Считается, что при измельчении частица своим размером должна разместиться на полке рифли мелющего валака. Отсюда минимальное количество рифлей принимают для технологических систем, измельчающих зерно ($n = 3,5 - 4,0, 1/\text{см}$). Постепенно по мере уменьшения размеров частиц количество рифлей на сантиметр длины ок-

ружности мелющего валка увеличивается и достигает $n = 12 - 15$, 1/см для размольных систем. Количество рифлей n и шаг рифлей t связаны известным соотношением $n = 10/t$.

Уклон рифли Y , % играет важную технологическую роль, обеспечивая плавность воздействия рифлей на продукт. Измеряется уклон в процентах и численно равен тангенсу угла наклона вершины рифли к образующей цилиндра, умноженному на 100 (в соответствии с рис. 2.63).

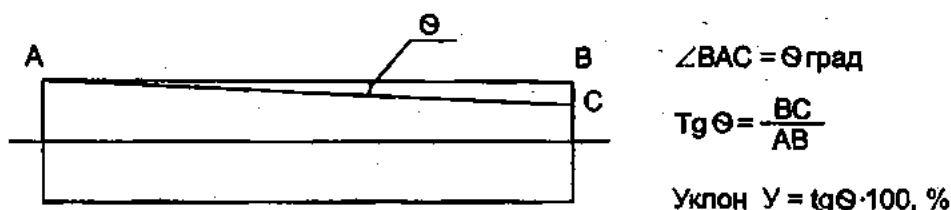


Рис. 2.63. Схема определения угла наклона рифли

Уклон рифлей колеблется от 4 до 10 % в зависимости от функциональной задачи системы. При начальном измельчении принимается меньший предел, а на заключительной стадии — больший.

Современные технологии используют мелющие валки с микрошероховатой поверхностью, что связано с необходимостью снижения дробимости высокозольных периферийных частей зерна. Последнее, несомненно, приводит к снижению зольности муки и повышению эффективности ведения технологического процесса в целом. Используют валки с микрошероховатой поверхностью для заключительного этапа технологии — размольного процесса и для промежуточного — шлифовочного. Для количественной характеристики оценивают профиль шероховатости. При этом в качестве линии отсчета принимают так называемую «среднюю линию», которая делит профиль поверхности таким образом, что площади фигур по обеим сторонам этой линии равны между собой. В качестве основного критерия шероховатости принято среднее арифметическое отклонение от средней линии профиля R_a :

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.65)$$

где y_i — единичное значение ординаты неровности, мкм.

Величина R_a колеблется в пределах 2–3 мкм. В качестве критерия шероховатости также используют количество лунок на 1 см² поверхности и критерий R_z — среднюю сумму высот между пятью наивысшими и пятью наименьшими точками профиля, измеренную относительно средней линии в пределах базовой длины.

Основными кинематическими параметрами, определяющими интенсивность воздействия на продукт в зоне измельчения, являются окружная скорость быстровращающегося валка V_6 , окружная скорость медленновращающегося валка V_n и отношения скоростей или дифференция D :

$$D = \frac{V_6}{V_n}. \quad (2.66)$$

Скорость быстровращающегося вала изменяется от 4 до 9 м/с, а на большинстве предприятий, перерабатывающих зерно в сортовую муку, она составляет 6 м/с. Дифференция — показатель, который выбирается в зависимости от этапа технологического процесса и изменяется от 2,5 в драном (начальном крупобразующем процессе) до 1,5 в шлифовочном и размольном. Со скоростью вращения валков и с дифференцией связывают интенсивность измельчения продукта. Считается, что с увеличением скорости и дифференции растет степень измельчения. Однако увеличение этих показателей может быть оправдано только для продуктов хорошо обогащенных, т. е. имеющих минимальное содержание оболочек. Наоборот, при большом содержании оболочек измельчение проводят более осторожно, уменьшая скорости и дифференцию.

При эксплуатации мельничных вальцовых станков основными регулируемыми параметрами, влияющими на эффективность измельчения, являются величина рабочего зазора b , взаиморасположение рифлей вальцовых валков, а также удельная нагрузка.

На вальцовых станках драных систем зависимость извлечения I от величины межвальцового зазора носит экспоненциальный характер:

$$I = m \cdot e^{-n \cdot b}, \quad (2.67)$$

где e — основание натуральных логарифмов;

m, n — постоянные коэффициенты.

Значения коэффициентов m и n меняются от структурно-механических свойств зерна, параметров мелющих валков, а также от системы технологического процесса. Обычно величину рабочего зазора связывают с задачей системы, т. е. от необходимой интенсивности измельчения для получения заданного эффекта. Анализ формулы показывает, что при изменении межвальцового зазора в арифметической прогрессии величина извлечения изменяется в геометрической прогрессии, что делает величину рабочего зазора наиболее эффективным средством регулирования режима работы (режима измельчения) систем технологического процесса.

На интенсивность измельчения в вальцовом станке оказывает влияние также взаиморасположение рифлей мелющих валков, последнее связано с изменением угла резания.

В соответствии с рисунком 2.64 принципиально возможны четыре взаимных расположения рифлей: «спинка по спинке» (Сп по Сп), «острие по острию» (О по О), «спинка по острию» (Сп по О), и «острие по спинке» (О по Сп).

Двумя стрелками на рисунке обозначен быстровращающийся валок, одной — медленно вращающийся. Грань рифли быстровращающегося вала оказывается перед гранью, а грань медленно вращающегося вала — удерживающей гранью. Таким образом, взаиморасположение рифлей определяется положением граней рифлей валков, направлением вращения валков, а также скоростью вращения (при практической установке валков следует знать, что мелющие валки вращаются навстречу друг другу, верхний быстровращающийся валок всегда вращается внутрь вальцового станка, т. е. от исполнителя). Грани рифлей определяют на ощупь. Таким образом, если грань острия является передней, а измельчаемая частица удерживается на грани острия, то такое расположение называется «острие по острию». При этом частица разрушается с меньшими энергозатратами (меньший угол резания $\varphi_1 = 90^\circ + \alpha$) и более интенсивно. Если грань спинки передняя, а частицы удерживаются на грани спинки, то такая установка называется «спинка по спинке». При этом

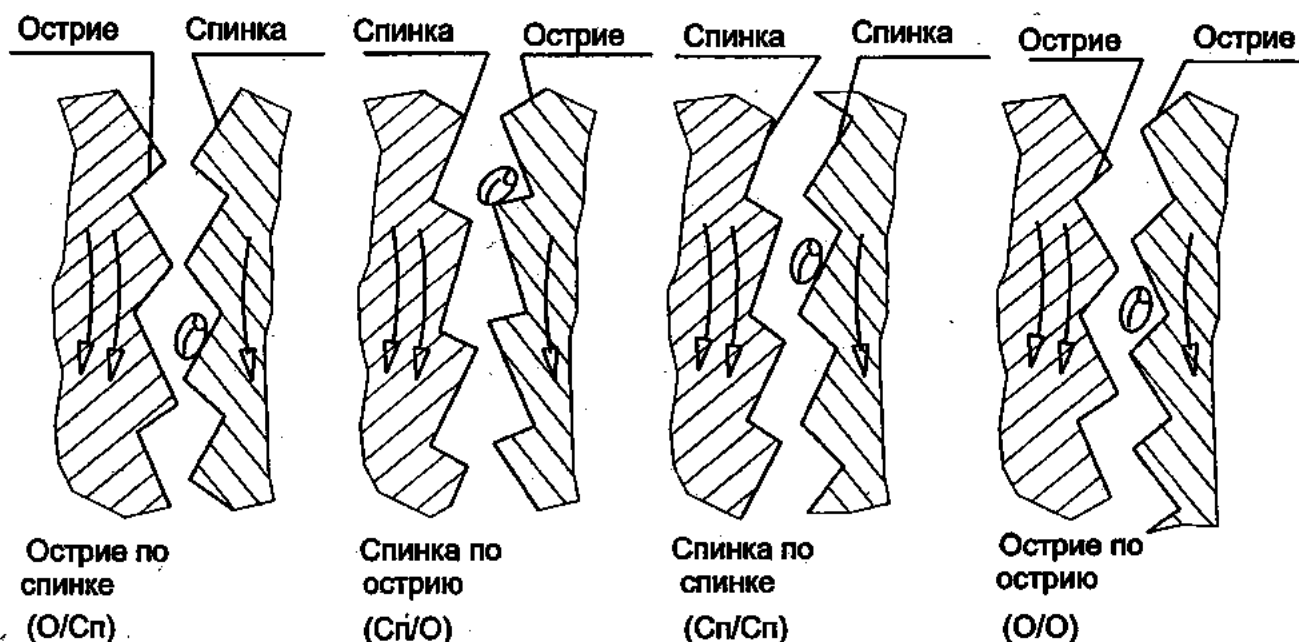


Рис. 2.64. Взаиморасположение рифлей мелющих валков

частица измельчается с большими энергозатратами, но менее интенсивно (большой угол резания $\varphi_2 = 90^\circ + \beta$). В связи с этим считается, что при взаиморасположении рифлей «спинка по спинке» можно добиться меньшей дробимости оболочек, что позволит в целом улучшить качество промежуточных и конечных продуктов помола. Промежуточное расположение рифлей мелющих валков «острие по спинке» или «спинка по острию» дает промежуточное значение по интенсивности измельчения и по энергозатратам. При выборе взаиморасположения рифлей необходимо учитывать качество зерна, а также тип помола. Считается целесообразным для пшениц высокостекловидных и средней группы стекловидности принимать взаиморасположение рифлей «спинка по спинке». Для низко стекловидных пшениц, а также при макаронных помолах предпочтительнее установка рифлей «острие по острию». Для макаронных помолов это связывают с образованием в большом количестве крупных крупок, что благоприятно сказывается на технологии. Взаиморасположение «острие по острию» также рекомендуется для помолов ржи и обойных помолов.

§4. Измельчение в машинах ударного действия

Кроме вальцовых станков на мукомольных заводах в операции измельчения используют машины ударного действия — бичевые машины, энтолейторы и детащеры. В технологическом плане они чаще всего выполняют функции доизмельчителей и разрыхлителей продуктов измельчения основных вальцовых станков, а в некоторых случаях — как основной измельчитель (рис. 2.65).

Так, в сокращенных помолах пшеницы и ржи, на мельницах с ограниченным набором технологического оборудования сложно добиться заданной степени измельчения без ухуд-

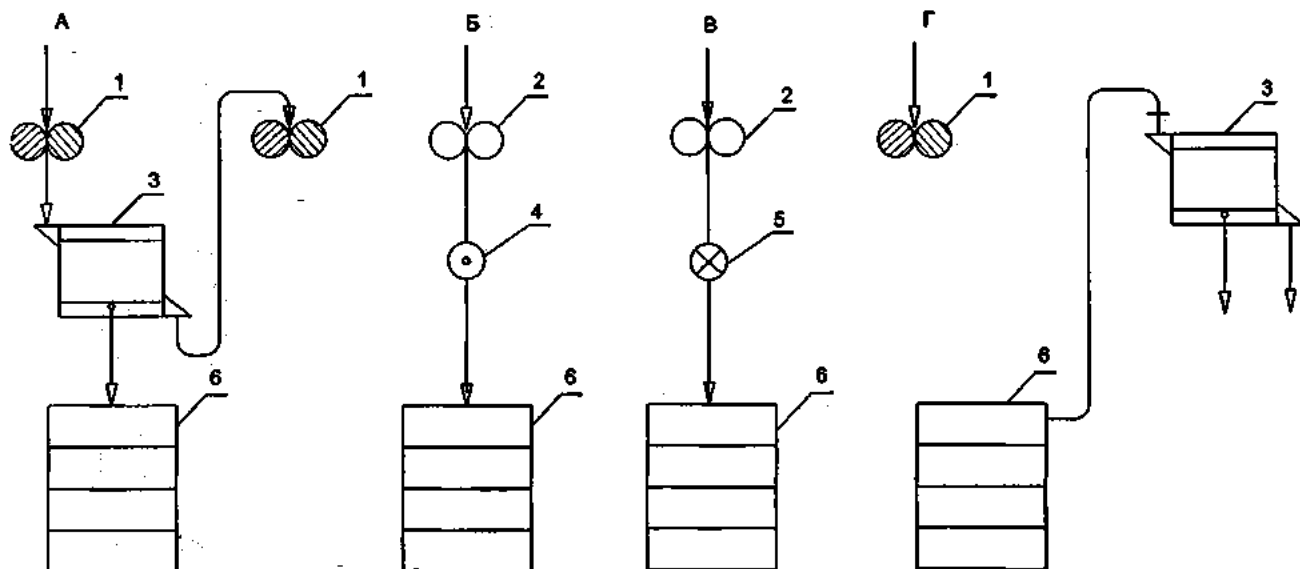


Рис. 2.65. Технологическое использование доизмельчителей:

1 — рифленные мелющие валки; 2 — мелющие валки с микрошероховатой поверхностью; 3 — бичевая машина; 4 — энтолейтор; 5 — деташер; 6 — рассев

печения качества конечных продуктов. Поэтому после измельчения в вальцовом станке рекомендуется проводить доизмельчение в специальных бичевых машинах (вариант А). Сочетание валкового и бичевого измельчителя не только интенсифицирует процесс измельчения, но и снижает нагрузку на последующую систему сортирования, так как на сите бичевой машины происходит разделение продуктов измельчения примерно в равной пропорции. Крупный сход сита направляется на измельчение, а проход — на сортирование в отсеиве.

Другой вариант использования доизмельчителей (варианты Б, В) или разрыхлителей в размольном процессе сортового помола пшеницы — когда для измельчения круп и дунстов используют мелющие валки с микрошероховатой поверхностью. Несомненным достоинством таких валков является минимальная дробимость оболочек в продуктах измельчения, что позволяет получать низкозольную муку, т. е. муку высокого качества. Однако в результате измельчения при минимальных рабочих зазорах, что свойственно размольному процессу сортового помола, возможно образование предразрушенных частиц и конгломератов частиц. Также структуры хотя и состоят из отдельных частиц, но достаточно прочно соединены друг с другом и при сортировании на ситах для высева муки могут оказаться в сходе, что снижает эффективность процесса измельчения и помола в целом. Поэтому для окончательного разрушения таких структур необходимо дополнительное воздействие. При этом наиболее эффективным является ударное воздействие, что предопределяет использование энтолейторов и деташеров. Первые работают в более интенсивном ударном режиме, и поэтому они используются как доизмельчители на начальных размольных системах, где измельчаются низкозольные круподунстовые продукты. Деташеры как оборудование с менее интенсивным воздействием используют на шлифовочных и остальных размольных системах, где по условиям технологии измельчаются продукты с большим содержанием оболочек.

И еще один вариант использования бичевых измельчителей — как самостоятельная измельчающая машина для вымола эндосперма из высокозольных сходов (остатков) последних драных систем (вариант Г). Считается, что при ударно-истирающем способе измельчения остатки эндосперма более эффективно отделяются от оболочек без их интенсивного измельчения. Последнее, несомненно, имеет большой технологический эффект.

Конкретные условия применения машин ударно-истирающего действия зависят от места доизмельчителя в технологическом процессе, качества поступающего продукта, а также технологического состояния оборудования.

§5. Особенности измельчения сырья для производства комбикормов

В комбикормовом производстве однородность гранулометрического состава способствует лучшему усвоению питательных веществ, содержащихся в комбикормах. Наличие пылевидных частиц ухудшает кормление животных и может вызвать закупорку дыхательных путей, особенно у молодняка.

Компоненты, применяемые в комбикормовой промышленности, различаются между собой как по физическим свойствам, так и по степени готовности их к вводу в комбикорма. В зависимости от этого сырье подразделяют на две основные группы: мягкие компоненты, не подлежащие измельчению, и компоненты, подлежащие измельчению.

К первой группе компонентов относятся отруби, мучка, мясокостная, рыбная мука и т. д., ко второй — зерновые культуры, кукуруза в початках, жмыхи, минеральное сырье, крупные фракции кормовых продуктов пищевых производств. Измельчению подлежит также сено, вводимое в брикетированные комбикорма. Сыпучие смеси, состоящие из мелких и однородных частиц (зерновые смеси), измельчают на дробильных машинах за один проход, тогда как продукты, состоящие из крупных кусков (жмыхи), подвергают сначала предварительному дроблению, а затем окончательному измельчению. Цель предварительного дробления — получить продукт в таком виде, в котором он был бы легко доступен обработке на машинах, производящих дальнейшее измельчение.

Разнообразный ассортимент сырья в комбикормовом производстве определяет большую номенклатуру дробильно-размалывающих машин (молотковые дробилки, дезинтеграторы, вальцовые станки, жернова, плющильные станки, станки для предварительного дробления жмыхов). Машины используют как самостоятельно, так и в различных сочетаниях.

Измельчение кормов дает возможность равномерно их смешивать в смесителях. На разжевывание измельченных частиц животные затрачивают меньше энергии, чем на разжевывание крупных, при этом повышается перевариваемость корма.

Каждый вид сырья, если не установлены специальные нормы крупности продуктов, измельчают до степени норм крупности рассыпного комбикорма, за исключением соли поваренной, которая после измельчения должна полностью проходить через сито с отверстиями Ø 0,8 мм или проволочное сито № 08. Трудноизмельчаемое сырье рекомендует- ся просеивать и получаемые сходы повторно измельчать.

Овес и ячмень, являющиеся компонентами брикетированных полнорационных комбикормов для лошадей, подвергают плющению на специальных вальцовых станках.

Сено после развязывания тюков разрыхляют в сеноразрыхлителях и измельчают в молотковых дробилках. Над каждой измельчающей машиной предусматривается не менее двух бункеров, которые по своей вместимости соответствуют производительности машин на 2–4 ч.

Под измельчением понимают процесс уменьшения размеров частиц комбикормового сырья под воздействием внешних усилий до определенных размеров.

Если крупные куски твердого материала уменьшают на части большой величины, то этот процесс называется дроблением.

В комбикормовой промышленности степень измельчения для некоторых компонентов составляет $i = 300\text{--}400$.

В комбикормовой промышленности установлены три степени крупности размола со следующими числовыми показателями каждой степени, называемой модулем крупности размола M .

Размол считается крупным, если величина частиц равна 2,6–1,8 мм, средним — 1,8–1,0 мм и мелким — 1,0–0,2 мм.

Крупность оценивают также остатками на ситах:

- мелкий размол — остаток на сите $\varnothing 2$ мм не более 5 %, на сите $\varnothing 5$ мм не допускается;
- средний размол — остаток на сите $\varnothing 3$ мм не более 12 %, на сите $\varnothing 5$ мм — не допускается;
- крупный размол — остаток на сите $\varnothing 3$ мм не более 35 %, на сите $\varnothing 5$ мм — не более 5 %.

Модуль крупности размола M определяют по формуле:

$$M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100}, \quad (2.68)$$

где P_0 — остаток на сборном дне анализатора;

P_1, P_2, P_3 — остаток на ситах с отверстиями диаметром 1, 2 и 3 мм, г.

В качестве показателя удельной энергоемкости можно пользоваться величиной работы, затраченной на образование единицы вновь образованной поверхности ΔA , Дж/м²:

$$\Delta A = \frac{A}{S_x - S_n}, \quad (2.69)$$

где A — работа, затраченная на измельчение продукта.

Работа, затраченная на измельчение продукта, резко возрастает с увеличением степени измельчения, поэтому не следует измельчать продукт более, чем это требуется по условиям стандарта. Иначе увеличивается расход энергии на измельчение и снижается производительность машины.

Если рассмотреть прочность зерна как работу, затрачиваемую на образование единицы новой поверхности частиц в процессе измельчения, то прочность зерна может быть выражена следующим образом (Дж/м²):

$$\Pi = \frac{A}{\Delta S}, \quad (2.70)$$

где A — работа измельчения, Дж;

ΔS — поверхность, вновь образованная в процессе измельчения, м².

Пользуясь этой зависимостью, можно определить прочность измельчаемого материала. Работу A , затрачиваемую на измельчение, можно определить по показаниям ваттметра, а вновь образовавшуюся поверхность ΔS — ситовым анализом.

Виды измельчения:

- измельчение ударом при воздействии на частицу кинематической энергии, приобретенной быстровращающимися рабочими органами машины;
- измельчение растиранием (скалыванием) при воздействии на частицу двух поверхностей, из которых одна подвижная, а другая неподвижная, или же обе движутся, но с различными скоростями;
- измельчение раздавливанием — сжатие частицы между двумя поверхностями при усилии, превышающем предел упругости и прочности материала.

В комбикормовой промышленности для измельчения сырья наиболее широко применяются молотковые дробилки и вальцовые станки. Молотковые дробилки являются универсальными машинами, так как на них можно размалывать все виды сырья.

Все измельчающие машины независимо от принципа и степени измельчения, а также физических свойств измельчаемого продукта должны удовлетворять следующим требованиям: равномерное измельчение; быстрое удаление измельчаемого продукта из рабочей зоны машины; возможность регулирования степени измельчения; наименьшее пылевыведение; непрерывная и автоматическая разгрузка машины; легкая замена быстро изнашивающихся деталей машины; наименьший удельный расход энергии.

Измельчающие машины классифицируют по степени измельчения на машины для грубого дробления и для мелкого измельчения. В комбикормовой промышленности для мелкого измельчения наиболее широко применяют молотковые дробилки, а для грубого дробления — зубчатые и пальцевые валковые дробилки (ломачи).

Рабочий процесс дробилки проходит следующим образом: продукт, подлежащий измельчению, направляется в рабочую зону дробилки, где он дробится на части вследствие удара, излома и истирания между рабочими органами машины. На степень измельчения продукта влияет: размер зазора между молотками, неподвижными плитами и ситом; размер отверстий сита; окружная скорость молоткового ротора; форма и величина молотков и рифлей броневого плит.

Молотковые дробилки, применяемые в комбикормовой промышленности, различают между собой размерами ротора, типом питающего механизма, наличием вентилятора и другими техническими параметрами.

Процесс измельчения сырья по сравнению с другими процессами является наиболее энергоемким. Расход энергии на измельчение составляет 60–70 % общего расхода ее на все технологические процессы комбикормового завода.

Технологический эффект работы дробилок характеризуется степенью измельчения продукта, производительностью и расходом энергии. На технологический эффект работы влияют: физические свойства продукта (влажность, твердость, вязкость, крупность частиц); характеристика рабочих органов дробилки (окружная скорость молотков; форма, размеры и количество молотков; величина зазора между верхней кромкой молотков и ситовой поверхностью; форма отверстий сита и их размеры; наличие вентилятора для отсоса воздуха из рабочей зоны машины).

Для повышения технико-экономических показателей работы производства необходимо опытным путем определить оптимальный режим работы дробилки на каждом виде сырья, при котором получается максимальный технологический эффект.

С увеличением диаметра отверстий сита (а следовательно, и коэффициента живого сечения сита) производительность дробилки возрастает, удельный расход энергии снижается, а крупность размола повышается.

Производительность дробилки определяют при помощи эмпирической формулы следующего вида (т/ч):

$$Q = \frac{3,6k_1\gamma D Z n}{60}, \quad (2.71)$$

где k_1 — эмпирический коэффициент, который зависит от типа и размеров ячеек ситовой поверхности;

γ — объемная масса измельчаемого продукта, кг/м³;

D — диаметр ротора дробилки, м;

Z — длина ротора дробилки, м;

n — частота вращения ротора, об/мин.

Потребную мощность электродвигателя на процессе измельчения в молотковой дробилке определяют по эмпирической формуле (кВт):

$$N = \frac{3,6k_1k_2\gamma D Z n}{60}, \quad (2.72)$$

где коэффициент $k_2 = 6,4-10,5$ (меньшее значение принимают при грубом измельчении, а большее — при тонком измельчении).

Вальцовый станок в комбикормовой промышленности применяется как для плющения овса, так и для измельчения зернового сырья.

Основные технические показатели рабочих органов вальцового станка на комбикормовых заводах следующие: число рифлей на 1 см окружности вальцов четыре-пять, угол наклона рифлей 6-8 %, окружная скорость вальцов 6-9 м/с, соотношение окружных скоростей 1:2,5 (при плющении 1:1). Удельная нагрузка вальцового станка при плющении овса 750-800 кг/(см/сутки).

Построение процесса измельчения зависит от производительности завода и ассортимента вырабатываемых комбикормов. Поскольку молотковая дробилка является универсальной машиной, способной измельчать различные компоненты, то на заводах небольшой производительности на одной молотковой дробилке можно измельчать многие компоненты.

На крупных заводах измельчение производится несколькими дробилками. Рабочие органы этих дробилок подбирают в соответствии с физическими свойствами компонентов, подлежащих измельчению. Для получения максимального технологического эффекта работы дробилок, в зависимости от физических свойств продуктов применяют дополнительные процессы просеивания и различные способы транспортирования.

При измельчении с промежуточным просеиванием продуктов размер частиц уменьшается в 1,3-1,65 раза по сравнению с частицами, полученными при разовом измельчении. Удельный расход энергии при этом увеличивается в 1,09 раза.

С повышением влажности измельчаемого сырья крупность помола увеличивается, производительность дробилки уменьшается, а удельный расход энергии возрастает.

Измельченные продукты перемещают механическим и пневматическим транспортом. При механическом способе перемещения применяют нории, ленточные транспортеры, цепные транспортеры с погруженными скребками и самотечные устройства. Для переме-

щения продукта пневматическим транспортом применяют вентиляторы, находящиеся при дробилке или расположенные отдельно.

Скорость воздуха в воздухопроводе для транспортирования продуктов размола должна быть менее 20 м/с, а количество воздуха 25–30 м³/мин на 1 т измельченного продукта в час.

В процессе измельчения образуется много пыли, для удаления которой дробилки аспирируются. Дробилки аспирируют отсосом воздуха из башмака норий, принимающей измельченный продукт из дробилки. При применении пневматического транспорта необходимость аспирировать дробилки отпадает.

Глава 9

ДОЗИРОВАНИЕ И СМЕШИВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Это повсеместно встречающиеся операции, которые могут выполнять как чисто технологическую функцию (например, дозирование различного сырья в соответствии с режимом с последующим смешиванием для получения комбикорма), так и функцию контроля и управления производством (например, дозирование потока зерна с определением его производительности путем непрерывного взвешивания в автоматическом режиме). Функция управления и контроля дает непосредственную информацию для автоматизации технологического процесса.

Дозирование — это операция подачи строго установленного в соответствии с технологическим регламентом количества продукта.

Дозируют, в основном, сыпучие материалы, а также жидкие компоненты комбикормов.

Смешивание — это механический процесс придания однородности конечному продукту, состоящему из нескольких разнородных компонентов. Это значит, что компоненты, входящие в смесь, должны быть равномерно распределены по объему смеси. Следовательно, любая часть смеси должна иметь одинаковые показатели качества или должна подчиняться закону аддитивности (аддитивность — это свойство величины, когда величина, соответствующая целому объему, равна сумме значений величин, соответствующих его частям).

В отрасли хлебопродуктов смешивают:

- ♦ разнокачественные потоки зерна как сырья для получения муки и крупы;
- ♦ разнокачественные потоки муки, полученные на различных системах технологического процесса;
- ♦ целую и дробленую крупу с таким расчетом, чтобы содержание дробленой крупы в целой не превышало бы предельных норм;
- ♦ компоненты комбикормов для получения однородной смеси в соответствии с рецептом;
- ♦ обогатители муки, крупы и комбикормов для получения витаминизированной продукции;
- ♦ компоненты для получения искусственной крупы.

Операция дозирования и смешивания наиболее распространена в технологии комбикормов.

Процесс производства высококачественных комбикормов — процесс точного дозирования и смешивания различных по структуре и объемной массе компонентов, входящих в рецепт. Поэтому дозированию и смешиванию придают исключительное значение.

В практике комбикормового производства применяют различные методы дозирования и смешивания компонентов.

По принципу дозирования их можно разделить на две группы. К первой группе относится объемное дозирование и непрерывное смешивание. По этому принципу работают старые комбикормовые заводы, а также небольшие фермерские предприятия.

Ко второй группе относится весовое дозирование и порционное смешивание компонентов.

К любому смесителю предъявляется требование обеспечить однородность смеси даже с такими компонентами, расход которых на 1 т комбикорма не превышает 100–150 г.

Выработка однородных по составу комбикормов зависит от конструкции смесителей, равномерности компонентов по крупности, продолжительности смешивания, предварительной подготовки микродобавок и некоторых других факторов.

§1. Дозирование компонентов комбикормов

Цель дозирования — производить подачу компонентов в количестве, установленном рецептом. Сущность процесса заключается в том, что подготовленные к смешиванию компоненты поступают в бункера, из которых дозирующие машины подают компоненты в определенном процентном соотношении. При неправильном дозировании нарушается установленное рецептом процентное соотношение компонентов в комбикормах и качество их понижается. Таким образом, процесс дозирования является главной технологической операцией производства комбикормов.

Применяют два способа дозирования компонентов: объемный и весовой. Машины, дозирующие по объему, подают продукт равными объемами в определенные промежутки времени, а машины, дозирующие по массе, отweighивают продукт равными количествами.

В комбикормовой промышленности еще имеют применение машины, дозирующие продукт по объему (барабанные, тарельчатые, шнековые, ленточные и вибрационные дозаторы).

В настоящее время на новых комбикормовых предприятиях применяют только многокомпонентное весовое дозирование.

Выпускают комплекты автоматического весового дозирования компонентов комбикормов КДК-1, КДК-2, КДК-3, состоящие, соответственно, из одного, двух и трех весовых дозаторов, шнековых питателей и систем управления.

В зависимости от требуемой производительности системы, комплексы могут набираться в любом сочетании из весовых дозаторов: 6ДК-100, 5ДК-200, 5ДК-500, 16ДК-1000 и 10ДК-2500 с соответствующим набором питателей для многокомпонентного дозирования и пультов управления. Все весовые дозаторы работают совместно со смесителями периодического действия необходимой вместимости и управляются с общего пульта управления. Выпускают также горизонтальные автоматические, тензометрические весовые дозаторы АД-3000 ГК грузоподъемностью до 3 т. Дозаторы имеют удлиненную в горизонтальном направлении форму. Весовые дозаторы бывают однокомпонентные. Однокомпонентные дозаторы, сблокированные в батарею, имеют различную вместимость весового бункера (от 2 до 100 кг). Применяются весовые автоматические двухдиапазонные дозаторы АД-600-ИК и АД-200-ЕК, а также весовые дозаторы непрерывного действия 4273ДН и 4488ДН. Независимо от принципа действия дозирующие машины должны удовлетворять

следующим технологическим требованиям: степень точности дозирования должна быть постоянной и мало изменяться в зависимости от производительности машины; должна быть возможность регулирования производительности машины в широких пределах на ходу и возможность одновременного отбора проб из всей группы дозирующих машин для контроля точности дозирования.

Жидкие компоненты дозируют насосами-дозаторами (НД). Контроль и настройку осуществляют расходомерами. Стенки и наклонные днища силосов и бункеров должны быть гладкими, без выступов и других препятствий, задерживающих свободный выпуск труднорассыпных компонентов; угол наклона днищ в наддозаторных бункерах рекомендуется 60–70°.

При объемном дозировании составных частей комбикорма допустимые отклонения для каждого компонента определяются путем умножения расчетной массы компонента (кг/мин) на установленные коэффициенты.

Устанавливаются следующие коэффициенты в зависимости от процентного содержания компонента в рецепте:

- 0,3 для компонентов, входящих в рецепт менее 1 %;
- 0,2 для компонентов, входящих в рецепт от 1 до 10 %;
- 0,1 для компонентов, входящих в рецепт более 10 %.

Определенная с учетом коэффициента масса (кг/мин) составит для данного рецепта норму отклонений дозируемого компонента как в сторону увеличения (+), так и в сторону уменьшения (–).

Например:

1. При вводе 0,5 % компонента в рецепт требуется установить дозатор на производительность 2 кг/мин. Тогда отклонение в дозировании данного компонента допускается $= 0,6$ кг/мин ($2 \text{ кг/мин} \times 0,3 = 0,6 \text{ кг/мин}$), т. е. дозировать данный компонент можно в пределах не менее $2 - 0,6 = 1,4$ кг/мин, и не более $2 + 0,6 = 2,6$.

2. При вводе 5 % компонента в рецепт требуется установить дозатор на производительность 20 кг/мин. Тогда отклонение в дозировании данного компонента допускается $= 4$ кг/мин ($20 \text{ кг/мин} \times 0,2 = 4 \text{ кг/мин}$), т. е. дозировать данный компонент можно в пределах не более $20 + 4 = 24$ кг/мин и не менее $20 - 4 = 16$ кг/мин.

3. При вводе 15 % компонента в рецепт требуется по расчету установить дозатор на производительность 60 кг/мин. Отклонение в дозировании данного компонента допускается ± 6 кг/мин ($60 \text{ кг/мин} \times 0,1 = 6 \text{ кг/мин}$), т. е. дозировать данный компонент можно в пределах не более $60 + 6 = 66$ кг/мин и не менее $60 - 6 = 54$ кг/мин. Аналогично приведенным примерам определяются допустимые отклонения по каждому дозатору.

При дозировании микродобавок и их смесей отдельными микродозаторами допускается отклонение ± 3 % от их производительности.

После установки каждого дозатора на заданную по рецепту производительность включают всю систему и проводят проверку работы всех дозаторов. Дозаторы, имеющие отклонения сверх допустимых норм, регулируют. Для удобства проверки дозаторов на доске рецептов рядом с расчетной массой компонента записывают допустимые отклонения для каждого дозатора.

На точность дозирования влияют следующие факторы:

- самосортирование продуктов при поступлении в закрома над дозаторами, вызывающее изменение объемной массы;

- различная степень уплотнения продуктов в закромах над дозаторами, зависящая от высоты заполнения их и времени нахождения продуктов в закромах;
- повышенная влажность продуктов, способствующая слеживанию и комкованию в закромах плохосыпучих продуктов (измельченный овес, мучка, мел, соль);
- наличие в днищах и стенках над дозаторами выступов и других препятствий, тормозящих свободный выход продуктов;
- неисправность дозаторов.

Весовое дозирование лишено тех недостатков, которые свойственны объемному дозированию, и обеспечивает более точное выполнение рецепта при производстве комбикормов. Кроме того, весовое дозирование дает возможность полностью автоматизировать процесс, что значительно повышает производительность труда и увеличивает выпуск продукции. Погрешность взвешивания многокомпонентных весов $\pm 0,5\%$ от грузоподъемности весов.

Подготовленные к дозированию компоненты поступают в бункера, установленные над дозаторами. Вместимость бункеров должна обеспечивать непрерывную работу дозаторов в течение 8 часов. Количество бункеров над дозаторами обычно несколько больше, чем число дозируемых компонентов, что облегчает переход с одного рецепта на другой. Дозаторы выгружаются после открытия ковша с помощью пневмопривода в общий смеситель СГК-2,5, управляемый вместе с дозаторами с общего пульта. Конструктивно дозаторы представляют собой ковшовые весы, которые состоят из станины, рычажной системы, ковша, патрубка, питателей, подставки, циферблатного указательного прибора, пневмопривода, электрооборудования, системы программного управления дозаторами и смесителями.

§2. Смешивание компонентов

Процесс смешивания компонентов является конечным при производстве рассыпных комбикормов. В результате смешивания получают комбикорма однородного состава.

Все конструкции смесителей можно разделить на следующие классы: барабанные, лопастные, центробежные, пневматические, вибрационные.

Барабанные смесители встречаются в комбикормовой промышленности редко, так как процесс смешивания медленный.

Лопастные смесители. Получили наибольшее распространение те, в которых используются ленточные рабочие органы и комбинированные (шнек-лента, лента-лопатка).

Центробежные смесители используются для смешивания карбамида с мелассой.

Пневматические и вибрационные смесители не нашли в отечественной промышленности широкого применения. В то же время эти смесители обладают рядом преимуществ перед лопастными смесителями (короткий цикл смешивания, простота конструктивного исполнения).

Для оценки эффективности смешивания пользуются величиной относительной неоднородности смеси V , определяемой по формуле:

$$V = \frac{100}{B_0} \sqrt{\frac{\sum (B_i - B_0)^2}{n-1}}, \quad (2.73)$$

где V — величина относительной неоднородности или коэффициент вариации;

B_0 — заданное значение компонента в смеси, кг;

B_i — фактическое содержание компонента в смеси, кг;

n — число отобранных образцов для определения фактического содержания заданного компонента.

Чем меньше величина V , тем эффективнее смешивание. При идеальном перемешивании $V = 0$.

Эффективность смешивания можно также определить по показателю степени однородности, определяемой по формуле:

$$\theta = \frac{1}{n} \sum i, \quad (2.74)$$

где $i = \frac{B_i}{B_o}$, если $B_i < B_o$ или $B_i = B_o$;

$$i = \frac{2B_o - B_i}{B_o}, \text{ если } B_i > B_o, \quad (2.75)$$

где n — число проб;

B_i — количество компонента по определению;

B_o — заданное (введенное) количество компонента.

Чем ближе величина θ (степень однородности) к 1, тем равномернее распределены продукты в комбикорме.

Можно принять, что если степень однородности смеси будет больше 0,9 или величина относительной неоднородности меньше 10, то эффективность хорошая. Если же степень однородности от 0,9 до 0,8 или неоднородность от 10 до 20 — эффективность удовлетворительная. При степени однородности ниже 0,8 или неоднородности выше 20 — эффективность смешивания считается неудовлетворительной.

Процесс смешивания представляет собой изменение концентрации компонентов во времени в рабочей камере смесителя под действием приложенных сил.

Различают три механизма смешивания: диффузионное, конвекционное и смешивание сдвигом.

Диффузионный механизм смешивания характерен для смесителей барабанных и вибрационных.

Конвекционное смешивание происходит в горизонтальных лопастных и вертикальных ленточных смесителях.

Механизм смешивания сдвигом характерен для противоточных ленточных смесителей, имеющих внешнюю и внутреннюю спирали и перемешивающих материал в противоположных направлениях.

Смешивание — механический процесс, при котором компоненты, первоначально находящиеся раздельно образуют однородную смесь (Л.В. Глебов).

Смешивание — механический процесс, при котором подвергающиеся обработке исходные материалы не изменяют своих химических свойств или агрегатного состояния. При смешивании меняется накопление частиц в пространстве относительно друг друга (Н.П. Черняев).

Характер течения процесса и его результаты зависят от типа смесителя и рабочих органов, технологического режима обработки, состава компонентов.

Исходные компоненты отличаются чаще всего по физико-механическим свойствам, находятся в различных соотношениях. Твердые части, составляющие смесь, могут отли-

чатся по геометрическим размерам, форме, твердости, плотности, состоянию поверхности, влажности. Процесс смешивания многокомпонентных сыпучих смесей — это вероятностный процесс, к исследованию которого могут быть привлечены статистические методы и теория вероятностей.

В реальных смесителях в процессе смесеобразования одновременно участвуют все три механизма смешивания в большей или меньшей степени.

По характеру работы смесители бывают двух типов: непрерывного и периодического действия, а по расположению основных рабочих органов — горизонтальные и вертикальные.

§3. Схемы дозирования и смешивания компонентов

На современных комбикормовых заводах встречаются три различных варианта дозирования.

Первый вариант — дозирование осуществляется объемными дозаторами (барабанные, шнековые, тарельчатые). Процесс дозирования непрерывный. Компоненты после дозирования поступают на сборный шнек или цепной транспортер, из которого норией смесь транспортируется на смеситель непрерывного действия.

Второй вариант — однокомпонентные дозаторы заблокированы в батарею, имеют различную вместимость весового бункера (от 2 до 100 кг). Число весовых дозаторов для комбикормового завода производительностью 300 т/сут — 14, в т. ч. ДК-100-1, ДК-70-3, ДК-40-4, ДК-20-3, ДК-10-1, ДКМ-10-1, ДК-2-1. Над каждым дозатором монтируют накопительный бункер. Дозирование происходит одновременно. Цикл дозирования около 1 м. Продолжительность смешивания 5–6 м. Поэтому устанавливают 2 смесителя.

Третий вариант — подготовленные компоненты подаются в наддозаторные бункеры. Управление заполнением наддозаторных бункеров осуществляется дистанционно автоматически с пульта управления.

Система дозирования компонентов, вводимых в комбикорма, состоит из двух-трех автоматических программных многокомпонентных дозаторов грузоподъемностью 2500 (2000, 1000) и 500 (200, 100) кг, из которых компоненты поступают в один смеситель.

На весовом дозаторе большей грузоподъемности дозируются основные компоненты, а на дозаторе меньшей грузоподъемности — обогатительная смесь микродобавок и компоненты, вводимые в небольших дозах.

Технологическая схема, например, весового дозирования и смешивания комплекса КДК-10 состоит из многокомпонентных дозаторов: 10ДК-2500, на который питателями подаются основные компоненты (ячмень, кукуруза, овес, пшеница и др.) в количестве более 10 %, 5ДК-500, на который одношнековыми питателями подаются белковые компоненты (мясокостная мука, рыбная и травяная мука, кормовые дрожжи) в количестве от 3 до 10 %, и 5ДК-200, на который одношнековыми питателями подаются минеральные добавки и биологически активные вещества (микродобавки, соль, аминокислоты, фосфатиды, мел) в количестве до 3 %. Дозаторы разгружаются после открытия ковша с помощью пневмопривода в общий смеситель СГК-2,5, управляемый вместе с дозаторами с общего пульта. Конструктивно дозаторы представляют собой ковшовые весы, которые состоят из станины, рычажной системы, ковша, патрубка, питателей, подставки, циферблатного указа-

тельного прибора, пневмопривода, электрооборудования, системы программного управления дозаторами и смесителями.

Циферблатно-указательный прибор представляет собой литую головку плоско-круглой формы. Внутри головки помещен уравнивающий механизм с весовой стрелкой и циферблатом для визуального считывания результатов взвешивания. Кроме того, циферблатно-указательный прибор снабжен фотоэлектрическим преобразователем, с помощью которого осуществляется автоматическая работа дозатора.

Класс точности дозаторов — 0,5. Цикл взвешивания порций — до 5 мин. Количество деления шкалы циферблатно-указательного прибора 1000, чувствительность — 1 деление. Управление дозаторами электропневматическое, осуществляемое от пульта местного управления вручную. Напряжение электросети 220/380 В, давление воздуха в пневмосети 4 кг/м² ± 10 %; циферблатно-указательный прибор снабжен фотоэлектрическим устройством, обеспечивающим работу дозатора.

Глава 10

ПРЕССОВАНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Прессование сыпучих материалов — физико-механический процесс, основанный на свойстве сыпучих тел уплотняться под действием внешней нагрузки.

Сыпучий материал состоит из двух фаз: твердой, содержащей некоторое количество влаги; газообразной, заполняющей пространство между частицами. Количественное соотношение этих фаз до прессования и после связано с получением продуктов прессования (гранулы, брикеты) необходимой прочности. В зерноперерабатывающей промышленности прессованию подвергают отруби, лузгу и комбикорма. Процесс получения крупных прессованных брикетов носит название брикетирования, более мелких — гранулирования.

Существует ряд гипотез, объясняющих процесс прессования сыпучих материалов (капиллярная, коллоидная, молекулярная и др.). Наибольший интерес представляет молекулярная гипотеза, основанная на термодинамической теории аутогезии, согласно которой объединение частиц происходит под действием молекулярных сил. Величина сил молекулярного притяжения зависит от природы контактирующих поверхностей и их геометрической характеристики. Действие сил молекулярного притяжения при сближении частиц проявляется практически мгновенно. Давление прессования необходимо для сближения частиц и создания достаточного числа контактов между ними.

Число контактов зависит от дисперсности прессуемого материала. Поэтому при прочих равных условиях тонкое измельчение исходных материалов позволяет получать более прочные гранулы.

На прочность гранул и удельные энергозатраты влияет длина пути основного этапа — прессования (цилиндрическая часть фильеры). Чем больше длина фильеры, тем прочнее получаются гранулы и менее проявляются их релаксионные свойства. На характер процесса оказывают большое влияние влажность прессуемого материала и величина зазора между матрицей и роликами.

Биохимические изменения при пропаривании и прессовании сводятся к некоторому изменению соотношения крахмала, белков, активности ферментов и витаминов.

В начальный период прессования (рис. 2.66) до толщины брикета h_2 продукт сжимается без особых усилий (первая стадия прессования). Затем увеличение давления хотя и приводит к дальнейшему уменьшению высоты брикета, но этот процесс идет с затухающей скоростью (вторая стадия). Наконец, даже значительное повышение давления уже не приводит к сколько-нибудь заметному изменению высоты брикета. Высота брикета при снятии давления увеличивается до значения h_1 и продолжает увеличиваться с течением времени до h_2 в результате появления упругих деформаций и расширения запрессованного в продукте воздуха.

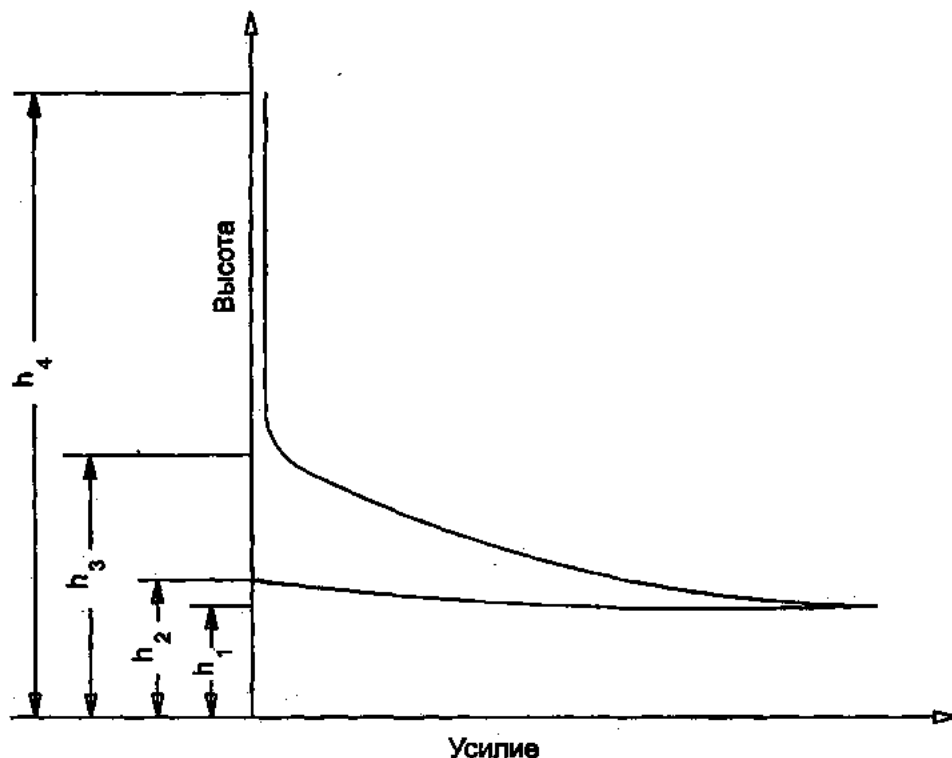


Рис. 2.66. Диаграмма прессования:

h_4 — первоначальная высота прессуемого материала;
 h_3 — высота прессуемого материала на 2-ой стадии процесса;
 h_2 — высота брикета после упругого расширения;
 h_1 — минимальная высота брикета при максимальном давлении

Показателем плотности брикета является коэффициент уплотнения β :

$$\beta = \frac{v_4 - v_2}{v_4} = \frac{h_4 - h_2}{h_4}, \quad (2.76)$$

где v_4 — объем прессуемого продукта;

v_2 — объем брикета.

Кроме того, процесс брикетирования характеризуется величиной относительного упругого расширения брикета ε :

$$\varepsilon = \frac{v_3 - v_1}{v_1} = \frac{h_3 - h_1}{h_1}, \quad (2.77)$$

где v_3 — объем брикета;

v_1 — минимальный объем брикета при максимальном давлении.

В процессе прессования необходимо стремиться к увеличению показателя β и снижению ε . На показатели β и ε оказывают влияние как условия процесса, так и физико-химические свойства продуктов.

К числу первых относят давление прессования, продолжительность выдерживания продукта под давлением, кратность нагружения, температуру рабочих органов и матери-

ала, конструктивные особенности и техническое состояние рабочих органов. Среди второй группы факторов можно выделить химический состав продуктов, их дисперсность, коэффициенты внутреннего и внешнего трения, гигроскопические свойства, количество и свойства связующих веществ.

С увеличением давления прессования повышается плотность и прочность прессованных продуктов, большая продолжительность выдерживания продукта под давлением вызывает релаксацию напряжений в нем, снижение коэффициента упругого расширения брикета.

Важным фактором, влияющим на протекание процесса прессования, является температура продукта. Повышение температуры способствует миграции влаги, пластифицирует продукт, снижая величину ε , химический состав продуктов также влияет на прочность брикетов.

Продукты, содержащие много клетчатки, образуют менее прочные брикеты или гранулы. Более прочные гранулы образуют материалы с высоким содержанием белка и крахмала.

Экструдирование

Процесс экструдирования относится к термодинамическим методам обработки. В основе экструдирования лежат два процесса — механохимическая деструкция и «взрыв» или декомпрессионный ток», происходящий на выходе продукта из экструдера.

В результате экструзии наблюдаются явления денатурации белка, инактивации антипитательных веществ, декстринизации крахмала, деструкции целлюлозно-лигниновых образований, стерилизации продуктов экструзии, создание микропористой структуры продукта.

Процесс экструзии подразделяется на следующие технологические зоны: загрузка, сжатие, гомогенизация, собственно экструзия. В зоне загрузки изменений в продукте не наблюдается. В зоне сжатия продукт приобретает высокоэластичное состояние. В зоне экструзии завершаются структурные преобразования: разрыв клеточных стенок, деструкция, гидролиз.

Эспандеры

По конструкции и принципу действия эспандеры аналогичны прессам, но отличаются от них тем, что в них предусмотрена тепловая обработка прессуемого материала. Эспандеры применяются на комбикормовых предприятиях при обогащении кормовых компонентов, стерилизации и производстве готовых белковых концентратов из растительного сырья. Основное назначение эспандера — термическая обработка сырья и получение однородной смеси.

Главный критерий эффективности работы эспандера — количество потребляемой энергии на тонну продукции. Эспандер состоит из толстостенного трубчатого корпуса, разделенного на сегменты. В корпусе расположены стопорные болты и паровые форсунки, лопастный вал. На выходе эспандера располагается конус, образующий по отношению к корпусу эспандера регулируемую кольцевую щель.

Эспандер может быть рассмотрен как упрощенный и дешевый экструдер с некоторыми специфическими техническими характеристиками.

Краткая характеристика эспандированного корма. «Эспандированным структурированным комбикормом» называют такой комбикорм, который проходит гидротермическую обработку с помощью эспандера и может непосредственно скармливаться в виде крупки без гранулирования. Эспандат свободен от патогенных микроорганизмов, хорошо растворяется в воде и очень хорошо вытекает из силосов.

Особенности технологического процесса эспандирования. Для предварительного кондиционирования с помощью пара, воды и других жидкостей применяется смеситель-кондиционер. Время кондиционирования — от 0,5 до 2 мин.

После эспандера устанавливают измельчитель с набором сит. Для охлаждения применяется ленточный охладитель.

Теоретические основы процесса гранулирования

Процесс гранулирования комбикормов следует рассматривать как непрерывное прессование, начинающееся в зоне деформации, определяемой углом захвата α , и кончающееся на линии центров матрицы и прессующего ролика (в соответствии с рис. 2.67).

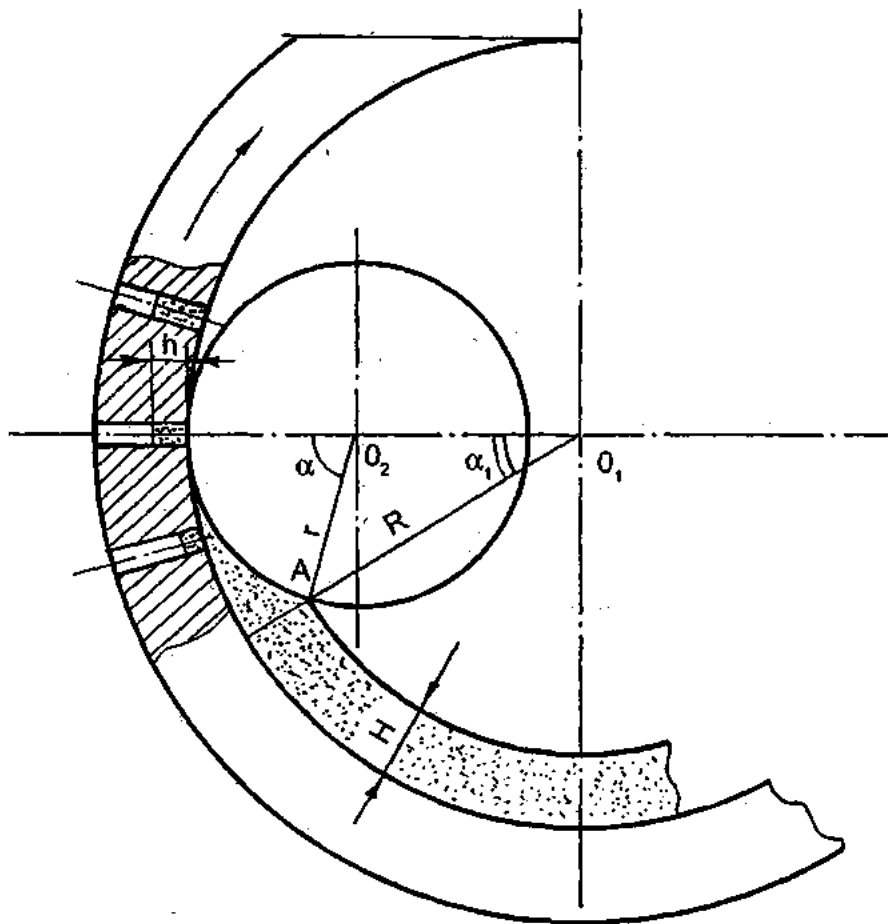


Рис. 2.67. Схема процесса прессования

Производительность прессы и мощность, необходимую для прессования, можно определить путем установления аналитической зависимости средней скорости перемещения гранулы в отверстии матрицы V_r от основных геометрических параметров матрицы прессующего ролика и толщины слоя комбикормовой смеси. Высота спрессованной смеси (гранулы) h и слой порошкообразной смеси H до прессования пропорциональны плотности спрессованной гранулы γ_n и объемной массе порошка γ_n , т. е.:

$$\frac{H}{h} = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} = \beta. \quad (2.78)$$

Очевидно, что $h = H \frac{\gamma_n}{\gamma_n} = \frac{H}{\beta}$.

Средняя скорость перемещения гранулы V_r в отверстии матрицы будет равна отношению высоты спрессованной гранулы h ко времени ее деформации t , т. е.:

$$V_r = \frac{h}{t}. \quad (2.79)$$

Высота h зависит от высоты слоя порошкообразной смеси H .

Из треугольника AO_2O_1 получаем:

$$AO_1^2 = O_2O_1^2 + 2AO_2^2 - AO_2 \cdot O_2O_1 \cos (180 - \alpha), \quad (2.80)$$

где $AO_1 = R - H$; $O_2O_1 = R - r$; $AO_2 = r$.

После подстановки значений и преобразований последнего выражения получаем:

$$H = R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)\cos\alpha}. \quad (2.81)$$

Следовательно:

$$h = \frac{R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)\cos\alpha}}{\beta}. \quad (2.82)$$

Время деформации t слоя H может быть определено по числу оборотов матрицы n_n и центральному углу α_1 , образованному линией центров O_1O_2 и радиусом, проведенным из центра матрицы O_1 через точку A . Время, затраченное на один оборот матрицы, равно

$$t = \frac{1}{n_n}, \text{ а число повторностей деформирования за один оборот матрицы равно } \frac{360}{\alpha_1}.$$

Время, затрачиваемое на деформирование одного клиновидного элемента с центральным углом α_1 , можно определить из выражения:

$$t = \frac{\alpha_1}{360n_n}. \quad (2.83)$$

Таким образом, средняя скорость перемещения гранулы в отверстии матрицы может быть выражена следующим выражением:

$$V_r = \frac{360 \left[R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)\cos\alpha} \right] n_n}{\beta \cdot \alpha}. \quad (2.84)$$

Мощность (кВт) зависит от усилия трения F_{mp} при перемещении гранулы в отверстии матрицы, скорости перемещения V , гранулы в отверстии, количества одновременно прессуемых гранул.

Сила трения гранулы F_{mp} при перемещении в круглом отверстии может быть определена на основе зависимости (кг):

$$F_{mp} = f \frac{\mu}{1-\mu} PS = \pi f \frac{\mu}{1-\mu} d_o h_o P, \quad (2.85)$$

где f — коэффициент трения смеси о стенки отверстия матрицы;

h_o — высота отверстия, см;

μ — коэффициент Пуассона;

d_o — диаметр отверстия, см;

$$P = \frac{\sigma_k}{\beta^m} \text{ — давление прессования, кг/см}^2; \quad (2.86)$$

$$\beta^m = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} \text{ — относительная плотность гранулы;} \quad (2.87)$$

σ_k — микротвердость прессованной гранулы, кг/см²;

m — опытный показатель степени, определяемой экспериментально.

$$N = zK \frac{F_{mp} \cdot \vartheta_o}{102}, \quad (2.88)$$

где z — число одновременно прессуемых гранул в матрице (связано с числом роликов);

K — поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства смеси (гранулометрический состав, влажность, температуру и т. п.);

F_{mp} — сила трения гранулы о стенки отверстия матрицы.

После подстановки значений F_{mp} и ϑ_o можно написать:

$$N = 360\pi K f z \frac{\mu}{1-\mu} d_o h_o \frac{\sigma_k}{\beta^m} n_\mu \cdot \frac{[R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2} + 2r(R-r)\cos\alpha]}{102\beta\alpha_1} \quad (2.89)$$

или

$$N = 360\pi K f z \frac{\mu}{1-\mu} d_o h_o \frac{\sigma_k n_\mu}{\beta^m} \frac{[R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2} + 2r(R-r)\cos\alpha]}{102 \left(\frac{\gamma_n}{\gamma_n}\right)^{m+1} \alpha_1} \quad (2.90)$$

Аналитическая зависимость для расчета производительности пресса может быть выражена в следующем виде (т/ч):

$$Q = 3,6k_1 \psi z_p \frac{\pi d_o^2}{4} n \vartheta_o, \quad (2.91)$$

где ψ — объемная масса гранул данного размера, кг/м³;

z_p — количество прессующих роликов ($z_p = 2 \div 3$);

d_o — диаметр отверстия в матрице, м;

n — число отверстий в матрице;

ϑ — скорость перемещения гранул в отверстиях матриц, м/с;

k_1 — поправочный коэффициент, учитывающий влияние перемычек между отверстиями в матрице ($k_1 = 0,14-0,15$).

После подстановки значения ϑ и преобразований формула принимает вид:

$$Q = 2,83 \psi z_p k_1 n d_o^2 \frac{360 n_n \left[R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)^2 \cos \alpha} \right]}{\beta \alpha_1}. \quad (2.92)$$

Часть 3

ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ

ГЛАВА 1

Общие сведения

§1. Мельзавод как основной объект мельничного комплекса

Частная технология — это совокупность технологических операций в определенной последовательности и взаимосвязи для получения муки заданного ассортимента и качества. Современное мельничное производство осуществляет:

1. Прием зерна с целью создания оперативного запаса для обеспечения бесперебойной работы предприятия;
2. Оперативное хранение зерна в мельничном элеваторе;
3. Подработку зерна в элеваторе с целью доведения его качества до мельничных кондиций;
4. Формирование помольных партий зерна высокого качества на максимально возможный период;
5. Передачу зерна в зерноочистительное отделение мельницы;
6. Подготовку зерна к помолу в соответствии с заданной технологией;
7. Переработку зерна в муку (крупу);
8. Формирование сорта или вида продукции;
9. Хранение и отпуск готовой продукции потребителю;
10. Подработку, хранение и реализацию отходов.

Осуществление этих операций возможно при наличии в составе мельницы следующих сооружений специального назначения:

- основные производственные объекты — мельничный элеватор или склад сырья, мельница, цех готовой продукции;
- объекты подсобно-производственного и обслуживающего назначения — цех отходов, приемные и отпускные устройства для зерна, готовой продукции, отходов, мастерские различного назначения, материальные склады, энергетическое хозяйство, водопроводные, канализационные, транспортные сети и сооружения, лаборатории технического контроля и т. п.;
- административные и культурно-бытовые объекты.

На рисунке 3.1 показана принципиальная схема взаимосвязи основных цехов мукомольного завода. В соответствии с назначением каждому производственному объекту отведена определенная роль в реализации целевой задачи технологии — переработать зерновое сырье с максимальной эффективностью, получить продукцию заданного ассортимента и качества с минимальными эксплуатационными затратами.

Так, основная функция производственного элеватора — это прием, оперативное хранение и создание запаса зерна, обеспечивающего бесперебойную работу мукомольного завода в течение длительного периода (не менее чем в течение трех месяцев). При этом главной производственной функцией элеватора остается формирование помольной партии зерна высокого качества в соответствии с типом технологии. По технологическому регламенту зерно в соответствии с рецептурой помольной партии не реже, чем один раз в сутки передается из элеватора на мукомольный завод и размещается в блоке емкостей для неочищенного зерна. Вместимость этих емкостей должна обеспечить бесперебойную работу мельзавода не менее чем на одни сутки.

Несомненно, что в ряду объектов различного назначения наиболее сложным в технологическом отношении является собственно мукомольный завод или мельница. Традиционно в состав мукомольного завода входят емкости для неочищенного зерна и отволаживания, подготовительное (зерноочистительное) отделение, осуществляющее очистку зерна от примесей, сухую и влажную обработку поверхности зерна и гидротермическую обработку, а также размольное отделение, где из зерна получают основную продукцию. Процесс производства муки на мельницах осуществляется в многоэтажных зданиях, что позволяет эффективно использовать гравитационный или самотечный транспорт зерна, промежуточных и конечных продуктов. Технологический процесс на мельницах осуществляет сложный комплекс машин и механизмов различного назначения, объединенных единой целью.

Построение технологии на этапе подготовки зависит от многих факторов, в числе которых:

- ♦ вид перерабатываемой культуры;
- ♦ степень засоренности зерна;
- ♦ эффективность технологии на отдельных этапах;
- ♦ конструктивные особенности применяемого оборудования;
- ♦ сложность отдельных операций, например, применение различных способов гидротермической обработки и т. п.

В размольном отделении мельницы сложность технологии определяется в основном заданной степенью разделения основных анатомических частей зерна — периферии в виде оболочек, зародыша и эндосперма. Как известно, периферия зерна дает основной побочный продукт технологии — отруби, а эндосперм — муку. Чем меньше оболочек попадает в муку и чем меньше эндосперма окажется в отрубях, тем выше эффективность технологии. Это достигается избирательным измельчением эндосперма с сохранением целостности оболочек, т. е. соблюдением строго определенных режимов измельчения. Желание сохранить оболочки в целостности (и не допустить их интенсивного измельчения и попадания в муку) предопределяет мягкое постепенное воздействие измельчителей на зерно и промежуточные продукты. Отсюда и возрастание общего количества систем измельчения, а также систем для сортирования продуктов измельчения по крупности и добротности, т. е. возрастание сложности технологии.

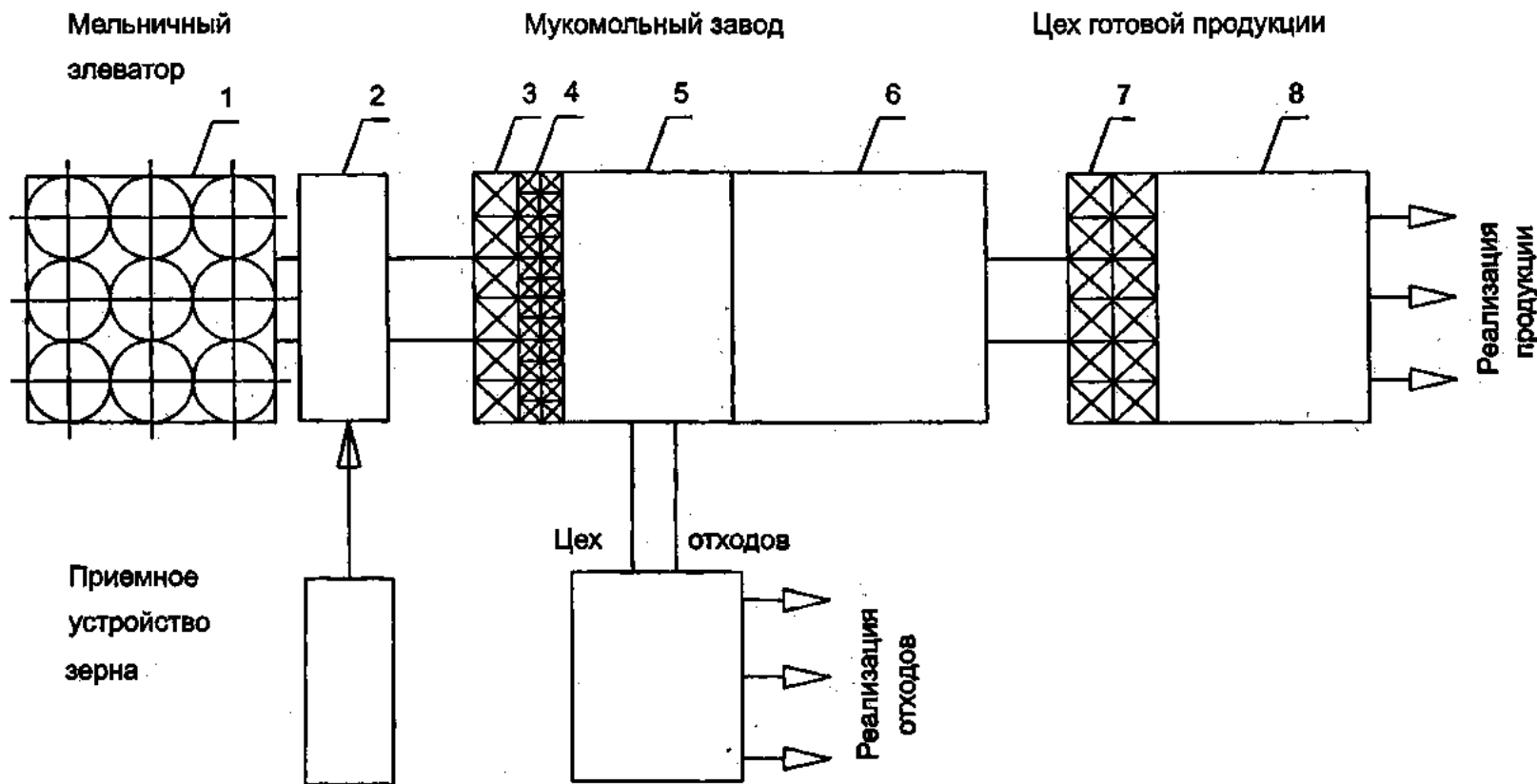


Рис. 3.1. Взаимосвязка основных цехов мукомольного завода:

- 1 — силосный корпус; 2 — рабочая башня; 3 — емкости для неочищенного зерна;
- 4 — емкость для отволаживания; 5 — зерноочистительное (подготовительное) отделение;
- 6 — размольное отделение; 7 — емкости для бестарного хранения продукции;
- 8 — технологические помещения цеха готовой продукции

Сложность технологии также возрастает, если основная готовая продукция — мука получается в виде крупитчатых частиц эндосперма. Такая технология осуществляется в макаронных помолах твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы.

При более простых помолах, когда необходимо вырабатывать муку более низких сортов, интенсивность технологии в целом и на отдельных этапах возрастает. Это означает, что для достижения одинакового количественного результата число систем воздействия сокращается, что приводит к дроблению оболочек и попаданию их в муку. Технология становится более простой, но менее эффективной.

В цехе готовой продукции осуществляются заключительные операции с мукой и крупой:

- ♦ формируется сорт продукции;
- ♦ может осуществляться обогащение муки витаминами;
- ♦ происходит упаковка муки и крупы в крупногабаритную тару, расфасовка в мелкую, а также бестарное хранение;
- ♦ проводятся все операции по отпуску продукции потребителю и т. п.

Функционирование мельничного комплекса также связано с различными операциями с отходами и побочными продуктами технологии. Так, для крупного предприятия количество зерновых отходов может достигать десятков и более тонн ежедневно, а количество отрубей — еще большей величины, учитывая, что их выход от массы переработанного сырья более чем в пять раз превышает выход зерновых отходов. В функцию цеха отходов может входить подработка отходов, окончательное сортирование по категориям, дробление, формирование партий на реализацию, производство кормовых смесей и т. п.

Операции с отрубями могут осуществляться как в цехе готовой продукции, так и в цехе отходов. Учитывая незначительную насыпную массу отрубей, хранение их в незатаренном или затаренном виде требует наличия специализированных емкостей достаточной вместимости. Поэтому в функцию цеха отходов или цеха готовой продукции может входить гранулирование или брикетирование отрубей, что увеличивает эффективность использования емкостей и возможность бесперебойной работы предприятия.

По существующим техническим условиям разрешается производить отпуск свежеработанной муки только после прохождения определенного временного периода созревания. В это время благодаря сложным биохимическим процессам происходят существенные изменения в муке, приводящие к укреплению клейковины, улучшению ее упругих свойств и, как следствие, к оптимизации хлебопекарных свойств муки. Поэтому мельничный комплекс должен иметь возможность хранить в таре и бестарно определенное количество выработанной муки.

Таким образом, успешное функционирование мельничного комплекса возможно только при оптимальном соотношении в его составе основных и вспомогательных объектов.

В реальном производстве по разным причинам не всегда удается достичь необходимого соотношения между основными и вспомогательными объектами, как по их наличию, так и по оснащенности.

Так функцию производственного элеватора могут выполнять обычные склады для хранения зерна, что снижает возможности предприятия по формированию помольных партий и предварительной очистке зерна от примесей. Положение еще более усложняется, когда снабжение мукомольного завода осуществляется непрерывным подвозом зерна автомобильным или железнодорожным транспортом.

В основном производстве могут отсутствовать условия для проведения самых необходимых технологических операций. Так, часто при проведении гидротермической обработки зерна нет возможности соблюдать необходимую кратность процесса и выдерживать требуемое время отволаживания из-за отсутствия необходимого количества емкостей. Это приводит к нарушению режимов подготовки зерна и к снижению эффективности переработки в целом.

Непродуманное, не обеспеченное производственной мощностью увеличение производительности мукомольного завода также приводит к снижению эффективности функционирования производства. В основном, это выражается в уменьшении выхода высоких сортов муки и в увеличении средневзвешенной зольности муки общего выхода.

Мукомольное предприятие не всегда может иметь в своем составе цех готовой продукции, оснащенный средствами для смешивания потоков муки, витаминизации, упаковки в тару различной вместимости, бестарного хранения и отпуска муки и т. п. На большинстве предприятий это отделение готовой продукции, расположенное в мельничном корпусе и предназначенное для упаковки продукции в крупногабаритную тару. Все это также усложняет работу мельничного комплекса в целом.

Особые условия могут возникнуть при эксплуатации мельничного завода малой мощности, когда вспомогательные цеха отсутствуют полностью или их функции выполняют другие объекты с ограниченными возможностями, а основное производство недостаточно оснащено оборудованием, емкостями, складскими помещениями и т. п. В этом случае стабильный выпуск стандартной продукции заданного выхода и ассортимента может быть затруднен и всецело зависит от профессиональной подготовленности обслуживающего персонала и в основном от качества оперативного управления процессом со стороны технологов.

§2. Продукция мукомольных заводов

В соответствии с временной классификацией продуктов мукомольного завода и производственного элеватора, приведенных в Правилах организации и ведения технологического процесса на мельницах вся продукция делится на три основные категории:

- основные продукты;
- побочные продукты;
- отходы.

К основным продуктам относят:

- зерно пшеницы и ржи — очищенное, шелушеное, полноценное, микровизированное и т. п. Это означает, что промышленные предприятия могут доводить зерно до определенных кондиций по содержанию примесей, а также проводить обработку поверхности зерна и другие технологические операции с целью придания зерну некоторого нового качества. Подготовленное таким образом зерно может использоваться в других производствах;
- муку различного ассортимента, качества и назначения;
- отруби пищевые диетические. Могут использоваться как продукт для лечебного и диетического питания и другого назначения;
- зародыш пищевой. Это также продукт для лечебного и диетического питания.

К побочным продуктам технологии относят:

- ♦ кормовые зернопродукты пяти категорий;
- ♦ мучку кормовую, получаемую при переработке пшеницы в муку и крупу;
- ♦ отруби.

Все виды побочных продуктов, в основном, используются как кормовые средства.

Отходы — это не кормовой продукт, содержащий большое количество минеральной пыли или минеральной примеси, вредную примесь, а также соломистые частицы. Содержание зерна в отходах не должно быть больше 2 %.

Кормовые зернопродукты классифицируют по содержанию зерна всего и основного зерна. По техническим условиям, приведенным в Правилах организации и ведения технологического процесса на мельницах к зерну в побочных продуктах и отходах относят зерна пшеницы и ржи и других зерновых и бобовых культур, по характеру повреждений не относящихся к сорной примеси. К основному зерну в побочных продуктах и отходах относят целые зерна пшеницы (при переработке пшеницы) или ржи (при переработке ржи), находящиеся в остатке сита 2а 17 × 20 для пшеницы или 2а 14 × 20 для ржи и не отнесенные к зерновой или сорной примеси. В таблице 3.1 приведена классификация кормовых зернопродуктов, получаемых при переработке пшеницы и ржи.

Таблица 3.1

Классификация кормовых зернопродуктов

Категория зернопродуктов	Содержание зерна, %	
	всего	в т. ч. основного
первая	свыше 70 до 85 включительно	не более 20,0
вторая	свыше 50 до 70 включительно	не более 15,0
третья	свыше 30 до 50 включительно	не более 10,0
четвертая	свыше 10 до 30 включительно	не более 5,0
пятая	свыше 2 до 10 включительно	не более 2,0

По технологическому регламенту при наличии в побочных продуктах и отходах основного зерна свыше указанных величин они подлежат дополнительной обработке с целью извлечения основного зерна. При работе мукомольного завода всегда образуются технологические завалы, россыпи продуктов. Поэтому образовавшиеся мучные вытряски и мучные смеси относят к кормовым зернопродуктам третьей категории. Пыль обоечную, образовавшуюся после обработки зерна на обоечных или других машинах для сухой обработки поверхности зерна, установленных в технологическом процессе после гидротермической обработки, относят к кормовому зернопродукту четвертой категории.

Кормовая мучка получается в технологическом процессе сортовых помолов пшеницы. К мучке относят наиболее высокозольные фракции муки последних драных или размольных систем. Для отбора мучки используют сита капроновые или полиамидные с размерами отверстий 0,25–0,3 мм. Это порошкообразный продукт коричневатого-серого цвета, высокозольный с преимущественным содержанием оболочек и незначительным количеством эндосперма.

Отруби — это побочный продукт, получаемый при помолах пшеницы и ржи после извлечения эндосперма. Частицы отрубей, как правило, имеют неправильную пластинчатую форму с рваными краями. Цвет пшеничных отрубей красно-желтый с сероватым

оттенком. Цвет ржаных отрубей серый с коричневатым или зеленоватым оттенком. Отруби могут содержать до 3–5 % крахмалистого эндосперма относительно массы отрубей.

Показатель качества мучки и отрубей по зольности, крупности, количеству и качеству клейковины не регламентируется. Влажность мучки и отрубей должна быть не более 15,0 %. При переработке твердой пшеницы в макаронную муку, когда влажность зерна достигает 17,0 %, допускается получать мучку с влажностью 15,5 % и отрубей — 16,0 % при их использовании внутри области.

Из других общих для мучки и отрубей показателей следует отметить:

- запах должен быть свойственен нормальным мучке и отрубям без посторонних запахов;
- вкус — свойственный нормальным мучке и отрубям, без посторонних привкусов;
- не допускается наличие частиц металломагнитных примесей с острыми краями.

Содержание металломагнитных примесей с размерами до 2 мм должно быть не более 5 мг на 1 кг мучки или отрубей, в том числе размером от 1,5 мм — не более 1,5 мг;

- не допускается зараженность вредителями хлебных запасов;
- остаточное количество пестицидов не должно превышать максимально допустимого уровня.

Мука — это основной продукт технологии. При ее классификации учитывают следующие признаки:

- принадлежность к зерновой культуре — пшеничная или ржаная мука. При выработке обойной муки возможна переработка смесей пшеницы и ржи. В этом случае в названии муки присутствует начало от двух зерновых культур. Пшенично-ржаная мука получается, если переработать смесь, состоящую из 70 % пшеницы и 30 % ржи. Ржано-пшеничная мука получается при переработке смеси из 60 % ржи и 40 % пшеницы;
- качественные признаки — сортовая и обойная мука;
- целевое назначение — хлебопекарная и макаронная.

Традиционно при определении муки учитывают несколько признаков одновременно. Например, мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта.

Отечественная мукомольная промышленность вырабатывает следующие виды муки и крупы.

Из зерна пшеницы:

- муку хлебопекарную — крупчатку, высшего, первого и второго сортов, обойную;
- муку макаронную — высшего сорта (крупку), первого сорта (полукрупку) из твердой и мягкой пшениц;
- муку второго сорта из твердой пшеницы. Последняя не используется для макаронных целей из-за ее высокой зольности и кремового цвета. Этот вид муки используется в хлебопечении для подсортировки к муке хлебопекарной из мягкой пшеницы;
- крупу манную марок М (из мягкой пшеницы), МТ (из мягкой пшеницы с добавлением до 20 % твердой) и Т (из твердой пшеницы);
- крупу пшеничную дробленую;
- крупу пшеничную Полтавскую № 4 из мягкой пшеницы;
- крупу дробленую № 1 и № 2 из мягкой пшеницы.

Из зерна ржи вырабатывают муку сеяную, обдирную и обойную.

Из смеси ржи и пшеницы вырабатывают муку ржано-пшеничную и пшенично-ржаную.

Основным отличительным признаком муки, полученной из зерна данного вида, является цвет, который выражается в единицах белизны или органолептической оценкой. Цвет муки меняется в зависимости от содержания в ней периферийных частей зерна — оболочек, которые отличаются от эндосперма коричневым цветом различных оттенков. Чем больше частиц оболочки попадает в муку, тем ниже сорт продукции, хуже качество.

Основным преимуществом метода оценки качества муки по белизне является его экспрессность при определении и возможность контролировать этот показатель в непрерывном режиме (в потоке). В соответствии с временными нормами, утвержденными Госстандартом, белизна пшеничной хлебопекарной муки определяется в условных единицах шкалы прибора РЗ-БПЛ.

В таблице 3.2 приведены рекомендуемые нормы белизны муки из пшеницы высшего, первого и второго сортов. Результаты получены при определенной крупности муки, характеризующейся процентом частиц, полученных проходом сита № 25 и сходом сита № 61.

Таблица 3.2

Нормы белизны пшеничной хлебопекарной муки

Сорт муки	Белизна, у. е.		Содержание в муке фракции № 25/№ 61, %
	не менее	не более	
Высший	54	—	25
Первый	36	53	35
Второй	12	35	40

При пониженном содержании в муке фракции № 25/№ 61 в сравнении с установленными нормами значения показателя белизны уменьшают за каждые 5 % схода сита № 61 для муки высшего сорта на 1,0, первого — на 1,5 и второго на 2,0 единицы прибора. При повышенном содержании в муке фракции № 25/№ 61 показатели белизны не корректируют.

При переработке озимой (IV тип) и яровой краснозерной (I тип) пшениц с примесью твердой (II тип) или белозерной пшеницы (III тип) отдельно или в смеси за каждые 5 % примеси свыше 5 % показатели белизны уменьшают для муки высшего и первого сорта на 0,5, а для муки второго сорта — на 1,0 шкалы прибора. Белизну муки определяют в соответствии с ГОСТ 26361-84 «Мука. Метод определения белизны». Показатель качества муки (цвет) зависит от многих факторов, в числе которых тип зерна, подтип, сорт, район произрастания, год урожая, особенности конструкции прибора и метода определения и т. п. Поэтому показатель цвет может использоваться по специальным разрешениям соответствующих ведомств при согласовании Госстандартом. Наиболее объективным методом оценки качества муки является зольность, которая определяется по стандартным методикам и косвенно оценивает содержание оболочек в муке. Суть метода состоит в том, что оболочки и эндосперм зерна резко отличаются по зольности. Так, при зольности эндосперма 0,25–0,5 % зольность оболочек составляет 5,0–7,0 %. Таким образом, даже незначительное попадание оболочек в муку повышает ее зольность. Действующими стандартами предусмотрено, чтобы зольность хлебопекарной муки высшего сорта из пшеницы была не более 0,55 %, первого — 0,75 %, второго — 1,25 %. Зольность обойной муки должна быть не менее чем на 0,07 % ниже зольности зерна до очистки, но не более 2,0 %. Кроме показателя зольности муку оценивают крупностью, количеством и качеством клейкови-

ны, а также рядом других показателей. Крупность муки определяют методом просеивания на определенных ситах с последующей количественной оценкой остатков и проходов сит. Так, например, крупность муки хлебопекарной из пшеницы первого сорта оценивается остатком на шелковом сите № 35, который должен быть не более 2,0 %, и проходом шелкового сита № 43, который должен быть не менее 80 %. При оценке крупности необходимо использовать определенную массу пробы муки, просеивать заданное время с использованием лабораторных просеивателей с заданными кинематическими параметрами. Вся процедура проведения анализа на крупность оговаривается соответствующими стандартными методиками. При сравнении этого показателя для различных сортов муки существует закономерность — чем ниже сорт муки, тем выше ее крупность (больше средневзвешенный размер отдельных частиц). Такая закономерность установлена для пшеничной хлебопекарной муки и для ржаной хлебопекарной. У муки макаронной (используется для производства макаронных изделий), наоборот, мука высшего сорта более крупная (название муки «крупка»), чем мука первого сорта («полукрупка») и мука второго сорта. Это объясняется особыми условиями образования упруго-пластического теста для производства макаронных изделий.

Наиболее существенно на способность муки образовывать упруго-пластическое тесто высокого качества как для хлебопекарной, так и для макаронной муки оказывают количество и качество клейковины. Для каждого сорта муки оговаривают минимальное значение количества сырой клейковины и ее качество. Так, например, для хлебопекарной муки первого сорта из пшеницы количество сырой клейковины должно быть не менее 30,0 %, а качество — не ниже второй группы. Группа качества клейковины косвенно характеризует хлебопекарные свойства муки. Оптимальными хлебопекарными свойствами обладает мука, клейковина которой классифицируется как хорошая, первой группы качества. Худшими хлебопекарными свойствами обладает мука с клейковиной третьей группы, которая классифицируется как неудовлетворительная слабая или как неудовлетворительная крепкая. Технологическая значимость этого показателя состоит в том, что качество муки всецело определяется качеством зерна. Поэтому формирование партии зерна на переработку по количеству и качеству клейковины имеет большое практическое значение.

Кроме показателей количества и качества клейковины хлебопекарные свойства муки можно оценивать методом, основанным на определении активности фермента α -амилазы. Суть метода состоит в том, что проросшее на корню или в процессе хранения зерно приводит к повышению активности α -амилазы. Хлеб из такой муки имеет неэластичный, заминающийся мякиш. Причиной дефекта хлеба является гидролиз крахмала α -амилазой, происходящий за короткий период выпечки. Активность α -амилазы определяют методом числа падения Хагберга-Пертена. Сущность метода заключается в определении скорости погружения плунжера в клейстеризованную мучную суспензию. Чем выше активность α -амилазы, тем выше скорость погружения плунжера, тем хуже качество хлеба. Этот показатель получил название числа падения. Показатель числа падения нормирован для ржаной хлебопекарной муки и составляет для муки сеяной — не менее 160 с, для муки обдирной — не менее 150 с, для муки обойной — не менее 105 с.

Рассмотренные выше показатели качества индивидуальны для муки различных сортов из пшеницы и ржи. Поэтому их конкретные значения целесообразнее рассматривать при описании соответствующих технологических процессов.

Часть показателей качества носит общий характер, т. е. они свойственны для муки любого сорта, назначения, независимо из какого сырья она получена. Так, влажность хлебопекарной муки должна быть не более 15,0 %, а муки для производства макаронных изделий и манной крупы — не более 15,5 %. При транспортировке муки в район Крайнего Севера или в другие труднодоступные места влажность хлебопекарной муки должна быть не более 14,5 %.

Запах муки или крупы должен быть свойственен данной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый.

Вкус должен быть свойственен продукции из данного сырья и не должен иметь посторонних привкусов. Содержание минеральных примесей определяется путем разжевывания пробы муки. При этом не должно ощущаться хруста.

Качество клейковины в пшеничной муке должно быть не ниже второй группы.

Содержание металломагнитных примесей должно быть не более 3 мг на 1 кг муки, манной крупы, крупы пшеничной дробленой. Размер отдельных частиц металломагнитных примесей в наибольшем линейном измерении не должен превышать 0,3 мм, а масса отдельных частиц не должна быть более 0,4 мг.

В муке и крупе не допускается зараженность или засоренность вредителями хлебных запасов.

Ограничивается также остаточное содержание в продукции мукомольных заводов пестицидов.

§3. Классификация помолов пшеницы и ржи

До настоящего времени единой классификации помолов нет. Поэтому в названиях помолов могут фигурировать некоторые формальные признаки, которые не полно выражают суть технологии, а характеризуют ее с какой-то одной стороны. Приведем некоторые положения, положенные в основу классификации помолов:

1. Вид перерабатываемого сырья. По этому признаку помолы подразделяют на пшеничные, ржаные, пшенично-ржаные, ржано-пшеничные, кукурузные, тритикале. Возможна также переработка в муку ячменя, гороха и т. п., что может дать соответствующее название помола.

2. Назначение продукции. По этому признаку выделяют помолы хлебопекарные и макаронные. Это основное назначение муки.

3. Качество муки. Основное разделение помолов по этому признаку — сортовые и обойные.

4. Количество одновременно получаемых сортов муки. Это помолы односортовые, двухсортовые, трехсортовые, многосортные.

5. Кратность измельчения. По этому признаку помолы классифицируют на разовые и повторительные.

6. Степень развитости процесса обогащения. По этому признаку выделяют помолы без процесса обогащения, с сокращенным процессом обогащения и с развитым процессом обогащения.

Как правило, только одного какого-либо признака для характеристики помола оказывается недостаточно, поэтому при классификации помолов используют одновременно не-

сколько признаков. В наиболее распространенной классификации помолов, предложенной И.А. Наумовым, в основу положены кратность измельчения или степень развитости помола в целом, а также степень развитости процесса обогащения (рис. 3.2).

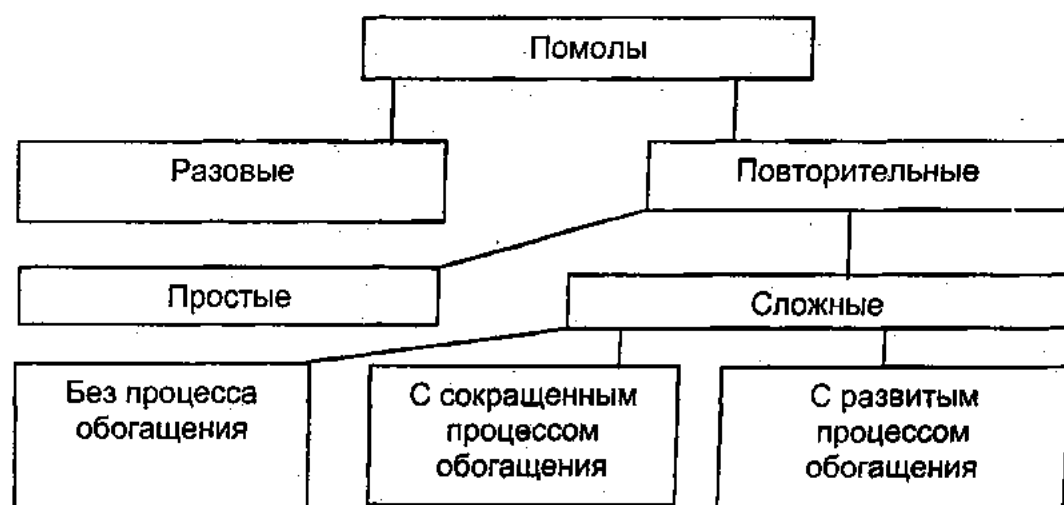


Рис. 3.2. Классификация помолов пшеницы и ржи

При разовых помолах муку получают в результате однократного пропуска зерна через измельчающую машину. Измельчение может осуществляться в специальных дробилках или с использованием другого оборудования, после чего продукты измельчения или пересеивают для получения муки, или используют без пересева.

Все помолы, осуществляемые на мельницах, относятся к повторительным, так как зерно и промежуточные продукты многократно последовательно измельчаются для получения муки.

Повторительные помолы подразделяются на простые и сложные. При простых помолах мука получается в одном процессе, состоящем из нескольких систем измельчения. К простым помолам относят обойные помолы пшеницы и ржи, а также обойные помолы смесей пшеницы и ржи.

В сложных помолах процесс получения муки осуществляется при многократном последовательном измельчении зерна и промежуточных продуктов в различных по назначению процессах: начального измельчения с целью извлечения крупок и дунстов, измельчения крупок в шлифовочном процессе с целью разделения оболочек и эндосперма, интенсивного измельчения крупок и дунстов в размольном процессе для получения муки и т. п.

Сложные помолы, в свою очередь, подразделяют в зависимости от наличия процесса обогащения и степени его развитости.

Так, к сложным помолам без процесса обогащения относят сортовые помолы ржи. Отсутствие процесса обогащения для этих помолов связано со специфическими свойствами ржи, которая при измельчении образует, в основном, сrostки оболочек и эндосперма и не образует «свободных» (с минимальным содержанием эндосперма) частиц оболочек.

К помолам с сокращенным процессом обогащения относят помолы пшеницы в муку первого и второго сортов или только в муку второго сорта с возможностью отбора до двух процентов манной крупы. В таких помолах, как правило, не отбирают муку высшего сорта.

К сложным помолам с развитым процессом обогащения относят все помолы пшеницы в хлебопекарную муку с отбором муки высшего сорта, макаронные помолы с отбором макаронной муки высшего сорта («крупки») и муки первого сорта («полукрупки»). В этих помолах наиболее полно реализуется основной принцип технологии муки — разделить в максимальной степени оболочки и эндосперм.

Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах классифицируют помолы по назначению основной продукции (хлебопекарные и макаронные помолы), а также по виду перерабатываемого сырья (ржаные и пшеничные). В соответствии с классификацией в специальных таблицах приводятся название помола (тип помола), а также соотношение в выходе готовой продукции (муки, крупы), побочных продуктов (отрубей, мучки), кормовых зернопродуктов, отходов, механических потерь и усушки. Это соотношение строго определено для каждого помола и записывается в виде уравнения материального баланса. Данные приводятся в процентах относительно массы переработанного зерна, которая принимается за 100 %. Это так называемая формула помола. В общем виде уравнение материального баланса для помола может быть представлено следующим образом:

$$C_{\Sigma} + C_{отр} + C_{муч} + C_{кзп} + C_{отх} + У = 100, \quad (3.1)$$

где C_{Σ} — суммарный выход муки и крупы, %;

$C_{отр}$ — выход отрубей, %;

$C_{муч}$ — выход мучки, %;

$C_{кзп}$ — выход кормовых зернопродуктов, %;

$C_{отх}$ — выход отходов с механическими потерями, %;

$У$ — планируемая усушка, %.

Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах рекомендуют для эффективной эксплуатации на мукомольных заводах двенадцать видов помолов мягкой пшеницы в хлебопекарную муку; три помола твердой пшеницы в макаронную муку и один помол в хлебопекарную муку с отбором до 20 % макаронной муки высшего сорта («крупки»); шесть помолов ржи в хлебопекарную муку.

Все виды помолов отличаются выходом и качеством муки, а также определенным соотношением побочных продуктов и отходов, т. е. имеют различную формулу помола. Проанализируем последовательно виды помолов пшеницы и ржи, а также нормы выхода продукции.

Помолы пшеницы в хлебопекарную муку

Всего предусмотрено восемь видов помолов с развитой технологической схемой (по классификации это сложные повторительные помолы с развитым процессом обогащения) и с обязательным отбором муки высшего сорта:

- три вида трехсортных помолов с выходом муки 73, 75 и 78 % с различным соотношением муки высшего, первого и второго сортов, причем чем меньше общий выход муки, тем больший планируется выход муки высшего сорта;
- три вида двухсортных помолов с общим выходом муки 73, 75 и 78 % и с отбором муки только высшего и первого сорта (73 % и 75 % помолы) и с отбором муки высшего и второго сортов (78 %);

♦ два односортных помола с общим выходом 72 и 75 % муки только высшего сорта.

Для всех без исключения вышеперечисленных помолов планируется одинаковый выход побочных продуктов и отходов, %: отрубей — 19,1; кормовых зернопродуктов — 2,2 и не кормовых отходов с механическими потерями — 0,7. Общая сумма этих категорий продуктов составляет 22,0 %. Таким образом, при помоле с общим выходом муки 78 %, сумма выходов муки, отрубей, кормовых зернопродуктов и отходов с механическими потерями составляет 100 %.

В помолах при общем выходе муки 75 % дополнительно отбирают 3,0 % мучки, а при общем выходе муки 73,0 % — 5 % мучки. Анализ выхода продукции показывает, что снижение общего выхода муки и дополнительный отбор высокозольной мучки позволяет увеличить выход муки высшего сорта и снизить средневзвешенную зольность муки общего выхода.

Правила предусматривают также два вида помолов пшеницы с общим выходом хлебопекарной муки 75,0 и 78,0 % с отбором муки первого и второго сортов. Это так называемые помолы по сокращенной схеме. Эти технологии разработаны для мукомольных заводов с ограниченным количеством основного технологического оборудования — вальцевых станков, рассевов и ситовеек. По классификации это сложные повторительные помолы с сокращенным процессом обогащения. Очевидно, что для реализации основной задачи технологии — разделения главных анатомических частей зерна (оболочек и эндосперма) должна возрастать интенсивность измельчения на всех этапах технологии, что неизбежно приводит к дополнительному измельчению оболочек, попаданию их в муку и ухудшению ее качества. Поэтому эти помолы предназначены для получения только муки первого и второго сортов. Для сокращенных сортовых помолов, как и для сложных помолов с развитым процессом обогащения, сохраняется выход побочных продуктов, отходов и механических потерь — 22,0 %. В помоле с выходом муки 75,0 % дополнительно отбирается 3,0 % мучки. Это так называемый двухсортный улучшенный помол. К этому же виду помолов относится и помол пшеницы в хлебопекарную муку второго сорта с общим выходом 85,0 %. Общий выход муки свидетельствует о попадании значительной части оболочек в муку. Поэтому, в сравнении с вышеописанными помолами, выход отрубей снижается до 12,1 %. Неизменным остается выход кормовых зернопродуктов (2,2 %) и отходов с механическими потерями (0,7 %). Очевидно, что по набору основного технологического оборудования этот помол должен быть еще менее оснащенным, чем два предыдущих.

Обойный помол пшеницы предусматривает выход обойной хлебопекарной муки 96,0 %. При этом отрубей отбирают всего 1,0 %, что свидетельствует о попадании в муку подавляющей части наружных и внутренних оболочек. При этом помоле отбор кормовых зернопродуктов сокращается до 2,0 % при сохранении нормы выхода отходов с механическими потерями. В отличие от всех предыдущих помолов планируется усушка 0,3 %.

Манную крупу отбирают при сортовых помолах пшеницы в счет выхода муки наиболее высокого сорта, получаемого при данном помоле.

Макаронную муку высшего сорта (крупу) можно отбирать при сортовых помолах пшеницы с развитым технологическим процессом в счет муки высшего сорта. При этом суммарный выход муки высшего сорта и макаронной крупки снижают на 0,25 % за каждый процент отбора макаронной крупки свыше 5,0 % при соответствующем повышении выхода муки других сортов.

Помолы пшеницы в макаронную муку

В макаронную муку перерабатывают твердую пшеницу II типа или высокостекловидную пшеницу мягкую. Лучшего качества макаронные изделия получают из твердой пшеницы. Правила предусматривают четыре вида помолов для производства макаронной муки. Два помола твердой пшеницы с общим выходом муки 75,0 %:

- двухсортный помол с отбором муки высшего сорта («крупки») — 55,0–60,0 % и 15,0–20,0 % — муки второго сорта;
- трехсортный помол с отбором муки высшего сорта — 40,0–50,0 %, первого сорта («полукрупки») — 10,0–20,0 % и второго сорта — 15,0 %.

Один помол мягкой высокостекловидной пшеницы с выходом муки 75,0 %, в том числе:

- муки высшего сорта («крупки») — 20,0–25,0 %;
- муки первого сорта («полукрупки») — 25,0–30,0 %;
- муки хлебопекарной второго сорта — 20,0–25,0 %.

Макаронную муку высшего сорта («крупку») также можно отбирать до 20,0 % в специальном хлебопекарном помоле с общим выходом муки 75,0 % и с отбором кроме макаронной крупки хлебопекарной муки высшего сорта 10,0–30,0 %, первого сорта — 20,0–45,0 % и второго сорта — 5,0–20,0 %.

Для всех помолов планируется отбор 3,0 % мучки, 19,1 % отрубей, 2,2 % кормовых зернопродуктов и 0,7 % отходов с механическими потерями.

Хлебопекарные помолы ржи

Рожь перерабатывают как в сортовую муку, так и в обойную. Правила предусматривают три вида сортовых помолов ржи:

- помол ржи с общим выходом сеяной муки 63,0 %, с отбором 33,6 % отрубей;
- помол ржи с общим выходом муки 80,0 %, в том числе 15,0 % сеяной муки и 65,0 % обдирной и отбором 16,6 % отрубей;
- помол ржи с общим выходом муки обдирной 87,0 % и с отбором 9,6 % отрубей.

Для всех помолов планируется отбор кормовых зернопродуктов 2,4 %, отходов с механическими потерями — 0,7 % и усушка 0,3 %.

В обойном помоле ржи выход муки составляет 95,0 % при отборе 2,0 % отрубей. Аналогичный выход муки и отрубей при помоле смеси 60,0 % ржи и 40,0 % пшеницы в так называемом ржано-пшеничном помоле. Для обойных помолов ржи выход кормовых зернопродуктов должен составлять 2,0 %, отходов с механическими потерями — 0,7 %. Планируется также усушка 0,3 %. При переработке смеси пшеницы — 70,0 % и ржи — 30,0 % в так называемом пшенично-ржаном помоле выхода продукции полностью соответствует обойному помолу пшеницы.

Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах предусматривают также отбор пшеничной дробленой крупы при хлебопекарных помолах, а также пшеничной крупы Полтавской № 4 и крупы № 1 и № 2. Однако эти виды круп эффективнее производить и отбирать в специализированных технологиях крупы. Прочие виды помолов — кукурузные, тритикале встречаются эпизодически и в Правилах не приводятся.

§4. Общие сведения о выходе продукции

В каждом из вышеупомянутых помолов есть строгое соотношение между выходом основной продукции (мука, крупа), побочными продуктами (мучка, отруби, кормовые зернопродукты) и отходами. Это так называемая формула помола, представляемая в виде количественного материального баланса. Выход продукции всех видов представляется в процентах к массе переработанного сырья, что позволяет по их соотношению достаточно объективно судить о качестве продукции и о степени сложности технологии. Кроме основных, побочных продуктов и отходов в формуле помола представляется также показатель — механические потери. Его записывают также в процентах, но совместно с отходами. Величина механических потерь и отходов не должна превышать 0,7 % от массы переработанного зерна и определяется расчетным путем как разница между массой переработанного зерна и суммарной массой готовой продукции, побочных продуктов с учетом усушки. Механические потери на мукомольном заводе могут образовываться по разным причинам:

- ♦ естественная усушка с потерей массы;
- ♦ потери в выбросах аспирационных сетей;
- ♦ потери в моечных водах;
- ♦ технологические россыпи продуктов, не учтенные как основные и побочные продукты;
- ♦ потери продукции по другим причинам.

В формуле помола выход готовой продукции определен при переработке зерна строго определенного качества, которое получило название базисного (базисные кондиции зерна). Конкретные значения базисных показателей качества зерна оговорены в специальных технических условиях, приведенных в Правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. Ниже приводятся базисные показатели качества пшеницы и ржи:

- ♦ зольность зерна, очищенного от сорной примеси, при сортовых помолах — 1,85 %;
- ♦ зольность зерна, очищенного от сорной примеси, при обойных помолах — 1,97 %;
- ♦ содержание сорной примеси — 1,0 %;
- ♦ в том числе вредной примеси — 0,1 %;
- ♦ содержание зерновой примеси — 1,0 %;
- ♦ натура пшеницы при сортовых помолах — 775 г/л;
- ♦ натура ржи при сортовых помолах — 700 г/л;
- ♦ общая стекловидность при сортовых помолах мягкой пшеницы — 50,0 %;
- ♦ общая стекловидность при сортовых помолах твердой пшеницы — 80,0 %.

Таким образом, при переработке зерна базисных кондиций предприятие (мукомольный завод) должно получить выход продукции и отходов, оговоренный в формуле помола. Очевидно, что базисные показатели качества зерна — это некоторые усредненные показатели, обеспечивающие заданный выход продукции при определенном оснащении мукомольного завода технологическим оборудованием, процессами и т. п. Переработка зерна с более высокими показателями качества должна обеспечить предприятию более высокий выход и качество продукции. И, наоборот, зерно с пониженными показателями качества — более низкие выход и качество.

Очевидно, что существует некоторый выход продукции, учитывающий фактическое качество перерабатываемого зерна. Такой выход получил название расчетного. С точки

зрения ведения технологии — это выход, ниже которого опускаться нельзя. Очевидно, что это свидетельствует о неблагополучии в управлении и ведении технологическим процессом. Поэтому сравнение расчетного выхода продукции с реально достигнутым (фактическим) выходом есть достаточно эффективный инструмент контроля и самоконтроля за деятельностью мукомольного завода.

Технические условия, приведенные в Правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах, предусматривают нормы скидок и надбавок к выходу муки, побочных продуктов и отходов за счет отличия фактических показателей качества зерна от базисных. Эти нормы индивидуальны для пшеницы и ржи и для сортовых и обойных помолов. Нормы скидок и надбавок разработаны на основе анализа большого объема данных, полученных на действующих предприятиях в различных регионах страны. Нормы скидок и надбавок предусмотрены по следующим показателям качества зерна:

- ♦ влажность;
- ♦ зольность;
- ♦ стекловидность;
- ♦ натура;
- ♦ сорная примесь;
- ♦ вредная примесь;
- ♦ содержание зерен, поврежденных головней;
- ♦ зерновая примесь и мелкое зерно.

Техническая процедура по расчету влияния фактического показателя качества зерна на выход готовой продукции получила название «расчета выходов». Общая процедура расчета выходов сводится к следующим принципиальным положениям:

- ♦ влияние качества зерна в соответствии с нормами распространяется (увеличивается или уменьшается) на определенные составляющие выхода продукции, например отрубей, отходов, усушки и т. п.;
- ♦ увеличение выхода имеет знак «плюс», а уменьшение — «минус»;
- ♦ изменение выхода в зависимости от какого-либо показателя качества заносится в строку специализированной формы с их знаками на пересечении с колонкой соответствующего вида продукции;
- ♦ сумма изменений со знаком «плюс» должна быть равна сумме изменений со знаком «минус» по строке соответствующего показателя качества зерна;
- ♦ алгебраическая сумма базисного выхода продукции и отклонений дает расчетный выход;
- ♦ алгебраическая сумма выхода отдельных видов продукции в расчетном выходе должна быть равна 100 %.

В реальной практике мукомольных заводов расчет выхода продукции выполняется ежемесячно и оформляется по специализированной форме № 117 под названием «Акт о зачистке производственного корпуса и результатах переработки зерна». Работа выполняется за календарный месяц или за некоторый промежуток времени, в течение которого перерабатывалась партия зерна определенного качества. Для контроля за работой предприятия расчет выхода продукции должен выполняться для каждой новой партии зерна, что дает возможность технологу сравнивать фактически получаемые результаты с расчет-

ными и принимать соответствующие управляющие решения. Например, в фактическом выходе продукции выход муки меньше расчетного за счет увеличения выхода отрубей. Это свидетельствует о недостаточно эффективном ведении технологического процесса по разделению главных анатомических частей зерна — эндосперма и оболочек, т. е. часть эндосперма зерна оказалась в отрубях. Такое явление в практической технологии называется «пролом». Это свидетельствует о неполадках в ведении процесса подготовки зерна, когда часть зерна оказывается в отходах и т. п.

Таким образом, в практической технологии муки встречаются три вида выходов продукции:

- ♦ базисный (получается при переработке зерна базисных кондиций);
- ♦ расчетный (получают расчетным путем с учетом фактического качества зерна);
- ♦ фактический (получают в результате реальной переработки зерна путем определения массы переработанного зерна, муки, кормовых зернопродуктов, отходов и механических потерь с учетом усушки).

§5. Подготовка помольной партии

Технологический цикл производства муки начинается с передачи зерна определенного качества в емкости для неочищенного зерна зерноочистительного (подготовительного) отделения мельницы. Партия такого зерна формируется заранее из зерна, находящегося на хранении в производственном элеваторе, и называется помольной партией. Зерно помольной партии по основным показателям качества должно обеспечить производство стандартной продукции заданного ассортимента. Масса помольной партии должна обеспечить длительную, бесперебойную работу мельзавода в оптимальном режиме. Это значит, что для всей партии зерна режимы подготовки и переработки зерна будут одинаковыми по своим параметрам, что облегчит управление сложным технологическим процессом на мельнице.

Стабилизация показателей технологических свойств зерна на неизменном уровне также является необходимой предпосылкой автоматизации технологических процессов на мукомольном заводе.

В практике мукомольных заводов приходится иметь дело с зерном, свойства которого существенно изменяются от типа, подтипа, района произрастания, года урожая и т. п. Свойства зерна также могут изменяться под воздействием различных факторов в процессе послеуборочной обработки (сушки, хранения, транспортировки и т. п.). Все это приводит к огромному разнообразию поступающего на перерабатывающее предприятие зерна по всем показателям качества. Поэтому переработка зерна с его индивидуальными особенностями потребует постоянной корректировки режимов работы систем технологического процесса.

Переработка некоторых партий зерна пониженного качества может привести к выпуску даже нестандартной продукции. Например, при содержании сырой клейковины в зерне пшеницы менее 24–25 % в сортовых хлебопекарных помолах невозможно получить муку высоких сортов стандартной по содержанию клейковины. С другой стороны, переработка только одного высококачественного зерна хотя и приведет к выпуску стандартной

продукции, но делает невозможным использование в технологии зерна пониженного качества. Это несомненно приведет к экономическим потерям.

Поэтому стабилизация показателей качества зерна на заданном уровне может достигаться при смешивании разнородных по качеству партий зерна с таким расчетом, чтобы помольная партия обеспечила выпуск стандартной продукции заданного ассортимента. Показатели качества такой смеси могут быть заранее определены и задача должна быть сведена к подбору компонентов смеси и расчету их необходимого соотношения.

Операции по составлению помольной партии зерна называются смешиванием зерна перед помолом. При этом операция предназначена:

- для оптимизации некоторых свойств зерна, которые нельзя улучшить обычными средствами при выполнении подготовительных операций (сепарированием, сухой и влажной обработкой). Например, количество клейковины зерна, крупобразующую способность зерна, выраженную в единицах твердозерности или стекловидности;
- для экономного расходования зерна улучшенного качества и использования зерна пониженного качества как продовольственного;
- для обеспечения стабильной работы мукомольного завода в течение длительного времени.

Смешивание зерна можно организовать по любому признаку или по показателю качества. Однако в большинстве случаев смешивание или формирование помольной партии осуществляется по количеству и качеству клейковины зерна, по типовому составу, стекловидности, натуре. В связи с этим мукомольные предприятия должны иметь возможность при хранении сырья не смешивать зерно различных показателей качества, а хранить его отдельно. Поэтому на предприятии составляется план размещения зерна, в котором должно быть предусмотрено раздельное размещение и хранение партий зерна, отличающихся показателями качества, учитываемыми при составлении помольных смесей, выборе режимов гидротермической обработки и т. п.

При этом рекомендуется складировать раздельно:

- пшеницу продовольственную — по зонам произрастания, типовому составу; в пределах типа по влажности с интервалом не более 2,0 %, стекловидности — до 40,0 %, от 40–60 % и свыше 60 % — по натуре, зольности, наличию проросших зерен, засоренности, количеству и качеству клейковины;
- рожь — по зонам произрастания, типовому составу, сортовой принадлежности, влажности, натуре, засоренности, наличию проросших зерен.

Отдельно складывают дефектное зерно и сильную пшеницу, которая используется как зерно-улучшитель. Для пшеницы сильной стекловидность должна быть более 60 %, натура — 730–750 г/л, содержание белка — более 14,0 %, сырой клейковины — не менее 28,0 % по качеству первой группы. Обычно пшеницы-улучшителя добавляют от 20 до 40 %, что позволяет оптимизировать хлебопекарные свойства смеси.

Смесительную ценность пшеницы определяют по результатам лабораторных помолов и по пробной выпечке хлеба. В качестве оценочных критериев используют общий выход муки, выход муки высоких сортов, выход круподунстовых продуктов, качество муки по зольности и белизне и т. п. Хлебопекарную способность зерна оценивают объемным выходом и качеством хлеба. При этом необходимо учитывать, что величину объемного выхода хлеба из смеси (например, сильной и слабой пшеницы) нельзя достоверно рассчитать, зная объемный выход хлеба отдельно из зерна сильной и слабой пшениц.

Как правило, объемный выход хлеба из смеси при некотором соотношении зерна смешиваемых партий оказывается больше объемного выхода хлеба из зерна сильной пшеницы. Это получило название отклонения от закона аддитивности (аддитивность — свойство величины, когда величина, соответствующая целому объему, равна сумме значений величин, соответствующих его частям). Поэтому отклонение от закона аддитивности по величине объемного выхода хлеба находят экспериментальным путем. Соотношение зерна, дающее максимальное отклонение, может быть принято за оптимальное. На рисунке 3.3 представлено экспериментальное и расчетное изменение объемного выхода хлеба в зависимости от соотношения зерна сильной и слабой пшеницы (по данным П.М. Конькова).

Анализ показывает, что объемный выход хлеба при увеличении доли муки из сильной пшеницы в смеси увеличивается не по линейному закону (пунктирная линия), а по параболическому закону (экспериментальная кривая — сплошная линия). При этом максимальный объем хлеба зафиксирован при содержании в смеси 75,0 % муки из сильной пшеницы, а максимальное отклонение от расчетного значения (отклонения от закона аддитивности) — приблизительно при равном соотношении сильного и слабого зерна в смеси. Сложность оптимизации хлебопекарных свойств по этому принципу состоит в том, что величины отклонения от закона аддитивности должны находиться экспериментально для каждой новой партии зерна.

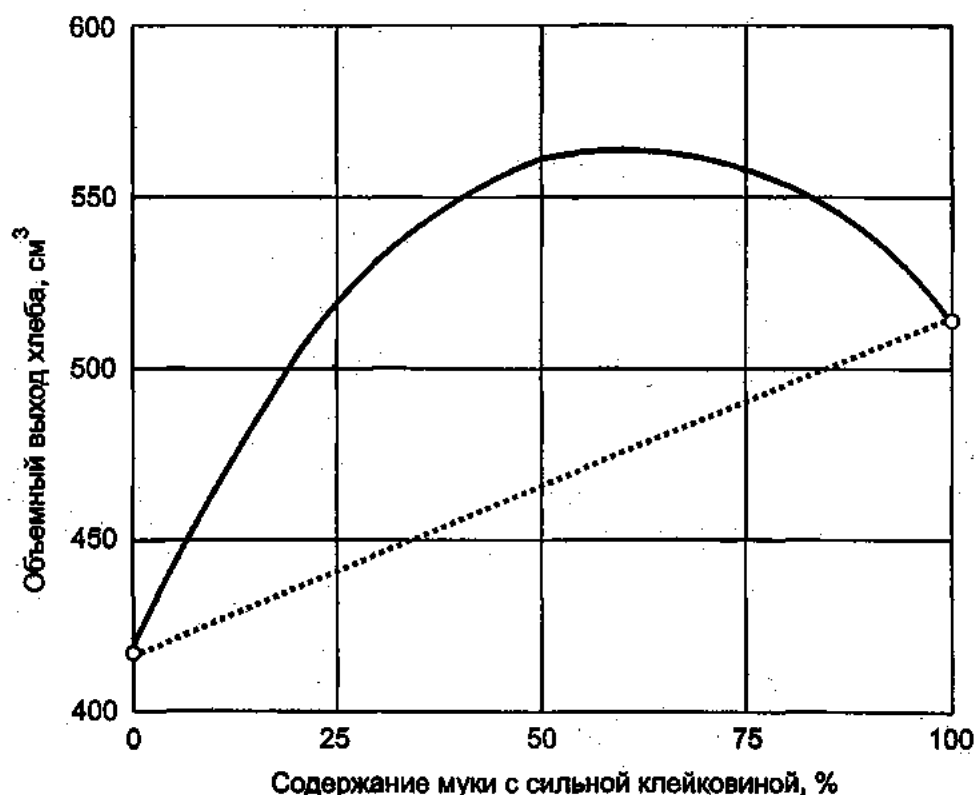


Рис. 3.3. Изменение объемного выхода хлеба из смеси муки с сильной и слабой клейковиной

Расчет помольной партии

Помольную партию составляют из разного числа компонентов. Чаще всего встречаются смеси из двух компонентов, реже из трех и четырех. Количество каждого компонента находят расчетным путем. При этом исходят из того, что компоненты равномерно смешиваются, образуя однородную смесь. Количество каждого компонента находят методом определения средневзвешенной величины. Задача о составлении помольной смеси решается в три этапа. На первом этапе определяют средневзвешенное значение показателя качества смеси. В практической технологии муки при определении этого показателя наиболее часто исходят из наличия зерна в производственных хранилищах, его качества и равномерного использования его запасов. При смешивании по стекловидности удовлетворительных результатов добиваются, если средневзвешенная стекловидность партии зерна будет не менее 50,0 %. При смешивании по натуре, зольности добиваются равномерного расходования зерна различных показателей качества. При смешивании зерна по количеству сырой клейковины для сортовых помолов клейковина смеси не должна быть ниже 25,0 %, а при выработке обойной муки — 20,0 %. Возможен также расчет минимального значения сырой клейковины зерна для получения стандартной по содержанию сырой клейковины муки методом качественного материального баланса. При смешивании зерна по качеству клейковины добиваются оптимального значения объемного выхода хлеба или чтобы клейковина зерна была по качеству не ниже второй группы.

На втором этапе определяют массу партии зерна. Здесь всецело исходят из наличия зерна, способного дать смесь с оптимальными технологическими и хлебопекарными свойствами.

На третьем этапе производят необходимый расчет. Исходные данные для расчета двух-компонентной смеси:

M — масса зерна помольной партии;

\bar{X} — средневзвешенное значение качества, по которому производят смешивание;

m_1, m_2 — массы отдельных компонентов смеси;

x_1, x_2 — показатели качества компонентов смеси.

По этим данным составляют уравнения количественного и качественного баланса смеси:

$$M = m_1 + m_2, \quad (3.2)$$

$$M \cdot \bar{X} = m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2. \quad (3.3)$$

Систему уравнений решают относительно масс зерна отдельных компонентов смеси:

$$m_1 = \frac{M(\bar{X} - x_2)}{x_1 - x_2}; \quad m_2 = M - m_1. \quad (3.4)$$

При смешивании зерна из трех компонентов исходят из равенства масс двух партий. Существуют и другие методы расчетов помольной смеси — графический по специальным номограммам, метод обратных пропорций по специальным программам с использованием ЭВМ.

Организация смешивания зерна на мукомольных заводах

Как правило, смешиваемые компоненты помольной партии зерна передаются раздельно (последовательно или параллельно в зависимости от оснащённости завода) в ёмкости для неочищенного зерна. Количество ёмкостей для зерна каждого компонента рассчитывают исходя из суточной потребности в зерне в соответствии с рецептурой помольной смеси. Далее задача сводится к учёту индивидуальных особенностей зерна каждого компонента смеси и их равномерного смешивания перед помолом. При этом особое внимание уделяют оптимальным режимам гидротермической обработки каждого компонента смеси в соответствии с его качеством.

При наличии параллельных технологических линий для подготовки зерна технология индивидуальной подготовки зерна решается достаточно просто. Производительность дозаторов зерна настраивается в соответствии с рецептурой смеси, а индивидуальные особенности зерна учитываются при определении режимов гидротермической обработки (степени увлажнения, времени отволаживания и кратности процесса). Далее после окончания гидротермической обработки в оптимальном режиме зерно каждого компонента смешивается в транспортных шнеках или в специальных шнеках-смесителях и одним потоком передаётся в размольное отделение.

При организации подготовки разнокачественного зерна на одной технологической линии учесть индивидуальные особенности каждого компонента смеси значительно сложнее. При этом возможно два решения. При наличии большого количества ёмкостей для отволаживания процесс гидротермической обработки можно вести последовательно. Вначале обрабатывать зерно с большим временем отволаживания, а затем с меньшим. Смешивание потоков осуществляют после проведения гидротермической обработки. При ограниченном количестве ёмкостей для отволаживания гидротермическую обработку проводят в режиме партии зерна, время отволаживания для которого больше. Смешивание потоков помольной партии при этом осуществляют непосредственно после ёмкостей для неочищенного зерна в транспортных и смесительных шнеках.

Таким образом, для оптимальной организации процесса смешивания мукомольный завод должен иметь достаточное количество ёмкостей для неочищенного зерна и отволаживания, определённый набор дозирующих и смешивающих устройств и гибкую многоступенчатую технологическую схему на этапе подготовки зерна к переработке.

ГЛАВА 2

ПОДГОТОВКА ЗЕРНА К ПОМОЛУ

§ 1. Задача процесса и требования к качеству зерна

Известно, что качество зерна — одна из основных составляющих эффективного ведения технологического процесса на мукомольном заводе. Поэтому подготовке зерна к помолу всегда уделялось особое внимание. Подготовить зерно к переработке — это значит придать ему такие свойства, которые бы позволили с максимальной эффективностью решить основную задачу мукомольной технологии — разделить с минимальными эксплуатационными затратами главные анатомические части зерна — крахмалистый эндосперм и высокозольные оболочки.

Кроме этого, в готовую продукцию не должны попадать ядовитые и вредные компоненты из зерновой массы. В противном случае мука и крупа могут стать непригодными и даже опасными при выпечке хлеба или производстве макаронных изделий.

Зерно должно иметь удовлетворительное санитарное состояние, что должно минимизировать попадание в муку плесеней, грибков, волосков грызунов и хитинового покрова насекомых.

Подготовленное к переработке зерно должно иметь ограниченное содержание не ядовитой сорной примеси, в том числе минеральной, а также металломагнитной.

Эндосперм зерна должен быть разрыхлен микро- и макро-трещинами, что обеспечивает эффективное его измельчение с образованием высококачественных круподунстовых продуктов.

Также в максимальной степени должны быть разрушены связи разделяемых в процессе технологии анатомических частей зерна.

Кроме этого, начальное состояние зерна по стекловидности или твердозерности должно обеспечить высокую крупобразующую способность, что является гарантией высокоэффективного ведения технологического процесса. И, наконец, количество и качество клейковины должны обеспечить получение стандартной по этим показателям муки с высокими хлебопекарными свойствами.

Начальное состояние зерна, хранящегося в производственном элеваторе, не позволяет без предварительной подготовки получить готовую продукцию высокого качества по ряду причин:

- ♦ как правило, зерно засорено примесями, в числе которых соломистые частицы, семена дикорастущих растений, минеральные примеси, металломагнитные и т. п., которые свободно располагаются в межзерновом пространстве и с зерном практически не связаны;

- ♦ поверхность зерна пориста, покрыта минеральной пылью, прилипшими частицами хитинового покрова насекомых и волосков грызунов. При неблагоприятных условиях уборки и хранения на поверхности зерна могут накапливаться плесени, грибки;
- ♦ заложенное на хранение зерно имеет низкую влажность, прочную структуру, прочную связь оболочек и эндосперма, что при начальном измельчении приводит к образованию сростков оболочек и эндосперма (трудноразделимые, нежелательные компоненты продуктов измельчения), а также к повышенному расходу энергии на измельчение.

Большинство показателей и признаков качества зерна могут быть с достаточной степенью оптимизированы в условиях подготовки его к помолу. Однако в некоторых случаях зерно может иметь явно выраженные дефекты, которые не удастся изменить в лучшую сторону. К таким дефектам относят наличие посторонних запахов (нефтепродуктов, затхлого, солодового), которые не могут быть удалены проветриванием или вентилированием. Не может быть использовано в технологии муки зерно, испорченное самосогреванием и сушкой, плесневелое, с пониженным содержанием сырой клейковины и неудовлетворительным качеством, не обеспечивающее по этим показателям качество муки.

Зерно, направляемое из производственных зернохранилищ в зерноочистительное отделение мельницы, должно иметь качество не ниже мельничных кондиций, что гарантирует получение из него качественной продукции.

Такое зерно должно быть доброкачественным, не затхлым, не плесневелым, не испорченным самосогреванием и сушкой, не должно иметь посторонних запахов, не свойственных данному зерну.

Рекомендуемая начальная влажность зерна может изменяться в зависимости от типа помола. Так, при сортовых помолах пшеницы и ржи с выработкой муки высшего сорта для сеяной рекомендуемая влажность зерна должна быть не выше 13,0 %, что связано с обязательным проведением для этих типов помолов гидротермической обработки в несколько этапов. Для других типов сортовых помолов рекомендуемая влажность зерна не должна превышать 14,0 %. Для обойных помолов влажность зерна должна быть на уровне, обеспечивающем получение стандартной по влажности муки.

Содержание сорной примеси должно быть не более 2,0 %. При наличии в производственном элеваторе оборудования для очистки зерна содержание сорной примеси в зерне должно быть не более 1,0 %. В составе сорной примеси ограничивается содержание испорченных зерен (не более 1,0 % для всех помолов, кроме помолов в макаронную муку, где содержание испорченных зерен не должно превышать 0,5 %) и вредной примеси (не более 0,2 %). В составе вредной примеси содержание головни и спорыньи, отдельно или вместе, не должно превышать 0,05 %, а горчака и вязеля, также отдельно или вместе, — 0,04 % из общей нормы 0,05 %.

Содержание зерновой примеси должно быть не более 5,0 % в пшенице и 4,0 % во ржи, в том числе проросших зерен не более 3,0 %. Для макаронных помолов пшеницы норма зерновой примеси снижается до 4,0 %, а содержание проросших зерен — до 2,0 %.

Содержание фузариозных зерен должно быть не более 1,0 % (количество vomitоксина не более 0,7 мг/кг).

Количество и качество клейковины зерна в помольной смеси должно обеспечивать выработку муки, стандартной по данным показателям качества.

§2. Общие принципы построения технологического процесса подготовки зерна к помолу

В соответствии с задачей подготовки зерна к помолу технологический процесс должен включать:

- сепарирование зерна с использованием сит, ячеистых поверхностей, пневмосепарирующих каналов, магнитных аппаратов, сепараторов-камнеотделителей, разделяющих зерно и примеси по совокупности признаков;
- сухую обработку поверхности зерна (поверхностное шелушение) с использованием различного оборудования с наждачной, стальной, щеточной и ситовой рабочей поверхностью;
- влажную или мокрую обработку поверхности зерна или мойку зерна при полном погружении в воду для обеспечения санитарной чистоты, снижения зольности и начального увлажнения;
- гидротермическую обработку в соответствии с качеством зерна и типом помола;
- воздействие на зерно ударом о стальную отражательную поверхность для удаления скрытой зараженности, разрушения пустотелых, изъеденных изнутри зерен и т. п.;
- оперативное хранение зерна в емкостях для неочищенного зерна и отволаживания в соответствии с типом технологии;
- комплекс средств для обеспечения постоянства массовой доли потока зерна в единицу времени, формирования помольной партии и весового контроля за операциями с зерном и готовой продукцией, который включает весовое, дозирующее, смешивающее оборудование;
- контроль отходов и кормовых зернопродуктов для извлечения полезного зерна.

Количество одноименных операций в технологическом процессе подготовки диктуется или эффективностью единичных операций, или сложностью операции. Например, при однократном сепарировании из зерна извлекается около 65,0 % примесей, которые могут быть выделены на данном сепараторе. Если остаточное содержание примеси в зерне превышает допустимый предел по условиям ведения технологического процесса, то сепарирование проводят на втором этапе. И, наоборот, при высокоэффективной предварительной подготовке зерна в производственном элеваторе можно ограничиться одним сепараторным проходом.

Еще один пример. При проведении гидротермической обработки высокостекловидного зерна пшеницы при ее подготовке к сортовому помолу рекомендуется проводить трехкратное увлажнение и отволаживание (два основных и одно непосредственно перед измельчением). Кратность процесса диктуется качеством зерна и типом помола, что необходимо предусматривать в технологии.

Последовательность отдельных операций должна быть наиболее целесообразная. Кроме исполнения основной функции, операция должна обеспечивать оптимизацию условий проведения последующих операций. Например, при значительной засоренности зерна эффективность извлечения минеральных примесей в камнеотборниках или в ячеистых сепараторах-триерах снижается. Поэтому этим операциям должна предшествовать операция сепарирования зерна от грубых, крупных, легких и мелких примесей.

Более высокая эффективность гидротермической обработки наблюдается для очищенного от примесей зерна. Увлажненное, сильно засоренное зерно становится трудно сыпу-

чим, что затрудняет сепарирование. Поэтому гидротермическую обработку проводят после проведения основных операций сепарирования.

Процесс в подготовительном отделении мукомольного завода принято изображать в виде технологических схем, представляющих собой графическую запись последовательности применения технологических систем (в виде машин и аппаратов), исполняющих отдельные операции.

Технологические системы изображаются в виде технологических схем оборудования с обязательным показом поступающего и выходящих продуктов. Простые сепараторы — сита, ячейки триеров и т. п. должны иметь общепринятые в отрасли обозначения. Каждая система, включая и оперативные емкости разного назначения, должна иметь наименование. Транспортные механизмы для вертикального или горизонтального перемещения продуктов (шнеки, норы, материалопроводы пневмотранспорта и т. п.) должны быть показаны на технологической схеме условными обозначениями. Зерно и выделенные отходы должны быть доведены до следующей системы сплошной линией основного контура. Допускается не проводить линию, символизирующую перемещение продукта от системы к системе, а изображать направление продукта в виде отрезка со стрелкой на конце и надписью, на какую систему направляется продукт. Рекомендуется в разрыве линии проставлять цифру, указывающую наименование продукта. На рисунке 3.4 показано примерное обозначение первой сепараторной системы в технологической схеме подготовки зерна пшеницы к сортовому помолу.

Насыщенность технологических операций в общей технологии подготовки зерна к помолу или построение схемы зависит от ряда факторов. Перечислим наиболее весомые:

- ♦ **вид перерабатываемого зерна** — пшеница, рожь, кукуруза, тритикале. Например, рожь, имея специфический химический состав, не должна интенсивно увлажняться. Отволаживание сокращают до минимума. Кратность процесса увлажнения и отволаживания сокращают до двух, исключают мойку и пропаривание;
- ♦ **тип помола**. Сортные помолы требуют многократной обработки влагой с последующим отволаживанием. В некоторых случаях эффективно обрабатывать зерно пшеницы паром с последующим термостатированием в течение определенного времени. Количество циклов увлажнение–отволаживание может достигать трех при обработке высокостекловидной пшеницы низкой влажности. Напротив, при подготовке к обойным помолам ограничиваются одним циклом увлажнение–отволаживание или вовсе не проводят при влажности зерна, обеспечивающей стандартную влажность муки. Макароны помолы пшеницы, помолы ржи и обойные помолы пшеницы и ржи исключают из технологии подготовки тепловые методы гидротермической обработки, в отличие от сортовых хлебопекарных помолов пшеницы;
- ♦ **конструктивные особенности применяемого технологического оборудования**. Так, при использовании сложных ситовых или ситовоздушных сепараторов возможно деление зерна на фракции с последующей их отдельной обработкой. Оборудование для сухой обработки поверхности зерна (обочные, щеточные машины) может иметь или не иметь встроенные пневмоприемники для обеспечения последующего перемещения зерна. Это предопределяет использование на этапе пневмосепарирования продуктов шелушения различного оборудования. Использование в технологии моечных машин или машин мокрого шелушения предопределяет применение технологий обработки влажных отходов по схеме: выделение из моечной воды зерна и отходов, отжим воды, сушка влажных отходов;

- **качество зерна.** Это существенный фактор при выборе, в основном, способа и режимных параметров гидротермической обработки. Наиболее значимыми показателями качества зерна при этом являются количество и качество клейковины, стекловидность и типовой состав. Стекловидность зерна также может повлиять на выбор способов и режимов сухой обработки поверхности. Специфические засорители требуют специальных приемов подготовки зерна. Например, правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах рекомендуют при систематическом поступлении зерна в переработку с содержанием минеральных примесей больше 0,1 % двойную очистку зерна с использованием специальных камнеотборников. Аналогичные требования предъявляются к технологии при повышенном содержании в зерне куколя и овсюга. Специфические засорители требуют корректировки размеров отверстий сит, ячеей триеров, скорости воздушного потока в пневмосепараторах и т. п.;
- **производительность мукомольного завода.** В основном, влияние производительности связано с насыщенностью технологического процесса технологическим оборудованием и возможностью отдельно обрабатывать зерно разного качества. Практически все отечественные мукомольные заводы малой и средней производительности ведут подготовку зерна на одной технологической линии от приема зерна в емкости для неочищенного зерна до передачи его в размольное отделение. Это создает дополнительные трудности при подготовке разнокачественного зерна в составе помольной партии. На заводах большой производительности (свыше 300 т/сут) технология может осуществляться параллельными потоками, двумя и более. Так, для заводов производительностью 500 т/сут на комплектном оборудовании по технологии фирмы Bühler переработка и подготовка осуществляется в двух секциях с производительностью 250 т/сут каждая. Внутри каждой секции подготовка на начальном этапе, включая и гидротермическую обработку, осуществляется также двумя параллельными потоками, т.е. вся технология подготовки осуществляется четырьмя потоками, что позволяет учитывать индивидуальные особенности зерна в составе помольной партии;
- **способ транспортирования зерна.** На мукомольных заводах в основном используется механический (нории) и пневматический способы транспортирования. Считается, что при перемещении зерна в материалопроводах пневмотранспортеров при контакте со стенками происходит дополнительное шелушение поверхности зерна. При использовании норий такое воздействие минимально. Поэтому при механическом транспорте зерна рекомендуется использовать дополнительную систему для сухой обработки поверхности. В современных технологиях может использоваться смешанный вид транспорта: механический и пневматический. В этом случае надобности в установке дополнительной системы по обработке поверхности зерна нет.

§3. Подбор сит, размеров ячеей триеров, скорости воздушных потоков при пневмосепарировании

Ситовое, пневматическое и триерное сепарирование функционирует с высокой эффективностью при правильном подборе типов и размеров отверстий сит, диаметров ячеек триеров и скоростей воздушного потока в пневмоканалах. Задача о сепарировании реша-

ется в соответствии с технологической схемой принятого для сепарирования средства и характерными особенностями зерна и примесей.

Последовательность действий при подборе сит:

- ♦ анализируют технологическую схему сепарирующего устройства, т. е. определяют количество сит, схему поступления и распределения зерна, перемещения и вывода продуктов из сепаратора;
- ♦ определяют в общем виде технологическую крупность продуктов, выводимых в результате сепарирования (т.е. проходом и сходом каких сит каждый из конкретных продуктов выводится из сепаратора);
- ♦ анализируют крупность компонентов, входящих в зерновую массу. При этом выделяют:
 - а) грубые примеси (имеют размеры больше любого размера зерна);
 - б) крупные примеси (имеют размеры больше толщины или ширины зерна);
 - в) мелкие примеси (имеют размеры меньше толщины или ширины зерна);
 - г) крупное и мелкое зерно (определяют в соответствии с действующими техническими условиями. Так, правила рекомендуют считать мелкой фракцией зерно пшеницы, прошедшее через полотно решетное с размером отверстия $2,0 \times 20$ и $2,2 \times 20$ и полученное сходом полотна решетного $1,7 \times 20$. По стандарту это полотна решетные второго типа);
- ♦ расставляют компоненты зерновой массы по убывающей степени крупности. Если количество компонентов зерновой массы больше, чем возможность сепаратора, то организуют выделение примесей в два и более этапов (например, грубую примесь выделяют в скальператоре, если принят сепаратор с двумя рядами сит) или исключают, например деление зерна на фракции;
- ♦ ориентируют компоненты зерновой массы в соответствии с технологической схемой сепаратора или определяют место выхода каждого из компонентов смеси из сепаратора. По этому принципу самый крупный продукт смеси может быть выведен из сепаратора первым сходом, а самый мелкий — первым проходом;
- ♦ проставляют сита.

Проследим процедуру подбора сит для сепаратора ситовоздушного с четырьмя рядами сит (в соответствии с рис. 3.4). По данной технологической схеме в ситовом блоке сепаратора выводится пять продуктов: четыре — сходом и один — проходом.

На сепарирование поступило зерно пшеницы с размерами: по длине 6,0–7,0 мм, по ширине 3,2–4,0 мм и толщине — 3,0–3,5 мм. В составе зерновой массы имеются грубые, крупные, мелкие, легкие, короткие и длинные примеси. В ситовом блоке сепаратора могут быть выделены только определенные категории примесей. Первым сходом должен быть выделен самый крупный продукт смеси — грубые, случайно попавшие примеси. Размер отверстия приемного сита должен быть больше любого размера зерна. Традиционно для пшеницы принимают сито $\varnothing 10-12$ мм (по стандарту 1-100, 1-120). Вторым сходом сепаратора извлекают крупные примеси. Поэтому второе сито сепаратора сортировочное должно иметь размер отверстий, чтобы зерно оказалось в проходе сита. Причем, это может быть сито первого типа, тогда размер его отверстия должен быть больше ширины зерна ($\varnothing 6-8$ мм или по стандарту — 1-60; 1-80) или сито второго типа, тогда размер его отверстия по ширине должен быть больше толщины зерна (около $4,0 \times 20$ или по стандарту — 2а-40 $\times 20$).

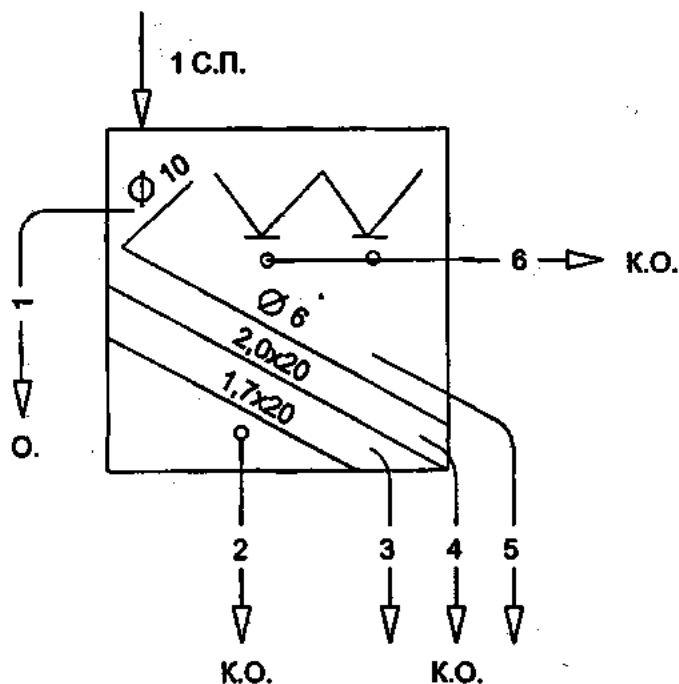


Рис. 3.4. Пример обозначения технологической системы:

1 С.П. — первый сепараторный проход; О. — отходы; К.О. — контроль отходов.

1 — грубые примеси; 2 — мелкие примеси; 3 — мелкое зерно; 4 — крупное зерно;
5 — крупные примеси; 6 — легкие примеси.

Третье сито сепаратора (разгрузочное) принимают с таким расчетом, чтобы разделить зерно на крупное и мелкое. По рекомендациям правил организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах это сито может быть $2,0 \times 20$ или $2,2 \times 20$ (по стандарту 2а-20 \times 20 или 2а-22 \times 20) в зависимости от общей крупности и выравниваемости зерна. Таким образом, проходом этого сита выделяется мелкая фракция зерна с мелкими примесями, а сходом — крупная фракция зерна. На нижнем сите сепаратора (подсевном) подбирают сита с таким расчетом, чтобы проходом получить мелкую примесь. Размер отверстия сита должен быть меньше толщины зерна. Традиционно для пшеницы это сито второго типа с размером $1,7 \times 20$ или $1,8 \times 20$ (по стандарту 2а-17 \times 20 или 2а-18 \times 20).

Таким образом, в результате сепарирования в ситовом блоке сепаратора было получено пять продуктов:

- грубая примесь (сход сита Ø 10–12 мм);
- крупная примесь (проход сита Ø 10–12 мм и сход сита Ø 6–8 мм или $4,0 \times 20$);
- крупное зерно (проход сита Ø 6–8 мм или $4,0 \times 20$ и сход сита $2,0 \times 20$ или $2,2 \times 20$);
- мелкое зерно (проход сита $2,0 \times 20$ или $2,2 \times 20$ и сход сита $1,7 \times 20$ или $1,8 \times 20$);
- мелкая примесь (проход сита $1,7 \times 20$ или $1,8 \times 20$).

При использовании сепараторов с тремя рядами сит верхнее сито выполняет функцию приемного, второе — сортировочного, третье — подсевного. Очевидно, что в этом случае в ситовом блоке сепаратора будут выделены все категории примесей. Однако ввиду отсут-

ствия разгрузочного сита зерно не может быть разделено на крупное и мелкое и будет выведено одним потоком.

При использовании сепараторов с двумя рядами сит (сепараторы типа БЛС и БИС) верхнее сито ситового блока выполняет функцию сортировочного, а нижнее — подсеивного. Технологическая схема сепаратора позволяет получить верхним сходом крупные примеси, вторым сходом — зерно, а проходом подсеивного сита — мелкие примеси. Таким образом, при технологической эксплуатации такого сепаратора в зерноочистительном отделении мукомольного завода зерно должно быть предварительно освобождено от грубых примесей на стадии предварительной подготовки и формирования помольной партии в производственном элеваторе. На рисунке 3.5 представлена технологическая схема предварительной очистки и выделения мелкой фракции зерна, эксплуатируемая на мельзаводах с комплектным оборудованием. По данной технологической схеме зерно проходит трехкратное последовательное сепарирование. На первом этапе с помощью скальператора выделяют грубые, случайно попавшие примеси. На втором этапе выделяется значительное количество мелких и крупных примесей в ситовом блоке сепаратора, а с помощью пневмосепарирующего канала — легкие примеси.

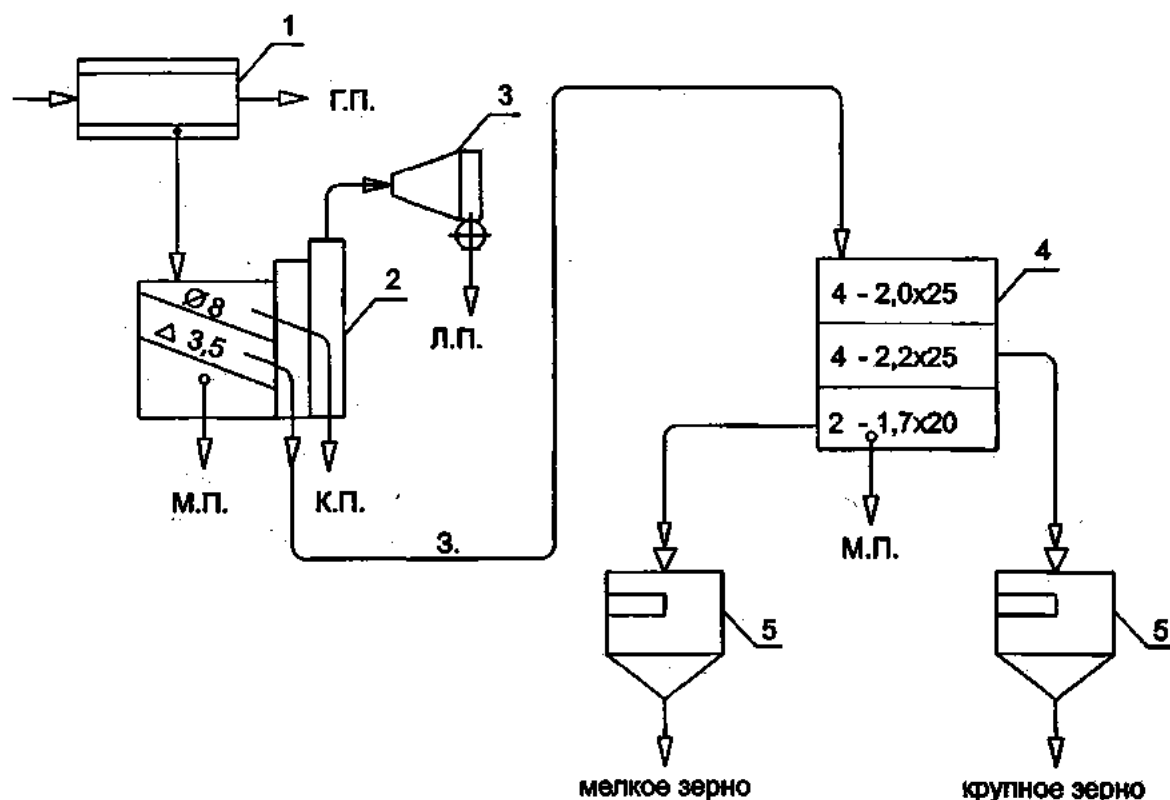


Рис. 3.5. Технологическая схема предварительной очистки и отбора мелкой фракции зерна:

Г.П. — грубая примесь; Л.П. — легкая примесь;

М.П. — мелкая примесь; К.П. — крупная примесь; З. — зерно.

1 — скальператор; 2 — сепаратор типа БИС, БЛС; 3 — горизонтальный циклон;

4 — шкафной сепаратор типа БСФ-50; 5 — автоматические весы

Третий этап сепарирования выполняет функцию калибрования или разделения зерна на мелкую и крупную фракции. В соответствии с технологией выделяется дополнительно мелкая примесь, крупное (направляется на мукомольный завод) и мелкое зерно (направляется на комбикормовые цели). При наличии предварительной подготовки зерна в элеваторе непосредственно в зерноочистительном отделении мукомольного завода можно ограничиться одним сепараторным проходом.

При подборе сит для сепарирования ржи несколько сгущают сортировочное, разгрузочное и подсеивное сита.

Размер ячеек дисков или цилиндров триеров выбирают также с учетом характера примесей и размера зерна по длине. Рекомендуется для куколеотборников использовать диски или цилиндры с размером ячеек 4–5 мм на рабочих системах, а на контрольных 3–4 мм.

Для овсюгоотборников размеры ячеек дисков или цилиндров принимают:

- для мягкой пшеницы на рабочих системах 8–10 мм;
- для мягкой пшеницы на контрольных системах 9–11 мм;
- для твердой пшеницы — 11–13 мм;
- для ржи — 11–14 мм.

Воздушный режим зерноочистительных машин должен быть отрегулирован на максимальное выделение примесей, отличающихся от зерна скоростью витания, без уноса в отходы годного зерна.

§4. Технологический процесс подготовки пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу

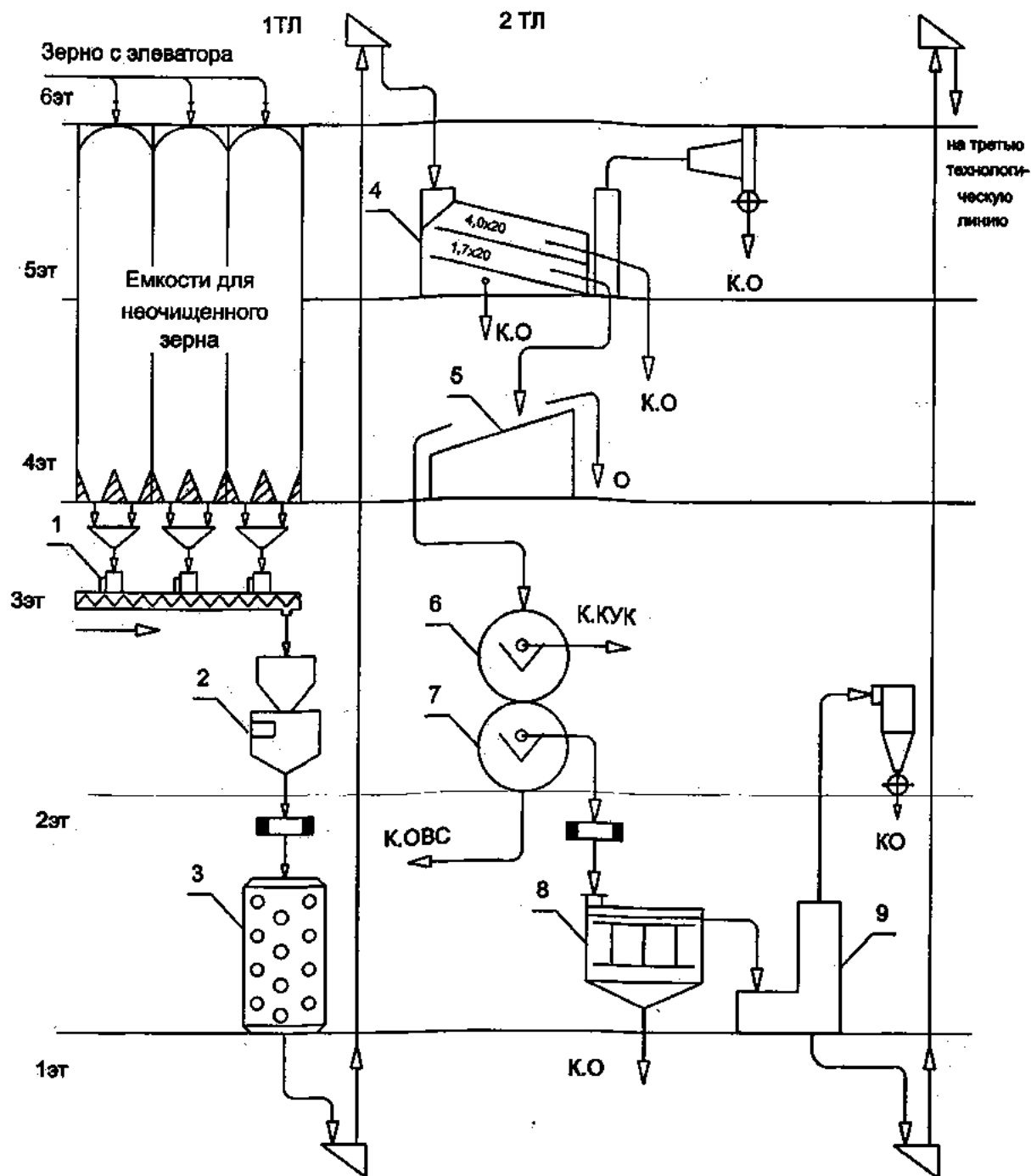
Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах рекомендуют определенную последовательность технологического процесса в зависимости от типа помола и вида перерабатываемой культуры. Как уже было сказано выше, определенную корректировку в последовательности применения отдельных операций могут внести особенности применяемого оборудования, качество зерна, а также производительность завода. На заводах большой производительности технология осуществляется двумя и более параллельными потоками с приблизительно одинаковой последовательностью применяемых операций. Различие может быть в режимных параметрах отдельных операций с учетом качества зерна. Общее количество систем или отдельных единиц оборудования в технологической схеме может достигать десятков. В связи с этим типовой технологический процесс подготовки зерна к помолу располагается в многоэтажных зданиях, чаще всего на 5–6 этажах. Для передачи зерна с системы на систему сверху вниз используется гравитационный или самотечный транспорт. В связи с этим технология строится таким образом, что группа машин, емкостей, объединенная в единое целое в соответствии с технологией, образует технологический поток или технологическую линию. Передача зерна на следующую технологическую линию осуществляется (снизу вверх) одним из видов транспорта — нориями, пневмотранспортерами, аэрозольтранспортерами. Таких технологических потоков может быть шесть–семь. Перемещение зерна и отходов в горизонтальной плоскости осуществляется в большинстве случаев шнеками (винтовыми конвейерами). Таким образом, технологическое оборудование, увязанное в единое целое самотеч-

ным, механическим, пневматическим или другим видом транспорта, образует технологическую схему подготовки.

Для эффективного изучения технологии в целом ее предпочтительно изображать в виде отдельных технологических потоков или линий, поэтажно. Принципиальная (типовая) технологическая схема подготовки пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу позволяет проводить операции с зерном пшеницы любой стекловидности и любого качества клейковины, для чего в технологии предусмотрены необходимые системы и процессы.

На рисунке 3.6 представлены первая и вторая технологические линии общей схемы подготовки, которые объединяют операции с зерном до гидротермической обработки. Первая технологическая линия создает необходимые условия для работы зерноочистительного отделения и в целом мукомольного завода. По технологической схеме зерно из производственного элеватора в соответствии с рецептурой помольной партии передается в емкости для неочищенного зерна, вместимость которых должна обеспечить бесперебойную работу мукомольного завода не менее чем на сутки (рекомендуется на 40–50 часов). Конструктивно емкости должны исключить самосортирование зерна при выпуске, что обеспечивает постоянство качества зерна по содержанию примесей (последнее необходимо для стабилизации режимов работы отдельных машин, систем и процессов). Для этого в днище емкости устраивают достаточное количество отверстий, равномерно распределенных по сечению дна. При этом суммарная площадь выпускных отверстий должна быть равна 0,3–0,35 площади сечения емкости. Это так называемые емкости с выпуском по принципу «массового потока». Для оперативного дистанционного контроля за уровнем зерна в емкостях рекомендуется устраивать датчики верхнего и нижнего уровня зерна. Важным фактором эффективной работы зерноочистительного отделения является стабильность производительности потоков зерна во времени. Для этого предусматривается использование дозаторов, которыми снабжена каждая индивидуальная емкость. Дозируемое по производительности и в соответствии с рецептурой зерно смешивается в непрерывном режиме в винтовых конвейерах (шнеках), при перемещении в самотеках и других транспортных механизмах, в технологическом оборудовании. Весовой учет и контроль за поступающим в подготовительное отделение зерном осуществляется автоматическим взвешиванием. На первой технологической линии осуществляется также подогрев зерна в специальных аппаратах. Эта операция особенно необходима в холодное время года. Она обеспечивает проведение гидротермической обработки с максимальной эффективностью. При низких температурах возможно обледенение зерна при контакте с водой, влагоперенос происходит с минимальной скоростью или практически не происходит, что делает эффект от гидротермической обработки нулевым.

На второй технологической линии осуществляется основное сепарирование зерна и первая сухая обработка поверхности. Зерно после первой технологической линии сепарруют на ситовом сепараторе, где выделяются примеси, отличающиеся от зерна по ширине, толщине, а при наличии пневмосортировальных каналов — по скорости витания. При начальном сепарировании в зерне содержится значительное количество соложистых частиц и минеральной примеси, что определяет направление выделенных примесей — на контроль отходов (по прежней классификации на контроль отходов III-й



К.О — контроль отходов; О — отходы; К.КУК — контроль куколя; К.ОВС — контроль овсюга

Рис. 3.6. Схема подготовки зерна пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу.

Первая и вторая технологические линии:

- 1 — дозаторы; 2 — автоматические весы; 3 — подогреватель; 4 — сепаратор;
 5 — камнеотборник; 6 — куколеотборник; 7 — овсюгоотборник; 8 — обоечная машина;
 9 — пневмосепаратор.

категории). Очищенное от грубых, крупных, мелких и легких примесей зерно обрабатывают в камнеотборнике, где выделяются минеральные примеси. Предпочтение на этой операции отдают камнеотборникам вибропневматического принципа действия. Выделенные минеральные примеси при высокой эффективности работы камнеотборников практически не содержат полезного зерна, что позволяет направлять их без контроля в некормовые отходы.

На третьем этапе второй технологической линии удаляют из зерна короткие (куколь) и длинные (овсюг) примеси. Вместе с куколем в ячейки триеров попадают мелкие минеральные примеси, частицы дробленого зерна, что делает необходимым контроль выделенных отходов. Овсяг также контролируют на отдельной системе с целью выделения полезного зерна. При высокой эффективности рабочей операции возможно направление куколя в емкости для куколя, а овсяга — на дробление, а затем в кормовые отходы (кормовые зернопродукты) без проведения контрольных операций. Возможно также использование вместо овсягоотборников концентраторов специального технологического оборудования (работающего по принципу зерновой ситовечной машины) для выделения низконатурных примесей.

Заключает технологическую линию система для сухой обработки поверхности зерна. На этой операции может использоваться любой тип оборудования — с наждачным, ситовым, стальным или щеточным цилиндром в зависимости от производственной задачи. Подробно этот вопрос освещается в разделе об обработке поверхности зерна второй части книги. В результате обработки снижается зольность зерна за счет частичного удаления поверхностных слоев и минеральной пыли, скапливающейся в бороздке и на поверхности зерна. Общее количество тонкодисперсных продуктов шелушения может достигать 0,1–0,4 %, которые отличаются от зерна размерами и скоростью витания. Продукты шелушения удаляют из зерновой массы с помощью пневмосепарирующих средств. Это может осуществляться или в конце второй технологической линии или в начале третьей в зависимости от типа применяемого оборудования (в соответствии с рис. 3.7).

В случае а) обоечная машина и пневмосепаратор установлены в конце второй технологической линии в пределах одного этажа. Выделенные легкие примеси контролируются, а зерно транспортируется на третью технологическую линию.

В случае б) после сухой обработки в конце второй технологической линии зерно и продукты шелушения пневмотранспортером передаются на третью технологическую линию. В начале линии устанавливают специальный пневмоаспиратор, где выделяются зерно и продукты шелушения.

В случае в) обработанное на обоечной машине в конце второй технологической линии зерно вместе с продуктами шелушения транспортируется на третью технологическую линию, разгружается в циклоне-разгрузителе, а затем продукты шелушения отделяются на специальной системе пневмосепарирования. Часть наиболее легких продуктов шелушения уносится воздухом в пневмоколлекторы и выделяется при тонкой очистке воздуха. Вместо пневмотранспортера может использоваться нория, а продукты шелушения выделяются в пневмосепараторе в начале третьей технологической линии.

На рисунке 3.8 представлены третья, четвертая и пятая технологические линии, оборудование которых обеспечивает гидротермическую обработку зерна. Третья технологическая линия осуществляет обработку зерна в режиме скоростного кондиционирования.

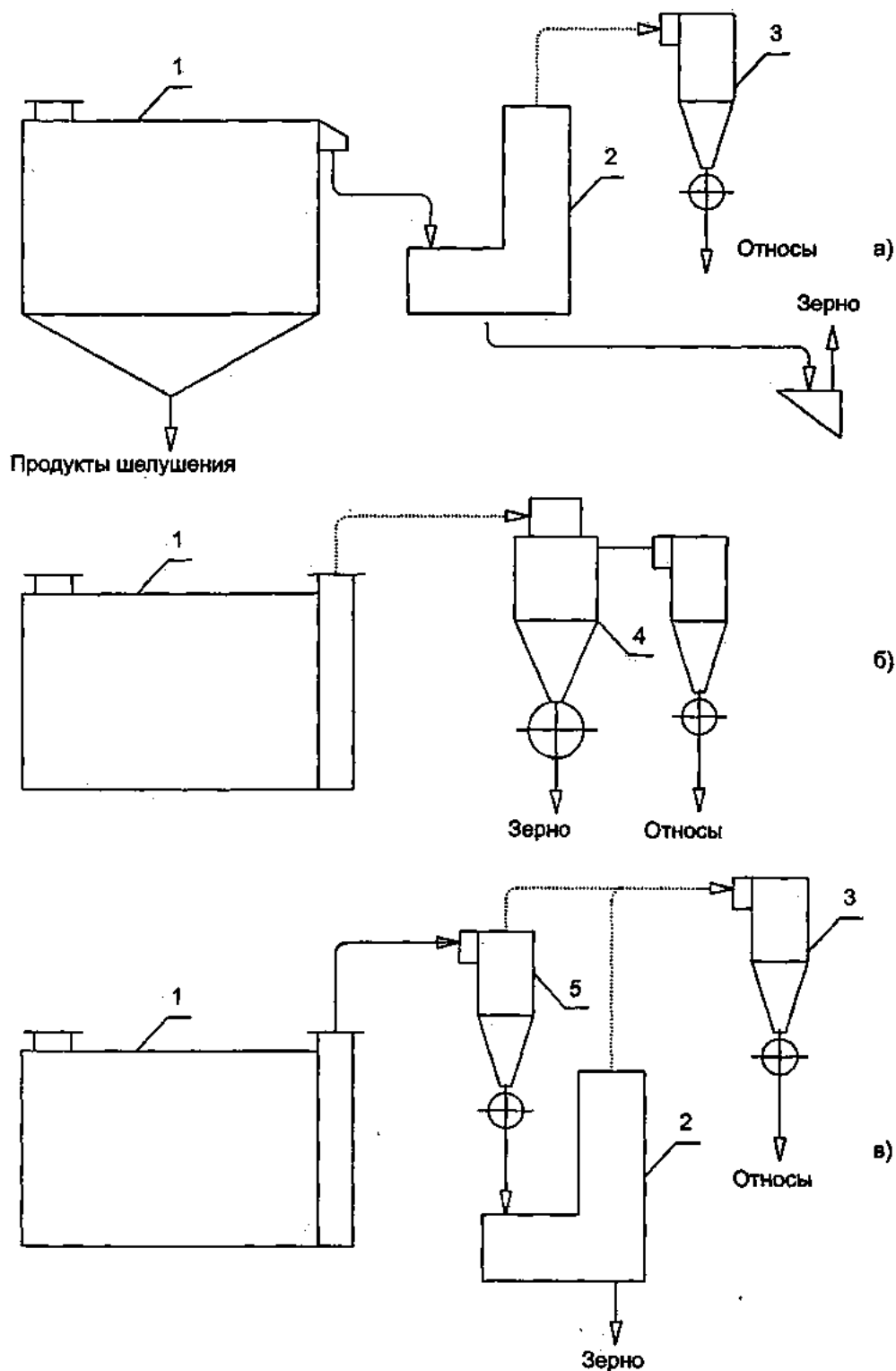
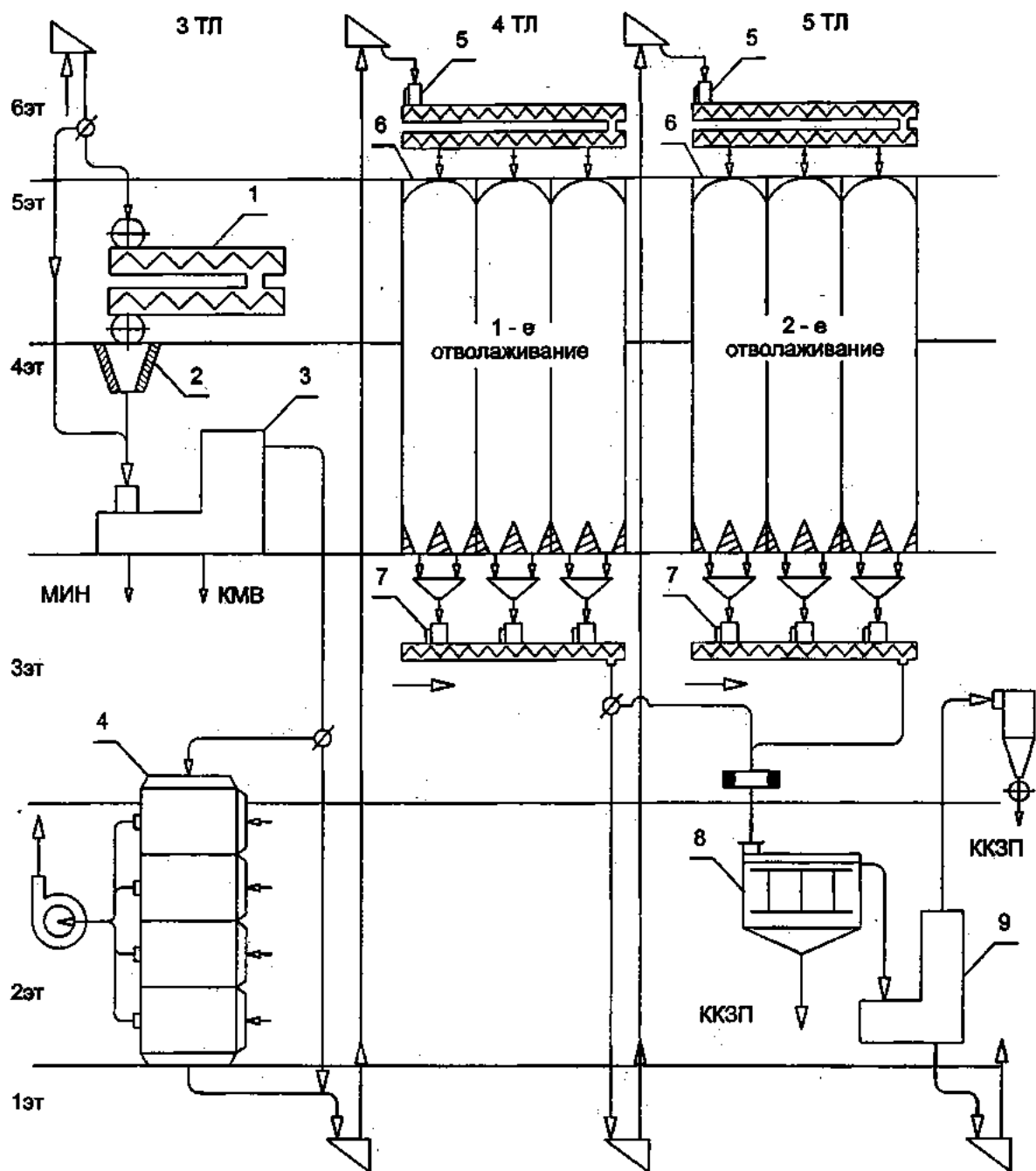


Рис. 3.7. Варианты пневмосепарирования зерна после сухой обработки поверхности:
 1 — обочная машина; 2 — пневмоаспиратор; 3 — циклон вторичной очистки;
 4 — пневмоаспиратор; 5 — циклон-разгрузитель



МИН – минеральная примесь; КМВ – контроль моечных вод;

ККЗП – контроль кормовых зернопродуктов

Рис. 3.8. Схема подготовки зерна пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу.

Третья, четвертая и пятая технологические схемы:

- 1 – пропариватель; 2 – емкость для выравнивания температуры; 3 – моечная машина;
- 4 – влагосниматель; 5 – аппарат для увлажнения; 6 – емкость; 7 – дозаторы;
- 8 – обоенная машина; 9 – пневмосепаратор

Наиболее эффективно этот способ реализуется для зерна со слабой клейковиной и для предприятий с ограниченной вместимостью емкостей для отволаживания. Тепловое воздействие при пропаривании и обработке во влагоснимателе позволяет укрепить клейковину, сделать ее более упругой и тем самым улучшить хлебопекарные свойства муки. Обработка зерна на первом этапе осуществляется влажным насыщенным паром в течение 30–40 с, в результате чего температура зерна возрастает до 40–60 °С, а приращение влажности — 1,5–2,0 %. После чего зерно выдерживается в теплоизоляционном бункере в течение 10 мин и затем моется при полном погружении в воду. В моечной машине температура зерна снижается до 25–30 °С, а влажность увеличивается еще на 1,0–1,5 %. В процессе мойки дополнительно выделяются минеральные примеси, направляемые в отходы без контроля, и легкие компоненты зерновой массы (щуплые зерна, изъеденные изнутри, соломинные частицы, оболочки и т. п.) вместе с моечной водой, которые обрабатываются на специальной технологической линии. После мойки влажное зерно прогревается в течение 10–15 мин подогретым воздухом во влагоснимателе. В таблице 3.3 приведены рекомендации правил организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах по параметрам тепловой обработки пшеницы при ее подготовке к сортовым помолам.

Таблица 3.3

Параметры основной обработки пшеницы при ее подготовке к сортовым помолам

Качество клейковины			Параметры нагрева	
Характеристика	Группа качества	в единицах прибора ИДК-1	температура нагрева, °С	Продолжительность, мин
Неудовлетворительная крепкая	III	0–15	не рекомендуется	
Удовлетворительная крепкая	II	20–40	40–45	2–4
Хорошая	I	45–75	45–50	3–6
Удовлетворительная слабая	II	80–100	50–55	4–8
Неудовлетворительная слабая	III	105 и более	55–60	6–10

После тепловой обработки в режиме скоростного кондиционирования рекомендуется доувлажнять зерно и отволаживать в течение 180 мин. Эти операции осуществляются на четвертой или пятой технологических линиях. При обработке зерна в режиме холодного кондиционирования из технологического процесса должны быть исключены пропаривание и тепловая обработка во влагоснимателе. При этом время отволаживания увеличивается в соответствии с качеством зерна.

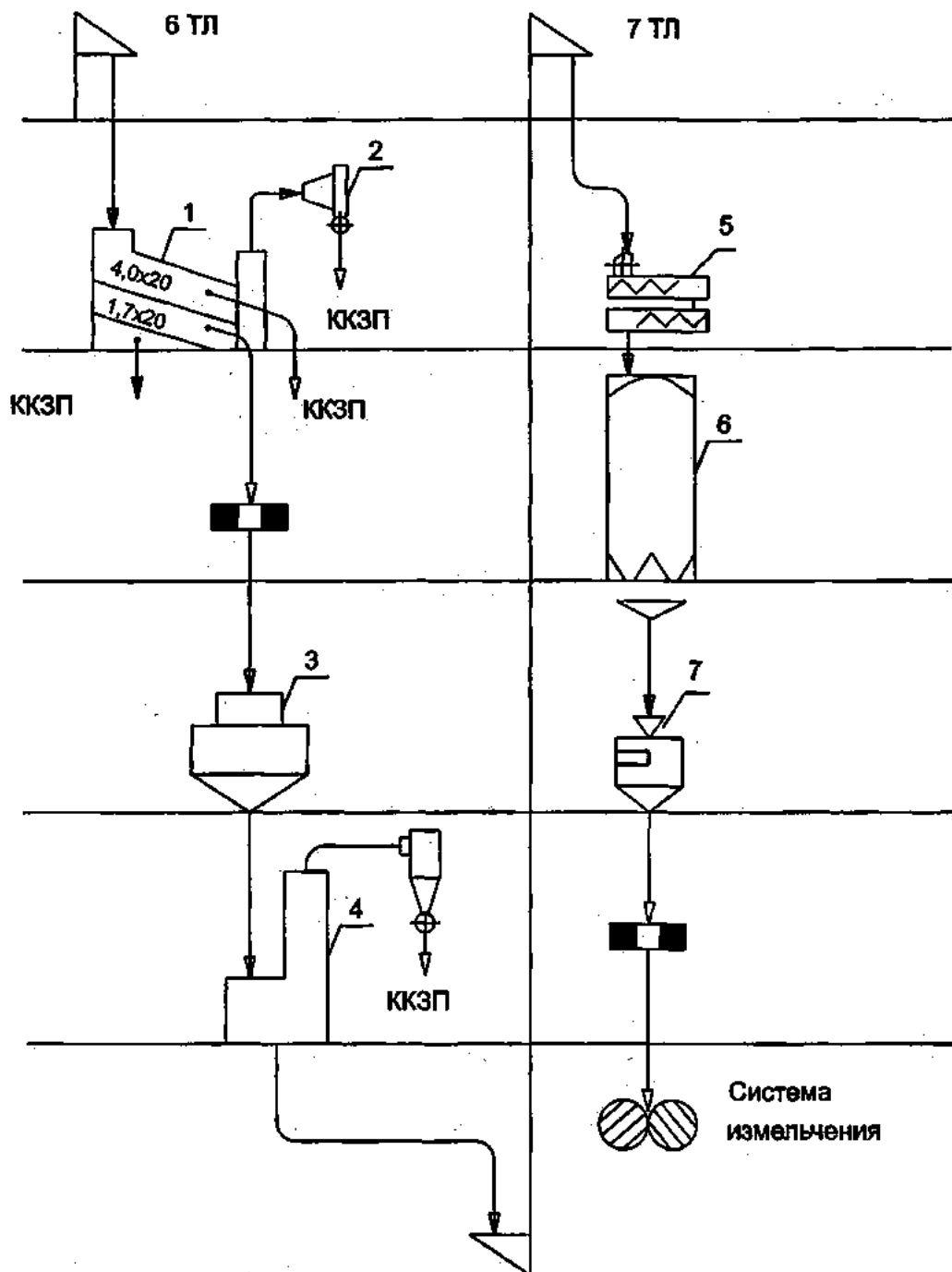
Таким образом, на четвертой технологической линии может осуществляться увлажнение и короткое отволаживание зерна, обработанного скоростным методом, или основной этап увлажнения зерна и отволаживания при подготовке в режиме холодного кондиционирования. Увлажнение зерна может осуществляться в аппаратах любого принципа действия, которые позволяют регулировать степень увлажнения в зависимости от качества зерна. После увлажнения зерно перемешивается и распределяется по емкостям для отво-

лаживаия. Предпочтительнее вести отволаживаия в непрерывном режиме, что стабилизирует влажность и время отволаживаия любой порции зерна на необходимом уровне. Основное увлажнение и отволаживаия в режиме холодного кондиционирования можно вести в один или два этапа. При поступлении в переработку достаточно влажного зерна, качество которого по стекловидности или твердозерности предполагает короткое время отволаживаия, основное увлажнение и отволаживаия может осуществляться в один этап. При этом общая степень увлажнения при мойке и увлажнении должна обеспечить оптимальную величину в соответствии с типом помола и качеством зерна. При переработке сухого зерна с высокой стекловидностью основное увлажнение и отволаживаия ведут в два этапа. Первый этап осуществляется на четвертой технологической линии, а второй этап на пятой. При этом общая степень увлажнения (разность между оптимальным значением влажности для переработки и начальной влажностью зерна) делится в соотношении 75 и 25 %. Это означает, что три четверти от требуемой массы воды для увлажнения необходимо ввести в зерно на первом этапе, а одну четверть — на втором. Это позволяет оптимально настроить дозирующее воду оборудование. В таком же соотношении (75 и 25 %) рассчитывается и вместимость емкостей, необходимых для отволаживаия на первом и втором этапе. Подробно о режимных параметрах гидротермической обработки (степени увлажнения, времени отволаживаия, кратности увлажнения и отволаживаия, температурном режиме) в зависимости от качества зерна, типа помола изложено в главе о гидротермической обработке.

В конце пятой технологической линии технология предусматривает вторую сухую обработку поверхности зерна с использованием обоечных машин. Как и на первом этапе предпочтение отдается обоечной машине с ситовой декой, у которой сито сплетено из специальной квадратного сечения проволоки. Образовавшиеся продукты шелушения удаляются одним из способов, описанных выше (в соответствии с рис. 3.7).

На шестой технологической линии (в соответствии с рис. 3.9) осуществляется повторное сепарирование зерна с использованием ситового или ситовоздушного сепаратора с установкой сит, аналогичных сепаратору первого прохода. Выделенные крупные, легкие и мелкие примеси могут содержать достаточно большое количество полезного зерна, что позволяет классифицировать их как кормовые зернопродукты. В соответствии с технологией они контролируются на специальной линии контроля кормовых зернопродуктов с целью выделения и возврата в поток основного зерна. Основное зерно после выделения примесей подвергают обработке в энтолейторах-стерилизаторах. Назначение этой операции — удаление скрытой зараженности зерна. Дело в том, что всегда в зерновой массе есть зерна, изъеденные изнутри, пустотелые, недоразвитые, а также живые и неживые особи насекомых-вредителей. При обработке в энтолейторах-стерилизаторах зерно с большой скоростью ударяется о специальное отражательное кольцо, что приводит к разрушению пустотелых зерен и зерен с ослабленной структурой. Попутно при ударе может удаляться оставшаяся в бороздке пыль, разрушаться комочки земли, уничтожаться живые особи насекомых-вредителей. Образовавшиеся продукты разрушения эффективно удаляются из зерновой массы пневмосепарированием, для чего в технологической схеме предусматривается соответствующее оборудование.

На седьмой технологической линии, которая по технологическому регламенту располагается в размольном отделении мукомольного завода, осуществляется доувлажнение



ККЗП — контроль кормовых зернопродуктов

Рис. 3.9. Схема подготовки зерна пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу.

Шестая и седьмая технологические линии:

- 1 — сепаратор; 2 — горизонтальный циклон; 3 — энтолейтор-стерилизатор;
 4 — пневмосепаратор; 5 — аппарат для увлажнения; 6 — емкость для отволаживания;
 7 — автоматические весы

зерна на 0,3–0,5 % с кратковременным отволаживанием (20–30 мин), что должно обеспечить пластификацию оболочек зерна перед измельчением. Считается, что при перемещении зерна в пневмотранспортерах, нориях, шнеках, при обработке зерна в технологическом оборудовании происходит потеря влаги оболочками зерна, они подсыхают, становятся хрупкими и при разрушении будут засорять муку и промежуточные продукты технологии, ухудшая их качество. Минимальная степень увлажнения должна обеспечить увлажнение только оболочек, а минимальное время отволаживания должно не допустить перемещение влаги из оболочек вглубь эндосперма. Это и обеспечивает необходимые условия для пластификации оболочек.

Особые требования предъявляются к перерабатываемому зерну по содержанию металломагнитных примесей. Поэтому, кроме оборудования, выполняющего основные технологические функции, технологическая схема должна предусматривать выделение металломагнитных примесей. Это позволяет свести к минимуму содержание металломагнитных примесей в муке и обезопасить предприятие и обслуживающий персонал от внештатных ситуаций, связанных с наличием металломагнитных примесей. При достаточно больших размерах отдельных частиц возможно искрообразование, возгорание и взрыв, которые могут привести к нежелательным последствиям. Правила предусматривают обязательную установку оборудования для удаления металломагнитных примесей перед машинами ударного действия и на контроле конечной продукции. В технологических схемах также возможна установка магнитной защиты в начале процесса очистки, после первого сепараторного прохода и т. п.

Таким образом, на рисунках 3.6, 3.8, 3.9 представлена принципиальная технологическая схема подготовки зерна пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу. Технология представлена поэтапно на семи технологических линиях, объединенных в единое целое.

Технология включает все необходимые операции подготовки зерна к помолу:

- сепарирование для выделения примесей, отличающихся от зерна по ширине, толщине, длине, скорости витания, совокупности признаков, металломагнитной восприимчивости;
- сухую обработку поверхности зерна;
- мойку и влажную обработку поверхности зерна;
- гидротермическую обработку холодным и скоростным способами;
- средства для дозирования, смешивания, формирования помольной партии и весового учета;
- оперативные емкости различного назначения.

В процессе эксплуатации мукомольного завода аппараты для подогрева зерна используются в холодное время года при поступлении зерна с пониженной температурой или замороженного.

С целью эффективного выделения овсюга, проросших зерен или зерен, поврежденных клопом-черепашкой «Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах» рекомендуют устанавливать концентраторы. При этом первый проход зерна после концентратора обрабатывают только в куколеотборниках, а второй проход зерна — или в овсюгоотборниках и куколеотборниках, или в обоечной машине и аспираторе.

Возможна также установка концентратора вместо овсюгоотборника при сохранении последующего направления зерна.

При систематическом поступлении на мукомольный завод зерна с содержанием минеральной примеси более 0,1 %, а также в технологических схемах подготовки зерна к помолам с отбором макаронной крупки рекомендуется два прохода камнеотборочных машин. Возможны и другие изменения и дополнения к рассмотренной выше схеме подготовки, если они увеличивают эффективность подготовки зерна к помолу.

§5. Особенности подготовки зерна пшеницы к хлебопекарным сортовым помолам на мукомольных заводах, оснащенных комплектным оборудованием

Технология подготовки зерна на мукомольном заводе производительностью 500 т/сутки на комплектном оборудовании осуществляется в двух секциях, производительность по 250 т/сутки каждая. Одна секция предназначена для переработки высокостекловидного зерна, другая низкостекловидного. Технология подготовки в каждой секции строится двумя параллельными потоками (линиями), включая и гидротермическую обработку. После проведения гидротермической обработки технология осуществляется на одной технологической линии.

Для оперативного хранения неочищенного зерна в каждой секции выделено по 6 емкостей с размерами $3 \times 3 \times 14,4$ м, что обеспечивает бесперебойную работу мукомольного завода в течение почти двух суток. Отволаживание зерна в процессе гидротермической обработки также осуществляется в шести емкостях с такими же размерами, что обеспечивает оптимальное время отволаживания практически для зерна пшеницы любой стекловидности и влажности. Емкости для неочищенного зерна и отволаживания снабжены датчиками верхнего и нижнего уровня. Это обеспечивает оперативное дистанционное управление их загрузкой и опорожнением. Истечение зерна из емкостей осуществляется по принципу «массового потока», что исключает или делает минимальным самосортирование зерна и стабилизирует его качество по содержанию примесей в единице объема. Постоянство массового потока зерна по производительности поддерживается с помощью дозаторов, которые установлены под каждой емкостью. С помощью дозаторов также обеспечивается точное соблюдение рецептуры помольной партии.

Выделение из зерновой массы примесей осуществляется на ситовых сепараторах с двумя рядами сит и с пневмосепарирующей камерой, в триерах-куколе- и овсюгоотборниках, в камнеотборниках с воздушно-флотационным принципом действия, а также в пневмосепараторах, которые, как правило, установлены после машин для сухой обработки поверхности или после энтолейторов-стерилизаторов. В отличие от рассмотренной ранее технологической схемы подготовки пшеницы к сортовым хлебопекарным помолам, технология подготовки зерна на комплектном оборудовании включает только один проход ситовых сепараторов. Последнее связано с тем, что технология на комплектном оборудовании предусматривает обязательную предварительную очистку зерна от грубых, легких, крупных, мелких примесей с одновременным выделением мелкого зерна.

Вместо овсюгоотборников возможно использование концентраторов. Очистку зерна от примесей считают эффективной, если на этапе до гидротермической обработки из зерна

будет удалено не менее 80 % сорной примеси и не менее 30 % зерновой. При этом легкой примеси должно быть удалено не менее 80 %, длинной — не менее 70 %, короткой — не менее 80 %, мелкой — не менее 70 %, минеральной — не менее 95 %. В сепараторах рекомендуется устанавливать: сито сортировочное (первое) — $4,25 \times 25$ мм, второе сито — $\varnothing 2$ мм.

Очистку поверхности зерна осуществляют в вертикальных или горизонтальных обоечных машинах с ситовым цилиндром, моечных машинах или машинах мокрого шелушения.

Гидротермическую обработку осуществляют в режиме холодного кондиционирования. Основное увлажнение осуществляется в моечных машинах, машинах мокрого шелушения, шнеках интенсивного увлажнения и в увлажнительных аппаратах с регулируемым расходом воды. В процессе гидротермической обработки осуществляется непрерывное отволаживание зерна. Кратность увлажнения и отволаживания, степень увлажнения и время отволаживания принимаются в зависимости от исходной влажности, стекловидности и типа зерна. Причем технологическая схема построена таким образом, что каждый поток зерна может увлажняться и отволаживаться в индивидуальном режиме. При этом предусмотрено:

- ♦ раздельное увлажнение и раздельное отволаживание каждого потока зерна;
- ♦ раздельное увлажнение и совместное отволаживание с одинаковым временем;
- ♦ повторное увлажнение одного из потоков зерна и отволаживание с заданным временем;
- ♦ повторное увлажнение обоих потоков зерна с различным или одинаковым временем отволаживания и т. п.

Гибкая технологическая схема позволяет отволаживать зерно каждого потока в любой из шести емкостей раздельно или совместно (в соответствии с рис. 3.10).

На последнем этапе гидротермической обработки непосредственно перед I-й драной системой для пластификации оболочек осуществляется доувлажнение зерна на 0,3–0,5 % с кратковременным отволаживанием в течение 20–30 мин совместно первого и второго потоков. Направленность и режимные параметры гидротермической обработки этого этапа полностью совпадают с технологией, рассмотренной ранее.

В технологии на комплектном оборудовании применяется также система для уничтожения скрытой зараженности зерна путем обработки в энтолейторах-стерилизаторах.

Таким образом, по набору основных технологических операций технология подготовки зерна с использованием комплектного оборудования практически не отличается от рассмотренной ранее типовой (принципиальной) схемы подготовки зерна пшеницы к сортовым хлебопекарным помолам. Преимуществом технологии на комплектном оборудовании следует считать наличие двухпоточной технологии на начальном этапе, включая и гидротермическую обработку зерна. Это позволяет учесть индивидуальные особенности зерна в составе помольной партии. Отсутствие тепловой обработки (скоростного кондиционирования с пропариванием и тепловой обработкой во влагоснимателе) снижает возможности предприятия по переработке зерна со слабой клейковиной.

Технология подготовки зерна к помолу на мельницах с комплектным оборудованием осуществляется на пяти технологических линиях. Причем подготовка на первых трех линиях осуществляется двумя параллельными потоками. На первой технологической линии зерно с элеватора загружается в емкость для неочищенного зерна и в соответствии с рецептурой помольной партии формируются два потока для очистки и гидротермической обработки.

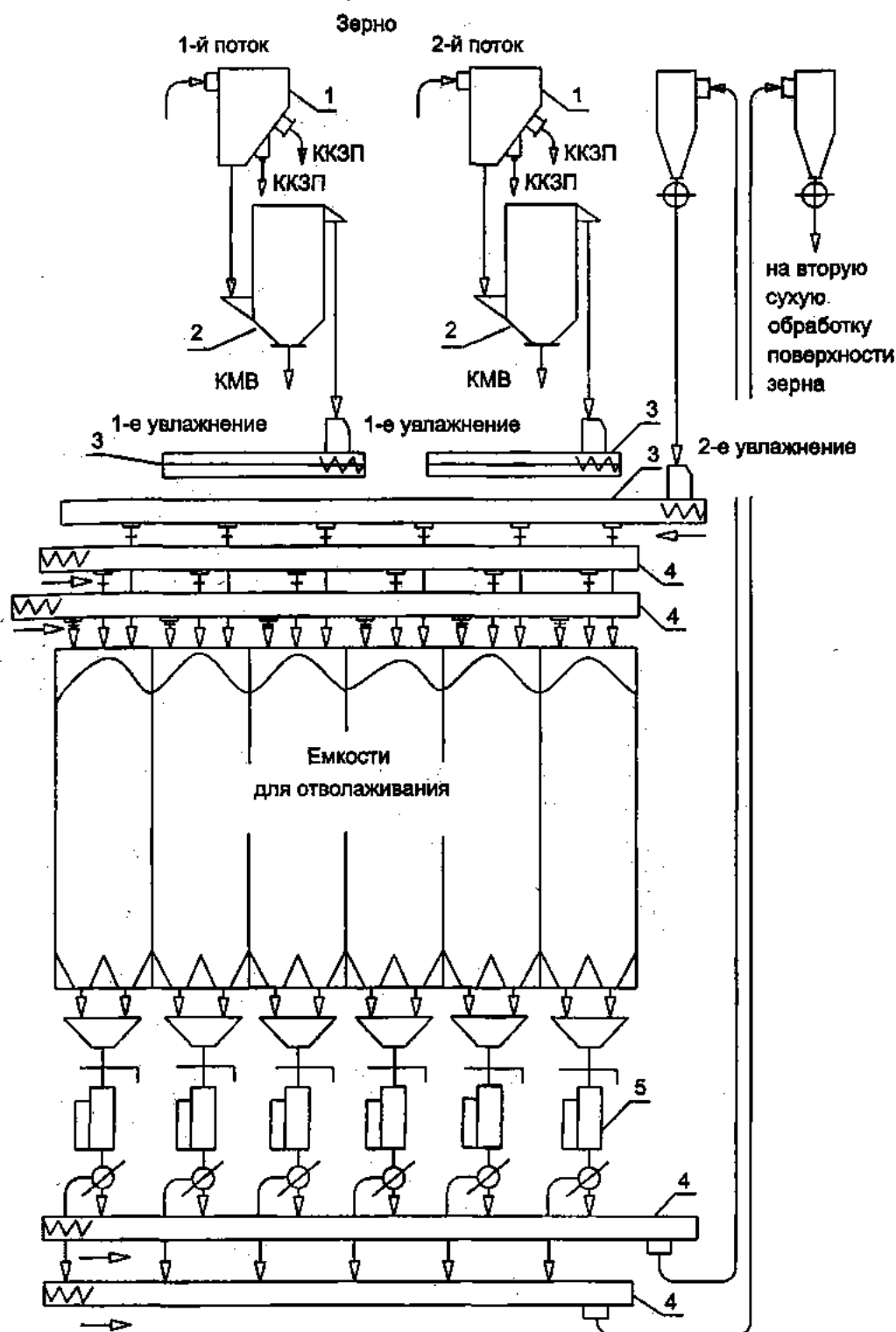


Рис. 3.10. Технология основного этапа ГТО на мельзаводе с полным оборудованием:
 1 — пневмосепаратор; 2 — машина мокрого шелушения; 3 — увлажнительный аппарат;
 4 — конвейер; 5 — дозаторы

На второй технологической линии зерно двумя параллельными потоками подогрывается, взвешивается на автоматических весах и последовательно сепарируется на ситовом сепараторе, камнеотборнике, куколе- и овсюгоотборниках. Выделенные примеси объединяют по категориям: отходы, куколь, кормовые зернопродукты, куда направляют и овсюг. В конце второй технологической линии осуществляется первая сухая обработка поверхности с использованием обоечной машины с ситовым цилиндром.

На третью технологическую линию зерно также передается двумя параллельными потоками. В начале третьей технологической линии с помощью пневмосепараторов из зерна удаляются продукты первой сухой обработки поверхности, которые направляются в кормовые зернопродукты. Основное зерно проходит гидротермическую обработку в режиме холодного способа. При этом соблюдается следующая последовательность операций: мойка зерна или обработка в машине мокрого шелушения, увлажнение в аппаратах с регулируемой подачей воды, отволаживание в емкостях, обеспечивающих истечение зерна по принципу «массового потока». После гидротермической обработки зерно объединенным потоком передается на четвертую технологическую линию.

На четвертой технологической линии осуществляется вторая сухая обработка поверхности зерна в обоечных машинах, уничтожение скрытой зараженности зерна в энтолейторах-стерилизаторах с последующим пневмосепарированием.

Подготовленное таким образом зерно передается на пятую технологическую линию, где оно доувлажняется, проходит кратковременное отволаживание и после контрольного взвешивания направляется на I-ю драную систему технологического процесса в размольном отделении. Как правило, эта технологическая линия располагается в размольном отделении.

Как и в рассмотренной ранее принципиальной схеме подготовки зерна к сортовым хлебопекарным помолам пшеницы в технологии на комплектном оборудовании обязательными являются операции по выделению металломагнитных примесей:

- ♦ в конце первой технологической линии или перед основным сепарированием зерна;
- ♦ перед всеми машинами ударного действия (обоечными, мочными, машинами мокрого шелушения, энтолейторами);
- ♦ перед вальцовыми станками первой драной системы или в конце технологии подготовки для контроля подготовленного зерна на наличие металломагнитных примесей.

§6. Особенности подготовки твердых и высокостекловидных мягких пшениц к макаронным помолам

Построение технологического процесса подготовки зерна твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы к макаронным помолам базируется на характерных свойствах зерна и готовой продукции из него. Так, зерно твердой пшеницы в сравнении с мягкой отличается большей длиной, меньшей шириной и толщиной, что требует корректировки размеров отверстий сит ситовых сепараторов, ячеек триеров. Корректируют также скорость воздуха в пневмосепарирующих каналах сепараторов. Зерно твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы отличается повышенной хрупкостью. Поэтому в сравнении с мягкой пшеницей рекомендуется уменьшить окружную скорость ротора обоечных машин и постоянно следить за состоянием рабочей поверхности и износом бичей, что может являться причиной

повышенного боя зерна. При подготовке твердых и высокостекловидных мягких пшениц рекомендуется также использовать ситовые и щеточные деки, что заметно снижает дробимость зерна. Особые требования предъявляются к количеству и качеству клейковины зерна, используемого для производства макаронной муки. Как правило, количество сырой клейковины должно быть не менее 26–28 % с качеством не ниже 1-й группы. Это обеспечит хорошее качество макаронных изделий. Клейковина такого зерна отличается высокой упругостью, что требует осторожного применения тепловых способов гидротермической обработки. Температура нагрева такого зерна не должна превышать 35–40 °С. При более высоких температурах возможна тепловая денатурация белков клейковины, что приведет к ее переукреплению и сделает ее короткорвущейся. В конечном итоге это приводит к ухудшению качества макаронных изделий. Поэтому в технологическом процессе подготовки, как правило, исключают все тепловые способы воздействия на зерно. Основным способом гидротермической обработки зерна твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы является холодное кондиционирование с дифференцированными режимами увлажнения, отволаживания и с различной кратностью процесса в зависимости от качества зерна по влажности. При этом время отволаживания ограничивают с таким расчетом, чтобы структура зерна была разрушена трещинами на относительно крупные части. При избыточном времени отволаживания наблюдается чрезмерное разрушение эндосперма на относительно мелкие части, что приводит к получению мелких фракций круподуновых продуктов при измельчении зерна. Последнее нежелательно при проведении макаронных помолов. Считается, что выход «крупки» и «полукрупки» высокого качества напрямую зависит от извлечения в крупобразующем процессе крупных крупок (промежуточных продуктов технологии с размерами 0,5–1,0 мм), которое должно быть не менее 50 %.

Правила рекомендуют проводить гидротермическую обработку в следующих режимах:

- ♦ при высокой влажности зерна твердой пшеницы, когда степень увлажнения менее 3 %, основное увлажнение и отволаживание проводят в один этап. При этом влажность зерна должна составить 15,5–16,5 % при рекомендуемой влажности зерна на I-й драной системе — 16,0–16,5 %.
- ♦ при низкой влажности твердой пшеницы, когда степень увлажнения должна быть более 3,0 %, основное увлажнение и отволаживание проводят в два этапа. На первом этапе зерно увлажняют до 14,5–15,0 % с последующим отволаживанием 8–12 часов. На втором этапе прирост влажности должен составить 1,5–2,0 % с последующим временем отволаживания 2–4 часа при рекомендуемой влажности зерна на I-й драной системе 16,0–17,0 %.

Аналогичный подход существует при проведении гидротермической обработки высокостекловидной мягкой пшеницы при проведении подготовки зерна к макаронным помолам. Обычно для этих целей используют пшеницы I-го и IV-го типов. При степени увлажнения (приросте влажности) менее 3,0 %, когда исходная влажность зерна высока, основное увлажнение и отволаживание рекомендуется проводить в один этап. При этом влажность зерна доводят до 15,0–15,5 % с последующим отволаживанием 3–5 часов. Рекомендуемая влажность зерна на I-й драной системе должна быть 15,5–16,0 %.

При низкой начальной влажности зерна, когда степень увлажнения достигает величины более 3,0 %, увлажнение и отволаживание проводят в два этапа. На первом этапе влажность зерна доводят до 14,0–14,5 % с последующим отволаживанием 6–8 часов. На

втором этапе прирост влажности зерна должен составить 1,0–1,5 % при времени отволаживания 1–2 часа. Влажность зерна на I-й драной системе должна быть в пределах 16,0–16,5 %.

Нижние пределы влажности и продолжительности отволаживания рекомендуется принимать при стекловидности твердой пшеницы менее 80 % и для пшениц I-го типа при подготовке высокостекловидных мягких пшениц.

При подготовке твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы к макаронным помолам также рекомендуется обязательное доувлажнение зерна перед I-й драной системой (как третий или второй этап гидротермической обработки) на 0,4–0,6 % с кратковременным отволаживанием в течение 0,25–0,4 часа с целью пластификации оболочек.

Последовательность и набор необходимых технологических операций при подготовке твердых и высокостекловидных мягких пшениц к макаронным помолам практически не отличается от рассмотренной выше принципиальной технологической схемы подготовки мягких пшениц к сортовым хлебопекарным помолам, если полностью исключить пропаривание и тепловую обработку во влагоснимателе из третьей технологической линии (рис. 3.8). При этом первую и вторую технологические линии сохраняют полностью, в третьей технологической линии оставляют моечную машину, четвертую, пятую технологические линии оставляют без изменений. В шестой технологической линии (рис. 3.9) не используют энтолейтор-стерилизатор, чтобы избежать излишней дробимости зерна. Седьмую технологическую линию оставляют без изменений. Особое внимание при подготовке пшениц к макаронным помолам должно быть уделено удалению потемневших и испорченных зерен, а также семян сорных растений. Последние при разрушении могут дать темные вкрапления в однородный цвет макаронной крупки или полукрупки. Одним из тестов, оценивающих качество макаронной муки, является число темных точек на единицу площади.

§7. Особенности подготовки ржи к сортовым помолам

При подготовке ржи к переработке решаются практически те же задачи, что и при подготовке пшеницы — удалить из зерна нежелательные в готовой продукции примеси и придать зерну оптимальные технологические свойства. Особенности технологии подготовки связаны, прежде всего, со спецификой ржи как объекта переработки. Так, зерновка ржи имеет более вытянутую форму, меньший размер по ширине и толщине, что необходимо учитывать при проведении операции сепарирования.

Зерновка ржи более пластична, консистенция эндосперма рыхлая. В химическом составе ржи имеется значительное количество слизей — полисахаридов второго порядка, образующих при определенном количестве воды вязкие и клейкие растворы. При измельчении такого зерна значительное место занимают пластические деформации, что отражается на извлечении крупки. Ко всему эндосперм ржи более прочно связан с оболочками. Поэтому при подготовке ржи к переработке избегают излишнего увлажнения, мойки и пропаривания зерна. Как правило, процесс гидротермической обработки проводят в режиме холодного кондиционирования, основное увлажнение осуществляют в один этап. При этом, если влажность зерна до 13,5 %, проводят основное увлажнение с отволажива-

нием в течение 3–6 часов. Затем зерно доувлажняют на 0,3–0,5 % и кратковременно отволаживают в течение 15–20 мин перед первой измельчающей системой. Оптимальная влажность зерна ржи при этом (на первой измельчающей системе) должна быть в пределах 14,0–15,0 %. При исходной влажности более 13,5 % основное увлажнение и отволаживание не проводят. Весь процесс гидротермической обработки сводят к доувлажнению ржи на 0,4–0,7 % с отволаживанием в течение 20–30 мин.

В связи с большей, чем у пшеницы пластичностью, поверхность зерна ржи можно более интенсивно обрабатывать на обочных машинах с абразивным цилиндром. Хорошие результаты дает применение при сухой обработке поверхности шелушителей с абразивными дисками типа ЗШН. При этом, если увеличить время пребывания зерна в рабочей зоне машины, то можно обеспечить степень снижения зольности на 0,06–0,10 %. Считается, что при оптимальной обработке поверхности ржи необходимо удалить от 2,0 до 4,0 % плодовых оболочек.

Технологический процесс подготовки ржи к переработке в сортовую муку должен включать:

- ♦ средства для формирования помольной партии зерна, включающие емкости для оперативного хранения, дозирующее и транспортное оборудование;
- ♦ технологические системы для сепарирования зерна;
- ♦ системы для сухой обработки поверхности зерна;
- ♦ комплекс оборудования и емкостей для проведения гидротермической обработки.

Технологический процесс, как и при подготовке пшеницы к помолу, осуществляется в виде технологических потоков-линий, связанных между собой транспортными механизмами — нориями, пневмотранспортерами, шнеками и т. п. При сравнительном анализе технологических схем подготовки ржи и пшеницы к хлебопекарным помолам (в соответствии с рис. 3.7, 3.8, 3.9) наблюдается принципиальное совпадение технологии на отдельных этапах.

Первая технологическая линия в обоих случаях осуществляет прием, оперативное хранение, взвешивание и подогрев зерна, что предопределяет одинаковый набор и последовательность технологического оборудования.

На второй технологической линии производят основное сепарирование с помощью ситовых сепараторов, камнеотделителей, триеров, куколеотборников и овсюгоотборников. Набор технологического оборудования и последовательность применения для пшеницы и ржи совпадает полностью. При этом для ржи уточняются размеры отверстий сит и ячеек триеров. В конце второй технологической линии осуществляется первая сухая обработка поверхности. Для ржи рекомендуется на этой операции применять шелушильно-шлифовальные машины типа ЗШН.

Третья и четвертая технологические линии — линия скоростного кондиционирования и линия, на которой осуществляется первый этап основного увлажнения и отволаживания, — при подготовке ржи к переработке не используются.

Пятая технологическая линия, на которой осуществляется этап основного увлажнения и отволаживания, а также вторая сухая обработка поверхности, для подготовки ржи к переработке — сохраняется без изменений.

Шестая и седьмая технологические линии по набору технологических операций и их последовательности полностью идентичны при подготовке ржи и пшеницы. На этих ли-

ниях осуществляется второе сепарирование, обработка зерна в энтолейторах-стерилизаторах, а также доувлажнение зерна с кратковременным отволаживанием.

Таким образом, после исключения двух технологических линий технология подготовки ржи к помолу может быть осуществлена на пяти технологических линиях. При этом набор технологических операций и их последовательность должны быть полностью сохранены.

§8. Особенности подготовки пшеницы и ржи к обойным помолам

Обойные помолы пшеницы и ржи относятся к помолам, при которых отбирают минимальное количество отрубей (1 % при переработке пшеницы и 2 % — при переработке ржи). Следовательно, основная масса оболочек зерна должна быть измельчена в муку. Поэтому перед технологией подготовки не ставится задача обеспечения дифференцированной влажности оболочек и эндосперма зерна, так как нет необходимости в избирательном измельчении зерна. Поэтому в задачу гидротермической обработки входит доведение зерна до технологической влажности (влажность должна обеспечить стандартную влажность муки).

При влажности пшеницы менее 14,0 % зерно увлажняют на 0,5–1,0 % и отволаживают 2–3 часа. При доведении влажности зерна перед измельчением до 14,0–15,0 %.

При влажности ржи менее 13,5 % зерно увлажняют также на 0,5–1,0 % и отволаживают 1–2 часа. При этом влажность зерна на первой драной системе должна быть в пределах 14,0–14,5 %.

Технологические операции, которые должны обеспечить удаление из зерна примеси, сухую и мокрую обработку поверхности зерна, формирование помольной партии и т. п., в технологической схеме подготовки пшеницы и ржи к обойным помолам должны быть представлены в полном объеме. При трансформации принципиальной технологической схемы подготовки пшеницы к сортовым помолам (в соответствии с рис. 3.7, 3.8, 3.9) в технологической схеме подготовки к обойным помолам необходимо без изменения принять первую, вторую, пятую, шестую технологические линии. Доувлажнение зерна перед I-й драной системой в седьмой технологической линии не проводят.

Для улучшения санитарного состояния зерна пшеницы возможна обработка зерна в машинах мокрого шелушения. Как и для всех рассмотренных технологий при подготовке ржи и пшеницы к обойным помолам обязательно удаление металломагнитных примесей в местах, предусмотренных правилами организации и ведения технологического процесса, контрольное взвешивание зерна в начале и в конце технологии и кормовых зернопродуктов.

§9. Контроль отходов в подготовительном (зерноочистительном) отделении мукомольного завода

В соответствии с принятой классификацией выделенные из зерна примеси в зависимости от содержания полезного зерна подразделяют на кормовые зернопродукты пяти категорий и отходы. Кормовые зернопродукты могут содержать зерна до 85 %, в том числе отнесенного к основному зерну до 20 %, и используются, как правило, для кормовых

целей. Отходы содержат менее 2,0 % зерна и подлежат вывозу с предприятия и уничтожению. Возможен также отпуск отходов отдельным потребителям по просьбе (заказу).

При контроле выделенных примесей преследуют, в основном, две цели:

- ♦ выделение из примесей зерна и возврат в технологический процесс;
- ♦ формирование конечных продуктов технологии — кормовых зернопродуктов и отходов в соответствии с их классификацией по качественным признакам.

Кроме того, технология контроля отходов решает еще ряд проблем, таких как утилизация отходов производства, уничтожение карантинных сорняков, очистка моечных вод и т. п.

Попадание зерна в выделенные при сепарировании примеси возможно по разным причинам. В основном это связано с нарушением технологического регламента работы зерноочистительных машин. В первую очередь, это неверно подобранные сита при ситовом сепарировании, завышенные удельные нагрузки или несоответствие между производительностью оборудования и производительностью операции, завышенная скорость воздушного потока в пневмосепарирующих каналах, неработающие очистители сит, неконтролируемые изменения кинематических параметров сепарирующих машин и т. п.

Контролю подлежат примеси, выделенные при ситовом и пневмосепарировании, продукты шелушения обоечных машин, куколь и овсюг, отходы аспирационных сетей, моечные воды после моечных машин и машин мокрого шелушения. Не контролируют сходы с ловушечных или приемных сит сепараторов, а также сит скальператоров, где выделяются грубые, случайно попавшие примеси, а также минеральные примеси после камнеотборников вибропневматического принципа действия и моечных машин. Эти категории примесей направляют в отходы без контроля.

Принципиальная технологическая схема подготовки зерна к помолам предусматривает следующие технологические линии контроля выделенных примесей:

- ♦ контроль отходов на призматических буратах. На эту линию направляют примеси, выделенные на первом этапе подготовки зерна к помолу до гидротермической обработки. Это примеси первого сепараторного прохода, концентратора, продукты шелушения обоечной машины первого прохода, отходы аспирационных сетей и т. п.;
- ♦ контроль кормовых зернопродуктов на призматических буратах. На эту технологическую линию направляют примеси, выделенные при сепарировании зерна после гидротермической обработки. Это примеси, выделенные на втором сепараторном проходе, отходы пневмосепараторов, аспирационных сетей, продукты шелушения обоечных машин второй сухой обработки поверхности и т. п.;
- ♦ контроль куколя на контрольном куколеотборнике;
- ♦ контроль овсюга на контрольном овсюгоотборнике;
- ♦ контроль моечных вод на комплексе машина-зерноуловитель или специальный сепаратор, пресс для отжима мокрых примесей, сушилка.

В соответствии с рисунком 3.11 выделенные в рабочих процессах примеси объединяют в соответствии с качеством и подают на первую машину соответствующей технологической линии контроля.

На контрольных буратах, как правило, используют металлотканые сита, что позволяет более эффективно извлекать из примесей дробленые частицы зерна. Подбирают сита индивидуально в соответствии с фракционным составом примесей и крупностью зерна. На бурате контроля отходов первым проходом (сито № 1.6) выделяют продукт с большим содержанием

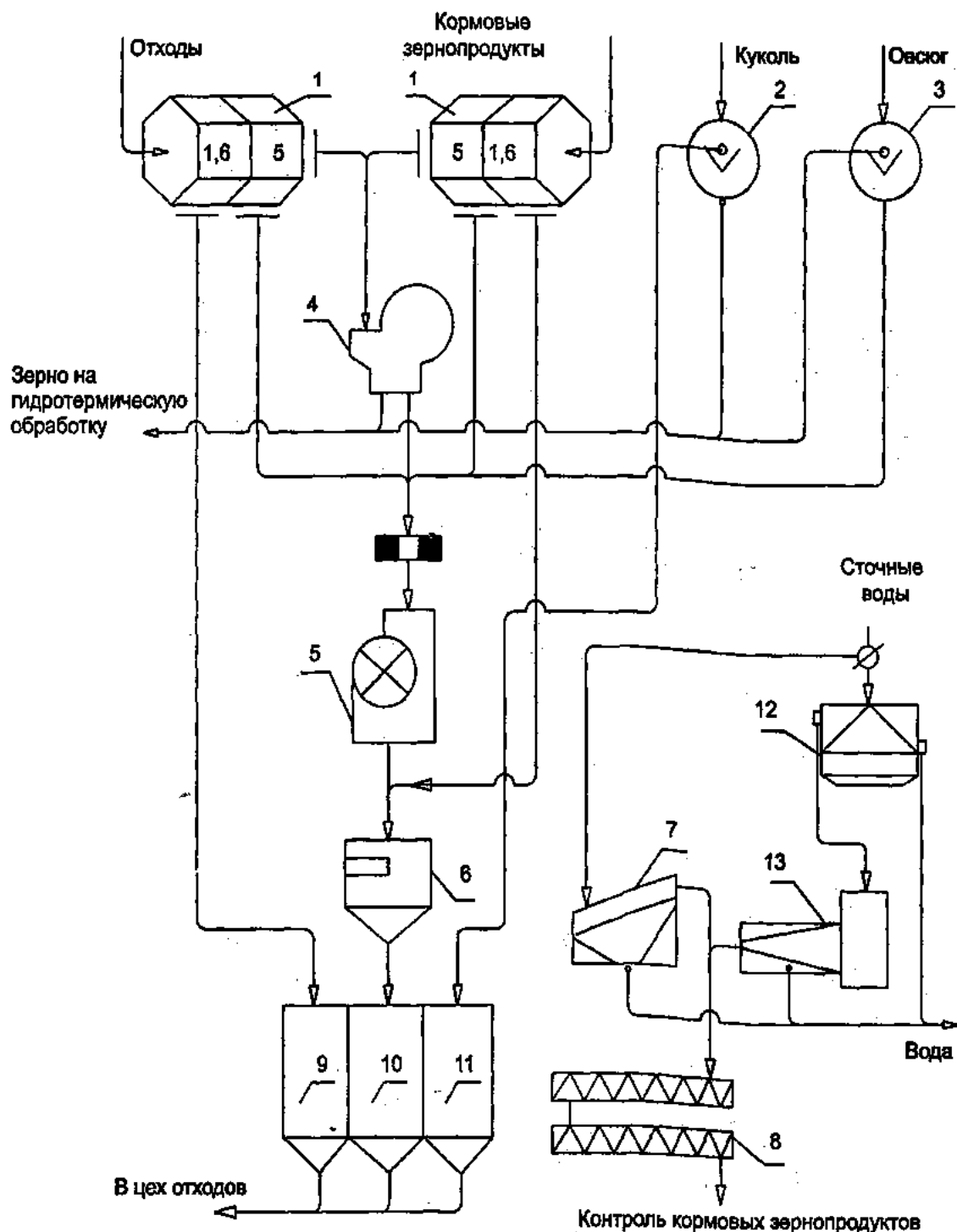


Рис. 3.11. Технологическая схема контроля выделенных примесей:

- 1 — бурат; 2 — куколеотборник; 3 — овсюгоотборник; 4 — дуоаспиратор; 5 — дробилка;
 6 — автоматические весы; 7 — зерноуловитель; 8 — сушилка; 9 — емкость для отходов;
 10 — емкость для кормовых зернопродуктов; 11 — емкость для куколя;
 12 — сепаратор БСТ; 13 — пресс

минеральных примесей. Его направляют в емкость для оперативного хранения отходов без проведения каких-либо дополнительных операций. Вторым проходом (сито № 5) выделяют битое зерно, которое подлежит дроблению на линии контроля кормовых зернопродуктов. На буре контроле кормовых зернопродуктов первым проходом выделяют мелкие дробленые частицы зерна и направляют без дробления в емкости для оперативного хранения кормовых зернопродуктов. Второй проход представляет собой крупные дробленые частицы зерна, мелкие зерна основной культуры, недовитые семена сорных растений и т. п., которые также направляют в емкости для кормовых зернопродуктов, но после дробления.

Сходы сит буратов представляют собой основное зерно, которое после пневмосепарирования возвращают на технологическую линию подготовки зерна к помолу, где осуществляется гидротермическая обработка зерна. Сходы же направляют зерно, выделенное после контрольного триерования на куколе- и овсюгоотборниках. Выделенный при этом куколь направляют в специальную емкость, а овсюг дробят и направляют в кормовые зернопродукты. Отходы после зерноуловителя и сушилки контролируют (пересеивают) на буре контроле кормовых зернопродуктов.

На мукомольных заводах, оснащенных комплектным оборудованием, контролируют только воду после моечных машин или машин мокрого шелушения. Остальные категории примесей формируют отходы, куколь и кормовые зернопродукты без контроля. К отходам относят отходы аспирационных сетей, проход подсеивных сит сепараторов, минеральные примеси камнеотборников, отходы аспирационных сетей оборудования и емкостей первых двух технологических линий.

Кормовые зернопродукты komponуют из отходов фильтров, легких примесей пневмосепараторов, продуктов шелушения обочных машин, овсюга, сходов сортировочных сит сепараторов.

Куколь получают после сепарирования зерна в триерах-куколеотборниках.

Все категории отходов собираются на шнеки и транспортируются в соответствующие оперативные емкости. Кормовые зернопродукты после взвешивания подлежат обязательному дроблению.

Сточные воды после моечных машин или машин для мокрого шелушения зерна обрабатывают по схеме: сепаратор для отделения твердой фазы от воды, пресс для отжима отходов, сушилка шнековая паровая. Подсушенные отходы направляют в кормовые зернопродукты.

§ 10. Эффективность подготовки зерна к помолу

Ведение технологического процесса в зерноочистительном отделении должно обеспечить качественную подготовку зерна к помолу. Поэтому зерно, направляемое на первую драную или первую плющильную системы, должно иметь строго определенные показатели качества. Так, влажность зерна, полученная в результате гидротермической обработки, должна соответствовать виду и качеству зерна, а также типу помола:

- при сортовых помолах мягкой пшеницы в хлебопекарную муку — 14,0–16,5 %;
- при помолах твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в муку для макаронных изделий — 15,5–17,0 %;

- при сортовых помолах ржи — 14,0–15,0 %;
- при обойных помолах пшеницы и ржи влажность зерна должна обеспечивать получение муки стандартной влажности.

Содержание примесей в зерне должно соответствовать предельным нормам, представленным в таблице 3.4.

Таблица 3.4

**Предельно допустимое содержание примесей в зерне,
направляемом в размольное отделение**

в процентах

Вид примеси	Вид помола	
	макаронные	хлебопекарные
Сорная примесь	0,3	0,4
в том числе куколя	0,05	0,1
вредной примеси (головни, спорыньи, горчака ползучего, вязаля разноцветного) всего	0,05	0,05
в том числе горчака и вязаля	0,04	0,04
фузариозных зерен	0,6	0,3

* В твердой пшенице

Наличие в зерне семян гелиотропа опушенноплодного, триходесмы седой и минеральной примеси не допускается.

Для хлебопекарных помолов с отбором макаронной крупки содержание примесей в зерне, направляемом в размольное отделение, должно соответствовать содержанию примесей в зерне для макаронных помолов.

Количество и качество клейковины зерна должно обеспечивать получение муки, стандартной по этим показателям.

Эндосперм зерна должен быть разрыхлен микро- и макротрещинами, что достигается определенной степенью увлажнения и временем отволаживания.

Степень связи оболочек и эндосперма должна быть минимальной, что обеспечит их эффективное разделение в размольном отделении мукомольного завода.

Минимальное содержание примесей в зерне, направляемом на первую систему технологического процесса в размольном отделении мельницы, обеспечивается заданной эффективностью сепарирования на каждом этапе. Считается, что минимально необходимая эффективность сепарирования должна быть не ниже рекомендованной в соответствии с паспортом завода-изготовителя оборудования.

С поверхности зерна должны быть удалены минеральные и другие виды примесей, надорывы оболочек, волоски бородки и т. п. Степень снижения зольности зерна при этом должна колебаться от 0,02 до 0,05 % в зависимости от вида применяемого оборудования. При этом дробимость зерна (прирост содержания дробленого ядра) не должна превышать 1–2 %.

Глава 3

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МУКИ

Известно, что технологический процесс в размольном отделении мукомольного завода осуществляется при непрерывном измельчении и последующем сортировании продуктов измельчения. Несмотря на сравнительно ограниченный набор (номенклатуру) технологических операций или технологического оборудования, схемы производства сортовой муки сложны по структуре, количество систем технологического процесса достигает десятков, что определяет сложную и протяженную коммуникационную увязку. Для размола зерна используют вальцовые станки с нарезными и шероховатыми валками, центробежные измельчители — энтолейторы, деташеры-разрыхлители, бичевые и щеточные машины. Сортируют продукты измельчения в многорамных рассевах, центрофугалах и ситовеечных машинах.

Физическая сущность операций измельчения на отдельных этапах технологического процесса резко различна в связи с различной задачей технологии. Есть системы начального и промежуточного измельчения зерна, обработки отрубянистых остатков зерна и измельчения частиц эндосперма. На каждую из систем поступает продукт с различным соотношением оболочек и эндосперма. Поэтому, решая основную задачу технологии муки — разделить в максимальной степени высокозольные оболочки и крахмалистый эндосперм зерна, на каждой системе выбирают строго определенный режим воздействия на продукт, выраженный в единицах степени измельчения. В технологической схеме это выражается в различных механико-кинематических и технологических параметрах мелющих валков, различной длине мелющей линии на этапах, различных схемах сортирования, индивидуальном подборе сит и направлений продуктов. Для выбора этих параметров пользуются строго определенными закономерностями, знание которых позволяет конструировать технологическую схему помола. По характеру производственных операций технологический процесс производства муки подразделяется на ряд основных этапов — драной или крупобразующий, обогащения, шлифовочный и размольный.

В зависимости от целевой задачи отдельные этапы технологии могут быть развиты в различной системе или отсутствовать вовсе. Наиболее существенное влияние на построение технологического процесса в размольном отделении оказывают следующие факторы:

- ♦ вид перерабатываемой культуры (пшеница, рожь, кукуруза и т. п.);
- ♦ тип помола или ассортимент и качество продукции;
- ♦ производительность предприятия;
- ♦ качество переработанного зерна.

На рисунке 3.12 изображена структурная схема помола, в которой представлены возможные технологические операции. Тонкие линии, соединяющие блоки или выходящие

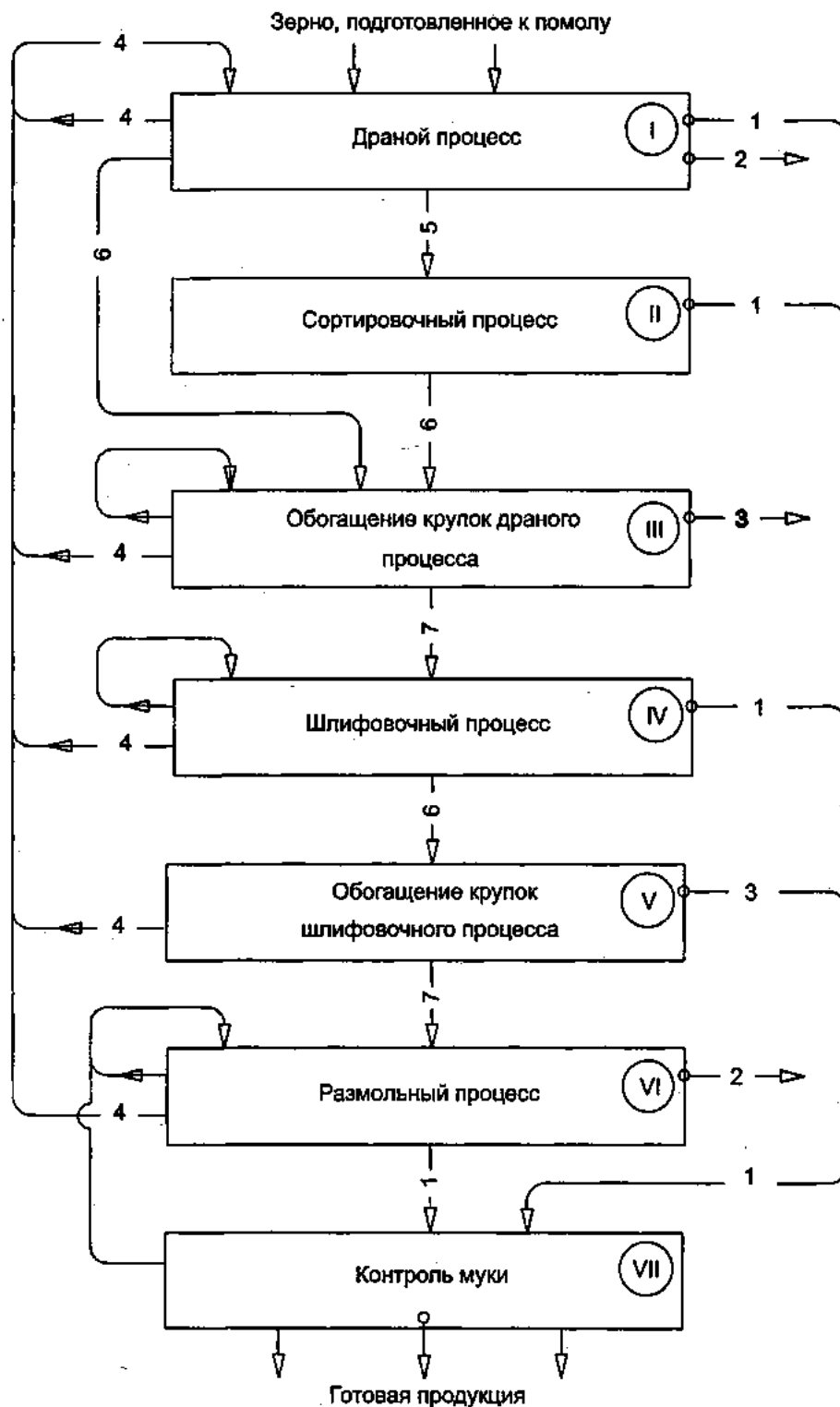


Рис. 3.12. Структурная схема помола:

1 — мука; 2 — отруби; 3 — макаронная крупка и полукрупка; 4 — остатки;
 5 — смесь крупок, дунстов и муки; 6 — крупки на обогащение; 7 — обогащенные крупки

из блоков показывают возможные продукты, получаемые в процессе помола. В разрыве тонкой линии цифрой показано наименование соответствующего продукта.

Драной процесс — это процесс начального измельчения зерна. В сортовых помолах крупобразующий, т. е. предназначенный для получения крупок и дунстов. Мука в драном процессе сложных сортовых помолов является не основным, а попутным продуктом. Напротив, для простых помолов, например, помолов в обойную муку, драной процесс предназначен для максимального извлечения муки. По своей сути этот процесс последовательного измельчения зерна и его остатков с извлечением после каждого этапа измельчения некоторых продуктов путем ситового сепарирования. В сортовых помолах извлекают крупки, дунсты (промежуточные продукты помола) и муку, в обойных помолах — муку. Остатки зерна после измельчения крупок, дунстов и муки направляют на следующую драную систему и там снова повторяют тот же цикл — измельчение с последующим ситовым сепарированием. Таких последовательных циклов может быть от четырех до семи. Причем на технологических системах, где остатки зерна после извлечения крупок и дунстов представляют собой продукты различной крупности, может быть организовано их раздельное измельчение. Это поможет подобрать оптимальную величину рабочего зазора в вальцовых станках и повысить эффективность ведения процесса в целом. Таким образом, общее количество систем измельчения может возрасти до 8–11. Каждая система драного процесса представляет собой комплекс из двух видов оборудования — измельчающего (в основном, в виде вальцового измельчения) и сортирующего (в основном, в виде отсева). Для измельчения в драном процессе используют валки с рифленой поверхностью, которые обозначают в виде двух заштрихованных кругов. Каждая система должна иметь наименование, которое состоит из номера системы и ее наименования в сокращенном или полном виде. Непосредственно у символа измельчения — вальцового станка проставляют характеристику поверхности, кинематические параметры мелющих валков, а также взаиморасположение рифлей. У символа сортирования — отсева проставляют номер технологической схемы в соответствии с типом отсева. Внутри прямоугольника, обозначающего сев, показывают число групп сит, количество сит в группе, а также принятый номер сита в каждой группе. В месте вывода продукта из отсева (сходом или проходом группы сит) изображают направление продукта по технологической схеме. По принятым в отрасли хлебопродуктов правилам направление продукта изображают в виде линии со стрелкой на конце, соединяющей две системы. Допускается линию направления продукта изображать в виде короткого отрезка со стрелкой на конце. У стрелки отрезка записывают наименование системы, куда направляется продукт. Рекомендуется в разрыве линии направления продукта показывать наименование продукта в виде цифры, значение которой должно быть расшифровано на свободном поле чертежа технологической схемы. На рисунке 3.13 показан пример обозначения драной системы в технологических схемах.

При изображении технологической схемы драной системы для завода, имеющего конкретную производительность, дополнительно проставляют количество вальцовых станков и отсевов в пределах системы.

Причем этот показатель можно обозначить цифрой, кратной числу половин вальцовых станков, работающих в пределах системы, или количеством пар заштрихованных кругов, символизирующих и систему измельчения, и 0,5 вальцового станка одновременно. Кроме количества в технологических схемах конкретных мукомольных заводов проставляют также типоразмер вальцового станка, что позволяет рассчитать длину вальцовой линии в пре-

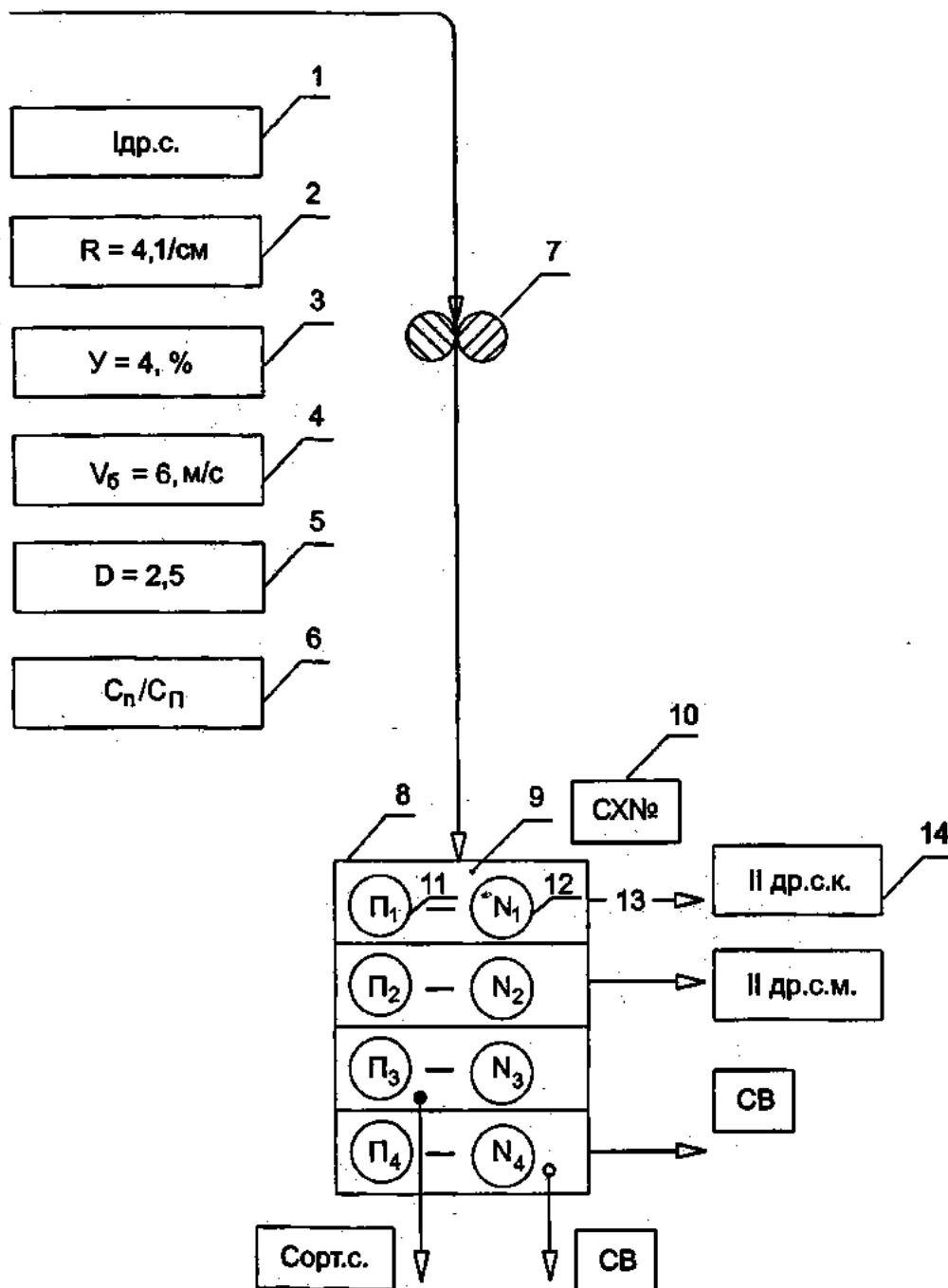


Рис. 3.13. Обозначение драной системы в технологической схеме:

- 1 — наименование системы; 2 — количество рифлей; 3 — уклон рифлей;
- 4 — скорость быстровращающегося вала; 5 — дифференция;
- 6 — взаиморасположение рифлей; 7 — вальцовый станок; 8 — рассев; 9 — группа сит;
- 10 — номер технологической схемы; 11 — количество сит в группе;
- 12 — номер сита в группе; 13 — наименование продукта;
- 14 — направление продукта по схеме

делах технологической системы. Типоразмер проставляют в виде произведения двух цифр. Первая цифра обозначает длину, а вторая — диаметр мелющего вала. Цифры проставляют в миллиметрах или в сантиметрах без указания размерности. Пример обозначения количества вальцовых станков, если в пределах системы эксплуатируется полтора вальцовых станка с длиной валков 1000 мм и диаметром — 250 мм, показан на рисунке 3.14.

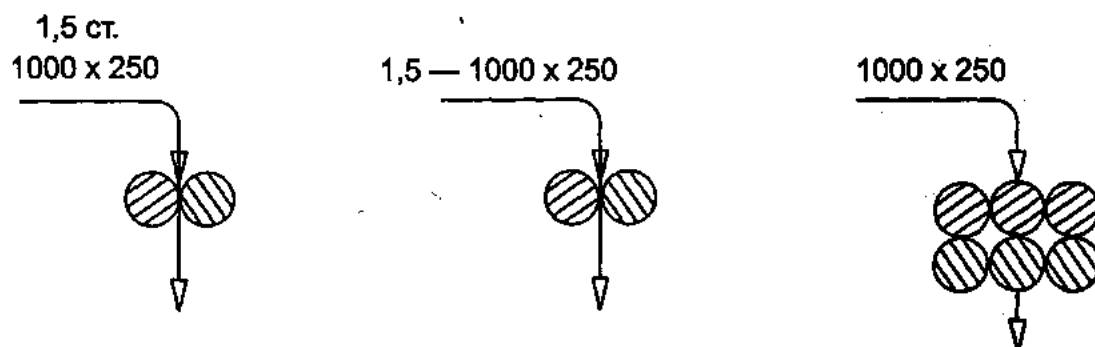


Рис. 3.14. Пример обозначения количества вальцовых станков в технологических схемах

Количество рассевов в пределах системы обозначают цифрой, кратной числу автономных секций в отсеве, например, 1/6; 2/6; 3/6 и т. п. — для шести приемных отсевов. Или 1/4; 2/4; 3/4 — для четырех приемных отсевов. Обозначение в драном процессе технологических схем помола бичевых машин и центрифугалов осуществляется соответствующими символами, принятыми в отрасли хлебопродуктов с показом номеров сит, направления выводимых продуктов и количества оборудования в пределах системы.

Сортировочный процесс предназначен для дополнительного фракционирования продуктов измельчения, когда при начальном сортировании в отсеве драной системы не удается осуществить полное деление на фракции из-за ограниченной возможности отсева. Например, при первоначальном измельчении зерна получают муку, два вида дунстов, три вида крупок, а также остатки от зерна, всего около семи-восьми продуктов разных по крупности и качеству. Возможности современных схем отсевов таковы, что поступивший продукт можно разделить максимум на пять фракций. Очевидно, в этом случае сортирование необходимо проводить в два этапа. На первом этапе сортирование осуществляется на основной системе, где выделяют остатки зерна в виде двух продуктов разных по крупности, крупные и средние крупки отдельно, а также смесь мелких крупок, дунстов и муки. Смесь направляется на второй этап сортирования, где и происходит окончательное фракционирование. В технологических схемах также используются системы для дополнительного отсева других разнообразных по фракционному составу продуктов, которые также относятся к сортировочному процессу. Это системы отсева дунстов, сходов сит ситовеек, проходов вымольных машин, отсоев фильтров, отсева отрубей и т. п. Количество таких систем определяется, в первую очередь, технологической необходимостью. Сортирование на этом этапе чаще всего осуществляют в отсевах. В названии системы указывают ее номер и сокращенно наименование. Например, 1 сорт. с., что обозначает «Первая сортировочная система». Возможно, также из наименования системы исключить номер. Например, «Пересев дунстов», «Пересев отрубей», и т. п. В отсеве-символе системы, как и для отсевов драного процесса, указывают номер

технологической схемы, количество сит в группах, номера сит и направление продуктов, полученных в результате сортирования. Сортировочный процесс, как дополнительный этап сортирования, встречается только в сложных помолах.

Процесс обогащения крупок и дунстов драного процесса встречается только в сложных помолах пшеницы в сортовую муку. Это процесс сортирования по добротности (по зольности, по соотношению в продуктах оболочек и эндосперма) крупок и дунстов, который осуществляется в ситовеечных машинах. Количество ситовеечных машин или систем может достигать десятков, например, для макаронных помолов пшеницы. Минимальное количество систем обогащения (одна-три) — для сортовых помолов пшеницы по сокращенным схемам без отбора муки высшего сорта.

Обозначение систем обогащения в технологических схемах зависит от конструкции технологического оборудования, т. е. от способа приема, распределения, перемещения и вывода продуктов, полученных в результате обогащения. Современная мукомольная промышленность эксплуатирует два типа ситовеечных машин — двухъярусные с последовательно-параллельным способом обогащения и трехъярусные — с последовательным способом обогащения. В соответствии с рисунком 3.15 ситовеечные машины изоб-

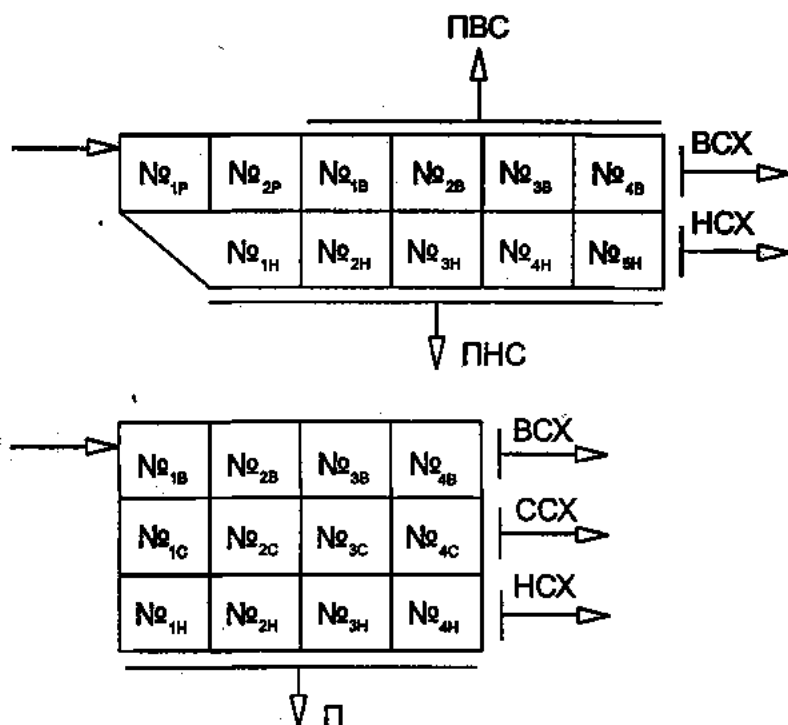


Рис. 3.15. Изображение систем обогащения для технологических схем:

№_{1П} №_{2П} — номера 1, 2 распределительных сит;

№_{1В} №_{2В} №_{3В} №_{4В} — номера 1, 2, 3, 4 — сит верхнего яруса;

№_{1С} №_{2С} №_{3С} №_{4С} — номера 1, 2, 3, 4 — сит среднего яруса;

№_{1Н} №_{2Н} №_{3Н} №_{4Н} №_{5Н} — номера 1, 2, 3, 4, 5 — сит нижнего яруса;

П — проход; ПВС — проход сит верхнего яруса; ПНС — проход сит нижнего яруса;

BCX, CCX, HCX — соответственно, сходы сит верхнего, среднего и нижнего ярусов

ражают в виде прямоугольников, разделенных на клетки. Каждая клетка обозначает сито в ярусе. Совокупность клеток в горизонтальной плоскости обозначает ярус сит. В каждой клетке проставляется номер сита. Проходы и сходы сит ситовеек могут быть объединены в соответствии с конструктивными особенностями оборудования, что должно быть отражено в технологической схеме в виде отдельно выводимых продуктов. Как и в случае с рассевами, продукты после обогащения могут быть доведены до следующей системы линией со стрелкой на конце или показаны в виде короткого отрезка со стрелкой, у острия которой записывают наименование системы, на которую направляют продукт. В технологических схемах рекомендуется в разрыве коммуникационной линии показывать цифрой наименование продукта. Цифры, обозначающие наименование продуктов, должны быть расшифрованы на свободном поле чертежа технологической схемы. Обозначение ситовеечной системы в технологической схеме должно состоять из буквенной части, которая в сокращенном виде обозначает ситовеечную машину, и порядкового номера. Например, ситовеечная машина номер один будет обозначена: СВ-1 или СВ № 1. Обозначение системы проставляется в месте поступления продукта на систему обогащения.

Шлифовочный процесс — это процесс измельчения крупок на вальцовых станках с целью разделения оболочек и эндосперма зерна. Процесс свойственен только сложным, сортовым помолам пшеницы. Количество шлифовочных систем может колебаться от одной до одиннадцати. Минимальное количество характерно для хлебопекарных помолов пшеницы по сокращенным схемам и с интенсивным ведением процесса измельчения. Максимальное — для макаронных помолов твердой пшеницы. Измельчение в шлифовочном процессе можно осуществлять в вальцовых станках с рифлеными и гладкими валками с микрошероховатой поверхностью. При использовании гладких валков с микрошероховатой поверхностью в продуктах измельчения появляются так называемые предразрушенные частицы и конгломераты частиц. Поэтому вальцовые станки используют в сочетании с деташерами-разрыхлителями (тип доизмельчителя с малоинтенсивным воздействием на продукт). Такое сочетание характерно для шлифовочного процесса хлебопекарных помолов пшеницы, где конечным продуктом является тонко измельченная мука. Для макаронных помолов пшеницы, где в качестве основного продукта получают муку в виде крупок и дунстов, применяют только рифленые валки. После двойного последовательного или одинарного измельчения обязательным процессом является сортирование в рассевах. В соответствии с этим каждая шлифовочная система может состоять из вальцового станка и отсева или из вальцового станка, деташера и отсева. На рисунке 3.16 показано принципиально два варианта изображения шлифовочных систем в технологических схемах. Рядом с символом вальцового станка проставляют необходимую для технологических схем механико-кинематическую и технологическую характеристику мелющих валков, аналогичную той, что была описана для вальцовых станков драного процесса. Для валков с гладкой микрошероховатой поверхностью вместо количества рифлей и их уклона проставляют показатель шероховатости поверхности R_a или R_z .

В отсевах шлифовочной системы проставляют номер используемой технологической схемы, число групп сит, количество и номер сита в группе. Для конкретного мукомольного завода с известной производительностью дополнительно проставляют количество оборудования в пределах системы и его типоразмер.

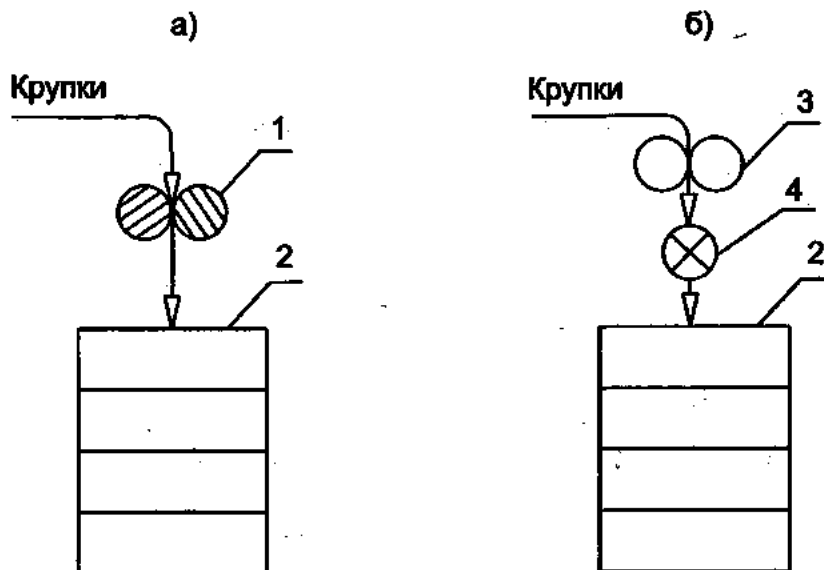


Рис. 3.16. Принципиальное изображение шлифовальных систем для технологических схем с использованием рифленых (а) и гладких (б) валков
1 — рифленые валки; 2 — рассев; 3 — гладкие валки; 4 — деташер

Процесс измельчения при шлифовании крупок можно осуществлять в интенсивном режиме с образованием значительного количества тонко измельченной муки. При этом можно использовать как рифленые, так и гладкие валки в сочетании с деташерами. При ведении процесса в высоком, менее интенсивном режиме в качестве основного продукта образуется следующая по крупности крупка. Это значит, что при шлифовании крупных крупок должны образоваться в максимальном количестве средние крупки, при шлифовании средних крупок — мелкие и т. п. При этом извлечение мягкой, тонкой муки минимально, а измельчение осуществляют с использованием только рифленых валков. Такой режим измельчения характерен для макаронных помолов, хлебопекарных помолов с отбором макаронной муки, а также для хлебопекарных помолов с отбором муки высшего сорта на мельзаводах большой производительности. Образовавшиеся при шлифовании крупки и дунсты подвергают обязательному обогащению на ситовейках. Построение процесса обогащения не отличается от процесса обогащения крупок драного процесса. Лучшего эффекта можно добиться при индивидуальном обогащении образовавшихся крупок как по крупности, так и по качеству. Обозначение систем, изображение ситовеечных машин с последовательным и смешанным принципом обогащения, вывод продуктов обогащения и их направление на последующие системы осуществляется аналогично обогащению крупок драного процесса.

Размольный процесс предназначен для интенсивного измельчения обогащенных и необогащенных крупок и дунстов в муку. Процесс характерен для всех помолов пшеницы и ржи, кроме помолов в обойную муку. Измельчение в размольном процессе осуществляют в вальцовых станках с последующим сортированием продуктов измельчения в отсевах. Измельчение может осуществляться как рифлеными валками, так и гладкими валками с микропороховатой поверхностью. В случае измельчения гладкими валками, как в шли-

фовочном процессе, могут образовываться недоизмельченные, предразрушенные частицы и конгломераты частиц. Поэтому в технологии размольного процесса после вальцового станка измельченный продукт дополнительно обрабатывают в энтолейторах-измельчителях или в деташерах-разрыхлителях. Энтолейторы, как правило, используют на первых размольных системах, где измельчаются низкосошные крупки и дунсты. Это оборудование с интенсивным ударным воздействием на продукт. Деташеры-разрыхлители используют на остальных системах размольного процесса. Таким образом, каждая система размольного процесса может сочетать в себе три различных варианта технологического оборудования (в соответствии с рис. 3.17):

- ♦ вальцовый станок — рассев;
- ♦ вальцовый станок — энтолейтор — рассев;
- ♦ вальцовый станок — деташер — рассев.

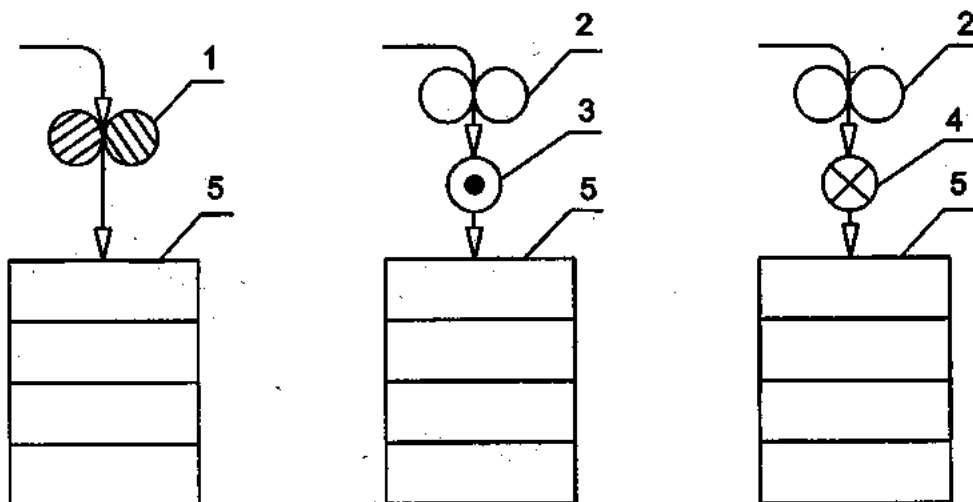


Рис. 3.17. Варианты сочетания технологического оборудования в системе размольного процесса

1 — вальцевые станки с рифлеными валками; 2 — вальцевые станки с гладкими валками; 3 — энтолейтор; 4 — деташер; 5 — рассев

Количество систем в размольном процессе колеблется от двух до двенадцати. Минимальное количество характерно для двухсортных помолов ржи и макаронных помолов пшеницы, а максимальное — для хлебопекарных помолов с отбором муки высшего сорта. Обозначение систем размольного процесса состоит из цифрового и буквенного индексов: цифровой индекс показывает порядковый номер системы, а буквенный — сокращенное название. Например, обозначение первой размольной системы для любого помола будет записано следующим образом — 1 р.с. Обозначение проставляют у стрелки поступления продукта на вальцовый станок размольной системы. Обязательным для любой размольной системы является запись информации о механико-кинематических и технологических параметрах мелющих валков, а также о технологической схеме рассева, принятых ситах и направлении продуктов на последующие системы. Принцип записи информации аналогичен записи для систем дражного и шлифовочного процессов. Контроль муки и кру-

ны — процесс выделения из готовой продукции, полученной на рабочих системах, случайно попавших примесей. Попутно решаются задачи придания однородности продукции. Контроль хлебопекарной муки осуществляется на рассевах, а манной крупы и макаронной муки — «крупки» и «полукрупки» — на ситовечных машинах. Это процесс с различной организацией присутствует во всех повторительных помолах. Обозначают контрольные системы буквенными индексами, сочетающими название операции и вид готовой продукции. Например, контроль муки высшего сорта может быть записан следующим образом — КМ в/с или К в/с. Возможны и другие варианты обозначения. В отсевах или ситовойке контрольных систем должны быть проставлены сита, схемы сортирования и выведения продуктов, полученных в результате контроля.

Приведенная структурная схема помола включает все возможные операции для помолов любой сложности. Так, многосортные и односортные помолы пшеницы с получением муки высшего сорта включают все семь процессов, входящих в структурную схему.

В помолах пшеницы в сортовую муку по сокращенным схемам практически всегда отсутствует процесс обогащения крупок после шлифования. В сортовых помолах ржи нет процессов обогащения крупок и шлифовочного процесса.

В обойных помолах пшеницы и ржи муку получают только в одном драном процессе.

Как уже было сказано выше, контроль муки и крупы обязателен для всех помолов пшеницы и ржи.

Принципиально помолы любой сложности осуществляются по одной схеме. Из зерна в драном процессе получают крупки и дунсты, которые затем обрабатываются в промежуточных операциях обогащения и шлифования для удаления свободных и сросшихся оболочек. Подготовленные таким образом крупки и дунсты могут быть конечным продуктом в виде макаронной муки или могут интенсивно измельчаться в размольном процессе хлебопекарного помола в тонкодисперсную муку. В зависимости от сложности помола промежуточные операции обогащения и шлифования могут быть развиты в различной степени или отсутствовать вовсе. Так, процессы обогащения и шлифования наиболее развиты в макаронных помолах, так как конечная продукция технологии — макаронная мука высшего и первого сортов (крупка и полукрупка) состоит из крупок и дунстов, освобожденных от оболочек. В сортовых помолах ржи операции шлифования и обогащения отсутствуют, так как при измельчении получают промежуточные продукты помола в виде трудно делимых сростков оболочек и эндосперма, и обогащение становится мало эффективной операцией.

В обойных помолах пшеницы и ржи нет необходимости в предварительном получении крупок и дунстов и их последующем обогащении и шлифовании, как это осуществляется в сортовых помолах. Последнее объясняется тем, что обойная мука практически повторяет химический состав зерна. Поэтому нет необходимости в разделении оболочек и эндосперма зерна. И весь процесс получения муки сводится к интенсивному измельчению зерна на четырех драных системах.

Таким образом, технологические схемы различных помолов отличаются набором основных технологических операций. С другой стороны, при одинаковом наборе технологических операций помолы отличаются насыщенностью отдельных операций или количеством систем. Чем большее количество систем входит в процесс, тем менее интенсивно происходит воздействие рабочих органов измельчающих машин на зерно и промежуточ-

ные продукты, тем менее интенсивно дробятся оболочки и меньшее их количество попадает в муку. При прочих равных условиях это и определяет в конечном итоге качество муки равного выхода.

В таблице 3.5 представлено соотношение количества систем в отдельных процессах различных помолов пшеницы и ржи.

Таблица 3.5

Количество систем в отдельных процессах помолов пшеницы и ржи

Тип помола	Наименование процессов			
	драной	шлифовочный	размольный	обогащения
Сортовые хлебопекарные помолы пшеницы:				
– с отбором муки высшего сорта	4–6	2–6	8–12	7–16
– сокращенные без отбора муки высшего сорта	4–5	1–2	5–6	2–3
– 85 % помол в муку второго сорта	4–5	–	4–5	2–3
Макаронные помолы:				
– твердой пшеницы	5–6	8–11	2–4	10–35
– мягкой пшеницы	5–6	6–8	4–6	25–28
Сортовые помолы ржи:				
– 63 % в сеяную муку	4–5	–	5–6	–
– 80 % в сеяную и обдирную муку	4–5	–	2	–
– 87 % в обдирную муку	4–5	–	2	–
Обойные помолы пшеницы и ржи	3–4	–	–	–

Следует отметить, что драной процесс как обязательный для всех помолов сохраняет приблизительно одинаковое количество систем. Однако для сложных помолов пшеницы и ржи с отбором муки высшего сорта, макаронной крупки или муки сеяной количество драных систем может быть увеличено путем их деления на крупные и мелкие. Аналогично происходит деление шлифовочных систем в макаронных помолах. Это позволяет обеспечивать оптимальные режимы измельчения на системах и стабилизировать на высоком уровне количество и качество получаемых продуктов.

Прочие технологические операции или процессы (обогащения, шлифования, размольный) резко отличаются по количеству систем, что позволяет различать простые и сложные помолы.

Глава 4

СЛОЖНЫЕ ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ С РАЗВИТЫМ ПРОЦЕССОМ ОБОГАЩЕНИЯ

Эти виды помолов предусматривают отбор муки высшего сорта — наиболее высококачественной хлебопекарной муки. Основу муки высшего сорта составляет срединная часть эндосперма зерна с небольшой примесью высокозольных оболочек. Поэтому зольность муки высшего сорта не должна превышать 0,55 %, а белизна в условных единицах прибора РЗ-БПЛ должна быть не менее 55. Цвет муки белый или белый с кремоватым оттенком. Содержание сырой клейковины в муке должно быть не менее 28,0 % по качеству не ниже второй группы. Мука тонкодисперсная. Крупность муки характеризуется остатком на шелковом сите № 43 не более 5,0 %.

Кроме муки высшего сорта технологии могут предусматривать отбор одновременно муки первого и второго сортов, т. е. осуществлять трехсортный помол или отбирать муку первого сорта, или второго в дополнение к муке высшего сорта, осуществляя двухсортный помол. Мука первого сорта в сравнении с мукой высшего сорта более высокозольная и отбирается из периферийных частей крахмалистого эндосперма и содержит большее, чем мука высшего сорта, количество высокозольных оболочек. Зольность муки первого сорта должна быть не выше 0,75 %, а белизна в единицах прибора РЗ-БПЛ — не менее 36,0 и не более 53,0. Цвет муки должен быть белым или белым с кремоватым оттенком. Количество сырой клейковины должно быть не менее 30,0 % по качеству не ниже второй группы. Крупность муки характеризуется остатком на шелковом сите № 35 не более 2,0 % и проходом шелкового сита № 43 не менее 80 %.

Мука второго сорта также отбирается из периферийной зоны эндосперма и содержит значительное количество оболочек. Зольность муки должна быть не выше 1,25, а белизна в условных единицах прибора РЗ-БПЛ — не менее 12,0 и не более 36,0. Цвет муки должен быть белым с желтоватым или сероватым оттенком. Содержание сырой клейковины должно быть не менее 25,0 % по качеству не ниже второй группы. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах предусматривают три вида трехсортных помолов, три вида двухсортных и два вида односортных помолов. В таблице 3.6 приведены нормы выхода продукции для различных помолов при переработке зерна базисных кондиций.

Для обеспечения заданного выхода, ассортимента и качества продукции технологическая схема трехсортных, двухсортных и односортных помолов пшеницы в хлебопекарную муку с развитым процессом обогащения должна включать все технологические операции, предусмотренные структурной схемой помола:

- ♦ драмой или крупобразующий процесс;
- ♦ обогащение крупок и дунстов;

- ♦ шлифовочный процесс;
- ♦ размольный процесс;
- ♦ процесс формирования сорта и контроль готовой продукции.

Таблица 3.6

Нормы выхода продукции и виды сложных хлебопекарных помолов пшеницы с развитым процессом обогащения

Продукты помола	Помолы							
	трехсортные			двухсортные			односортные	
Мука всего	73	75	78	73	75	78	72*	75**
в том числе:								
высшего сорта	30–55	25–50	15–40	35–45	30–40	55–65	72	75
первого сорта	15–40	20–45	20–50	28–38	35–45	–	–	–
второго сорта	до 5	5–10	13–18	–	–	13–23	–	–
Побочные продукты:								
мучка кормовая	5	3	–	5	3	–	6	3
отруби	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1
кормовые зернопродукты	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Отходы с механическими потерями	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100

* Для предприятий с комплектным серийным оборудованием

** Для предприятий с комплектным аналоговым оборудованием

При этом для проведения отдельных операций выделяется часть общей длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности с учетом специфики измельчения и просеивания в соответствии с таблицей 3.7.

Таблица 3.7

Длина вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности по процессам, %

Наименование процесса	Вальцовая линия	Просеивающая поверхность
Драной	36–42	30–35
Сортировочный	–	15–17
Шлифовочный и размольный (вместе)	58–64	40–45
Контроль муки	–	8–12

Отношение длины вальцовой линии шлифовочных и размольных систем к длине вальцовой линии драных систем для этого типа помолов составляет 1,4–1,8. Те же соотношения, но по просеивающей поверхности — 0,8–1,0. При конструировании схем технологического процесса большее значение соотношения длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности рекомендуется принимать для высокостекловидных пшениц.

Одной из основной характеристик помола является удельная нагрузка на основное технологическое оборудование — вальцовые станки, рассевы и ситовые машины.

Рекомендуются для сложных помолов с развитым процессом обогащения следующие удельные нагрузки:

Таблица 3.8

Удельные нагрузки на основное оборудование при ведении сложных помолов с развитой схемой обогащения

Оборудование	Единицы измерения	Величина нагрузки
Вальцовые станки:		
ЗМ, БВ	кг/см сут	65–85
А1-БЗН	кг/см сут	65–75
Рассевы:		
ЗРМ	кг/м ² сут	630–800
ЗРШ	кг/м ² сут	900–1050
ЗРШ-М	кг/м ² сут	1000–1200
БРБ, БРВ	кг/м ² сут	1300–1400
Ситовейки:		
ЗМС	кг/см сут	400–500
БСО	кг/см сут	500–600

Каждый из процессов, входящих составной частью в сложный помол, решает определенную задачу из общей задачи получения муки заданного ассортимента и качества. Поэтому его построение, организация, ведение строго индивидуальны и должны рассматриваться как составная часть некоторого целого.

§1. Драной или крупобразующий процесс

Построение процесса

Как уже было сказано выше, для многосортных помолов с отбором муки высоких сортов это крупобразующий процесс, наиболее сложный процесс начального измельчения зерна. Процесс ведут избирательно, сохраняя в целостности оболочки и превращая эндосперм в крупки и дунсты. Образование муки при этом неизбежно, но она по качеству уступает муке, полученной при измельчении хорошо обогащенных крупок и дунстов. Дело в том, что начальное измельчение всегда сопровождается дроблением оболочек, попадание которых в муку ухудшает ее качество. Положение может усугубиться, если зерно при подготовке к помолу не проходит достаточно интенсивной мойки или мокрого шелушения. Поэтому пыль бороздки также может попадать в муку, увеличивая ее зольность. По классическим представлениям мука первой драной системы хуже по качеству, чем мука второй драной системы. И в целом мука драного процесса рассматривается как попутный продукт при получении крупок и дунстов.

Драной процесс осуществляется на четырех–пяти системах, каждая из которых включает измельчение на вальцовом станке и сортирование продуктов измельчения в рассеве. В зависимости от производительности мукомольного завода и сложности технологии каждая драная система может быть разделена на крупную и мелкую. Это

позволяет осуществлять процесс измельчения в индивидуальном режиме для продуктов разной крупности, что, несомненно, положительно сказывается на эффективности технологии в целом. Однако чаще всего на крупную и мелкую делят вторую, третью и четвертую драные системы. Некоторые технологии не рекомендуют делить вторую драную систему на крупную и мелкую с целью стабилизации потоков продуктов как на саму систему, так и на последующие системы. Опасение состоит в том, что изменение влажности зерна, режима отволаживания, состояния рифлей мелющих валков, режима измельчения и т. п. может существенно изменить фракционный состав продуктов измельчения. Последнее приведет к перераспределению потоков продуктов по массе и к изменению загрузки систем. Это негативно скажется на работе пневмотранспортеров, усложнит настройку технологического оборудования из-за возможных изменений удельных нагрузок. В зависимости от производительности мукомольного завода на крупную и мелкую систему может быть разделена только измельчающая часть драной системы. Такое сочетание получило название системы с отдельным измельчением и совместным просеиванием.

Условно драной процесс делят на этап образования и отбора продуктов первого качества (первые три драные системы) и этап вымола оболочек (последние одна-две драные системы). Очевидно, что основное количество круподуновых продуктов высокого качества получают на первом этапе. На втором этапе драного процесса осуществляют драной вымол. При этом получают некоторое количество крупок, дунстов и муки более низкого (второго) качества.

На всех этапах ведения драного процесса продукты измельчения представляют собой смесь разнообразных по крупности и соотношению оболочек продукты, которые должны быть разделены на более однородные фракции. Сортирование осуществляют, как правило, в два этапа, так как технологические схемы рассевов не позволяют это сделать в один этап. На втором этапе сортируют смесь мелких крупок, дунстов и муки, выделенных на первом этапе сортирования. Возможно также трехэтапное сортирование, что характерно для мукомольных заводов большой производительности и хорошо оснащенных технологическим оборудованием. На третьем этапе дополнительно сортируют дунсты, выделенные на втором этапе сортирования. При этом их делят на жесткие и мягкие и выделяют дополнительно муку, оставшуюся в дунстах в виде недосева. Однако в большинстве технологических схем ограничиваются двухэтапным сортированием (в соответствии с рис. 3.18). Для интенсификации процесса вымола оболочек (отделение от оболочек остатков эндосперма) начиная с III или IV драных систем остатки от зерна в виде оболочек с незначительным содержанием прочно связанных частиц эндосперма обрабатываются на специальных бичевых машинах, получивших название вымольных. При обработке таким способом частицы эндосперма отделяются от оболочек без их значительного дробления, что позволяет повысить эффективность процесса драного вымола. Несмотря на то, что все системы драного процесса выполняют одну целевую задачу, каждая система в отдельности выполняет индивидуальную функцию. Это связано с тем, что на каждую поступает различный по крупности продукт, с разным соотношением оболочек и эндосперма и с различными структурно-механическими свойствами. Поэтому измельчение и сортирование продуктов измельчения осуществляют с различными удельными нагрузками, что отражается на длине вальцо-

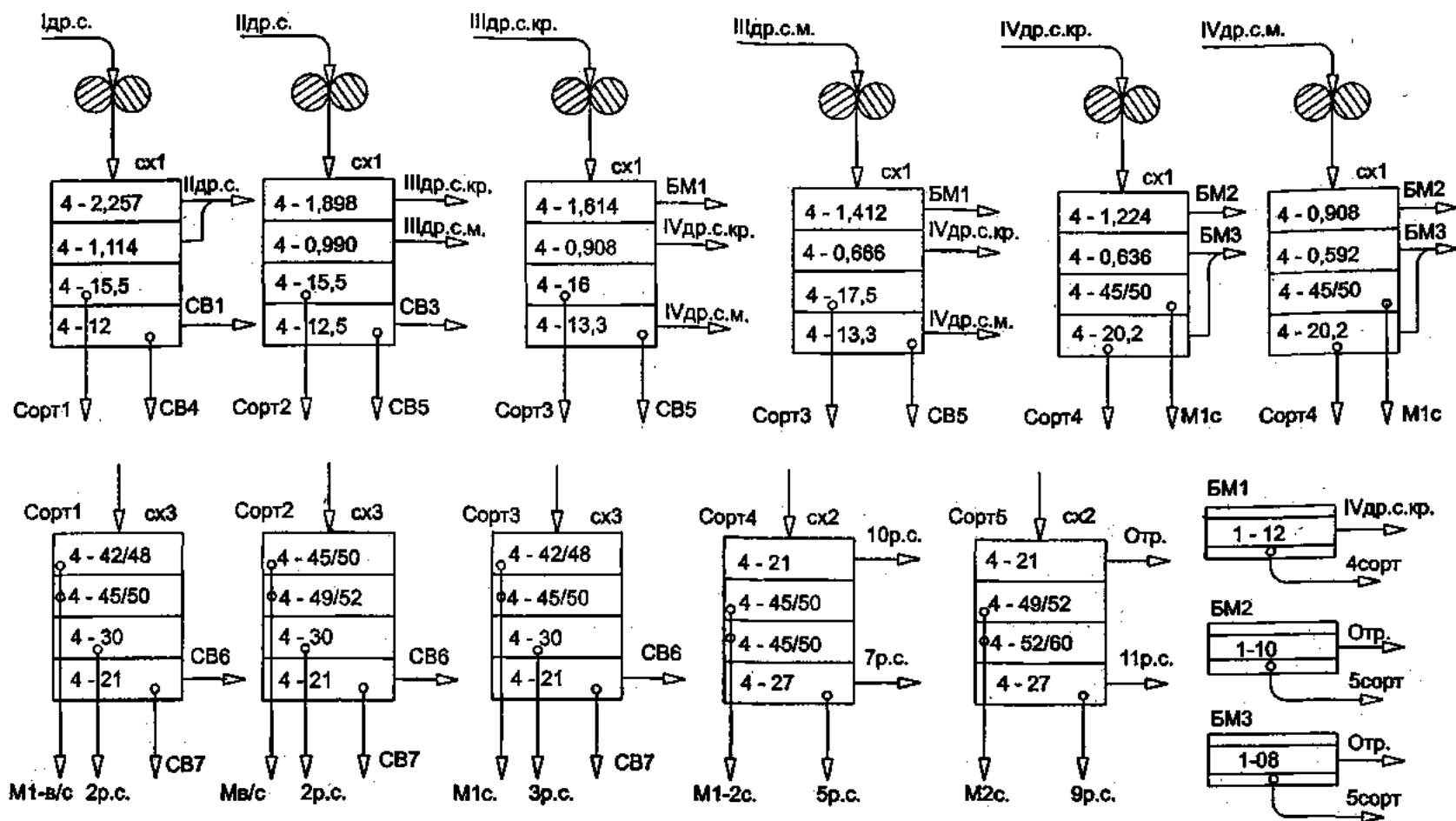


Рис. 3.18. Технологическая схема сложного хлебопекарного помола пшеницы с развитым процессом обогащения. Драной процесс

вой линии и площади просеивающей поверхности, выделяемой на каждую систему. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах рекомендуют вести драной процесс с удельными нагрузками по системам, приведенным в таблице 3.9.

Таблица 3.9

Ориентировочные удельные нагрузки и распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам драного процесса

Система	Удельные нагрузки		Распределение по системам	
	на вальцовую линию, кг/см сут	на просеивающую поверхность, кг/м ² сут	вальцовой линии, %	просеивающей поверхности, %
I драная	700–900	20000–22000	20–24	12–14
II драная	500–650	14000–18800	22–26	12–18
III драная	300–450	9400–14000	24–28	12–18
IV драная	250–300	7000–9400	22–24	10–14
V драная	200–250	4700–5900	8–10	4–6
1 сортировочная	–	4700–5900	–	8–10
2 сортировочная	–	4700–5900	–	10–12
3 сортировочная	–	4700–5900	–	6–8
4 сортировочная	–	3500–4700	–	3–5
Пересев проходов бичевых машин	–	2300–3500	–	6–8
Всего			100	100

Удельные нагрузки на просеивающую поверхность даны для рассевов ЗРШ-М. При эксплуатации рассевов ЗРШ удельные нагрузки следует принимать на 10–15 % меньше, а рассевов ЗРМ — на 15–25 %.

Удельные нагрузки на рассевы БРБ и БРВ из серии комплектного оборудования принимают на 15–20 % больше.

Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности драных систем представлено без деления на крупные и мелкие. В случае необходимости такого деления соотношение между крупными и мелкими системами (в пределах системы) рекомендуется принимать 2:1 или 3:1. Это означает, что если в соответствии с таблицей 3.9 на вторую драную систему выделено 22–26 % от длины вальцовой линии драного процесса (среднее значение 24 %), то на крупную систему выделяется 16 %, а на мелкую систему 8 % при принятом соотношении 2:1. На принятие окончательного решения оказывают влияние производительность мукомольного завода, типоразмер вальцового станка, загрузка систем по отношению к I драной.

Таким образом, структура драного процесса, его построение обеспечивает последовательное воздействие на зерно и его остатки рифлей мелющих валков и бичевых роторов вымольных машин, что позволяет в максимальной степени отделить эндосперм от оболочек. Двухэтапное сортирование позволяет фракционировать продукты измельчения на однородные по крупности и качеству потоки, что обеспечивает высокоэффективное проведение последующих операций.

Режим измельчения в драном процессе

В драном процессе зерно дробится на относительно крупные части с минимальным измельчением оболочек. При этом режим измельчения должен обеспечить оптимальное извлечение круподунстых продуктов высокого качества и минимальное количество дра-ной муки. Последняя рассматривается как попутный (не основной) продукт. Крупки дра-ного процесса должны содержать минимальное количество частиц — сростков оболочек и эндосперма, что указывает на высокую эффективность измельчения и процесса гидротер-мической обработки на подготовительном этапе. Процесс измельчения ведут в высоком режиме, который количественно характеризуется величиной извлечения через контрольное сито определенного номера. В таблице 3.10 приведены показатели режимов измельчения для систем драного процесса, рекомендуемые Правилами организации и ведения техноло-гического процесса на мукомольных заводах.

Таблица 3.10

Показатели режимов измельчения для систем драного процесса

Драная система	Номер кон-трольного сита	Общее извлечение, % к данной системе	
		при интенсивном ведении процесса	при высоком режиме измельчения
I	1,0	25–35	15–25
II	1,0	50–60	45–55
III	08	35–45	40–45
IV	056	—	30–40

На последующих системах, которые осуществляют драной вымол, режим измельчения должен обеспечить извлечение муки через полиамидное сито 41/43 или капроновое сито № 43, или шелковое № 38 не менее 5–8 % к массе продукта, поступившего на систему. Физическая сущность извлечения как меры режима измельчения состоит в следующем. Если, например, продукты измельчения первой драной системы (I др.с.) просеивать в течение 3 мин на металлотканом сите № 1 (с размером ячеек 1 мм), то величина прохода сита должна составить при интенсивном ведении процесса 25–35 %, а при высоком режи-ме измельчения — 15–25 %.

Для других драных систем из величины прохода через контрольное сито следует вы-честь содержание проходových частиц данного класса крупности (определяется номером контрольного сита), содержащегося в продукте, поступившем на систему. Подробно о рас-чете величины извлечения можно ознакомиться в главе об измельчении.

Необходимый режим измельчения обеспечивается установлением оптимальных зна-чений механико-кинематических и технологических параметров мелющих валков: ра-бочего зазора, взаиморасположения рифлей, параметров поверхности и кинематичес-ких параметров мелющих валков. Первоначально до начала измельчения величину рабочего зазора устанавливают в соответствии с рекомендацией завода-изготовителя вальцовых станков с помощью мерных щупов, а затем корректируют по органолепти-ческой оценке продуктов измельчения или путем контрольного определения величины общего извлечения, которое должно соответствовать рекомендованному. Прочие пара-метры устанавливаются или при монтаже мелющих валков (взаиморасположение риф-

лей), или определяются заранее при нарезании рифлей и подборе шестерен редуктора для привода медленновращающегося вала. Как правило, окружные скорости быстро-вращающегося вала принимают в пределах 5–6 м/с, а отношение окружных скоростей (дифференцию) — 2,5. На вымольных драных системах скорость быстро-вращающегося вала рекомендуется уменьшать до 4,0–4,5 м/с, а дифференцию — до 1,5–2,0. Это должно уменьшить дробление оболочек и в целом повысить эффективность дра-ного вымола.

Плотность нарезки мелющих валков (количество рифлей на 1 см длины окружности вала) изменяется от четырех на первой драной системе, до десяти–одиннадцати на пятой драной системе. Уклон рифлей принимают от четырех на первой до восьми процентов на последней драной системе. При этом количество рифлей на крупной системе принимают на одну-полторы единицы меньше, чем количество рифлей на одноименной мелкой системе.

При переработке стекловидного зерна взаиморасположение рифлей на всех системах принимается «спинка по спинке». При переработке пшеницы со стекловидностью менее 40 % лучшего эффекта крупобразования удастся добиться при взаиморасположении рифлей «острие по острию» или «острие по спинке».

При нарезке рифлей рекомендуется иметь общий угол заострения 90–95°. При этом на I драной системе угол острия принимают 25–30°, а угол спинки 65–70°. На остальных драных системах угол острия принимают в пределах 30–35°, а угол спинки — 60–65°. В таблице 3.11 приведены рекомендации по технической характеристике мелющих валков систем дра-ного процесса.

Таблица 3.11

**Механико-кинематические и технологические параметры
мелющих валков по системам дра-ного процесса**

Системы	Количество рифлей, 1/см	Уклон рифлей, %	Взаимораспо- ложение риф- лей	Скорость быстровращающе- го вала, м/с	Диффе- ренция
I дра-ная	3,5–4,0	4	сп/сп	5,0–6,0	2,5
II дра-ная крупная	4,5–5,0	4–6	сп/сп	5,0–6,0	2,5
II дра-ная мелкая	5,5–6,0	4–6	сп/сп	5,0–6,0	2,5
III дра-ная крупная	6,5–7,0	6–8	сп/сп	5,0–6,0	2,5
III дра-ная мелкая	8,0–8,5	6–8	сп/сп	5,0–6,0	2,5
IV дра-ная крупная	8,5–9,0	6–8	сп/сп	4,5–5,5	2,0–2,5
IV дра-ная мелкая	9,5–10,0	8–10	сп/сп	4,5–5,5	2,0–2,5
V дра-ная	10,5–11,0	10–12	сп/сп	4,5–5,5	1,5–2,0

**Количественный и качественный состав
продуктов измельчения дра-ного процесса**

Анализ режимов измельчения на системах дра-ного процесса показывает, что зерно на первой драной системе и остатки зерна на последующих драных системах измельчаются таким образом, что продукты измельчения частично состоят из крупок, дунстов и муки, а

другая часть представляет собой остатки от зерна. Крупки, дунсты и мука извлекаются ситовым сепарированием (проходом сита определенного номера), как промежуточные продукты помола, а остатки, как более крупные частицы, получают в виде сходов сит. Извлеченные продукты направляются на дополнительное сортирование и на обогащение, а остатки передаются на последующие драные системы. Так повторяют до тех пор, пока эндосперм зерна не будет извлечен в максимальной степени, а остатки не превратятся в основной побочный продукт технологии — отруби. Таких циклов измельчение-сортирование в драном процессе четыре-пять.

Извлеченные продукты первых трех драных систем представляют собой смесь крупной, средней, мелкой крупок, жестких и мягких дунстов и муки, так как для оценки режима измельчения принимают металлотканые сита № 1 и 08. По мере удаления от первой драной системы к последней фракционный состав круподунстовых продуктов меняется. При интенсивном ведении процесса измельчения крупные крупки отбирают только на первых двух драных системах, при мягком (высоком) режиме измельчения — на первых трех. Средние крупки получают и при интенсивном, и при высоком режиме измельчения на первых трех драных системах. Мелкие крупки, жесткие и мягкие дунсты получают практически на всех драных системах. Однако на первых трех драных системах это крупки первого качества (с минимальным содержанием оболочек и с низкой зольностью), а на последних драных системах — второго качества (с высокой зольностью и значительным содержанием оболочек).

Мука получается на всех системах. Качество муки по мере удаления от начальных систем постепенно ухудшается.

Извлеченные круподунстовые продукты представляют собой смесь частиц чистого эндосперма, сростков эндосперма и оболочек и частиц свободных оболочек. Причем, по мере увеличения их крупности количество оболочек в свободном или связанном виде увеличивается. Другими словами, зольность извлеченных на одной системе круподунстовых продуктов по мере увеличения крупности увеличивается. Измельчение в муку извлеченных круподунстовых продуктов без промежуточного обогащения нецелесообразно из-за их сравнительно высокой зольности. Исключение составляют мягкие дунсты, которые измельчают в муку в хлебопекарных помолах без обогащения.

В результате ведения драного процесса при переработке зерна пшеницы базисных кондиций извлекают 75–80 % круподунстовых продуктов первого качества (с первых трех драных систем) и 8–10 % продуктов второго качества. Общее извлечение к массе зерна на I драной системе составляет ориентировочно 80–85 %. Это означает, что в драном процессе получают 15–18 % отрубей, что ориентировочно составляет 70–80 % от их общего количества.

В таблице 3.12 представлен ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки в драном процессе при переработке зерна базисных кондиций и интенсивном измельчении на I драной системе.

Извлечение круподунстовых продуктов и муки в драном процессе зависит от интенсивности процесса измельчения на каждой конкретной системе. При прочих равных условиях на этот показатель существенное влияние оказывает общая стекловидность зерна как показатель структурно-механических свойств. Увеличение стекловидности практически всегда благотворно влияет на крупобразующую способность зерна.

Таблица 3.12

**Извлечение круподунстовых продуктов в муку при переработке зерна
базисных кондиций в процентах к I драной системе**

Система	Извлечение					
	крупок			дунстов	муки	общее
	крупных	средних	мелких			
I драная	7-9	8-10	3-5	3-5	4-6	25-30
II драная	10-12	12-14	6-8	6-7	6-8	40-45
III драная	—	2-4	3-4	3-5	3-5	10-13
Итого продуктов первого качества	18-20	22-24	13-15	12-14	13-15	78-80
IV драная	—	—	1-2	2-3	3-4	5-7
V драная	—	—	—	1-2	1-2	2-3
Всего	18-20	22-24	14-16	15-17	18-20	85-87

В таблице 3.13 приведены ориентировочные показатели извлечения круподунстовых продуктов и муки в драном процессе в зависимости от стекловидности зерна пшеницы. Извлечения получены при менее интенсивном режиме измельчения на I драной системе, что видно по величинам общих извлечений (в сравнении с данными табл. 3.12).

Таблица 3.13

**Ориентировочные показатели извлечения крупок, дунстов и муки при многосортных
хлебопекарных помолах мягкой пшеницы в процентах к I драной системе**

Система	Извлечение					
	крупок			дунстов	муки	общее
	крупных	средних	мелких			
Стекловидность более 60 %						
I драная	6,0	4,0	1,5	2,0	1,5	15,0
II драная	17,5	11,0	5,5	6,0	6,0	46,0
III драная	—	5,5	3,0	4,0	3,5	16,0
Всего	23,5	20,5	10,0	12,0	11,0	77,0
Стекловидность 40–60 %						
I драная	5,5	4,0	1,5	2,5	1,5	15,0
II драная	15,0	11,5	5,5	7,0	7,0	46,0
III драная	—	4,0	3,0	4,5	4,5	16,0
Всего	20,5	19,5	10,0	14,0	13,0	77,0
Стекловидность менее 40 %						
I драная	5,0	3,5	2,5	2,5	1,5	15,0
I драная	12,0	12,0	6,5	8,0	7,5	46,0
III драная	—	2,0	2,5	5,5	6,0	16,0
Всего	17,0	17,5	11,5	16,0	15,0	77,0

Очевидно, что данные, приведенные в таблицах 3.12 и 3.13 сугубо ориентировочные. Соотношение крупок и дунстов в продуктах измельчения на системах драного процесса будет зависеть и от других факторов. В первую очередь, от типового состава и состояния зерна по влажности, от соответствия режимов гидротермической обработки качеству зерна и характеру технологии, от состояния рифленной поверхности мелющих валков и т. п.

Подбор сит и технологических схем сортирования в драном процессе

В практической технологии муки подбор сит для сортирования продуктов измельчения занимает особое место. При оптимальном подборе сит эффективность технологии в целом, несомненно, возрастает. В первую очередь, снижаются до минимума величины недосефов, что положительно сказывается на выходе муки, расходе энергии, стабильности работы систем. При стабилизации нагрузок на основное технологическое оборудование удается поддерживать на оптимальном уровне режимы работы систем технологического процесса, оптимально, в соответствии с расчетом, загружать системы пневмотранспорта, что делает работу мукомольного завода ритмичной и исключает или снижает до минимума непредвиденные аварийные ситуации.

Единой методики подбора сит нет. Однако можно сформулировать ряд положений, которые позволят при эксплуатации мукомольных заводов правильно подойти к решению проблемы подбора сит.

Вначале принимают тип сит и выбирают технологическую схему рассева. При выборе типа сит следует руководствоваться следующими правилами:

- размер отверстий сит должен перекрыть диапазон крупности сортируемых продуктов;
- материал сит должен обеспечить длительную бездефектную эксплуатацию сита.

Так как при начальном измельчении зерна в драном процессе образуются острые на ощупь продукты, которые способны разрушать ткань сит, то сита первых групп принимают металлоткаными как обладающие большой износостойкостью. Сита остальных групп принимают для высева крупок (крупочные), так как драной процесс — это крупобразующий.

Технологическую схему рассева принимают по рекомендации завода-изготовителя в зависимости от типа рассева и системы технологического процесса.

Затем оценивают состав продуктов измельчения. При этом руководствуются технологической особенностью системы и интенсивностью измельчения, выраженной величиной извлечения через известный номер контрольного сита. Номер контрольного сита позволяет оценить максимальную крупность частиц в составе извлеченных продуктов. Так, например, если на II драной системе режим измельчения оценивается общим извлечением $I_0 = 50-60\%$ через контрольное сито № 1, то означает, что в составе извлеченных продуктов максимальный по крупности продукт — крупная крупка (см. раздел о технологической крупности промежуточных продуктов помола). Остальные более мелкие продукты просеются через сито № 1 вместе с крупной крупкой, а более крупные останутся в сходе сита. Таким образом, на первых драных системах в составе извлеченных продуктов будет полный набор промежуточных по крупности продуктов (крупная, средняя, мелкая крупки, жесткие и мягкие дунсты), а также мука. Всего шесть наименований продуктов. Остальные продукты будут присутствовать в составе продуктов измельчения в виде остатков от зерна различной крупности (более 1 мм по геометрическому размеру).

Далее оценивают возможность технологической схемы рассева, т. е. определяют, на сколько фракций можно разделить поступающий продукт. Практически все технологические схемы рассевов, используемые в драном процессе, делят исходный продукт на пять фракций, три из которых выводятся сходами, два проходами. При использовании рассевов из серии комплектного оборудования (типа БРБ) возможно выводить продукты четырьмя сходами и одним проходом.

Если количество разных по крупности продуктов в сортируемой смеси больше, чем количество сходов и проходов в рассеве (возможность технологической схемы), то принимают решение об объединении некоторой части продуктов и выводе их смесью. В драном процессе чаще всего объединяют мелкие продукты — муку, жесткие и мягкие дунсты и мелкую крупку, которые дополнительно сортируют на сортировочной системе.

После этого определяют место и номер выпускающей группы сит. Выпускающим ситом в драном процессе называют сито, проходом которого получают извлеченные промежуточные продукты измельчения (крупки, дунсты) и муку в соответствии с задачей системы.

Для I и II драных систем самым крупным из смеси промежуточных продуктов будет крупная крупка. Следовательно, выпускающую группу сит необходимо принять такой, как проходное сито, определяющее крупность крупной крупки. Для металлотканых сит — это сито № 1 или № 1,114. Следовательно, номер выпускающей группы сит должен ориентировочно совпадать с номером контрольного сита для оценки режима измельчения на системе. В драном процессе сложного сортового помола пшеницы, как правило, вторая группа сит в рассеве принимается выпускающей. На выпускающей группе сит произойдет разделение продуктов измельчения — на извлекаемые из драного процесса крупки, дунсты и муку, получаемые проходом этой группы сит, и остатки от зерна, получаемые сходом этой группы сит.

Далее определяют место выхода из рассева соответствующих продуктов смеси. При этом руководствуются следующими правилами:

- самый крупный продукт в рассеве выводится первым сходом;
- второй по крупности — вторым сходом и т. д.;
- самый мелкий по крупности продукт выводится первым проходом и т. д.;
- при выводе продуктов сходами размер отверстия сит для вывода первого схода будет максимальным, размер отверстий сит для вывода последующего схода будет уменьшаться;
- при выводе продуктов из рассева проходами размер отверстия сита для вывода первого прохода будет минимальным, размер отверстий сит для вывода последующих проходов будет увеличиваться;
- определив место выхода и способ вывода каждого из продуктов смеси (проходом или сходом), зная технологическую крупность продукта, подбирают соответствующее сито и проставляют в рассеве.

Технологическая крупность продукта — это условное обозначение крупности в виде обыкновенной дроби. В числителе дроби проставляют номер сита, проходом которого получен продукт при сортировании, а в знаменателе — сходом которого получен продукт. Например, технологическая крупность промежуточного продукта под названием крупная крупка, выраженная через номера полиамидных сит, будет записана следующим образом: 6,5/12.

Таким образом, для подбора сит в рассеве необходимо:

- знание принципиальных положений технологии муки;
- умение оценить интенсивность измельчения на системе и определить состав продуктов измельчения;
- знание физической сущности номера сит различных модификаций, а также наиболее употребляемые номера;

- ♦ умение классифицировать промежуточные по крупности продукты с помощью сит различных типов;
- ♦ знание технологических схем рассевов, используемых в технологии.

Проанализируем механизм подбора сит на примере рассева I драной системы.

На I драной системе зерно измельчается с интенсивностью, характеризуемой величиной общего извлечения 25–35 % через контрольное сито № 1. Это означает, что в составе продуктов измельчения I драной системы 25–35 % продуктов должно быть менее 1 мм по размерной характеристике, так как в качестве контрольного сита принято металлотканое, номер которого определяется размером отверстия сита в свету. Зная технологическую крупность промежуточных по крупности продуктов, делаем вывод, что эти 25–35 % продуктов представляют собой смесь крупных, средних, мелких крупок, дунстов и муки. Остальные продукты — это остатки зерна различной крупности. Для сортирования продуктов измельчения I драной системы завод-изготовитель рекомендует использовать рассев ЗРШ-М первой технологической схемы. Возможно также использование других моделей рассевов, например, ЗРШ-4М, БРБ и т. п. При сортировании продуктов в расसेве первой схемы получают пять продуктов — три сходами, а два — проходами. Вторую группу сит в расसेве принимают выпускающими, что позволяет принять номер сит этой группы равным номеру сита для определения величины извлечения (№ 1,114; 1,0 и т.п.). В соответствии с рисунком 3.19 проходом сит этой группы на третью и четвертую группу сит рассева попадут крупные, средние, мелкие крупки, жесткие и мягкие дунсты, а также мука. Всего шесть продуктов. В соответствии с технологической схемой эта смесь будет разделена на три фракции — два прохода и сход. Для обеспечения высокой производительности операции и эффективности сортирования рекомендуется крупную и среднюю крупки выводить из рассева отдельно, а остальные продукты — мелкую крупку, дунсты и муку — смесью. В соответствии с общими принципами сортирования сходом должна быть выведена крупная крупка, вторым проходом — средняя, а первым проходом — смесь мелкой крупки, дунстов и муки. Зная технологическую крупность промежуточных продуктов, подбирают сита. Для третьей группы сит принимают сито № 15,5, что позволяет получить проходом смесь мелкой крупки, дунстов и муки, которую фракционируют на втором этапе в расसेве первой сортировочной системы. Для четвертой группы — № 12, что позволяет получить сходом крупную крупку, а проходом — среднюю.

Сходом выпускающей группы сит получают продукты крупнее 1 мм. Их делают приблизительно в соотношении 3:1; 2:1 на два потока — первый сход (крупнее 2 мм), второй сход (менее 2 мм). Для этого первую группу сит в расसेве рекомендуется принимать № 2,257; № 1,898; № 2,0; № 1,8.

Принципиально логический ход рассуждений сохраняется при подборе сит для рассева любой драной системы. На последующих драных системах в соответствии с уменьшающейся крупностью продуктов сгущают сита первой (приемной группы) и выпускающую группу сит (в соответствии с рис. 3.18).

По мере извлечения эндосперма на третью и последующие драные системы поступают продукты с увеличивающимся содержанием оболочек и меньшей крупности, что сказывается на крупности и качестве промежуточных продуктов. В извлекаемых промежуточных продуктах начинают преобладать частицы с меньшей крупностью и большим содержанием оболочек. В связи с этим необходимо уменьшать размер отверстий сит третьей и четвертой групп.

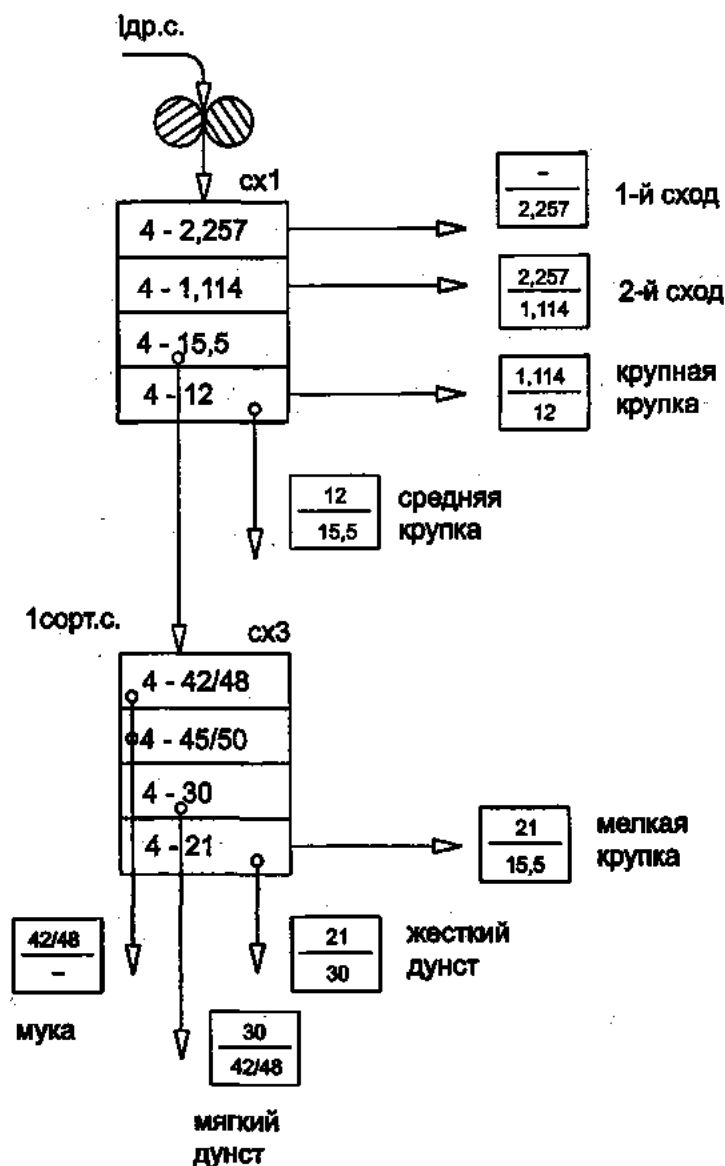


Рис. 3.19. Схема сортирования и крупность продуктов I драной системы
(к вопросу о подборе сит в рассеве)

На системы сортирования поступают смеси мелких крупок, жестких и мягких дунстов и муки различного качества в зависимости от этапа драного процесса. Первые три сортировочные системы обрабатывают продукты первого качества, четвертая — второго качества, а пятая — продукты обработки бичевых вымольных машин. Для сортирования на этих этапах используют рассевы третьей технологической схемы ЗРШ-М, ЗРШ-4М или БРБ второго типа (с двумя сходами и двумя проходами) из серии комплектного оборудования. Подбор сит осуществляется по вышеописанной схеме. Зная состав сортируемого продукта, номера сит, ограничивающие каждый класс крупности продуктов, схему движения продуктов в рассеве, подбирают сита. В соответствии с рисунком 3.19 на систему сортирования поступил проход сита № 15,5, который состоит из муки, мяг-

кого и жесткого дунстов и мелкой крупки. Всего четыре продукта. При использовании расцева ЗРШ-М третьей технологической схемы исходная смесь может быть разделена также на четыре продукта. Причем самый крупный продукт смеси (мелкая крупка) должен быть выведен из расцева сходом, второй по крупности (жесткий дунст) — третьим проходом, третий по крупности (мягкий дунст) — вторым проходом; а самый мелкий продукт смеси — мука — первым проходом. Это позволяет безошибочно подобрать сита для сортирования.

На бичевых вымольных машинах сита подбирают с таким расчетом, чтобы в проходе оказалось от 10 до 30 % обработанного продукта. При этом размер отверстия сита принимают несколько меньше, чем размер отверстия сита, сходом которого продукт был получен в расцеве. Для сортирования продуктов измельчения драного процесса в основном используют металлотканые и полиамидные сита. В меньшем объеме применяют капроновые сита. Практически не используются шелковые сита. Однако последнее рекомендуется использовать при проведении анализов готовой продукции муки и крупы на крупность помола. Кроме того, справочная и учебная литература ранних лет издания использует шелковые и капроновые сита и в рабочих процессах.

Поэтому технологу при подборе сит необходимо руководствоваться следующими практическими рекомендациями:

1. На каждом конкретном месте технологии можно использовать с той или иной эффективностью сита из любых материалов. При этом основным критерием взаимозаменяемости сит является размер рабочего отверстия.

2. При одинаковом размере отверстия сита капроновые, полиамидные, металлотканые имеют несколько большую севкость, чем шелковые.

3. При анализе технологических схем в первую очередь определяют, какие сита по материалу использованы в данной технологии.

В таблице 3.14 приведены номера сит из различных материалов, рекомендованные для высева муки различных сортов при хлебопекарных помолах пшеницы.

Таблица 3.14

Номера сит, рекомендуемые для отбора муки в сортовых помолах пшеницы

Сорт или вид муки	Номера сит			
	полиамидных		капроновых	шелковых (для справки)
	полотняного переплетения	полужоно-ажурного переплетения		
Крупчатка	25–27	—	27–29	23–25
Высший	43–55	45/50–54/62	43–58	38–46
Первый	43–49	41/43–45/50	43–49	35–43
Второй	43–46	33/36–45/50	38–49	32–43

При больших удельных нагрузках на сито рекомендуется использовать более редкие (с большим размером отверстий) номера, а на системах с меньшими удельными нагрузками — более густые номера. При этом необходимо учитывать предельные величины недосево, рекомендованные Правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах, нормированные для различных продуктов.

Направление продуктов на последующие системы

В соответствии с определением драного процесса как крупнообразующего принципиальная схема направления продуктов, полученных в результате сортирования в драных рассевах, выглядит следующим образом. На каждой драной системе происходит разделение смеси на промежуточные продукты технологии и муку (извлеченные продукты), а также остатки от зерна. Остатки, как правило, это сходы с выпускающих групп сит, направляют на последующие драные системы, где цикл измельчение-сортирование повторяют. Процесс измельчения с последующим сортированием повторяют до тех пор, пока эндосперм зерна не будет извлечен полностью (в максимально возможной степени). При этом оболочки с незначительным содержанием эндосперма образуют основной побочный продукт технологии — отруби. В реальной технологической схеме (рис. 3.18) это означает, что сходы (остатки) с предыдущих драных систем направляют на последующие драные системы. Для обеспечения эффективного избирательного измельчения крупные продукты (верхние сходы) могут направляться на измельчение на крупные драные системы, а мелкие (вторые сходы) — на мелкие драные системы. Начиная с III драной системы в хлебопекарных помолах пшеницы верхние сходы обрабатывают на бичевых вымольных машинах. Сходы вымольных и щеточных машин (в зависимости от остаточного содержания эндосперма) могут возвращаться на одну из драных систем или направляться в отруби. Проходы сит бичевых машин дополнительно сортируют с целью извлечения некоторого количества муки и круподуновых продуктов второго качества.

Извлеченные в драном процессе промежуточные продукты направляют на дальнейшую обработку с целью выделения оболочек в процессе обогащения или шлифования.

Продукты с минимальным содержанием оболочек могут направляться на размольные системы для интенсивного измельчения в муку без промежуточного обогащения. Так поступают с мягкими и жесткими дунстами, а в некоторых случаях и с более крупными продуктами.

Муку драных систем как конечный продукт технологии направляют на контроль соответствующего сорта или потока.

Таким образом, при принятии решения о направлении продуктов драного процесса на ту или иную систему руководствуются в основном крупностью и качеством продукта.

§2. Процесс обогащения крупок и дунстов

Общие положения и построение процесса

По определению процесса — это разделение продуктов измельчения по добротности или по качеству (по соотношению оболочек). Следовательно, в процессе обогащения решается специфическими средствами основная задача технологии муки — разделить с минимальными затратами высокозольные оболочки и крахмалистый эндосперм зерна. В процесс обогащения направляют извлеченные в драном или крупнообразующем процессе промежуточные продукты технологии — крупки и дунсты. Специфика процесса измельчения зерна такова, что в каждом классе крупности продукт содержит частицы чистого эндосперма, сростки оболочек и эндосперма и частицы оболочек с минимальным содержа-

нием эндосперма (частицы свободных оболочек). Измельчение таких смесей в муку приводит, как правило, к получению высокозольной продукции. Поэтому в многосортных помолах пшеницы промежуточные продукты — крупки и дунсты подвергают обогащению. В результате удается получить продукты, которые заметно отличаются по содержанию оболочек (или эндосперма):

- ♦ крупки и дунсты, состоящие практически из частиц чистого эндосперма, которые могут быть конечной продукцией, например манной крупой, или использоваться для получения муки высшего сорта;
- ♦ крупки и дунсты — сrostки оболочек и эндосперма, требующие дополнительного измельчения в шлифовочном процессе с целью разделения оболочек и эндосперма;
- ♦ частицы оболочек с незначительным содержанием эндосперма, требующие вымола остатков эндосперма.

Процесс обогащения может осуществляться с высокой эффективностью, если на ситовечную систему поступает продукт, однородный по крупности и качеству. Это позволит учесть индивидуальные особенности физических свойств крупок и дунстов при выборе механико-кинематических и технологических параметров работы ситовеек. Другими словами — каждому продукту требуется индивидуальная система обогащения. Однако реальность технологии такова, что индивидуальное обогащение каждого продукта осуществить не удастся. Причин, в основном, две:

1. Требуется чрезмерно большое количество систем обогащения.
2. На мукомольных заводах средней производительности не удастся оптимально загрузить каждую ситовечную машину. Поэтому промежуточные продукты — крупки и дунсты при организации процесса обогащения объединяют в однородные потоки по крупности и качеству.

В сортовых хлебопекарных помолах пшеницы с развитой технологической схемой выделяют несколько этапов процесса обогащения:

1. Этап обогащения продуктов первого качества с драных и сортировочных систем.
2. Этап обогащения продуктов второго качества.
3. Этап обогащения крупок после систем шлифования.
4. Этап контрольного обогащения крупок при получении манной крупы.

Наибольшее количество крупок и дунстов поступает на первый этап (до 70 %) обогащения. Как правило, на этом этапе отдельно обогащают крупную крупку первой, второй и среднюю крупку первой, второй и третьей драных систем. При большой производительности мукомольных заводов возможно также раздельное обогащение мелких крупок, полученных на первых трех драных системах. Для мукомольных заводов средней производительности мелкие крупки сортировочных систем первого качества обогащают совместно, что позволяет оптимально загрузить ситовечные машины и упростить коммуникационную увязку оборудования. Мягкие дунсты, как продукты с минимальной зольностью, направляют без обогащения в размольный процесс для измельчения в муку. Жесткие дунсты первых трех драных систем объединяют и обогащают совместно (см. рис. 3.20).

Крупки второго качества (в разных технологических схемах их получают на третьей и четвертой драных системах) всегда обогащают раздельно на специально выделенных системах.

На заводах с ограниченным набором оборудования допускается совместное обогащение крупных и средних крупок с драных систем. При получении манной крупы из крупных

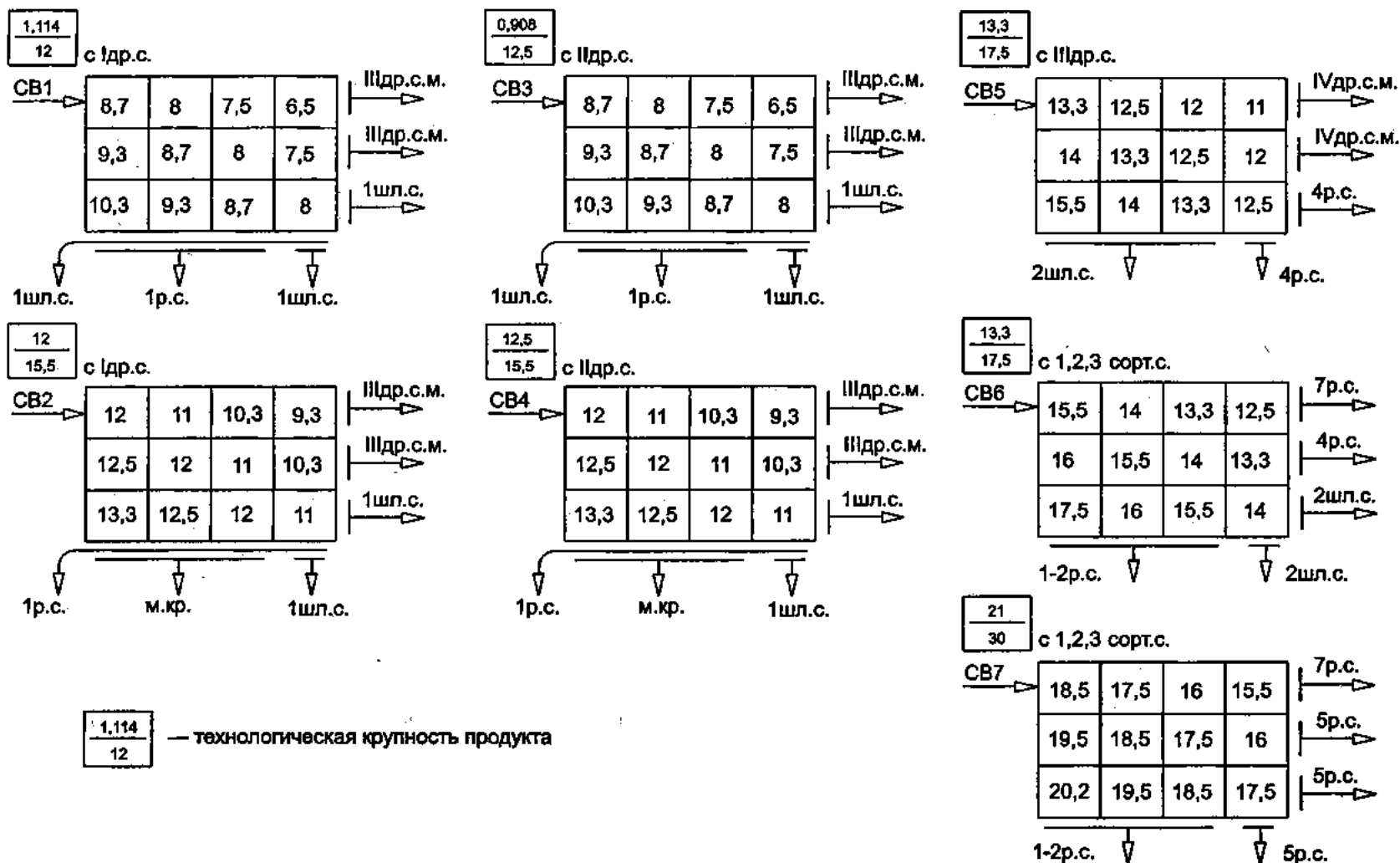


Рис. 3.20. Технологическая схема сложного хлебопекарного помола пшеницы с развитым процессом обогащения. Процесс обогащения крупок и дунстов

крупок второй драной системы или второй драной системы крупной процесс обогащения этих продуктов осуществляют только раздельно.

Обогащение крупок шлифовочного процесса характерно для заводов большой производительности и особенно при отборе в хлебопекарном помоле макаронной муки («крупки» или «полукрупки»). При этом на системах шлифования измельчение осуществляют в высоком режиме, что позволяет получить следующую по крупности крупку в максимальном количестве. Крупки и дунсты шлифовочного процесса обогащают на специально выделенных ситовеечных системах раздельно для каждой категории крупности.

Современные технологии сортовых хлебопекарных помолов пшеницы рекомендуют вести процесс шлифования в более интенсивном режиме и на короткой технологической схеме. В соответствии с этим в результате измельчения в большом количестве образуются мука и дунсты, что не требует дополнительных систем обогащения.

Этап контрольного обогащения при получении манной крупы имеет место при использовании двухъярусных ситовеечных машин с параллельным принципом обогащения. В этом случае обогащение на рабочей системе осуществляют только на одном ярусе сит. В результате в манной крупе возможно содержание оболочек, мягкой муки и сростков, что не допускается в соответствии с требованием стандарта. При использовании трехъярусных ситовеечных машин с последовательным принципом обогащения контрольное обогащение не предусматривают, так как продукт последовательно обогащается на трех ярусах сит, что сводит к минимуму попадание в манную крупу нежелательных оболочек зерна, сростков и муки.

Подбор сит в ситовеечной машине и эффективность обогащения

Подбор сит в ситовеечной машине — чрезвычайно важная и ответственная операция, определяющая эффективность процесса обогащения. При этом на эффективность обогащения кроме правильного подбора сита оказывают влияние:

- ♦ интенсивность воздушного режима;
- ♦ механико-кинематические параметры, включающие в себя число колебаний ситового кузова, угол наклона и т. п.;
- ♦ удельная нагрузка на единицу ширины приемного сита ситовойки;
- ♦ распределение и перемещение продукта по ситовым рамам;
- ♦ физические свойства обогащенного продукта;
- ♦ стекловидность зерна, из которого получены обогащаемые продукты и т. п.

При подборе сит необходимо руководствоваться следующими рекомендациями.

1. Сита подбирают строго индивидуально в зависимости от крупности, качества продуктов и конструктивных особенностей применяемых ситовеечных машин.

2. Технологическую крупность обогащаемого продукта определяют по номерам сит, проходом и сходом которых продукт получен в отсеиве.

3. Диапазон отверстий сит, используемых для обогащения, должен перекрывать вариацию крупности продукта.

4. Так как для увеличения технологического эффекта слой обогащаемого продукта продувается потоком воздуха, то сита для обогащения принимают несколько реже, чем сита, определяющие технологическую крупность продукта.

В технологической схеме процесса обогащения (рис. 3.20) в ситовечных системах установлены полиамидные сита для высева крупок и выбрана классическая схема подбора сит, рекомендованная для трехъярусных ситовечных машин с последовательным принципом обогащения. Вначале подбирают сита в верхнем ярусе. При этом последнее сито верхнего яруса принимают таким же или на один-пять номеров реже, чем сито, проходом которого продукт получен в отсеиве. Причем, эта разница увеличивается с уменьшением крупности продукта. Так, для крупной крупки первой драной системы, полученной проходом металлочного сита № 1,114 и сходом полиамидного сита № 12 в ситовейке № 1, принято полиамидное сито № 6,5. В ситовейке № 7, где обогащается жесткий дунст сортировочных систем (получен проходом полиамидного сита № 21 и сходом полиамидного сита № 30), последнее сито верхнего яруса принято №15,5, что на пять номеров реже и т. п.

После определения номера последнего сита подбирают остальные сита верхнего яруса. При этом последующие сита в ярусе сгущают на один номер в сторону приемного сита (каждое последующее гуще на номер предыдущего). Каждое сито второго (среднего) яруса принимается на один номер гуще в сравнении с соответствующим ситом верхнего яруса. Каждое сито нижнего яруса принимается на номер гуще соответствующего сита второго яруса.

В реальных условиях мукомольного завода правильность подбора сит уточняется (проверяется) в соответствии с конкретными условиями обогащения, определяемыми качеством зерна, соотношением в продукте оболочек и эндосперма, параметрами оборудования, удельной нагрузкой и т. п. При этом возможны отклонения от классической схемы подбора сит в ситовейке. Так, нередко принимаются одинаковыми номера двух смежных сит в одном ярусе или одноименных сит в ярусах и т. п.

В двухъярусной ситовечной машине типа ЗМС с параллельным принципом обогащения продукта подбирают сита также в зависимости от крупности и качества обогащаемого продукта. Приемные сита должны разделить поступающий на обогащение продукт приблизительно в равных долях для загрузки нижнего и верхнего ярусов сита. Их принимают такими же или на номер гуще, чем сито, проходом которого получен продукт в отсеиве. Последнее сито верхнего яруса принимают как приемное. Остальные сита верхнего яруса сгущают последовательно на номер в сторону приемного сита. Сита нижнего яруса принимаются на номер гуще, чем соответствующее сито верхнего яруса. Как и в случае с трехъярусными ситовейками с последовательным циклом обогащения, возможны отклонения от общепринятой схемы, которые диктуются конкретными условиями обогащения.

В результате обогащения в ситовейках исходный продукт разделяется на сходы и проходы. Как правило, сходы должны представлять собой частицы оболочек зерна с незначительным содержанием эндосперма, первые проходы — частицы почти чистого эндосперма, а вторые проходы — частицы сростков оболочек и эндосперма. Дальнейшее направление полученных в результате обогащения продуктов на последующие системы всецело определяется соотношением в них оболочек и эндосперма. Крупки и дунсты, содержащие преимущественно частицы чистого эндосперма, направляют на размольные системы первого качества для получения муки высших сортов.

Крупки, содержащие частицы сростков оболочек и эндосперма, должны направляться на системы шлифования крупок.

Сходовые продукты в зависимости от крупности и содержания в них эндосперма направляются на вымольные системы для извлечения остатков эндосперма. Причем, при обогащении крупных и средних крупок это могут быть последние драные системы, а при обогащении мелких крупок и дунстов — размольные системы, выполняющие функции сходовых. При значительном содержании эндосперма в сходах (например, нижние сходы трехъярусных ситовеек), последние могут также направляться на системы шлифования.

Работу ситовеечных машин при текущем контроле чаще всего оценивают органолептически по сравнению полученных проходовых и сходовых продуктов с эталоном. Однако осуществляют и объективные показатели:

- ♦ выход обогащенных крупок и дунстов;
- ♦ качество обогащенных продуктов по зольности.

Правила рекомендуют работу ситовеечных машин считать эффективной, если выход обогащенных продуктов и снижение их зольности относительно поступающего на обогащение продукта будет не меньше величин, приведенных в таблице 3.15.

Таблица 3.15

Рекомендуемые показатели эффективности работы ситовеечных машин

Наименование продукта	первого качества		второго качества	
	выход, %	снижение зольности, %	выход, %	снижение зольности, %
Крупная крупка	75–80	30–40	25–35	60–70
Средняя крупка	85–90	15–20	40–50	30–40
Мелкая крупка	85–90	15–20	40–50	30–40
Дунст	90–95	10–15	70–80	20–30

Эффективность работы ситовеечных машин также оценивают по увеличению зольности сходов относительно зольности поступающего продукта. Рекомендуемые величины этого показателя для разных типов ситовеечных машин приведены в главе об обогащении продуктов измельчения.

Технология манной крупы

Манная крупа представляет собой частицы чистого эндосперма зерна пшеницы в виде крупок определенного размера. Организовать производство манной крупы можно практически на любом мельзаводе сортового помола пшеницы при наличии в технологическом процессе ситовеечных машин. Вырабатывают манную крупу трех марок:

- ♦ марки М — из мягкой пшеницы;
- ♦ марки ТМ — из смеси мягкой пшеницы с добавлением не более 20 % твердой пшеницы;
- ♦ марки Т — из твердой пшеницы.

Цвет манной крупы определяется видом сырья, из которого она вырабатывается. Так, в манной крупе марки М должны преобладать непрозрачные мучнистые крупки ровного белого цвета. В марке ТМ преобладает непрозрачная мучнистая крупка белого цвета с наличием полупрозрачной ребристой крупки кремового или желтого цвета. В манной крупе марки Т преобладает ребристая крупка кремового или желтого цвета. Учитывая,

что манная крупа получается из частиц чистого эндосперма, а зольность эндосперма твердой пшеницы всегда больше зольности эндосперма мягкой пшеницы, то зольность манной крупы увеличивается при переработке твердой пшеницы в сравнении с мягкой. В манной крупе ограничивается также содержание мучнистых частиц и крупность отдельных частиц. В таблице 3.16 приведены основные показатели качества манной крупы в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Таблица 3.16

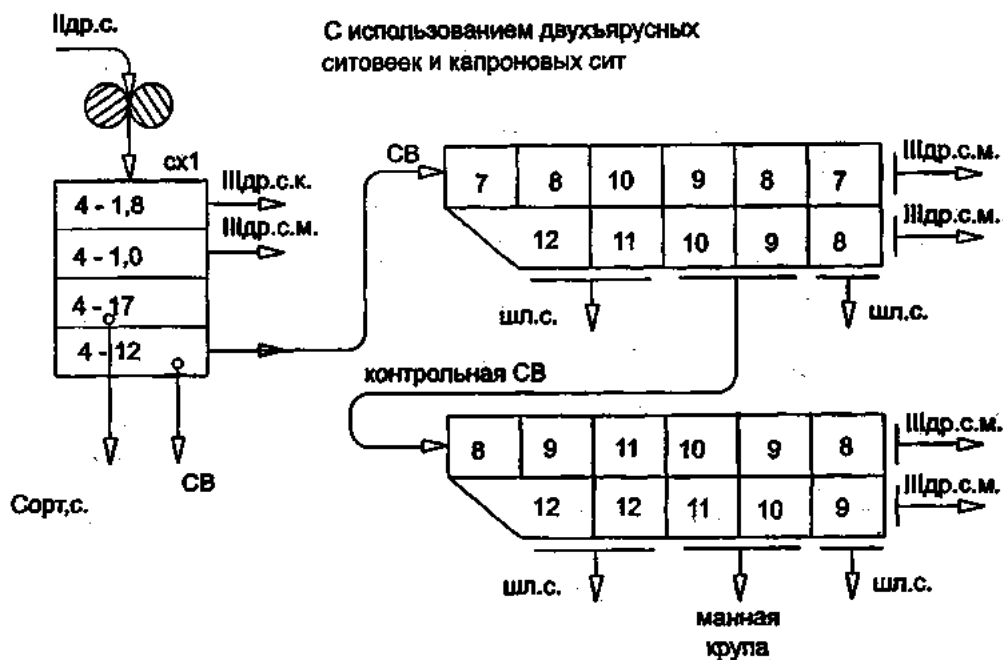
**Основные показатели качества манной крупы,
вырабатываемой на мукомольных заводах**

Марка манной крупы	Зольность, %, не более	Проход шелкового сита, %, не более	
		№ 23	№ 38
М	0,60	8	2
ТМ	0,70	5	1
Т	0,85	5	1

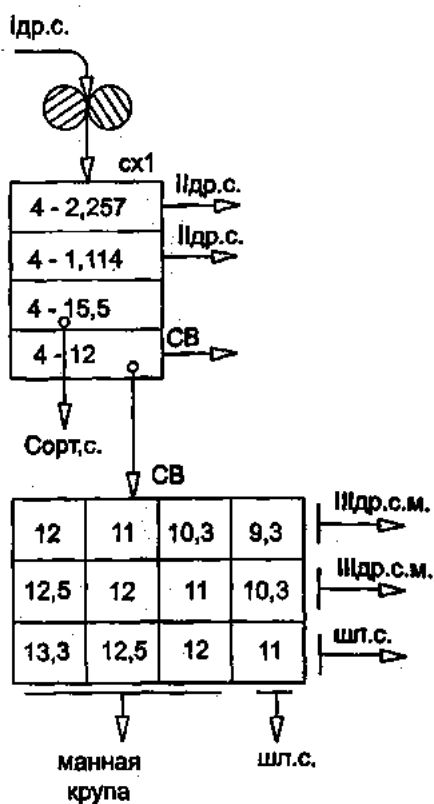
Манную крупу можно получить из любого промежуточного по крупности продукта высокого качества, кроме дунстов. Последние при просеивании на шелковом сите № 23 могут оказаться в проходе, что приведет к нарушению стандарта по крупности. По классической технологии манную крупу получают из крупных крупок второй драной системы. При высоком режиме измельчения в драном процессе именно на этой системе получают лучшие по качеству крупные крупки. При делении второй драной системы на крупную и мелкую манную крупу отбирают из крупных крупок второй драной системы крупную, где образуются крупные крупки с минимальным содержанием сростков оболочек и эндосперма. Режим измельчения позволяет отбирать на второй драной системе 12–17 % крупной крупки в зависимости от стекловидности зерна пшеницы или 8–13 % на второй драной системе крупной. При использовании двухъярусных ситовеек крупки последовательно обогащаются на рабочей ситовеечной системе и контрольный, что позволяет отобрать первым проходом фракцию крупки с большим содержанием мучнистых частиц, вторым проходом фракцию манной крупы и третьим проходом — сростки оболочек и эндосперма.

Необходимость в контрольной ситовеечной системе объясняется недостаточно высокой эффективностью обогащения на одном ярусе ситовеечной машины. Поэтому в манной крупе могут оказаться сверх нормы сростки оболочек и эндосперма и мучнистые частицы. Манную крупу отбирают в счет муки наиболее высокого сорта и в количестве не более 2,0 % от массы переработанного зерна.

По современной технологии манную крупу формируют из наиболее высококачественных средних крупок первой или второй драных систем. При использовании в технологии трехъярусных ситовеечных машин с последовательным принципом обогащения необходимости в контрольной системе нет. На рисунке 3.21 А представлена классическая схема технологии манной крупы из крупных крупок второй драной системы. В технологии использованы рассевы ЗРЩ-М, двухъярусные ситовеечные машины с параллельным принципом обогащения крупок и капроновые сита для высева и обогащения крупок. На рисунке 3.21 Б и 3.21 В показаны технологии манной крупы из средних крупок I и II драных систем с использованием трехъярусных ситовеечных машин и полиамидных сит для высева крупок.



Б.
С использованием трехъярусных ситовеек и полиамидных сит



В.
С использованием трехъярусных ситовеек и полиамидных сит

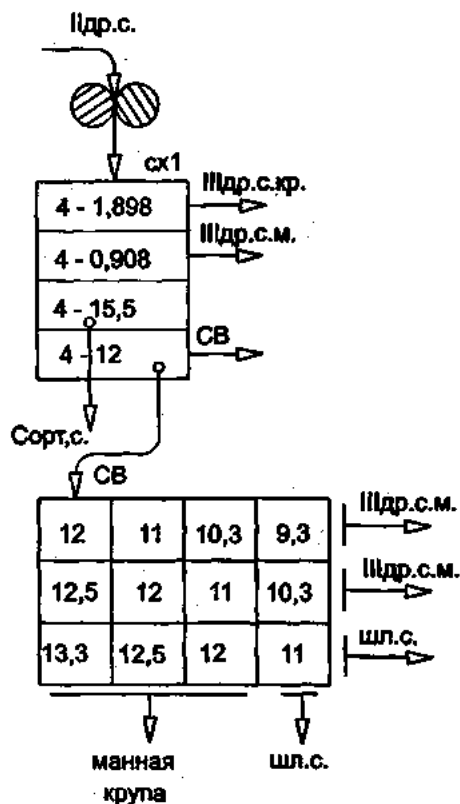


Рис. 3.21. Технология манной крупы

§3. Шлифовочный процесс сложного хлебопекарного помола пшеницы

Общие положения. Построение процесса

Шлифовочный процесс — это процесс измельчения обогащенных или необогащенных крупок драного процесса в виде сростков оболочек и эндосперма. При этом ставится цель получить в чистом виде и эндосперм, и оболочки. Эндосперм получают в виде более мелких крупок и дунстов в сравнении со шлифуемым продуктом, а оболочки — в виде неразрушенных частиц с минимальным содержанием эндосперма. В шлифовочном процессе получают некоторое количество муки. Причем, чем интенсивнее ведут процесс измельчения (с минимальным рабочим зазором), тем больше получают муки. Поэтому относительный выход муки в шлифовочном процессе используют для оценки режима измельчения. В шлифовочный процесс в основном направляют крупные и средние крупки. В некоторых технологиях шлифуют и мелкие крупки.

В зависимости от производительности мукомольного завода и интенсивности ведения процесса шлифования количество систем в процессе колеблется от двух до шести. Причем, при минимальном количестве систем процесс шлифования может быть составной частью размольного процесса. При большем количестве систем — это, как правило, самостоятельный процесс. Короткий шлифовочный процесс ведут в интенсивном режиме, что предопределяет получение в основном мелких круподунстовых продуктов и муки. Поэтому в таком процессе отсутствуют системы обогащения крупок и дунстов. Напротив, в развитом шлифовочном процессе измельчение ведут в высоком режиме с образованием большого количества более мелких крупок и дунстов. Образовавшиеся при шлифовании крупки и дунсты подвергают обогащению в ситовечных машинах. Процесс измельчения при шлифовании может осуществляться в вальцовых станках с рифлеными и гладкими валками. При использовании гладких валков с микрошероховатой поверхностью минимально дробятся оболочки сростков, но образуются предразрушенные частицы, конгломераты частиц, что требует дополнительного их измельчения (разрыхления). Валки с микрошероховатой поверхностью в сочетании с детащерами используют в коротких технологических схемах шлифования и с интенсивным ведением процесса измельчения. Рифленые валки применяют в развитых технологических схемах с количеством систем шлифования четыре–шесть. При этом построение процесса и формирование потоков продуктов на шлифование могут быть различны. В таблице 3.17 приведены наиболее часто встречающиеся варианты формирования потоков крупок на системы шлифования.

Каждая система шлифовочного процесса должна состоять из измельчающей (вальцового станка) и сортирующей (рассев) подсистем одного наименования. При использовании валков с микрошероховатой поверхностью дополнительно вводится доизмельчитель-разрыхлитель, а при развитом шлифовочном процессе и высоком режиме измельчения образовавшиеся крупки обогащают на специальных системах ситовечных машин. На рисунке 3.22 приведена сокращенная технологическая схема шлифовочного процесса с использованием двух систем, валков с микрошероховатой поверхностью, детащеров и полиамидных сит в отсевах ЗРШ-М для сортирования продуктов измельчения (вариант пятый по табл. 3.17). Технологическая схема используется при интенсивном ведении процесса шли-

**Варианты направления крупок на системы шлифования
в хлебопекарных помолах пшеницы**

Номер варианта	Система шлифования					
	первая (1 шл.с.)	вторая (2 шл.с.)	третья (3 шл.с.)	четвертая (4 шл.с.)	пятая (5 шл.с.)	шестая (6 шл.с.)
Первый	крупная крупка	средняя крупка	мелкая крупка	крупки второго качества	сходовая система	—
Второй	крупная фракция крупной крупки	мелкая фракция крупной крупки	средняя крупка	мелкая крупка	крупки второго качества	сходовая система
Третий	крупная фракция крупной крупки	мелкая фракция крупной крупки	средняя крупка	сходовая система	—	—
Четвертый	крупная, средняя крупки	средняя и мелкая крупки после 1 шл.с.	сходовая система	—	—	—
Пятый	крупная, средняя крупки	средняя и мелкая крупки после 1 шл.с.	—	—	—	—

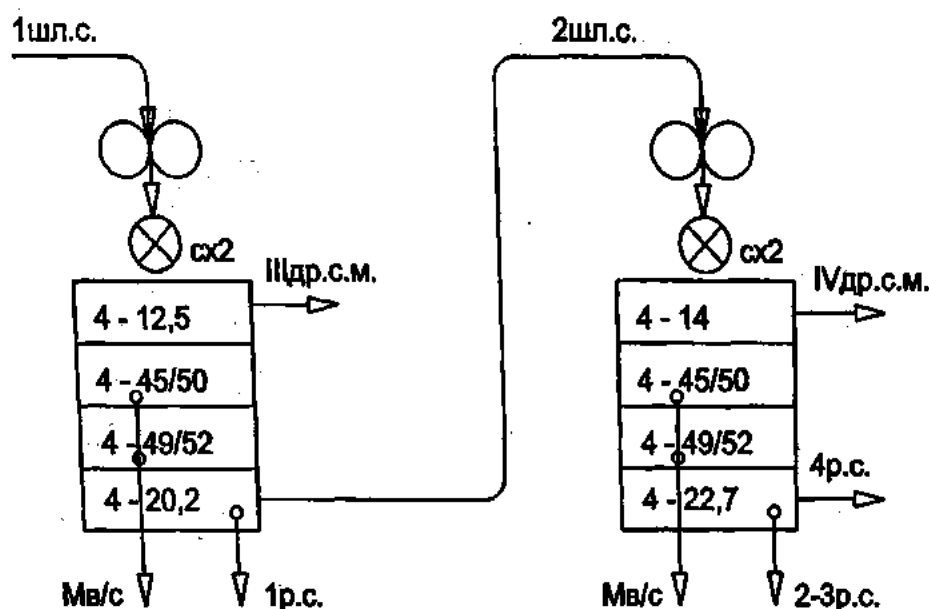


Рис. 3.22. Технологическая схема сложного хлебопекарного помола пшеницы с развитым процессом обогащения. Шлифовочный процесс

фования в современных технологиях. На рисунке 3.23 приведена развитая технологическая схема процесса шлифования, включающая четыре системы. В каждой системе для измельчения используются валки с нарезной поверхностью. Сортирование продуктов измельчения по крупности осуществляется в отсевах ЗРШ-М с использованием полиамидных сит. Полученные крупки обогащаются на шести ситовых системах с исполь-

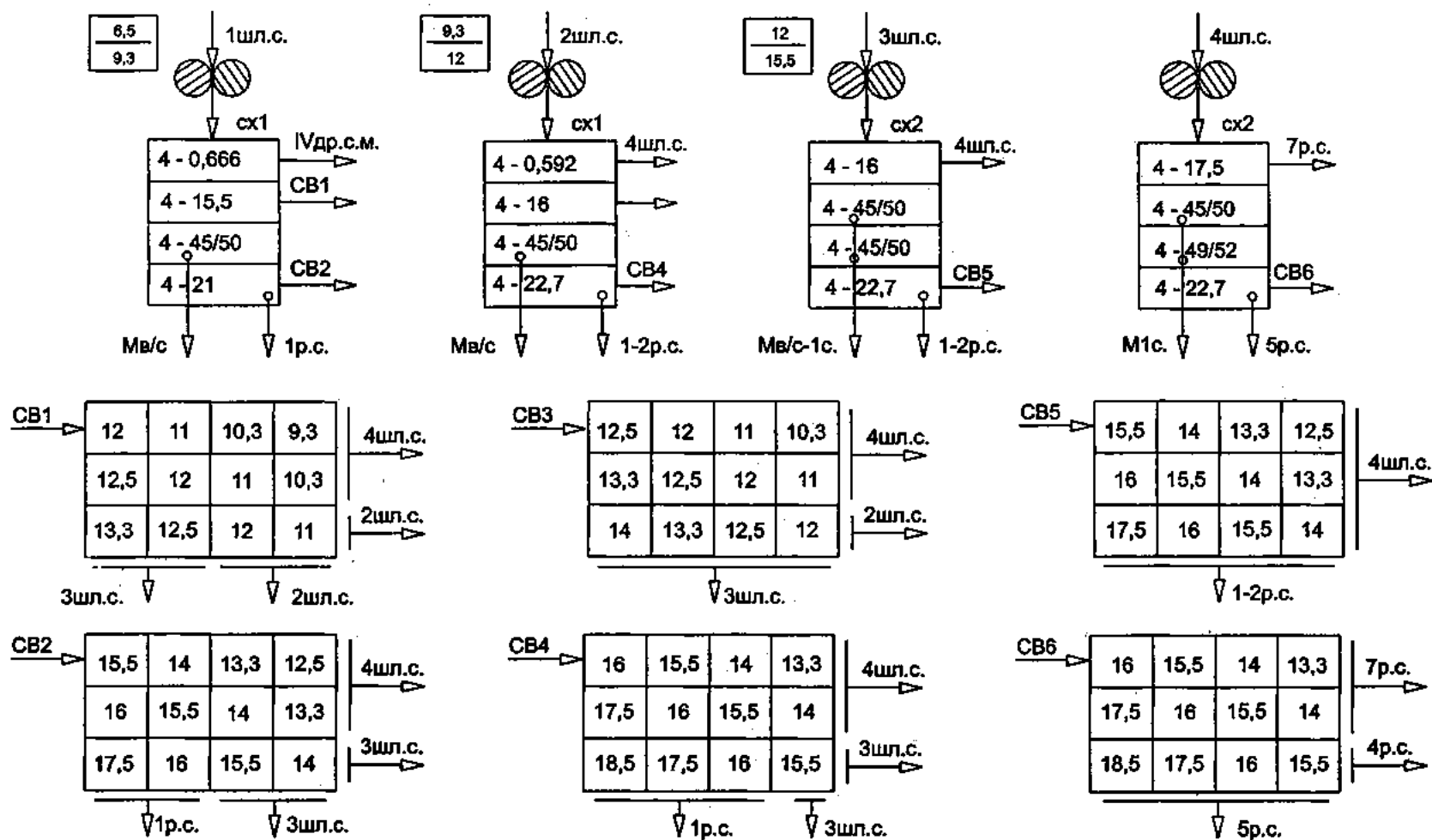


Рис. 3.23. Технологическая схема развитого шлифовочного процесса сложного сортового помола пшеницы

зованием трехъярусных ситовеек с последовательным принципом обогащения (третий вариант по табл. 3.17).

Традиционно при оценке технологических схем помолов в качестве характеристики используют соотношение длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности шлифовочных и размольных систем к длине вальцовой линии и площади просеивающей поверхности драных систем (см. табл. 3.7). Непосредственно на шлифовочный процесс выделяют 12–21 % от длины вальцовой линии или от площади просеивающей поверхности, выделенной для шлифовочного и размольного процессов в целом. В таблице 3.18 приведены ориентировочное распределение длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности, а также удельные нагрузки на системы шлифования.

Таблица 3.18

Рекомендуемые удельные нагрузки и распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам шлифования

Система	Распределение по системам, %		Удельные нагрузки на	
	вальцовой линии	просеивающей поверхности	вальцовую линию, кг/см сут	просеивающую поверхность, кг/м ² сут
1 шлифовочная	25–30	25–32	300–400	7000–9400
2 шлифовочная	30–35	30–37	200–350	7000–9400
3 шлифовочная	20–25	20–27	300–350	7000–9400
4 шлифовочная	15–20	15–22	200–300	6000–7000

При уменьшении (менее четырех) или увеличении (более четырех) количества систем шлифования общая длина вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности, выделенная для шлифовочного процесса, распределяется между фактическим количеством систем. Причем, рекомендуется постепенно уменьшать длину вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности систем, начиная со второй системы шлифования. При использовании комплектного высокопроизводительного оборудования и технологии шлифования на двух системах на первую систему шлифования выделяется 50–70 % длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности, а на вторую — 30–50 % от общей длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности, выделенной для шлифовочного процесса.

Режим измельчения

Режим измельчения в шлифовочном процессе оценивают частным извлечением муки через контрольное сито определенного номера. Величина извлечения выражается в процентах к массе продукта, поступившего на систему шлифования. В качестве контрольного сита используют шелковое № 38, капроновое № 43 или полиамидное с полуложноажурным переплетением № 41/43. Величины извлечений представлены в таблице 3.19.

При расчете извлечения муки в сокращенной технологической схеме учитывается совместное воздействие на продукт вальцового станка и деташера-разрыхлителя.

Режим измельчения на системах шлифовочного процесса обеспечивается соответствующей величиной рабочего зазора, а также подбором механико-кинематических и технологических параметров мелющих валков. В таблице 3.20 приведена рекомендуемая техническая характеристика мелющих валков по системам шлифования.

Таблица 3.19

Режим измельчения по системам шлифовочного процесса

Система	Измельчение муки, %	
	при развитой технологической схеме	при сокращенной технологической схеме
1 шлифовочная	10–12	20–25
2 шлифовочная	10–12	30–40
3 шлифовочная	10–12	–
4 шлифовочная	15–18	–

Таблица 3.20

Рекомендуемая техническая характеристика
мелющих валков в шлифовочном процессе

Система	Параметры рифления			Кинематические параметры	
	количество рифлей, 1/см	уклон рифли, %	углы острия и спинки, α/β, градус	окружная скорость, v_0 , м/с	дифференция, v_0/v_n
1 шлифовочная	8,5-9,0	6-8	30/65	5,0	2,0-2,5
2 шлифовочная	9,0-9,5	6-8	30/65	5,0	2,0-2,5
3 шлифовочная	10,0-10,5	8-10	30/65	4,5-5,0	1,5-2,0
4 шлифовочная	11,0-11,5	8-10	40/70	4,5-5,0	1,5-2,0

Примечание: v_0 — скорость быстровращающегося валка, м/с; v_n — скорость медленновращающегося валка, м/с; α — угол острия рифли; β — угол спинки рифли.

При использовании валков с микрошероховатой поверхностью рекомендуется принимать:

- параметр шероховатости $R_a = 2,18-2,44$ мм;
- окружная скорость быстровращающегося валка $v_0 = 5$ м/с;
- отношение скоростей мелющих валков (дифференция) $D = 1,25$.

Очевидно, что гранулометрический состав продуктов измельчения зависит от режима измельчения и крупности шлифуемого продукта. При высоком режиме измельчения (при относительно большом рабочем зазоре) и при развитой технологической схеме шлифования получают относительно большее количество крупок и меньшее количество муки. При более низких режимах измельчения происходит относительное увеличение выхода мелких крупок, дунстов и муки. Классическое ведение процесса шлифования осуществляют в высоком режиме. В результате получают максимальное количество следующей по крупности крупки. Так, при шлифовании крупной крупки необходимо получить максимум средней, при шлифовании средней — максимум мелкой, при шлифовании мелкой крупки — максимум дунстов. Считается при этом, что мука как обязательный компонент в продуктах измельчения — попутный продукт, не основной. В таблице 3.21 приведен ориентировочный состав продуктов измельчения при шлифовании крупок в высоком режиме.

При шлифовании мелкой крупки из общего количества дунстов жестких дунстов получают 45–48 %, мягких — 30–35 %.

**Состав продуктов измельчения при шлифовании крупок разной крупности
(по данным Л.Е. Айзиковича)**

Шлифуемый продукт	Состав продуктов измельчения, %				
	оболочки	средняя крупка	мелкая крупка	дунсты	мука
Крупная крупка	8-10	44-46	18-22	14-17	10-12
Средняя крупка	5-8	—	60-63	16-22	10-12
Мелкая крупка	4-6	—	—	75-83	14-16

Современные технологии отдают предпочтение более интенсивному ведению процесса измельчения при шлифовании. При этом получают 20-40 % муки, большее количество дунстов и меньшее количество крупок. Интенсивное ведение процесса шлифования требует высокоэффективной гидротермической обработки зерна с созданием дифференцированной влажности оболочек и эндосперма, а также применения валков с микрошероховатой поверхностью в сочетании с детащерами.

Подбор сит, схем сортирования, направление продуктов

Для сортирования продуктов измельчения шлифовочного процесса используют рассевы ЗРШ-М, ЗРШ-4М первой или второй технологических схем или одну из технологических схем второго типа рассевов БРБ из серии комплектного оборудования. При этом рекомендуется использовать полиамидные сита для высева крупок и муки. Возможно также использование металлотканых сит в приемной группе, что увеличивает срок бездефектной эксплуатации рассева. Принципиально подбор сит в рассевах шлифовочного процесса не отличается от подбора сит в рассевах драного процесса (рассмотрено выше). Зная состав продуктов измельчения и возможность технологической схемы рассева, подбирают номер сита для вывода сходом или проходом продукта определенной крупности из рассева.

Например, при шлифовании крупной крупки в высоком режиме получают оболочки, по крупности близкие к крупности исходного продукта, средние крупки, мелкие крупки, дунсты и муку в соответствии с таблицей 3.21. Всего пять продуктов различной крупности. Для сортирования смеси используют рассев ЗРШ-М первой технологической схемы, по которой смесь также можно рассортировать на пять фракций крупности.

В соответствии с общими принципами сортирования продуктов в расसेве самый крупный продукт смеси (оболочки) должен быть выведен первым сходом, второй по крупности (средние крупки) — вторым сходом, третий по крупности (мелкая крупка) — третьим сходом, четвертый по крупности (дунсты) — вторым проходом. Самый мелкий продукт смеси (мука) должен быть выведен из рассева первым проходом. Зная технологическую крупность промежуточных продуктов измельчения, способ их выведения из рассева (сходом ил проходом), определяют и проставляют сита на соответствующем месте (см. рис. 3.23 рассев 1 шлифовочной системы). Аналогично подбирают сита для систем шлифования средних, мелких крупок первого и второго качества. При подборе сит на системах шлифования продуктов второго качества и сходовых шлифовочных системах необходимо учитывать соотношение в исходном продукте оболочек и эндосперма. Это означает, что

несмотря на поступление на эти системы достаточно крупных частиц по среднему размеру (что отражено соответствующими номерами сит), в составе продуктов измельчения в основном будут мука и дунсты второго качества, некоторое количество мелких крупок с большим содержанием оболочек и значительное количество оболочек с минимальным содержанием эндосперма.

Направление продуктов шлифовочного процесса на последующие системы зависит от их крупности и качества. Мука как конечный продукт процесса направляется на контроль соответствующего сорта или потока, дунсты — на размольные системы для измельчения в муку, крупки (при ведении процесса в высоком режиме и при развитом процессе шлифования) обогащают на ситовеечных системах, оболочки направляются на сходовые или вымольные системы для извлечения остатков эндосперма. При ведении технологического процесса шлифования в низком (интенсивном) режиме и короткой технологической схеме полученные крупки или повторно шлифуются, или направляются на размольные системы. При выборе направления необходимо учитывать, что продукты (за исключением оболочек), образовавшиеся на системах, где шлифуются крупки первого качества, направляются в конечном итоге на системы, где получается мука высших сортов. Продукты сходовых шлифовочных систем или систем шлифования продуктов второго качества направляются для получения муки более низких сортов.

Подбор сит и направление продуктов с систем обогащения на ситовейках подчиняется общим принципам, сформулированным выше.

§4. Размольный процесс сложного хлебопекарного помола пшеницы

Построение процесса

Размольный процесс является заключительным в стадии рабочих процессов, осуществляемых в размольном отделении мукомольного завода. По определению — это процесс интенсивного измельчения обогащенных и необогащенных крупок и дунстов в муку. Кроме этого в размольном процессе осуществляется вымол оболочек (удаление остатков эндосперма) на заключительной стадии.

Процесс можно вести с использованием только рифленых мелющих валков и тогда количество систем в многосортных помолах составляет 9–10. Каждая система при этом состоит из двух подсистем — измельчающей и сортирующей с одинаковым названием.

Процесс также можно вести с использованием мелющих валков с микрошероховатой поверхностью (гладких валков). В этом случае измельчаемый продукт подвергается сжатию и сдвигу, что при отсутствии рифлей на поверхности валков не приводит к интенсивному дроблению оболочек (выигрыш в качестве муки), но способствует образованию недоизмельченных, предразрушенных частиц и конгломератов частиц. В связи с этим для увеличения извлечения муки и повышения эффективности процесса измельчения в целом продукты измельчения после вальцового станка подвергают доизмельчению в энтолейторах или разрыхлению в роторных разрыхлителях-деташерах. Энтолейторы как интенсивные измельчители используют на первых размольных системах, где обрабатывают

ся крупки и дунсты с минимальным содержанием оболочек. Деташеры-разрыхлители используют на последующих системах, начиная с четвертой размольной системы. Продукты, обработанные по двойной последовательной схеме измельчения, сортируют в рассевах по специальной схеме, оптимально приспособленной для сортирования смесей с большим содержанием тонкодисперсных компонентов — муки, дунстов и мелких оболочек. Таким образом, каждая система технологического процесса состоит из трех подсистем: измельчающей, доизмельчающей и сортирующей. Измельчающая и сортирующая подсистемы имеют одно наименование, включающее номер системы и сокращенное наименование, например, 1 р.с. Наименование системы проставляется у символа вальцового станка. Как правило, доизмельчители не имеют наименования на технологической схеме. В тексте описания технологической схемы записывают: деташер 5 р.с., энтолейтор 3 р.с. и т. п. Количество размольных систем при использовании гладких валков может достигать одиннадцати-двенадцати.

Возможна также комбинация рифленых валков на первых пяти-шести размольных системах и валков с микрошероховатой поверхностью на остальных системах. Использование нерифленых валков на последних размольных системах способствует уменьшению дробимости оболочек при обработке высокозольных продуктов и повышению качества муки в целом.

Таким образом, при использовании в размольном процессе только гладких валков снижается дробимость оболочек, что способствует увеличению выхода муки с минимальной зольностью. Это повышает в целом эффективность ведения технологии, так как повышается выход дорогостоящей муки высших сортов. Одновременно снижается выход муки низших сортов, например, второго сорта. При высоком спросе на сорта хлеба с большим содержанием оболочек в технологии в дополнение к гладким валкам используют на одной или двух последних размольных системах (например, на 11 р.с. или 12 р.с.) вальцовые станки с рифлеными мелющими валками.

Размольный процесс осуществляется путем последовательного измельчения круподунстовых продуктов, в результате которого образуется мука. В состав продуктов измельчения также входят недоизмельченные крупки и оболочки после отделения от них эндосперма. Извлеченную муку выводят из размольного процесса на контроль, недоизмельченные крупки и дунсты направляют на повторное измельчение, а оболочки — на вымол остатков эндосперма. Операции последовательного измельчения и сортирования повторяют до тех пор, пока эндосперм и часть оболочек не превратятся в муку, а оставшиеся оболочки с минимальным содержанием эндосперма — в отруби. Очевидно, что количество систем размольного процесса будет зависеть от интенсивности измельчения на отдельных системах или оттого, какая часть круподунстовых продуктов при однократном измельчении превратится в муку.

Для эффективного ведения размольного процесса должны быть системы для измельчения круподунстовых продуктов в муку высшего и первого сортов, специальные системы для обработки полученных сходов, а также системы для вымола остатков эндосперма из высокозольных продуктов. Как правило, это последние размольные системы, на которых в основном получают муку второго сорта. Комбинация этих систем в общей схеме размольного процесса может быть самой разнообразной.

Приведем наиболее часто встречающиеся схемы построения размольного процесса.

Вариант 1. На первых трех размольных системах обрабатывают наиболее высококачественные круподунстовые продукты и получают муку высшего сорта. Затем следует первая сходовая система для обработки сходов с первых трех размольных систем. На последующих трех размольных системах (4, 5, 6 р.с.) обрабатывают более высокозольные круподунстовые продукты, оставшиеся неизмельченными после первого этапа, а также крупки и дунсты непосредственно из драного, шлифовочного процессов и процесса обогащения. На этом этапе отбирают муку преимущественно первого сорта. После шестой размольной системы следует вторая сходовая система, на которой обрабатывают сходовые продукты после четвертой, пятой, шестой размольных систем. Заключительный этап, включающий в себя три-четыре размольные системы, выполняет функцию вымольного.

Вариант 2. На первом этапе, включающем пять-шесть начальных размольных систем, обрабатывают наиболее высокого качества круподунстовые продукты. В результате получают муку высшего и первого сортов. Затем следуют подряд две сходовые системы. Причем, на первой сходовой системе обрабатывают сходы со всех первых пяти-шести систем, а на второй сходовой системе — сходы с первой сходовой. Последние три-четыре системы выполняют функцию вымольных, как в первом варианте.

Вариант 3. Технология строится без использования специальных сходовых систем. При этом обработка сходов осуществляется на специально выделенных размольных системах. Первый этап технологии, включающий три системы, предназначен для получения муки высшего сорта. Сходы с размольных систем первого этапа обрабатывают на четвертой размольной системе — первой системе второго этапа размольного процесса. Второй этап размольного процесса включает также три системы (четвертую, пятую, шестую размольные системы) и предназначен для получения муки высшего и первого сортов. Сходы с рассевов второго этапа обрабатывают на седьмой размольной системе — первой системе третьего этапа. Третий этап включает пять-шесть систем и предназначен для получения муки первого и второго сортов. На этом этапе также осуществляется вымол оболочек. Возможны и другие варианты построения размольного процесса.

Учитывая, что на первой системе размольного процесса поступает основная масса круподунстовых продуктов первого качества, рекомендуется иметь две первые размольные системы под условными названиями: первая размольная система крупная и первая размольная система мелкая. На первую размольную систему крупную направляют более крупные продукты (например, крупные и средние крупки). Она работает в менее интенсивном режиме, чем первая размольная система мелкая, на которую направляют более мелкие продукты — дунсты и мелкие крупки. На рисунке 3.24 представлена технологическая схема размольного процесса с использованием мелющих валков с микрошероховатой поверхностью, энтолейторов и деташеров в качестве доизмельчителей, а также рассевов ЗРШ-М с полиамидными ситами для высева крупок и муки. Построение технологического процесса осуществлено по третьему варианту без использования специальных сходовых систем. Это наиболее современная и прогрессивная тенденция построения размольного процесса сортовых хлебопекарных помолов пшеницы. В таблице 3.22 приведены необходимые сведения о распределении вальцовой линии, просеивающей поверхности и удельных нагрузках по системам технологического процесса.

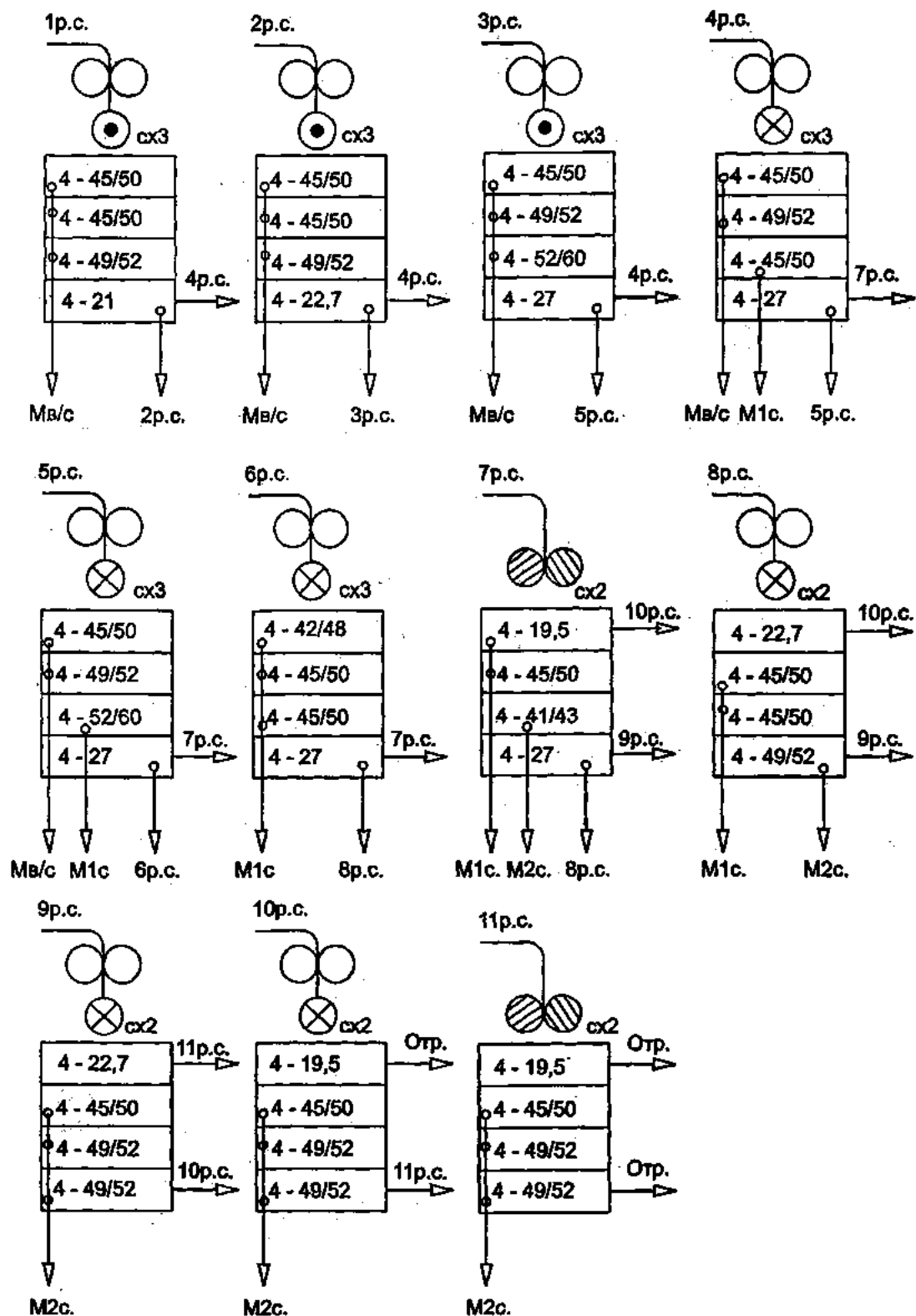


Рис. 3.24. Технологическая схема сложного хлебопекарного помола пшеницы с развитым процессом. Размольный процесс

**Рекомендуемые удельные нагрузки, распределение
вальцовой линии и просеивающей поверхности по размольным системам**

Система	Распределение по системам, %		Удельные нагрузки	
	вальцовой линии	просеивающей поверхности	на вальцовую линию, кг/см сут	на просеивающую поверхность, кг/м ² сут
1 размольная	20,0	18,0–20,0	200–250	8200–9400
2 размольная	15,0–20,0	16,0–20,0	200–250	8200–9400
3 размольная	10,0–15,0	8,0–15,0	200–250	8200–9400
4 размольная	10,0–15,0	8,0–14,0	150–200	8200–9400
5 размольная	5,0–10,0	5,0–9,0	150–200	5900–7000
6 размольная	5,0–10,0	6,0–10,0	150–200	5900–7000
7 размольная	5,0–10,0	6,0–10,0	120–180	5900–7000
8 размольная	5,0–10,0	6,0–10,0	120–180	5900–7000
9 размольная	5,0	5,0–6,0	120–180	3500–4700
10 размольная	5,0	5,0–6,0	120–180	3500–4700
11 размольная	5,0	4,0–5,0	120–180	3500–4700
12 размольная	5,0	4,0–5,0	120–180	3500–4700
	100,0	100,0		

Таким образом, на первый этап размольного процесса выделяется 45–50 % вальцовой линии и просеивающей поверхности, на второй и третий этап по 25–30 % от общей длины вальцовой линии и площади просеивающей поверхности размольного процесса.

Режим измельчения, подбор сит и схем сепарирования

Процесс предназначен для получения муки. Поэтому естественным критерием для его оценки является частное извлечение муки. Чем больше извлечение муки, тем интенсивнее проведена технологическая операция измельчения. Так как на разных этапах технологии в размольном процессе получают муку различных сортов, которые отличаются тонкостью помола, то номер контрольного сита при оценке режимов измельчения изменяется в зависимости от этапа. В таблице 3.23 приведены значения извлечений муки, номера контрольных сит при оценке режимов измельчения по размольным системам сортового хлебопекарного помола пшеницы с развитой технологической схемой.

Таблица 3.23

Рекомендуемые режимы измельчения по системам размольного процесса

Система	Номер контрольного сита			Извлечение муки, %
	шелкового	капронового	полиамидного	
1 размольная крупная	43	49	45/50	45–60
1 размольная мелкая	43	49	45/50	55–70
2 размольная	43	49	45/50	45–70
3 размольная	43	49	45/50	45–70
4 размольная	38	43	41/43	25–40
5 размольная	38	43	41/43	30–50
6 размольная	38	43	41/43	30–50

Система	Номер контрольного сита			Извлечение муки, %
	шелкового	капронового	полиамидного	
7 размольная	38	43	41/43	20–30
8 размольная	38	43	41/43	20–30
9 размольная	38	43	41/43	20–30
10 размольная	38	43	41/43	10–20
11 размольная	38	43	41/43	10–20
12 размольная	38	43	41/43	10–20

Заданная интенсивность измельчения достигается установкой определенного значения рабочего зазора между мелющими валками, а также механико-кинематическими параметрами мелющих валков, которые приведены в таблице 3.24.

Таблица 3.24

Рекомендуемая техническая характеристика нарезных мелющих валков по системам размольного процесса

Система	Параметры рифления			Кинематические параметры	
	количество рифлей, 1/см	уклон рифлей, %	углы острия и спинки, α/β	окружная скорость, v_0 , м/с	дифференция v_0/v_m
1 размольная	10	8	35–40/65–70	5,0–6,0	2,0–2,5
2 размольная	10	8	35–40/65–70	5,0–6,0	2,0–2,5
3 размольная	10	8	35–40/65–70	5,0–6,0	2,0–2,5
4 размольная	11	8–10	35–40/65–70	5,0–6,0	1,5
5 размольная	11	8–10	35–40/65–70	5,0–6,0	1,5
6 размольная	11	8–10	35–40/65–70	5,0–6,0	1,5
7 размольная	12	8–10	35–40/65–70	5,0–6,0	1,5
8 размольная	12	8–10	35–40/65–70	4,0–4,5	1,5
9 размольная	12	8–10	35–40/65–70	4,0–4,5	1,5
10 размольная	12	8–10	35–40/65–70	4,0–4,5	1,5
11 размольная	12	8–10	35–40/65–70	4,0–4,5	1,5
12 размольная	12	8–10	35–40/65–70	4,0–4,5	1,5

Примечание: v_0 — скорость быстровращающегося вала; v_m — скорость медленновращающегося вала.

При использовании мелющих валков с микрошероховатой поверхностью окружную скорость быстровращающегося вала следует принимать 5,0 м/с, а дифференцию — 1,25, параметр шероховатости $Ra = 3–5$ мкм.

Сортируют продукты измельчения размольных систем в отсевах ЗРШ-М, ЗРШ-4М третьей технологической схемы и в отсевах БРБ технологической схемы второго типа с двумя проходами и двумя сходами. Возможно использование соответствующих технологических схем отсевов других марок. Продукты измельчения размольных систем представляют собой смесь муки (до 70 %), недоизмельченных крупок и дунстов и частиц оболочек, оставшихся после измельчения. Поэтому в задачу процесса сортирования на каждой системе входит разделение этих компонентов. Для сортирования используют полиамидные сита для высева муки полуложноажурного, гарнитурного переплетения и полиамидные сита для

высева крупок. Возможно также применение капроновых сит соответствующих номеров. Подбор сит осуществляется на основании принципиальных положений, изложенных выше. Например, если сортирование смеси муки, дунстов и оболочечных частиц осуществляется в расसेве ЗРШ-М третьей технологической схемы, по которой получают четыре фракции продуктов — три проходами и одну сходом, то самый крупный продукт смеси — оболочки должен быть выведен сходом, второй по крупности продукт — дунсты должен быть выведен третьим проходом, а самый мелкий продукт смеси — мука должен быть выведен первым и вторым проходами. Зная технологическую крупность сортируемых продуктов и способ их вывода из рассева (сходом или проходом), подбирают сита в группах.

Общий принцип направления продуктов после сортирования подчиняется следующей закономерности:

- ♦ мука в зависимости от качества направляется на контроль соответствующего сорта или потока;
- ♦ дунсты направляют на следующую технологическую систему для повторного измельчения;
- ♦ оболочки в виде сходов обрабатываются на специальных сходовых системах или на размольных системах, предназначенных для обработки сходов.

§5. Формирование сорта и контроль муки

На мукомольных заводах с развитой технологической схемой получают десятки разнокачественных потоков муки, отличающихся выходом относительной массы переработанного зерна, зольностью, белизной или относительным содержанием оболочек, тонкостью помола, а также совокупностью показателей, оценивающих хлебопекарные свойства муки, таких как количество сырой клейковины, упругость и растяжимость клейковины и т. п. Это закономерно, так как отдельные зоны зерна отличаются структурой, химическим составом, физико-химическими свойствами и хлебопекарными достоинствами. А при сортовых помолах пшеницы, основанных на поэтапном измельчении, мука получается в основном из отдельных зон эндосперма. С другой стороны, мука определенного сорта или вида, отпускаемая потребителю, должна иметь строго ограничительные показатели качества в соответствии с требованиями стандартов. Поэтому в технологии предусмотрено смешивание разнокачественных потоков муки в строго определенном соотношении до однородного состояния, в результате чего образуется сорт или вид муки. С понятием сорта, в первую очередь, связано представление о хлебопекарных достоинствах, питательной ценности и внешнем (товарном) виде муки.

Традиционно формирование сорта муки осуществляется по соотношению зон эндосперма, содержанию отрубянистых частиц и по показателям белизны. Причем, этот принцип заложен в технологических схемах мукомольных заводов. Формирование сорта муки может осуществляться в один или два этапа. При формировании сорта муки в один этап разнокачественные потоки муки, полученные на отдельных системах технологического процесса, смешиваются непосредственно в размольном отделении мукомольного завода. При этом за основу при смешивании чаще всего принимается цвет или зольность.

При выработке одновременно трех сортов муки муку высшего сорта формируют три наиболее низкозольных потока муки с 1-й и 2-й сортировочных систем, 1-й и 2-й шлифовочных систем, а также с начальных (с 1-й по 5-ю) размольных систем.

Муку первого сорта формируют из потоков муки с 1-й, 3-й, 4-й сортировочных систем, 4-й, 5-й, 6-й, 7-й, 8-й размольных систем.

Муку второго сорта получают с оставшихся после отбора муки высшего и первого сортов систем — это 4-я и 5-я сортировочные системы, а также 8-я, 9-я, 10-я, 11-я размольные системы.

При отборе муки только высшего и первого сортов общий принцип формирования сортов муки, изложенный выше, сохраняется. Наиболее низкосольная мука начальных драных систем, начальных шлифовочных и размольных систем формирует муку высшего сорта. Наиболее высокосольная мука второго сорта отбирается в виде мучки, в связи с чем общий выход муки снижается до 73 или 75 %. Остальная мука, полученная после отбора муки высшего сорта, формирует первый сорт.

При двухсортных 78 % помолах отбирают муку высшего и второго сортов. Причем, муку второго сорта отбирают в количестве 13–23 %. Поэтому для формирования муки второго сорта используют потоки муки последних размольных систем и последних драных систем. При этом средневзвешенная зольность муки не должна превышать 1,25 % — стандартную зольность муки второго сорта. Мука остальных систем формирует высший сорт.

При односортных помолах с выходом муки 72 и 75 % только высшего сорта наиболее высокосольную муку последних драных и размольных систем отбирают в виде мучки. Для этого сита для отбора муки разрезают до № 27, 29, что в целом благоприятно сказывается на эффективности просеивания. Остальная мука объединяется в муку высшего сорта. Объединенная в сорт мука направляется в контрольный рассев.

Наибольшее количество муки получается в размольном процессе — всего 47–57 %. Причем на первом этапе (1-я, 2-я, 3-я р.с.) — 30–35 %, на втором этапе (4-я, 5-я, 6-я, 7-я р.с.) — 12–15 % и на третьем этапе (8-я, 9-я, 10-я, 11-я, 12-я р.с.) — 5–7 %. При начальном измельчении зерна в драном процессе получают 17–20 % муки, а в шлифовочном процессе — 4–6 %. Итого: 75–78 % муки. Как правило, при формировании сорта муки в размольном отделении мукомольного завода специального оборудования для придания муке однородного состояния не предусматривается. Смешивание осуществляется при перемещении муки в самотеках, в материалопроводах пневмотранспортеров, а также в рассевах при осуществлении контрольной операции.

При формировании сорта муки в два этапа в размольном отделении предварительно формируется несколько потоков муки с различными качественными показателями. Так, по технологии мукомольных заводов на комплектном оборудовании в размольном отделении формируют предварительно три потока муки. В поток № 1 направляют муку в количестве до 72 % с зольностью 0,5–0,55 %. Этот поток является основным для формирования потребительских сортов (высшего, первого и второго) в цехе готовой продукции. В поток № 2 направляют около 6 % муки с зольностью до 1,0–1,15 %. Этот компонент используется в качестве добавки при формировании муки первого, второго сортов и муки типа обойной.

В поток № 3 направляют до 4 % муки с зольностью до 3,5 %. Этот поток состоит из тонко измельченных оболочек и алевронового слоя. Его можно использовать при формировании муки типа обойной и второго сорта. Расчетное количество муки каждого потока с заданной зольностью можно получить по данным материального баланса с построением коммулятивных кривых зольности и разделительных кривых.

Для формирования каждого потока под рассевами устанавливаются шнеки для сбора муки (в соответствии с рис. 3.25), на которые с помощью поворотных труб можно направ-

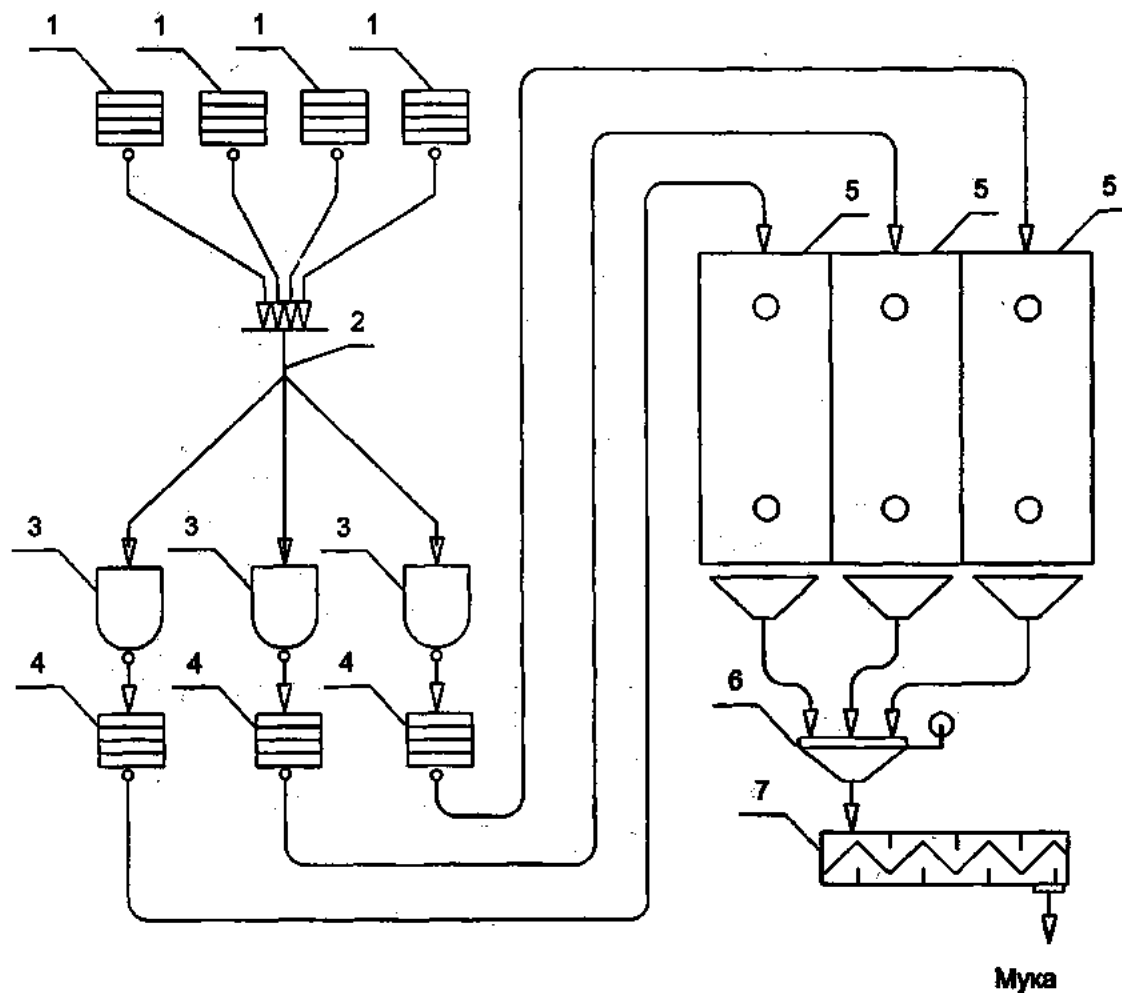


Рис. 3.25. Принципиальная схема формирования сорта муки:

- 1 — рассевы рабочих систем; 2 — повторные трубы;
 3 — шнеки для сбора и смешивания потоков муки; 4 — контрольные рассевы;
 5 — емкости для бестарного хранения муки по потокам в цехе готовой продукции;
 6 — многокомпонентный весовой дозатор; 7 — порционный смеситель

лать муку с любой системы технологического процесса. Это позволяет оперативно вмешиваться в формирование потоков муки и стабилизировать качество на заданном уровне. Сформированные потоки муки передаются в цех готовой продукции, где оперативно хранятся в специальных емкостях. Формирование различных сортов муки осуществляется по потребностям хлебопекарной и макаронно-кондитерской промышленности. Технология формирования сорта в цехе готовой продукции осуществляется с помощью многокомпонентных весовых дозаторов и порционных смесителей. Применение специальных смесителей позволяет увеличить однородность (гомогенность) сорта муки и стабилизировать его качество. Кроме этого в цехе готовой продукции может осуществляться бестарное хранение потоков муки и сортов, витаминизация муки, а также все операции по упаковке муки в крупногабаритную тару, расфасовке и отпуску потребителю.

Мукомольное производство отличается сложностью технологии и насыщенностью процессов разнообразным технологическим оборудованием. При эксплуатации производств в непрерывном режиме возможны различные ситуации, приводящие к нарушению режимов работы оборудования, к различным неисправностям и даже к аварийным ситуациям. Это означает, что всегда есть риск попадания в готовую продукцию нежелательных компонентов. В связи с этим контроль муки является необходимой и обязательной технологической операцией. Контрольные операции предусматриваются в технологической схеме производства муки уже на стадии проектирования. Это так называемый технологический контроль. Муку контролируют индивидуально каждый сорт на специальной контрольной системе. Для организации контроля выделяют около 10–12 % от общей просеивающей поверхности. Физическая сущность контрольной операции — путем пересева (ситового сепарирования) выделить из муки случайно попавшие примеси. Учитывая, что мука — это тонкодисперсный порошкообразный продукт, случайно попавшие примеси должны быть больше по размеру частиц муки и должны оказаться в сходе сита. Кроме выделения случайных примесей при контрольном пересеве происходит дополнительное перемешивание разнокачественных потоков муки, что увеличивает однородность сорта.

Для контроля используют рассевы ЗРШ-М, ЗРШ-4М третьей технологической схемы или рассевы БРВ из серии комплектного оборудования. Обычно для пересева применяют полиамидные или капроновые сита для высева муки. Для обеспечения производительности в контрольных рассевах используют сита на один–два номера реже, чем номер сита для отбора муки в рабочих рассевах. Эффективность технологической операции контроля, как и любой другой технологической операции сортирования, оценивают по недосеву, который должен быть сведен к минимуму. Считается, что величина схода с контрольного рассева не должна превышать 5,0 % относительно поступления муки на контроль. На рисунке 3.26 представлена технологическая схема контроля муки высшего, первого и

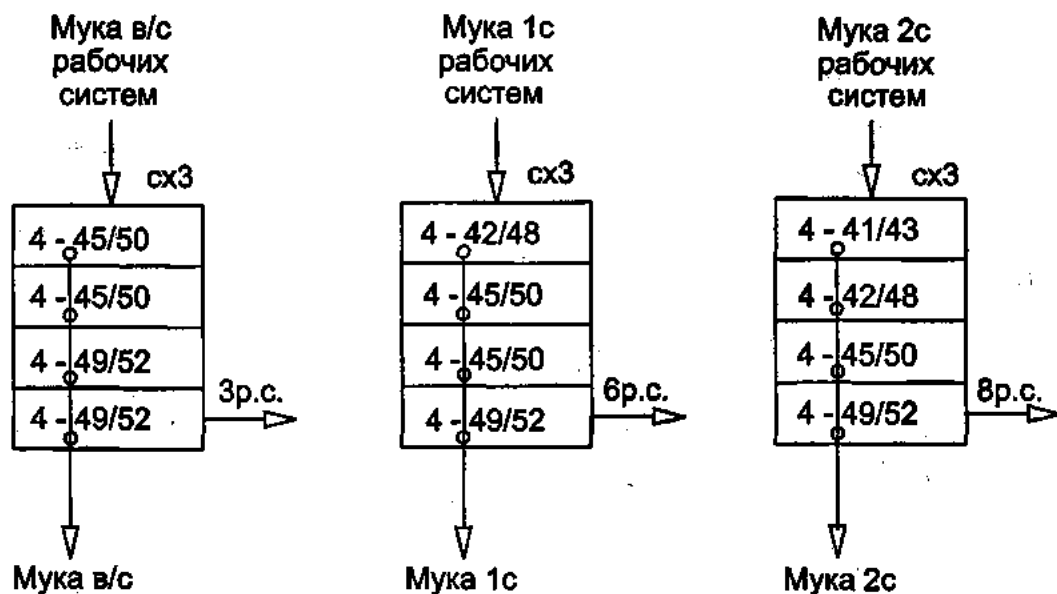


Рис. 3.26. Технологическая схема контроля муки по сортам

второго сортов. Сходы с контрольных рассевов возвращают в технологический процесс, как правило, на размольную систему, где получают муку данного сорта, или на первую систему, где получают муку более низкого сорта.

Таким образом, мы рассмотрели технологию сложного хлебопекарного помола пшеницы с развитой технологической системой отдельно по процессам:

- драной процесс (рис. 3.18);
- обогащение на ситовейках (рис. 3.20);
- шлифовочный процесс (рис. 3.22);
- размольный процесс (рис. 3.24);
- контроль муки (рис. 3.26).

Нумерация технологических систем, направление продуктов в технологических схемах отдельных процессов выполнена таким образом, что при объединении отдельных процессов получается единая технологическая схема.

По этой технологической схеме можно осуществлять трехсортные, двухсортные и односортные помолы пшеницы с отбором муки высшего сорта и с общим выходом муки 72, 73, 75, 78 %.

При этом, при снижении общего выхода муки до 75, 73 и 72 % наиболее высокозольная мука второго сорта, получаемая на вымольных системах драного и размольного процессов, не отбирается, а переводится в побочный продукт технологии — мучку. Для этого мучные сита заменяют на более редкие, что позволяет более эффективно организовать сортирование. Например, при отборе на 10-й и 11-й размольных системах вместо муки 2-го сорта мучки следует заменить сито № 45/50 второй группы на сито № 27, а сито третьей и четвертой групп № 49/52 — на сито № 29 (в соответствии с рис. 3.24). Возможно также не отбирать мучку, а увеличить выход отрубей.

ГЛАВА 5

МАКАРОННЫЕ ПОМОЛЫ И ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ С ОТБОРОМ МАКАРОННОЙ КРУПКИ

§1. Сырье, готовая продукция и виды макаронных помолов

В макаронную муку перерабатывают твердую пшеницу второго типа (*Tr. durum*) и высокостекловидную мягкую пшеницу. Зерно твердой пшеницы существенно отличается от зерна мягкой пшеницы по совокупности свойств. Как правило, твердая пшеница имеет более крупное и вытянутое по длине зерно. Высокая стекловидность зерна твердой пшеницы обеспечивает получение полупрозрачных крупчатых частиц при измельчении и макаронных изделий стекловидной консистенции, не клейких в сваренном виде.

Структурно-механические свойства зерна твердой и мягкой пшениц существенно отличаются. Зерно твердой пшеницы более прочно, при измельчении почти полностью разделяется на крупки и дает минимальное количество тонкодисперсной муки. Наружные оболочки твердой пшеницы менее прочно связаны с эндоспермом, хорошо вымалываются, поэтому отруби драного и размольного процессов высокозольны (более 6,0 %) и содержат минимальное количество эндосперма. Алейроновый слой зерна твердой пшеницы более хрупок, чем у зерна мягкой пшеницы, легко дробится при измельчении и засоряет мелкие фракции промежуточных по крупности продуктов. Поэтому зольность промежуточных по крупности продуктов с уменьшением по крупности увеличивается. У мягкой пшеницы, наоборот, при переходе от крупных крупок к более мелким продуктам зольность уменьшается.

Зерно твердой пшеницы содержит относительно больше белка и сырой клейковины, более высокозольно, чем зерно мягкой пшеницы. Все это оказывает существенное влияние на построение и ведение технологии, а также на выход и качество готовой продукции — макаронной муки.

Основная продукция макаронных помолов крупка — мука высшего сорта и полукрупка — мука первого сорта. Кроме крупки и полукрупки получают 15–25 % муки второго сорта.

Мука высшего сорта (крупка) имеет крупитчатую структуру, преимущественно состоит из мелких крупок и жестких дунстов, полученных из центральных частей эндосперма. Цвет муки кремовый с желтоватым оттенком. Цвет — один из основных критериев качества макаронной муки. Лучшим считается светло-желтый. Число черных точек на площади 10 × 10 см не должно быть более 10.

Мука первого сорта (полукрупка) также имеет крупитчатую структуру, состоит преимущественно из дунстов, полученных из периферийных частей эндосперма. В связи с

этим в муке возможно присутствие некоторого количества оболочечных частиц. Цвет муки — светло-кремовый.

Мука второго сорта из твердой пшеницы имеет тонкодисперсную структуру, содержит значительное количество оболочек и алейронового слоя, поэтому высокозольна. В чистом виде не используется как для производства макаронных изделий, так и при выпечке хлеба. Возможное применение — как подсортировочная к хлебопекарной муке при выпечке хлеба.

В таблице 3.25 приведены основные показатели качества муки для макаронных изделий из твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы, регламентируемые Правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах.

Таблица 3.25

Показатели качества муки для макаронных изделий

Сорт муки	Зольность, %, не более	Крупность помола				Количество сырой клейковины, % не менее
		остаток на сите		проход сита		
		номер	не более, %	номер	%	
Из твердой пшеницы:						
– крупка	0,75	140	3,0	260	12,0 не более	30,0
– полукрупки	1,10	190	3,0	43	40,0 не более	32,0
– второй сорт	1,75	27	2,0	38	65,0 не менее	28,0
Из мягкой пшеницы:						
– крупка	0,55	150	3,0	260	15,0 не более	28,0
– полукрупка	0,75	190	3,0	43	50,0 не более	30,0
– второй сорт	1,25	27	2,0	38	65,0 не более	25,0
– крупка при хлебопекарных помолах	0,55	150	3,0	43	5,0 не более	28,0

Для оценки крупности помола необходимо использовать сита из шелковой ткани по ГОСТ 4403-77.

Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах предусматривают четыре вида помолов твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в макаронную муку:

- ♦ два макаронных помола твердой пшеницы, двухсортный и трехсортный, с общим выходом муки 75,0 %;
- ♦ один помол высокостекловидной мягкой пшеницы, трехсортный, с общим выходом муки 75,0 %;
- ♦ один хлебопекарный помол стекловидной мягкой пшеницы с отбором до 20,0 % макаронной крупки и с общим выходом муки 75,0 %.

В таблице 3.26 приведены нормы выхода продукции и виды помолов при производстве макаронной муки (при переработке зерна базисных кондиций).

Нормы выхода продукции и виды помолов для производства макаронной муки
в процентах

Продукты помола	Макаронные помолы пшеницы			Хлебопекарный помол
	твердой		мягкой	
	двухсортный	трехсортный	трехсортный	четырёхсортный
Мука всего	75,0	75,0	75,0	75,0
Макаронная мука				
– крупка	50,0–60,0	40,0–50,0	20,0–25,0	5,0–20,0
– полукрупка	–	10,0–20,0	25,0–30,0	–
Хлебопекарная мука				
– высший сорт	–	–	–	10,0–30,0
– первый сорт	–	–	–	20,0–45,0
– второй сорт	15,0–20,0	15,0	20,0–25,0	5,0–20,0
Побочные продукты				
– мучка	3,0	3,0	3,0	3,0
– отруби	19,1	19,1	19,1	19,1
– кормовые зернопродукты	2,2	2,2	2,2	2,2
Отходы	0,7	0,7	0,7	0,7
Итого:	100,0	100,0	100,0	100,0

Для обеспечения заданного выхода, ассортимента и качества продукции технологические схемы помолов должны включать все технологические операции или процессы, предусмотренные структурной схемой:

- ♦ драной или крупобразующий процесс;
- ♦ обогащения крупок и дунстов;
- ♦ шлифовочный процесс;
- ♦ размольный процесс;
- ♦ процесс формирования сорта и контроля готовой продукции.

В сравнении с рассмотренным ранее хлебопекарным помолом пшеницы с отбором муки высшего сорта некоторые технологические процессы развиты в большей степени, другие, наоборот, сокращены. Специфика помолов в макаронную муку или с отбором части продукции в виде макаронной муки — крупки состоит в том, что основная продукция или ее часть представляет собой не тонкодисперсную мягкую муку, а муку в виде крупок и дунстов, т. е. имеющую крупитчатую структуру. В связи с этим мягкая мука является сопутствующим, нежелательным компонентом готовой продукции. Поэтому в структуре помолов происходят значительные изменения в сравнении с рассмотренным выше хлебопекарным помолом.

Во-первых, в макаронных помолах более развиты все процессы, связанные с крупобразованием (драной или крупобразующий процесс) и последующей обработкой крупок (шлифовочный процесс и процесс обогащения на ситовейках). Напротив, размольный процесс, предназначенный для получения мягкой муки, должен быть сокращен.

Во-вторых, процессы измельчения ведут в более высоком режиме, т. е. с меньшей интенсивностью, чем в обычных хлебопекарных помолах. Это также связано с необходимостью получения в максимальном количестве круподунстовых продуктов с минимальным выходом мягкой муки.

Третья особенность состоит в том, что измельчение на первом этапе (драной процесс) должно обеспечить получение максимального количества крупной крупки (в макаронных помолах твердой пшеницы не менее 50–55 %), что является необходимым условием получения высоких выходов макаронной крупки — муки высшего сорта.

Таким образом, в макаронных помолах наиболее точно выражен принцип постепенности в воздействии на зерно и промежуточные продукты при организации процесса измельчения, который может быть сформулирован следующим образом. На начальном этапе в драном процессе получают максимальное количество крупок (желательно крупных) и дунстов, которые путем постепенного шлифования (измельчения в высоком режиме) превращаются в более мелкие круподунстовые продукты. Последние после удаления оболочек в процессе обогащения становятся конечной продукцией — макаронной мукой, крупной или полукрупкой. Интенсивное воздействие на любом этапе, как правило, снижает эффективность технологии в целом.

§2. Хлебопекарный помол пшеницы с отбором макаронной крупки

Для хлебопекарных помолов с отбором макаронной крупки рекомендуется использовать пшеницу со стекловидностью не менее 50 % и содержанием сырой клейковины не менее 27 %. Это должно обеспечить необходимый выход крупок и дунстов, а также качество макаронной крупки (макаронной муки высшего сорта) по содержанию сырой клейковины.

Технологическая схема помола мало отличается от рассмотренной выше. В связи с необходимостью отбора макаронной крупки и хлебопекарной муки высшего сорта в такого типа помолах возрастает потребность в высококачественных крупках и дунстах. Поэтому шлифовочный процесс осуществляется по развитой технологической схеме, с использованием мелющих валков с рифленой поверхностью и высоких (малоинтенсивных) режимов измельчения. Это позволяет получить из обогащенных крупок драного процесса дополнительно мелкие крупки и дунсты, которые после обогащения можно использовать для формирования макаронной муки высшего сорта и для получения хлебопекарной муки высшего сорта на одной из начальных размольных систем.

Ориентировочные параметры технологической схемы приведены в таблице 3.27. Системы драного процесса, начиная со второй, могут быть разделены на крупные и мелкие, что позволяет эффективно без излишнего дробления оболочек и с минимальным выходом муки осуществить крупнообразующий процесс.

Отношение длины вальцовой линии шлифовочного и размольного процессов к длине вальцовой линии драных систем составляет 1,4–1,6. То же соотношение, но по площади просеивающей поверхности составляет 0,8–1,0.

Драной процесс построен по классическому принципу. На каждой драной системе продукты измельчения сортируют для извлечения круподунстовых продуктов и муки, а также остатков зерна. Крупки и дунсты обогащаются на ситовеечных машинах, а мука направляется на контроль соответствующего сорта. Остатки зерна после извлечения промежуточных продуктов и муки направляется на следующую драную систему, где цикл измельчения и сортирования повторяется. После четырех–пяти последовательных циклов

**Параметры технологической схемы хлебопекарного помола пшеницы
с отбором макаронной крупки**

Процесс	Количество систем	Длина вальцевой линии, %	Площадь просеивающей поверхности, %
Драной	4-5	40-45	42-46
Шлифовочный	4-5	20-25	15-16
Размольный	9-11	35-40	23-32
Обогащения на ситовейках	11-15	—	—
Контроль муки	4	—	8-10
Всего		100,0	100,0

измельчение-сортирование эндосперм практически полностью извлекается в виде крупок и дунстов, а остатки зерна (оболочки с незначительным содержанием эндосперма) представляют основной побочный продукт — отруби. Процесс сортирования продуктов измельчения драного процесса осуществляется в два этапа. Второй этап сортирования осуществляют на системах сортировок, куда направляют мелкие фракции извлеченных круподунстовых продуктов и муки.

Режим измельчения в драном процессе должен обеспечивать эффективное крупобразование. Показатели режимов измельчения в виде величин общих извлечений через контрольное сито заданного номера соответствуют обычному сложному хлебопекарному помолу и представлены в таблице 3.10. Механико-кинематические параметры мелющих валков принимаются по таблице 3.11. Для обеспечения более эффективного крупобразования в драном процессе рекомендуется уменьшить скорости быстровращающихся валцов до 4,5–5,0 м/с, а взаиморасположение рифлей на первых трех драных системах рекомендуется принимать «острие по спинке». Как и в сложном хлебопекарном помоле, рассмотренном ранее, дунсты первых трех драных систем (1, 2, 3 сортировочные системы) делят на жесткие и мягкие. Жесткие дунсты обогащают на ситовеечных системах, а мягкие измельчают в хлебопекарную муку высшего сорта на первых трех размольных системах. Крупную крупку первой и второй драных систем среднюю и мелкую крупку первой, второй и третьей драных систем подвергают раздельному обогащению. Обогащенные крупки, например первые проходы сит ситовеечных машин, при обогащении средних, мелких крупок могут направляться на формирование макаронной муки или шлифоваться на первых шлифовочных системах. Обогащенные крупные крупки, как правило, шлифуются для получения более мелких продуктов — средних, мелких крупок и дунстов высокого качества.

В шлифовочном процессе рекомендуется применять четыре, пять систем. В соответствии с рисунком 3.27 измельчение осуществляют на рифленых валках. При общей удельной нагрузке на вальцовую линию 65–70 кг/см · сутки, удельные нагрузки на вальцовую линию шлифовочных систем рекомендуется принимать 150–250 кг/см · сутки. Режим измельчения на системах шлифовочного процесса должен обеспечивать максимальное извлечение более мелких круподунстовых продуктов и минимальное количество мягкой муки. В соответствии с рекомендациями Правил организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах режим измельчения на первых трех шлифовочных

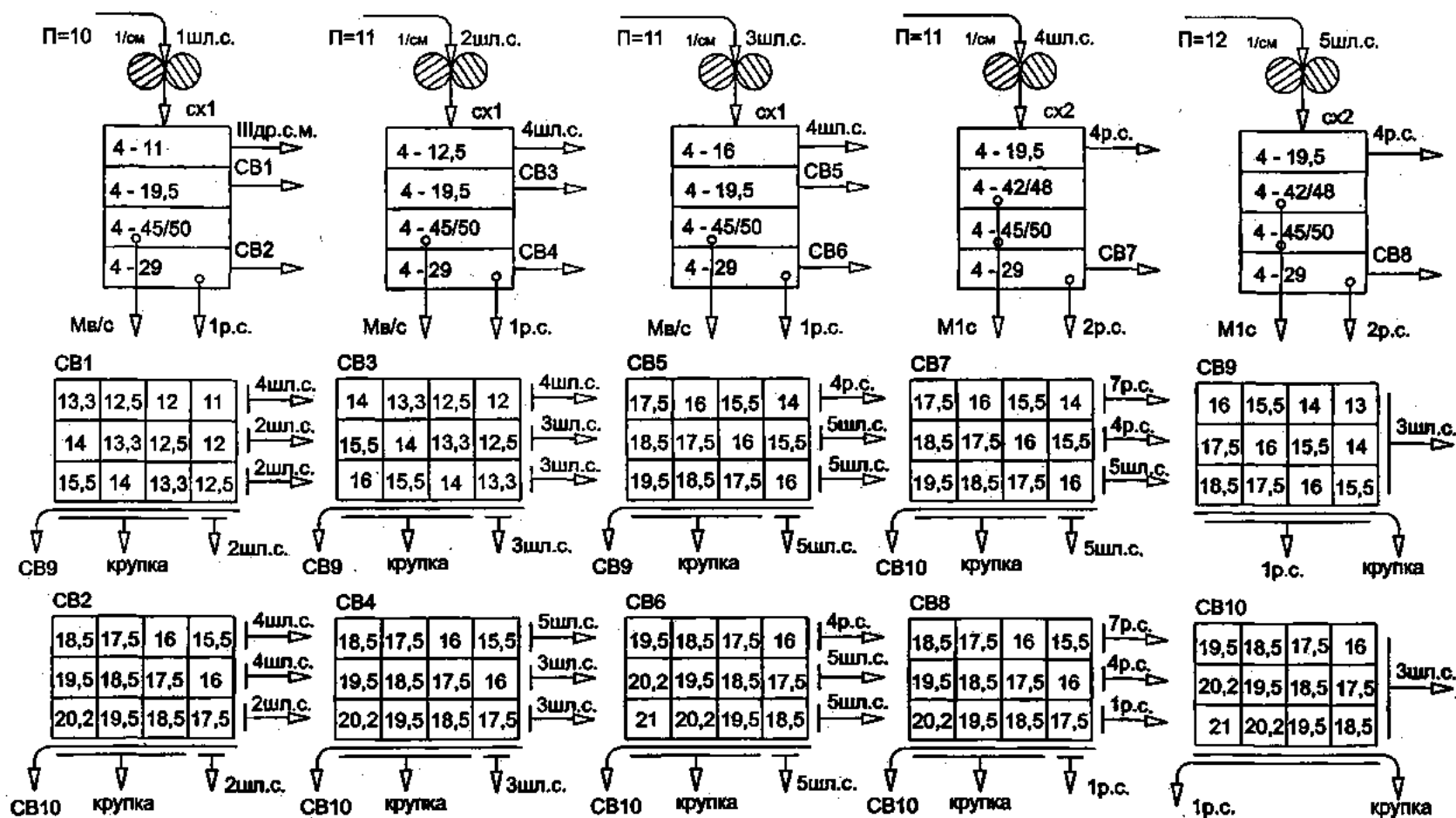


Рис. 3.27. Шлифовочный процесс сложного хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки.

системах должен характеризоваться извлечением круподуновых продуктов и муки через контрольное сито № 27 (шелковое или полиамидное) в количестве 2–5 %, а на четвертой и пятой системах — до 5–8 %.

Для обеспечения заданной интенсивности измельчения подбирают соответствующие механико-кинематические параметры мелющих валков и определенную величину рабочего зазора. Рекомендуется принимать плотность нарезки от 10 1/см на первых двух шлифовочных системах до 12 1/см на пятой шлифовочной системе. На третьей и четвертой шлифовочных системах количество рифлей на сантиметр длины окружности рекомендуется принимать одиннадцать. Уклон рифлей на всех системах принимают 10 %, окружную скорость быстровращающегося валка — 4,5 м/с, дифференцию — 2,5. Форму рифлей принимают с углом острия $\alpha = 30^\circ$ и углом спинки $\beta = 90^\circ$. Взаиморасположение рифлей принимают «острие по острию».

Продукты измельчения сортируют в отсевах ЗРШ-М, ЗРШ-4М первой или второй технологических схем или в отсевах БРБ по одной из схем первого или второго типов. Продукты измельчения каждой шлифовочной системы в зависимости от крупности и качества поступающих крупок представляют собой смесь более мелких круподуновых продуктов, мягкой муки и сошлифованных оболочек. Подробно о составе и приблизительном соотношении фракций продуктов см. в разделе о шлифовочном процессе обычного сложного хлебопекарного помола, рассмотренного в главе 4.

Для сортирования используют полиамидные сита для высева крупок и муки, а также сита из других материалов. Подбор сит в отсевах осуществляется по правилам, описанным выше. Зная состав продуктов измельчения и возможность технологической схемы отсева, подбирают номер сита для вывода сходом или проходом соответствующего продукта из отсева.

Выделенные в результате сортирования продукты измельчения шлифовочных систем в зависимости от крупности и качества подвергают дальнейшей обработке. Средние, мелкие крупки и жесткие дунсты разделяют обогатить на ситовечных машинах, мягкие дунсты измельчают на первых размольных системах в муку высших сортов, а мягкую муку направляют на контроль соответствующего сорта. Удаленные при шлифовании оболочки вымалывают на специальных системах дражного, размольного или шлифовочного процессов.

Обогащенные крупки шлифовочных систем без значительного содержания сростков оболочек и эндосперма представляют собой продукты высокого качества, которые направляют на формирование макаронной муки высшего сорта — крупки или на размольные системы, где получается мягкая мука высшего сорта. Это, как правило, первые проходы сит ситовечных машин. Проходы последних сит ситовечных машин, а также сходы содержат значительное количество оболочек, сростков оболочек и эндосперма и поэтому подвергаются повторному шлифованию на последующих системах. Высокозольные сходы с последних шлифовочных систем, а также ситовечных систем, где обогащаются крупки последних шлифовочных систем, направляются на специальные системы размольного процесса, где осуществляется вымол оболочек (удаление остатков эндосперма).

Размольный процесс осуществляется на девяти, десяти, одиннадцати технологических системах. Измельчение, как и для обычного сложного хлебопекарного помола, может осуществляться с использованием рифленых валков и валков с гладкой и микрошероховатой поверхностью. Возможна комбинация в одной технологической схеме и рифленых,

и нерифленых валков. При использовании нерифленых валков обязательным является доизмельчение на энтолейторах или деташерах-разрыхлителях. Построение технологической схемы размольного процесса, режимы измельчения по системам, механико-кинематические и технологические параметры мелющих валков, технологические схемы рассевов, номера и типы сит рекомендуется применять, как и для сложного хлебопекарного помола пшеницы с развитой технологической схемой.

Подробно о размольном процессе см. в главе 4 о сложном хлебопекарном помоле пшеницы.

При формировании сортов муки рекомендуется в макаронную крупку направлять мелкую крупку и жесткие дунсты первых трех драных систем, а также первых трех шлифовочных систем после их обогащения в ситовечных машинах.

Хлебопекарную муку высшего сорта формируют из потоков муки первой, второй и третьей сортировочных, первой, второй и третьей шлифовочных и первой, второй и третьей размольных систем.

Хлебопекарную муку первого сорта формируют из муки первой, третьей и четвертой сортировочных систем, четвертой драной системы, а также с четвертой по седьмую размольных систем.

Хлебопекарную муку второго сорта формируют из потоков муки пятой драной системы, пятой сортировочной, а также с седьмой по одиннадцатую размольных систем.

Как и для всех помолов, обязателен контроль муки. Макаронную муку высшего сорта — крупку контролируют на ситовейках, а хлебопекарную муку всех сортов — на рассевах. Ориентировочный выход муки по этапам технологического процесса приведен в таблице 3.28

Таблица 3.28

Выход муки по этапам технологического процесса хлебопекарного помола с отбором макаронной крупки

в процентах

Мука	Процесс						
	драной		шлифовочный		размольный		
	I-III др.с.	IV-V др.с.	1-3 шл.с.	4-5 шл.с.	1-3 р.с.	4-7 р.с.	8-11 р.с.
макаронная	6-8	-	10-12	2-4	-	-	-
хлебопекарная	12-14	3-5	2-3	2-3	12-15	12-15	4-5

Выходы муки высоких сортов в этом помоле взаимосвязаны. Как правило, снижение (увеличение) выхода макаронной крупки приводит к увеличению (снижению) выхода хлебопекарной муки высшего сорта.

§3. Особенности макаронных помолов твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в макаронную муку

При проведении макаронных помолов высокой технологической и экономической эффективности можно добиться, если эндосперм зерна в максимальной степени преобразуется в высококачественные мелкие крупки, жесткие и мягкие дунсты, которые составляют основу макаронной муки — крупки и полукрупки. В связи с этим в технологии возраста-

ет роль процессов, в которых образуются крупки и дунсты, а также процессов, где происходит дальнейшая их обработка с целью удаления оболочек. Это драной процесс или крупобразующий, а также шлифовочный и обогащения на ситовейках. Напротив, роль размольного процесса сводится к вымолу оболочек и к получению низкокачественной муки второго сорта. В связи с этим увеличивается общее количество драных систем до 5–6, шлифованных систем до 8–11, систем обогащения на ситовейках — до 25–40. Количество размольных систем сокращается до 1–3. Меньший предел принимается в помолах твердой пшеницы, больший — мягкой. В таблице 3.29 представлена рекомендуемая техническая характеристика технологических схем макаронных помолов твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в макаронную муку.

Таблица 3.29

**Рекомендуемая техническая характеристика
технологических схем макаронных помолов**

Процесс	Количество систем	Длина вальцовой линии, %	Площадь просеивающей поверхности
Драной	5–6	40,0–45,0	50,0–55,0
Шлифовочный	8–11	40,0–50,0	40,0–42,0
Размольный	1–3	5,0–15,0	2–6
Контрольный	—	—	3–5
Обогащения	20–40	—	—
Итого		100,0	100,0

Отношение длины вальцовой линии шлифовочных и размольных систем к длине вальцовой линии драных систем рекомендуется принимать в пределах 1,0–0,9. При ведении технологического процесса и подборе оборудования рекомендуется принимать следующие общие удельные нагрузки:

- ♦ на вальцовые станки — 50–65 кг/см · сутки;
- ♦ на рассевы пакетные — 600–700 кг/м² · сутки;
- ♦ на рассевы ЗРШ-М — 800–1000 кг/м² · сутки;
- ♦ на рассевы БРБ, БРВ — 900–1000 кг/м² · сутки;
- ♦ на ситовые машины — 115–125 кг/см · сутки.

Драной процесс

Драной процесс осуществляется на 5–6 системах с использованием рифленых мелющих валков. Для обеспечения оптимальных условий измельчения вторая, третья, четвертая и пятая драные системы делятся на крупные и мелкие. Сортирование продуктов измельчения осуществляется в три этапа с получением 7–8 фракций крупок и дунстов (в соответствии с рис. 3.28). При этом крупную крупку дополнительно делят на две или три фракции, а дунсты — на жесткие и мягкие. Ниже приводится технологическая крупность получаемых при сортировании фракций круподуновых продуктов:

- ♦ крупная крупка — 1,114/9,3;
- ♦ крупная крупка — 9,3/11;
- ♦ крупная крупка — 11/13,3;



- ♦ средняя крупка — 13,3/16;
- ♦ мелкая крупка — 16/20,2;
- ♦ жесткий дунст — 20,2/27;
- ♦ мягкий дунст — 27/43.

При небольшой производительности мукомольных заводов сортирование продуктов измельчения может осуществляться в два этапа, как и для сложных хлебопекарных помолов с развитой схемой технологического процесса. Принципиально драной процесс построен следующим образом. На каждой драной системе происходит измельчение с заданной интенсивностью с целью извлечения максимального количества высококачественных крупок и дунстов и минимального количества попутного продукта технологии — мягкой муки. В процессе двух или трехэтапного сортирования промежуточные продукты и мягкая мука выводятся (извлекаются) из драного процесса и направляются на дальнейшую обработку (на обогащение, шлифование, контроль), а остатки (более крупные продукты) возвращаются на следующую драную систему, где цикл измельчение-сортирование повторяется. Таких циклов может насчитываться 5–6, а с учетом деления на крупные и мелкие системы — 9–10.

Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам драного процесса, а также рекомендуемые удельные нагрузки приведены в таблице 3.30.

Таблица 3.30

Распределение вальцовой линии, просеивающей поверхности и ориентировочные нагрузки по системам драного процесса макаронного помола

Система	Длина вальцовой линии, %	Просеивающая поверхность, %	Удельная нагрузка на вальцовую линию, кг/см · сутки
I драная	16–18	10–12	600–700
II драная крупная	16–18	10–12	400–500
II драная мелкая	6–8	3–5	350–450
III драная крупная	10–12	6–8	300–400
III драная мелкая	8–10	5–7	250–350
IV драная крупная	8–10	5–7	300–350
IV драная мелкая	8–10	5–7	250–300
V драная крупная	6–8	3–5	200–250
V драная мелкая	6–8	3–5	150–200
VI драная	6–8	3–5	150–200
Сортировочные I–III драных систем	–	25–28	–
Сортировочные IV драной системы	–	10–12	–
Сортировочные IV–VI драных систем	–	4–6	–

При макаронных помолах в сравнении с хлебопекарными применяют меньшие удельные нагрузки на вальцовую линию и просеивающую поверхность драного процесса.

Учитывая, что конечным продуктом технологии является крупитчатая мука (крупка и полукрупка), измельчение зерна в драном процессе осуществляют предельно осторожно, в высоком режиме. Этому способствует большая длина вальцовой линии. Правила организации и ведения технологического процесса рекомендуют следующие величины общих извлечений по системам драного процесса.

Таблица 3.31

**Рекомендуемые режимы измельчения по системам драного процесса
макаронного помола пшеницы**

Наименование системы	Номер контрольного сита	Извлечение, %	
		К массе продукта на драной системе	К массе продукта на 1 драной системе
I драная	1	7-10	7-10
II драная крупная	1	40-45	32-40
II драная мелкая	1	35-40	
III драная крупная	08	40-45	18-22
III драная мелкая	08	35-45	
IV драная крупная	056	30-35	9-12
IV драная мелкая	056	35-40	

Извлечение круподуновых продуктов и муки к массе зерна на I-й драной системе рассчитано без учета деления драных систем на крупные и мелкие.

Осторожное измельчение зерна и его остатков в драном процессе требует соблюдения тщательно выверенного рабочего зазора мелющих валков и оптимальных значений механико-кинематических и технологических параметров. В сравнении с хлебопекарными помолами уменьшают скорость быстровращающегося вала до 4,0-4,5 м/с. Величину дифференции принимают 2,5 на всех системах. Плотность нарезки постепенно увеличивают от 3,5 1/см на I-й драной системе до 9,5 1/см на VI-й драной системе. При этом рекомендуется на мелких системах иметь большую плотность нарезки в сравнении с одноименной крупной системой. Техническая характеристика мелющих валков систем измельчения драного процесса приведена в таблице 3.32.

Таблица 3.32

**Техническая характеристика мелющих валков
драных систем при макаронном помоле**

Наименование системы	Параметры рифлей				Взаимное расположение рифлей
	Кол-во рифлей, 1/см	Уклон, %	Углы рифли, α/β, град.	Размер площадки, мм	
I драная	3,5	4-6	35/60	0,30	ос/ос
II драная крупная	4,5	6-8	30/60	0,25	ос/ос
II драная мелкая	4,5	6-8	30/60	0,20	ос/ос
III драная крупная	5,0	6-8	30/60	0,20	ос/ос
III драная мелкая	6,0	8-10	30/60	0,15	ос/ос
IV драная крупная	6,0	8-10	30/60	0,15	ос/сп
IV драная мелкая	7,0	8-10	30/60	0,15	ос/сп
V драная крупная	8,0	10-12	30/60	0,15	ос/сп
V драная мелкая	9,0	10-12	30/60	0,10	сп/сп
VI драная	9,5	10-12	35/65	0,10	сп/сп

Глубину рифлей делают такой, чтобы на вершине оставалась площадка, большая для крупных рифлей, меньшая для мелких. Площадки препятствуют выкрашиванию рифлей, делают их более устойчивыми в работе, что благоприятно сказывается на качестве

помола. Для помолов высокостекловидной мягкой пшеницы рекомендуется на первых четырех драных системах применять взаиморасположение рифлей острие по спинке. Для этих же помолов рекомендуется использовать меньшие уклоны рифлей. Один из важнейших показателей эффективности крупобразующего (драного) процесса является соотношение в извлеченных промежуточных продуктах крупок и дунстов различной крупности. Специфика макаронных помолов такова, что эффективнее на этапе крупобразования получать максимальный выход самого крупного из промежуточных продуктов — крупной крупки. Затем также постепенно, но уже в шлифовочном процессе освобождать крупные крупки от оболочек, превращая их в средние, затем в мелкие крупки, жесткие и мягкие дунсты, т. е. в продукты, формирующие макаронную муку. Ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки в драном процессе при переработке твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы представлен в таблицах 3.33 и 3.34.

Таблица 3.33

**Ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки
в драном процессе при макаронных помолах твердой пшеницы**

в процентах

Наименование системы	Крупки			Дунсты	Мука	Общее извлечение
	крупная	средняя	мелкая			
I драная	4-6	1-2	0,5-1	0,5-1,0	0,5	9-10
II драная	20-25	8-10	2-4	1,5-2,0	1,0-1,5	37-40
III драная	8-10	6-8	2-4	1,5-2,0	1,5-2,0	20-23
IV драная	2-4	3-5	1-3	1,5-2,0	1,0-1,5	10-23
Итого по первому этапу	40-45	20-22	7-9	6,0-8,0	50,-7,0	80-82
V драная	-	-	1-3	1,0-2,0	1,0-1,5	4-6
VI драная	-	-	-	0,5-1	0,5-1	2-3
Итого по второму этапу	-	-	1-3	1,5-3,0	1,5-2,5	6-9
Всего по драному пр.	40-45	20-22	10-12	8-10	7-9	86-88

Таблица 3.34

**Ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки в драном процессе
при макаронных помолах высокостекловидной мягкой пшеницы**

в процентах

Наименование системы	Крупки			Дунсты	Мука	Общее извлечение
	крупная	средняя	мелкая			
I драная	4-6	3-5	1-2	2-3	2-3	13-15
II драная	10-12	12-14	3-5	3-5	4-6	37-40
III драная	3-5	6-8	2-4	3-5	3-5	20-23
Итого по первому этапу	19-21	23-25	7-9	9-11	10-12	72-75
IV драная	-	-	1-3	2-4	2-3	7-9
V драная	-	-	-	1-3	1-2	3-4
VI драная	-	-	-	1-2	1-2	2-3
Итого по второму этапу	-	-	1-3	4-9	4-7	12-16
Всего по драному пр.	19-21	23-25	9-11	15-17	16-18	86-88

Данные в таблицах 3.33 и 3.34 представлены в процентах к поступлению зерна на I драную систему.

Продукты измельчения драного процесса сортируют в два-три этапа с использованием рассевов ЗРШ-М, ЗРШ-4М первой технологической схемы и рассевов БРБ из серии комплектного оборудования на одной из схем первого типа. Возможно также использование любого другого типа отсева. Рекомендуются использовать металлотканые сита (на ситах первой и второй групп) и полиамидные — для высева крупок и муки. Возможно использование и других модификаций сит. Подбор сит осуществляется с учетом фракционного состава продуктов измельчения, технологической схемы отсева, а также технологической крупности продуктов. Принцип подбора сит был описан ранее. Направление продуктов драного процесса зависит от крупности и качества. Извлеченная мягкая мука направляется на контроль. Все промежуточные продукты подлежат разделению на ситовейках. Остатки от зерна направляются на следующую драную систему для повторно-го измельчения и образования круподуновых продуктов.

Шлифовочный процесс

Шлифовочный процесс в макаронных помолах — это процесс измельчения крупок в виде сростков оболочек и эндосперма. При этом происходит разрушение связи оболочки-эндосперм, который превращается в более мелкие крупки и дунсты с образованием незначительного количества мягкой муки. Процесс повторяется до тех пор, пока частицы крупок и дунстов не уменьшается до размеров частиц макаронной муки.

Общее количество шлифовочных систем в макаронном помоле может достигать восьми-одиннадцати, с учетом деления на крупные и мелкие. Компоновку продуктов на системы шлифования осуществляют с учетом крупности и зольности крупок, что позволяет эффективно разрушать сростки без излишнего дробления оболочек и образования мягкой муки. В шлифовочном процессе в зависимости от качества обрабатываемых продуктов выделяют три этапа:

- ♦ первый этап, включающий первую, вторую и третью шлифовочные системы, предназначен для обработки крупок первого качества первого этапа драного процесса (с I, II, III, IV драных систем) после их обогащения в ситовечных машинах;
- ♦ второй этап, включающий четвертую, пятую, шестую шлифовочные системы, предназначен для обработки продуктов второго и первого качества, поступающих с первого этапа и прошедших процесс обогащения;
- ♦ третий этап, включающий шестую, седьмую и восьмую шлифовочные системы, предназначен для обработки продуктов второго качества с пятой и шестой драных систем, прошедших обогащение на ситовейках. На третий этап шлифования также направляют продукты после второго этапа шлифования. Учитывая большое различие по крупности крупок, поступающих на шлифование, с целью повышения эффективности процесса шлифовочные системы первого этапа делят на крупные и мелкие. Такое же деление возможно и на втором этапе на мукомольных заводах большой производительности.

Сортирование продуктов шлифования осуществляется в два или три этапа. Трехэтапное сортирование целесообразно при шлифовании крупных фракций крупок, так как продукты

измельчения содержат до шести-семи различных по крупности и качеству продуктов. Так, при шлифовании крупных крупок удается получить мелкие фракции крупных крупок, средние и мелкие крупки, жесткие и мягкие дунсты, мягкую муку и крупные частицы оболочек. Поэтому разделить эту смесь в один этап практически невозможно. При сортировании такой смеси на первом этапе выделяют крупные частицы оболочек, более мелкую чем исходный продукт, крупную крупку, а также среднюю и мелкую крупки. На втором этапе — мелкую крупку, жесткие и мягкие дунсты, а также мягкую муку. При этом допускается объединение аналогичных продуктов драного и шлифовочного процесса, что благотворно сказывается на загрузке систем. Полученные при шлифовании круподунстовые продукты обогащают на ситовейках. Наиболее высокого качества первые проходы сит ситовечных машин направляют на формирование макаронной крупки и полукрупки. На рисунке 3.29 показан фрагмент шлифовочного процесса с двухэтапным сортированием, с последующим обогащением продуктов и получением макаронной крупки. Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам технологического процесса, а также рекомендованные удельные нагрузки на системах приведены в таблице 3.35.

Таблица 3.35

Ориентировочные удельные нагрузки, распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам шлифовочного и размольного процесса в макаронных помолах пшеницы

Наименование системы	Удельная нагрузка на вальцовую линию, кг/см · сут	Длина вальцовой линии, %	Просеивающая поверхность
1 шлифовочная	200–250	22–24	16–18
2 шлифовочная	200–250	18–18	12–14
3 шлифовочная	150–200	12–14	8–10
4 шлифовочная	150–200	10–12	6–8
5 шлифовочная	150–200	8–10	5–7
6 шлифовочная	100–150	3–5	2–4
7 шлифовочная	100–150	3–5	2–4
8 шлифовочная	100–150	3–5	2–4
Сортировочная 1, 2, 3 шл. систем	—	—	18–20
Сортировочная 4, 5 шл. систем	—	—	8–10
Сортировочная 6, 7, 8 шл. систем	—	—	5–7
Итого по шл. процессу	—	92–94	94–96
1 размольная	—	3–5	2–4
2 размольная	—	3–5	2–4
Итого по размол. процессу	—	6–8	4–6
Всего по шл. и размол. процессу	—	100,0	100,0

Как и в драном процессе, измельчение крупок при шлифовании ведут предельно осторожно, в высоком режиме. Режим шлифования оценивают относительным содержанием в продуктах измельчения проходовой фракции продукта или извлечением через контрольное сито № 27 — шелковое или № 29 — капроновое, или № 27 — полиамидное. Оптимальным считается содержание проходовой фракции от 2 до 5 %. Большую величину извлечения рекомендуется принимать на крупных системах. Оптимальное значение интенсивности

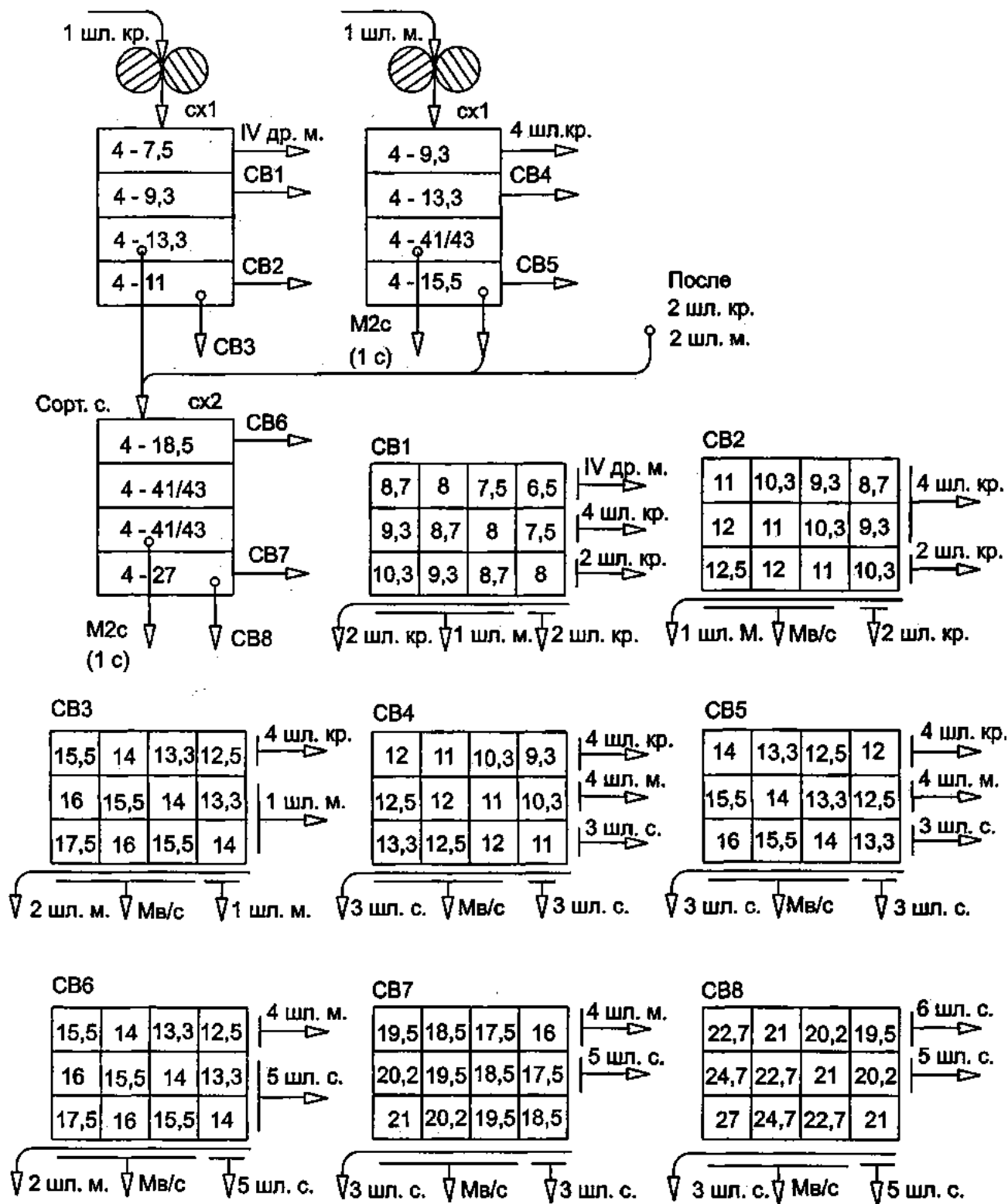


Рис. 3.29. Макаaronный помол твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы. Этап получения макаaronной крупки в шлифовочном процессе

измельчения достигается при соответствующей величине рабочего зазора и механико-кинематических параметрах мелющих валков. При этом рекомендуется иметь:

- количество рифлей на 1 см длины окружности мелющих валков 8–9 для крупных систем и 9–10 — для мелких;
- уклон рифлей — 10 %;
- угол острия $\alpha = 30^\circ$, угол спинки $\beta = 60^\circ$;
- ширину площадки на вершине рифли — не более 0,1 мм;
- дифференцию — 2,0–2,5;
- взаиморасположение рифлей на системах первого и второго этапов — «острие по острию», а на системах третьего этапа — «острие по спинке» или «спинка по спинке».

Процесс обогащения на ситовейках

Высококачественную макаронную муку — крупку и полукрупку, освобожденную от свободных оболочек и сrostков, можно получить только при высокоэффективном процессе обогащения на ситовейках. Поэтому процесс обогащения в макаронных помолах развитый. Обогащению в ситовеечных машинах подвергаются все круподуновые продукты драного и шлифовочного процессов. При организации процесса учитывают, в основном, два главных критерия — крупность и качество продуктов. Поэтому практически все крупки и дунсты обогащают раздельно. В связи с этим количество систем ситовеек может достигать 40 и более.

В сравнении с хлебопекарными помолами в макаронных помолах значительно снижены удельные нагрузки на сантиметр ширины приемного сита ситовейки. Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах рекомендуют принимать следующие удельные нагрузки, кг/см · сут.:

- для крупной крупки первого качества — 350–450;
- для средней крупки первого качества — 250–300;
- для мелкой крупки первого качества — 200–250;
- для жесткого дунста первого качества — 150–200;
- для мягкого дунста первого качества — 120–180;
- для крупок и дунстов второго качества рекомендуется принимать удельную нагрузку на 25 % ниже.

Из общего количества ситовеечных машин на обогащение крупок и дунстов драного процесса используется 48–50 %. При этом на обогащение крупок и дунстов первого этапа драного процесса (I, II, III, IV драные системы) — 26–28 %, второго этапа (V, VI драные системы) — 4–6 % и на обогащение крупок и дунстов сортировочных систем — 16–18 %.

Для обогащения крупок и дунстов шлифовочного процесса выделяется 42–44 % ситовеечных машин от их общего числа. В том числе на первый этап шлифовочного процесса (1, 2, 3 шлифовочные системы) — 18–20 %, на второй этап (4, 5 шлифовочные системы) — 8–10 %, на третий этап (6, 7, 8 шлифовочные системы) — 4–6 %, на обогащение крупок и дунстов сортировочных систем шлифовочного процесса — 10–12 %.

Для контрольного обогащения выделяется 6–8 % ситовеечных машин от общего числа.

Подбор сит по системам ситовеечных машин осуществляется по методике, описанной ранее для процесса обогащения в хлебопекарных помолах. Направление продуктов после

обогащения осуществляется в зависимости от крупности и качества продуктов. Высококачественные проходы сит ситовеечных машин при обогащении средних, мелких крупок, жестких и мягких дунстов направляются на формирование макаронной муки высшего сорта — крупки или первого сорта — полукрупки.

Крупки и дунсты, содержащие значительное количество сростков оболочек и эндосперма, направляют на системы шлифования, верхние сходы ситовеечных машин, содержащие незначительное количество эндосперма, вымалывают на последних драных системах или в размольном процессе.

Размольный процесс

При производстве макаронной муки попутно вырабатывается некоторое количество мягкой муки: большее количество — при помолах высокостекловидной мягкой пшеницы, меньшее количество — при переработке твердой пшеницы. В технологии макаронных помолов при обогащении крупок последних драных и шлифовочных систем на ситовеечных машинах получают сходовые продукты с незначительным содержанием эндосперма. Из таких продуктов невозможно извлечь крупки и дунсты, которые бы могли быть пригодны для формирования макаронной муки. Поэтому их направляют в размольный процесс для извлечения некоторого количества муки второго сорта.

При макаронных помолах твердой пшеницы размольный процесс включает 1–2 системы, при переработке высокостекловидной мягкой пшеницы — 3–4 системы. Измельчение в размольном процессе можно осуществлять мелющими валками с нарезной или микрошероховатой поверхностью в сочетании с доизмельчителями — деташерами. Это улучшает качество муки. Основные параметры размольных систем в макаронном помоле аналогичны параметрам размольных систем в хлебопекарных помолах, на которых отбирается мука второго сорта.

Общее количество муки, отбираемое в размольном процессе, составляет 2–5 %.

Формирование сортов и контроль муки

Макаронную муку высшего сорта (крупку) формируют из потоков средних, мелких крупок, жестких и мягких дунстов первого качества, получаемых в драном и шлифовочном процессе после их обогащения на ситовейках.

Макаронную муку первого сорта (полукрупку) формируют из потоков дунстов первого качества после их обогащения на ситовейках, а также из потоков мягкой муки.

Муку второго сорта хлебопекарную получают со всех систем технологического процесса.

Контроль макаронной муки высшего сорта — крупки осуществляется в ситовеечных машинах. При использовании трехъярусных ситовеечных машин с последовательным принципом обогащения первые проходы сит ситовеек могут направляться в макаронную муку без контроля. При использовании ситовеек типа ЗМС с параллельным обогащением двух потоков крупок обязательно использование контрольной операции.

Макаронную муку первого сорта (полукрупку) получают при смешивании дунстов и мягкой муки соответствующего качества (стандарт допускает содержание в полукрупке не более 40 % для твердой пшеницы и 50 % для мягкой пшеницы прохода через шелковое

сито № 43). Поэтому дунсты контролируют на ситовечных машинах, а мягкую муку — в рассевах при соответствующем подборе сит (см. подбор сит для контроля муки в хлебопекарных помолах). После раздельного контроля потоки дунстов и мягкой муки смешивают в определенной пропорции.

Контроль муки второго сорта осуществляется в расसेве, как для муки второго сорта при хлебопекарном помоле.

ГЛАВА 6

СОРТОВЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ С СОКРАЩЕННЫМ ПРОЦЕССОМ ОБОГАЩЕНИЯ. ОБОЙНЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ

К помолам с сокращенным процессом обогащения относят двухсортные сокращенные помолы пшеницы в муку первого и второго сортов с общим выходом 75 и 78 %, а также односортный помол пшеницы с выходом 85 % муки второго сорта. Без процесса обогащения пшеницу перерабатывают в обойную муку с общим выходом 96 %. В двухсортных сокращенных помолах возможен отбор некоторого количества муки высшего сорта или манной крупы, которые отбирают за счет муки первого сорта. Манную крупу или муку первого сорта можно отбирать в технологии 85 % помола пшеницы в муку второго сорта. В этом случае общий выход муки снижается на 0,18 % за каждый процент отбора муки первого сорта с соответствующим повышением выхода отрубей.

В таблице 3.36 приведены нормы выхода продукции при переработке пшеницы базисных кондиций в помолах по сокращенным схемам и в обойных помолах.

Таблица 3.36

**Нормы выхода продукции и виды хлебопекарных помолов
с сокращенной технологической схемой и обойных помолов**

Продукты помола	Помолы по сокращенной схеме			Обойный помол
	двухсортные		односортный	
Мука, всего	75	78	85	96
в том числе:				
первого сорта	55–65	40–50	–	–
второго сорта	10–20	28–38	85	–
обойная	–	–	–	96
побочные продукты:				
мучка кормовая	3	–	–	–
отруби	19,1	19,1	12,1	1,0
кормовые зернопродукты	2,2	2,2	2,2	2,0
отходы с мех. потерями	0,7	0,7	0,7	0,7
усушка	–	–	–	0,3
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

Показатели качества хлебопекарной муки первого и второго сортов приведены при описании многосортных хлебопекарных помолов.

§1. Особенности сокращенных помолов пшеницы в хлебопекарную муку первого и второго сортов

Сокращенные помолы пшеницы в хлебопекарную муку первого и второго сортов рекомендованы для мукомольных заводов, не оснащенных достаточным количеством оборудования для осуществления технологического процесса по развитой схеме. В отличие от сложных хлебопекарных помолов пшеницы с развитым процессом обогащения в драном процессе, как правило, только вторая или вторая и третья драные системы разделены на крупные и мелкие. Сокращено до трех (двух) количество сортировочных систем, задействованных на втором этапе сортирования продуктов измельчения драного процесса. Количество систем обогащения сокращено до двух-трех. Обогащению подвергают крупные и средние крупки первой и второй драных систем. При отборе манной крупы и использовании ситовеечных машин с параллельным способом обогащения (типа ЗМС) вводят контрольную ситовеечную систему. При использовании трехъярусных ситовеечных машин с последовательным принципом обогащения крупок манную крупу получают без контрольного обогащения. Последнее связано с достаточно высоким качеством проходовых продуктов после трехкратного последовательного обогащения. Шлифовочный процесс осуществляется на одной-двух системах с использованием мелющих валков с нарезкой или микрошероховатой поверхностью. В последнем случае обязательно применение детаперов-разрыхлителей непосредственно после вальцовых станков. Размольный процесс осуществляется на шести-восьми системах. Нижний предел при использовании нарезных мелющих валков, верхний — с микрошероховатой поверхностью. Рекомендуемые параметры сокращенной технологической схемы:

- ♦ количество драных систем — 4-5;
- ♦ количество шлифовочных и размольных систем — 8-10;
- ♦ отношение длины вальцовой линии шлифовочных и размольных систем к длине вальцовой линии драных систем — 1,1-1,3;
- ♦ отношение просеивающей поверхности шлифовочных и размольных систем к просеивающей поверхности драных систем — 0,8-1,0;
- ♦ удельная нагрузка на вальцовую линию, кг/см · сут. — 80-100;
- ♦ удельная нагрузка на просеивающую поверхность, кг/м² · сут. — 750-1300.

Меньшее значение удельных нагрузок принимают для вальцовых станков А1-Б3Н и рассевов пакетных ЗРМ.

Драной процесс

Драной процесс построен по принципу последовательного измельчения зерна, остатков зерна после извлечения промежуточных круподуновых продуктов и муки вплоть до вымола оболочек и получения отрубей (в соответствии с рис. 3.30).

Для улучшения качества круподуновых продуктов и муки в драном процессе целесообразно перед 1 драной системой производить плющение зерна на валках с микрошероховатой поверхностью. Плющение производят при удельной нагрузке 1200 кг/см · сут., окружной скорости мелющих валков 6 м/с, дифференции 1: 1. Режим плющения оценивают величиной общего извлечения в количестве 2-3 % через контрольное метал-

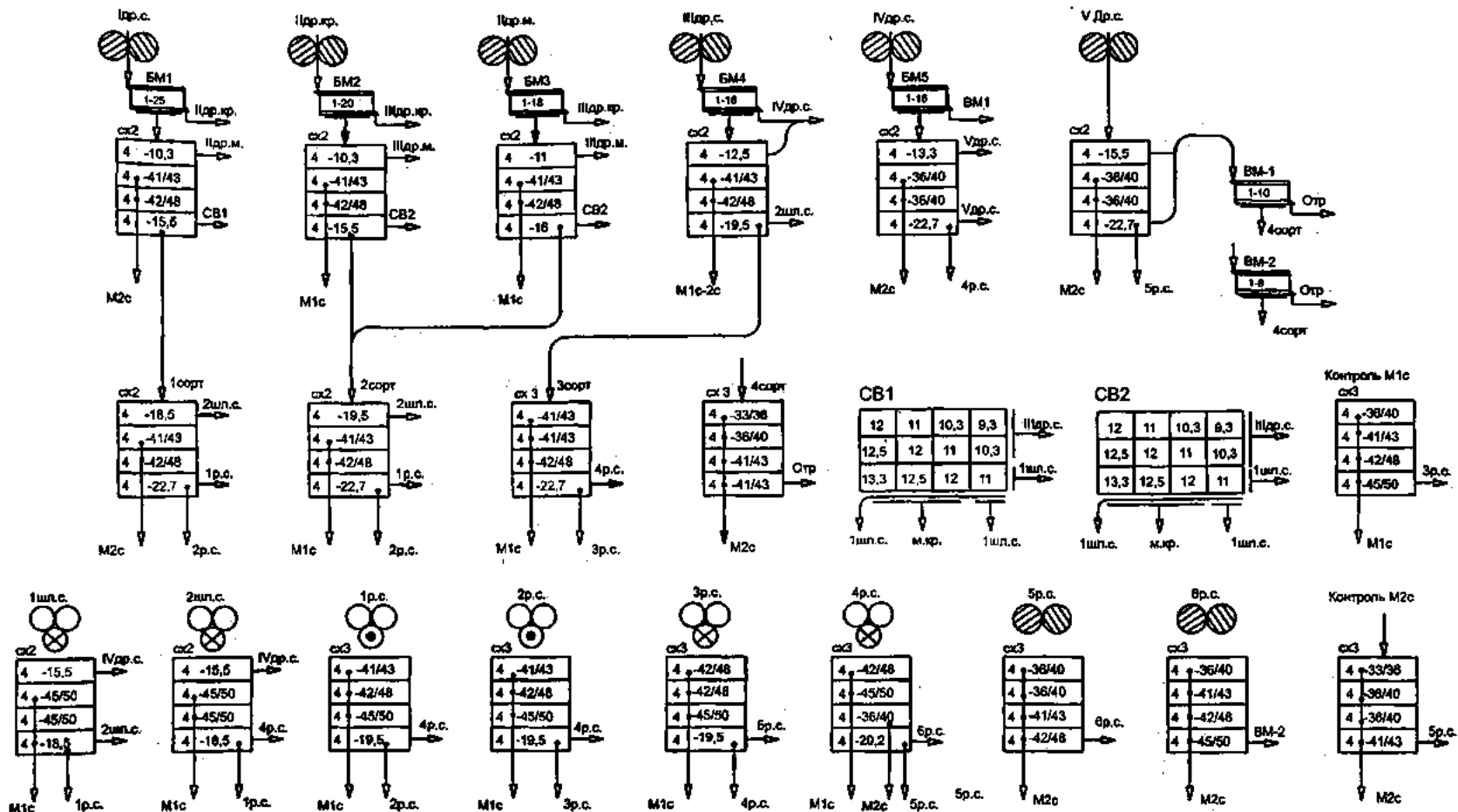


Рис. 3.30. Примерная схема двухсортного сокращенного помола пшеницы в хлебопекарную муку первого и второго сортов

лотканое сито № 08. Продукты плющения сортируют в отсеке, где выделяют некоторое количество высокозольной муки (муки), предразрушенное плющенное зерно, направляемое на I-ю драную систему, и частицы измельченного зерна, направляемые на III-ю драную систему.

Для повышения эффективности измельчения в дражном процессе и снижения нагрузки на отсеки дражных систем целесообразно продукты измельчения дополнительно измельчать в бичевых машинах. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах рекомендуют принимать окружную скорость ротора бичевых машин на первой и второй дражных системах — 14–17 м/с, на третьей и четвертой дражных системах 8–11 м/с. Сита бичевых машин подбирают таким образом, чтобы обеспечить выход сходовых продуктов в количестве 50–60 %. При этом величина недосева не должна превышать 10 %. В таблице 3.37 приведена примерная характеристика технологической схемы дражного процесса.

Таблица 3.37

**Техническая характеристика дражного процесса
хлебопекарного помола по сокращенной схеме**

Система	Длина валков, %	Просеивающая поверхность	Параметры валков	
			количество рифлей, 1/см	уклон рифли, %
I дражная	20–25	12–20	4–5	4–6
II дражная	25–30	12–20	5–6	5–7
III дражная	20–25	12–15	5,5–6,5	6–8
IV дражная	10–15	12–15	6–8	7–9
V дражная	10–15	7–9	7–9	8–11
1 сортировочная	—	7–9	—	—
2 сортировочная	—	7–9	—	—
3 сортировочная	—	7–9	—	—
4 сортировочная (пересев проходов вымол. машин)	—	7–9	—	—
Итого	100,0	100,0		

В сравнении со сложным хлебопекарным помолом пшеницы рекомендуется измельчение в дражном процессе вести более интенсивно (см. табл. 3.38).

Таблица 3.38

**Рекомендуемые режимы измельчения в дражном процессе
сокращенного хлебопекарного помола пшеницы**

Система	Извлечение, %	Номер контрольного сита
I дражная	30–35	08
II дражная	50–55	08
III дражная	40–45	056

При этом удельную нагрузку на вальцовый станок I дражной системы принимают 600–700 кг/см · сут. Ориентировочный выход круподуновых продуктов и муки по системам дражного процесса представлен в таблице 3.39.

**Ориентировочный выход круподуновых продуктов и муки в драном процессе
хлебопекарного помола пшеницы по сокращенной схеме
в процентах к I драной системе**

Система	Крупки			Дунсты	Мука	Общее извлечение
	крупные	средние	мелкие			
I драная	3-5	10-12	5-7	6-8	6-8	30-35
II драная	4-6	10-12	7-9	8-10	8-10	35-40
III драная	—	—	2-4	4-6	4-6	10-15
Итого	7-10	20-22	15-17	18-20	22-24	80-85

Подбор схем рассевов и сит в рассевах драного процесса осуществляется в зависимости от состава продуктов измельчения. Принцип подбора сит для рассевов драного процесса по сокращенной схеме аналогичен как и для помолов с развитой технологической схемой.

Продукты измельчения первых четырех драных систем предварительно сортируют на сходовую и проходовую фракции в бичевой машине. Сход сита направляется на следующую драную систему (на крупную, если система делится на крупную и мелкую) для измельчения, а проход — на рассев данной драной системы для сортирования. Первую группу сит в расसेве принимают выпускающей. Номер сита должен ориентировочно совпадать с номером контрольного сита для оценки режимов измельчения на системе. Сход с этой группы сит также направляется на драную систему (на мелкую, если последующая драная система разделена на крупную и мелкую). При построении драного процесса без второго этапа измельчения на бичевых машинах в расसेве драной системы вторую группу сит принимают выпускающей, что предопределяет замену второй технологической схемы рассева на первую.

В этом случае первая группа сит в рассеве принимается с таким расчетом, чтобы сходовые продукты (остатки после извлечения муки и круподуновых продуктов) разделить в соотношении 2:1 (3:1). При этом ориентировочно на первой драной системе может быть принято металлотканое сито № 1,614; 1,898 с постепенным уменьшением размера отверстий на последующих драных системах.

Промежуточные по крупности продукты и муку выводят из драного процесса сортированием в два этапа. На первом этапе в рассеве драной системы выделяют муку, направляемую на контроль соответствующего сорта, среднюю и крупную крупку, направляемую на обогащение в ситовечных машинах, а также смесь мелкой крупки, дунстов и муки, направляемой на второй этап сортирования. На втором этапе происходит окончательное сортирование извлеченных продуктов.

Начиная с четвертой или пятой драных систем сходы вымалывают с привлечением вымольных машин. При этом получают отруби и некоторое количество муки и круподуновых продуктов второго качества.

Шлифовочный процесс осуществляется на одной-двух измельчающих системах с использованием мелющих валков, имеющих рифленую или гладкую микрошероховатую поверхность. При использовании последних продукты измельчения дополнительно разрыхляются в детащерах, что связано с образованием предразрушенных частиц. На шлифование направляют в основном крупные и средние крупки, прошедшие процесс обогащения. Ре-

жим измельчения при шлифовании оценивается частным извлечением муки через шелковое сито № 38, капроновое № 43 или полиамидное № 41/43 в количестве 15–20 % на первой шлифовочной системе и 20–25 % на второй. Таким образом, режим шлифования низкий, что предопределяет получение в основном муки, мелких крупок, дунстов и сошлифованных оболочек. Оболочки возвращаются в драной процесс для осуществления вымола, дунсты направляют в размольный, а мука — на контроль соответствующего сорта.

Размольный процесс осуществляется на 6–8 системах. Предпочтение отдается измельчению на валках с микрошероховатой поверхностью в сочетании с энтолейторами и дета-шерами. На последних размольных системах рекомендуется использовать валки с рифленной поверхностью, что увеличивает выход муки, формирующей второй сорт. Построение размольного процесса аналогично размольному процессу хлебопекарных помолов пшеницы с развитой технологической схемой. Продукты измельчения сортируются в рассеве преимущественно третьей технологической схемы, где выделяется мука, недоизмельченные дунсты и сходовые продукты. Мука направляется на формирование и контроль соответствующего сорта, дунсты — на следующую размольную систему, а сходовые продукты (со значительным содержанием оболочек) — на специальную размольную или сходовую систему.

Примерная техническая характеристика схем шлифовочного и размольного процессов сокращенного хлебопекарного помола пшеницы приведена в таблице 3.40.

Таблица 3.40

**Рекомендуемые параметры технологической схемы
шлифовочного и размольного процессов**

Система	Длина валков, %	Просеивающая поверхность, %	Параметры валков	
			Кол-во рифлей, 1/см	Уклон рифли, %
1 шлифовочная	7–9	7–10	9–9,5	6–8
2 шлифовочная	5–8	7–10	9–9,5	6–8
1 размольная	14–20	14–18	10–11	8–10
2 размольная	10–14	10–14	10–11	8–10
3 размольная	9–12	8–12	10–11	8–10
4 размольная	8–11	7–10	10–11	8–10
5 размольная	6–10	6–10	10–11	8–10
6 размольная	6–9	6–10	10–11	8–10
7 размольная	6–9	6–10	10–11	8–10

В драном, размольном и шлифовочном процессах рекомендуется скорость быстровращающегося вала 5–6 м/с. Взаиморасположение рифлей мелющих валков — спинка по спинке. Дифференция валков в драном процессе — 2,5, в шлифовочном и размольном процессах — 1,5–2,0.

При использовании валков с микрошероховатой поверхностью параметр шероховатости принимают $R_a = 2–4$ мкм.

Режим измельчения оценивают частным извлечением муки через контрольное сито заданного номера. На первых трех размольных системах извлечение муки должно составлять 45–50 % через шелковое сито № 43 или через капроновое сито № 49, или через полиамидное сито № 45/50. На четвертой и пятой размольных системах извлечение муки

должно составлять 30–35 %, а на остальных системах — 20–25 % через шелковое сито № 38 или капроновое сито № 43, или через полиамидное сито № 41/43.

Принцип формирования сортов муки аналогичен принципу формирования сортов муки в хлебопекарных помолах пшеницы с развитой технологической схемой. При отборе муки высшего сорта ее формируют из потоков муки первой и второй размольных систем. Муку первого сорта формируют из муки первых трех драных систем, первой и второй шлифовочных, первых четырех размольных систем. Муку второго сорта формируют из потоков остальных систем. Как и при помолах с развитой технологической схемой, контроль муки обязателен и проводится отдельно по сортам. При этом улавливаются случайно попавшие примеси, а также смешиваются разнокачественные потоки для придания конечной продукции однородности.

Всего муки извлекается 75–78 %. При этом в драном процессе — 26–28 %, в шлифовочном — 3–5 %, на первой и второй размольных системах — 20–25 %, на третьей, четвертой и пятой размольных системах — 20–25 %, на шестой, седьмой и восьмой размольных системах — 3–7 %.

§2. Технология 85 % помола пшеницы в хлебопекарную муку второго сорта

При 85 % помоле в муку второго сорта снижается норма выхода отрубей до 12,1 %, что предопределяет попадание в муку значительного количества оболочек. Цвет муки белый с желтоватым или сероватым оттенком. В соответствии с государственным стандартом (ГОСТ 26574-85) зольность муки второго сорта не должна быть выше 1,25 %, содержание клейковины — не менее 25 %, по качеству не ниже второй группы, крупность помола характеризуется остатком на шелковом сите № 27 не более 2,0 % и проходом шелкового сита № 38 — не менее 65,0 %. Таким образом, мука второго сорта, полученная в специализированном помоле с выходом только муки второго сорта, по показателям качества не отличается от муки второго сорта, полученной в трехсортном или двухсортном хлебопекарном помоле.

В сравнении со сложными хлебопекарными помолами с развитой технологической схемой 85 % помол в муку второго сорта осуществляется в сокращенном драном процессе, сокращенном процессе обогащения и сокращенном размольном процессе. Полностью отсутствует шлифовочный процесс.

Рекомендуемые параметры технологических схем 85 % помолов:

- ♦ количество драных систем — 4–5;
- ♦ количество размольных систем — 4–5;
- ♦ отношение длины вальцовой линии размольных систем к длине вальцовой линии драных систем — 0,8–1,0;
- ♦ отношение просеивающей поверхности размольных систем к просеивающей поверхности драных систем — 0,7–0,85;
- ♦ просеивающая поверхность для контроля муки — 12–15 %.

На рисунке 3.31 представлена примерная схема технологического процесса 85 % помола пшеницы.

В таблице 3.41 приведено рекомендованное соотношение вальцово-й линии и просеивающей поверхности по системам 85 % помола.

Таблица 3.41

**Примерная техническая характеристика
схемы 85 % помола пшеницы**

Система	Длина мелющих валков, %	Просеивающая поверхность, %
I драная	20–26	19–25
II драная	20–26	19–25
III драная	20–26	12–19
IV драная	11–20	12–19
V драная	11–20	12–19
Пересев проходов вымольных машин	–	7–12
Итого	100	100
1 размольная	17–20	16–23
2 размольная	17–20	16–23
3 размольная	17–20	16–23
4 размольная	12–17	16–23
5 размольная	12–17	12–16
6 размольная	10–17	12–16
Итого	100	100

Драной процесс этого помола включает 4–5 драных систем без деления на крупные и мелкие. Построение процесса традиционное. На первой драной системе зерно, а на последующих — остатки от зерна после извлечения круподуновых продуктов и муки измельчаются с заданной интенсивностью до полного извлечения эндосперма и образования из оболочек отрубей. Каждая драная система представляет собой сочетание двух подсистем — измельчающей и сортирующей, имеющих одно наименование. Сортирование продуктов измельчения осуществляется в один этап, так как нет необходимости в делении круподуновых продуктов на фракции. Для интенсификации процесса измельчения и снижения нагрузок на просеивающую поверхность после основного измельчения в вальцовых станках рекомендуется доизмельчение в бичевых машинах. Поэтому построение драного процесса может осуществляться с привлечением или без привлечения бичевых машин. Схода с последних драных систем обрабатываются на вымольных машинах, что благоприятно сказывается на степени извлечения эндосперма из зерна. Интенсивность измельчения в драном процессе в сравнении с технологиями с развитой схемой возрастает. Так, величина общего извлечения к массе продукта на системе составляет:

- ♦ на первой драной системе 45–55 % через контрольное металлотканое сито № 1;
- ♦ на второй драной системе 50–60 % через контрольное металлотканое сито № 08.

Удельную нагрузку на вальцовую линию I драной системы устанавливают в пределах 800–1000 кг/см · сутки с постепенным снижением до 200–300 кг/см · сутки на пятой драной системе. Механико-кинематические параметры мелющих валков на системах драного процесса приведены в таблице 3.42.

Рекомендуемые параметры мелющих валков по системам драного процесса

Наименование системы	Параметры рифления			Кинематические параметры	
	количество рифлей, 1/см	уклон рифли, %	углы заострения α/β , град	скорость быстрого валка V_b , м/с	дифференция
I драная	4,5–5,0	6–8	25–30/65	6,0	2,5
II драная	5,5–6,5	8–10	25–30/65	6,0	2,5
III драная	7,0–8,0	8–10	25–30/65	5,0–6,0	2,5
IV драная	8,0–8,5	10–12	25–30/65	4,5–5,0	1,5–2,5
V драная	9,0–9,5	10–12	25–30/65	4,5–5,0	1,5–2,5

Взаиморасположение рифлей рекомендуется принимать «спинка по спинке».

При сортировании продуктов измельчения в драном процессе используют первую и вторую технологические схемы рассевов ЗРШ-М и ЗРШ-4М и схемы первого типа рассевов БРБ. Подбор сит, как и для сложных хлебопекарных помолов, осуществляется в зависимости от фракционного состава продуктов измельчения и задачи технологической системы. Направление продуктов после сортирования также зависит от крупности и качества продукта. Остатки от зерна в виде верхних сходов последовательно обрабатываются на последующих драных системах. Извлеченная крупная крупка первой и второй драных систем обогащается в ситовеечных машинах. Более мелкие продукты — средняя, мелкая крупки и дунсты направляют в размольный процесс для интенсивного измельчения в муку. Муку драного процесса направляют на контроль.

Процесс обогащения сокращен до двух систем. Обогащенные крупки направляют в размольный процесс. При необходимости наиболее низкосольные первые проходы сит ситовеечных машин могут направляться в манную крупу, а сходы возвращают в драной процесс для осуществления драного вымола.

Размольный процесс осуществляется с использованием нарезных валков на пяти, изредка на шести системах. Круподунстовые продукты драного процесса последовательно измельчают на системах размольного процесса с целью получения муки. Режим измельчения оценивается частным извлечением муки в процентах относительно массы продукта, поступающего на систему. Рекомендуется на первой и второй размольных системах извлекать муки 50–60 % через шелковое сито № 38 или капроновое сито № 43, или полиамидное сито № 41/43. На остальных размольных системах величина извлечения муки должна быть в пределах 30–40 %.

§3. Обойный помол пшеницы с выходом муки 96 %

Обойная мука по химическому составу практически повторяет химический состав зерна, так как в процессе технологии отбирают всего 1 % отрубей. Качественные показатели обойной муки регламентируются государственным стандартом (ГОСТ 26574-85). Цвет обойной муки белый с желтоватым или сероватым оттенком с заметными частицами оболочек. Зольность обойной муки должна быть не менее чем на 0,07 % ниже зольности зерна до очистки, но не более 2,0 %. В технологическом процессе обойную муку отбирают через

металлотканые сита с размерами отверстий более 0,6 мм. Таким образом, в обойной муке допускается присутствие достаточно крупных частиц. Крупность помола характеризуется остатком на металлотканом сите № 067 не более 2 % и проходом сита № 38 из шелковой ткани — не менее 35,0 %. Количество сырой клейковины в муке должно быть не менее 20,0 %, по качеству не ниже второй группы.

В обойную муку входит основная масса периферийных частей зерна, поэтому нет необходимости вести процесс измельчения на разделение оболочек и эндосперма. Процесс измельчения классифицируется как простой (в отличие от сортовых помолов, где процесс измельчения избирательный). Технология обойного помола (в соответствии с рисунком 3.32) осуществляется только в одном драном процессе. Отсутствуют процессы обогащения, шлифовочный, размольный, характерные для сложных сортовых помолов. Количество драных систем — три-четыре. Каждая система состоит из измельчающей и сортирующих подсистем с одинаковым наименованием. Измельчение осуществляют в вальцовых станках с рифлеными валками, а сортирование в отсевах специализированных технологических схем, предназначенных для мельниц обойного помола.

Для интенсификации процесса измельчения возможно использование после вальцовых станков доизмельчителей — бичевых машин. Процесс получения обойной муки предельно прост. В соответствии с рисунком 3.32 на первой системе зерно, а на последующих остатки от зерна интенсивно измельчаются в муку, продукты измельчения сортируют для извлечения муки, а остатки направляют на следующую драную систему. Таких циклов измельчения-сортирования три-четыре. На последней драной системе получают отруби, количество которых не должно превышать 1 % от массы переработанного зерна. В таблице 3.43 приведены ориентировочные показатели технологических схем мельниц обойного помола.

Таблица 3.43

**Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности
по системам обойного помола**

Система	Длина вальцовой линии, %	Просеивающая поверхность, %
I драная	30-40	25-30
II драная	20-30	20-25
III драная	15-20	10-15
IV драная	15-20	10-15
Контроль муки	—	20-25
Итого	100	100

Режим измельчения на системах драного процесса должен обеспечить максимальное извлечение муки через контрольное металлотканое сито № 067. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах рекомендуют на первой драной системе извлекать 40-50 % муки, а на второй драной системе — 50-70 %. На последующих драных системах интенсивность процесса измельчения должна обеспечить заданное соотношение между общим выходом муки и отрубей в соответствии с качеством зерна. При ведении процесса на трех системах рекомендуется на первой драной системе извле-

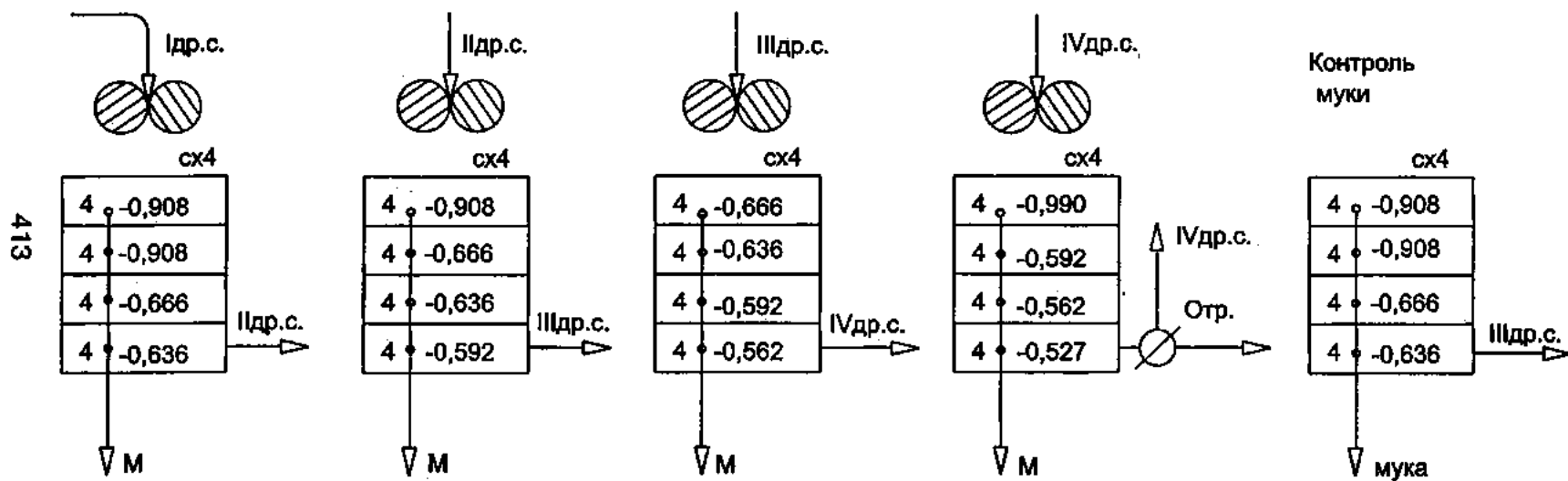


Рис. 3.32. Примерная технологическая схема обойного помола пшеницы и ржи

каты 60–65 % муки, а на второй драной — до 85 %, что также должно обеспечить конечное соотношение в выходе отрубей и муки.

При ведении обойного помола общая удельная нагрузка на вальцовую линию колеблется в пределах 230–340 кг/см · сутки, а на рассевы ЗРШ-М — 3800–4800 кг/м² · сутки. Удельные нагрузки на системы технологического процесса и рекомендуемые параметры мелющих валков представлены в таблице 3.44.

Таблица 3.44

**Удельные нагрузки и рекомендуемые параметры мелющих валков
по системам обойного помола**

Системы	кг/см · сутки	Кол-во рифлей, 1/см	Уклон рифли, %
I драная	600–800	4,5–5,0	12
II драная	350–450	5,5–6,0	12
III драная	250–300	6,5–7,0	14
IV драная	150–200	7,0–8,0	14

На всех системах рекомендуется принимать угол острия $\alpha = 25-30^\circ$, угол спинки $\beta = 65-70^\circ$, скорость быстровращающегося вала — 6 м/с, дифференцию — 2,5, взаиморасположение рифлей мелющих валков — острое по острию.

Для отбора обойной муки рекомендуется применять сита металлотканые № 0,592; 0,636; 0,666 по ТУ 14-4-1063-86 или 06; 063; 067 по ТУ 14-4-1374-86. Приемные группы сит можно принимать с большими размерами отверстий, что должно обеспечить производительность операции просеивания. Возможно также использование полиамидных или капроновых сит с соответствующими размерами отверстий.

Глава 7

Помолы ржи

Рожь перерабатывают в муку сеяную, обдирную и обойную. Название муки и ее выход относительно массы переработанного зерна дают название помолу. Например, 63 % помол ржи в сеяную муку. Кроме чисто ржаных помолов в обойную муку перерабатывают смеси ржи и пшеницы в так называемых ржано-пшеничных и пшенично-ржаных помолах. В таблице 3.45 приведены виды помолов и нормы выхода продукции при переработке ржи базисных кондиций.

Таблица 3.45

Нормы выхода продукции и виды хлебопекарных помолов

Продукты помола	Сортовые помолы			Обойные помолы		
	двухсортные	односортные		ржаной	ржано-пшеничный	пшенично-ржаной
Мука, всего	80,0	87,0	63,0	95,0	95,0	96,0
В том числе:						
Сеяной	15,0	—	63,0	—	—	—
Обдирной	65,0	87,0	—	—	—	—
Обойной	—	—	—	95,0	95,0	96,0
Побочные продукты:						
Отруби	16,6	9,6	33,6	2,0	2,0	1,0
Кормовые зернопродукты	2,4	2,4	2,4	2,0	2,0	2,0
Отходы с механическими потерями	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Усушка	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Ржано-пшеничным считается помол смеси зерна, состоящий из 60 % ржи и 40 % пшеницы.

Пшенично-ржаным считается помол смеси зерна, состоящий из 70 % пшеницы и 30 % ржи.

При односортном 87 % помоле возможен отбор до 5 % муки сеяной при снижении общего выхода на 0,3 % за каждый процент отбора сеяной муки.

В сортовых помолах ржи выход кормовых зернопродуктов одинаков для всех помолов, а выход отрубей колеблется от 9,6 % при 87 % помоле в обдирную муку, до 33,6 % при 63% помоле в сеяную муку. Несложный анализ показывает, что сеяная мука — это лучшая по качеству мука из ржи. В обойных помолах ржи или смеси ржи и пшеницы в так называемых ржано-пшеничных обойных помолах выход отрубей составляет 2 %. Поэтому

ржаная обойная мука, как и обойная мука из пшеницы, практически повторяет химический состав зерна.

Рожь как объект переработки заметно отличается от пшеницы. Зерновка ржи содержит относительно больше оболочек и алейронового слоя, что предопределяет больший выход отрубей в технологии сортовых помолов. Алейроновый слой и оболочки зерна ржи более прочно связаны с эндоспермом, что ухудшает условия крупобразования и проведения вымола оболочек (удаление остатков эндосперма из высокозольных сходовых продуктов на последних драных и размольных системах). В целом зерно ржи обладает худшими мукомольными свойствами, чем зерно пшеницы. При первоначальном измельчении ржи значительная часть промежуточных продуктов получается в виде сrostков оболочек и эндосперма. Отсутствие в составе промежуточных продуктов свободных оболочек, незначительные различия по физическим свойствам сrostков оболочек и эндосперма и части чистого эндосперма делает неэффективным обогащение крупок из ржи в ситовечном процессе.

§1. Технология сеяной муки с выходом 63 %

Сеяная мука — это наиболее высокого качества сорт муки из зерна ржи. Сеяную муку получают преимущественно из эндосперма с небольшим содержанием периферийных частей зерна — оболочек и алейронового слоя. Цвет сеяной муки — белый с кремоватым или сероватым оттенком. Зольность сеяной муки должна быть не более 0,75 %. Крупность помола характеризуется остатком на сите из шелковой ткани № 27 не более 2 %, а прохода сита № 38 из шелковой ткани — не менее 90 %.

Технология сеяной муки осуществляется в двух процессах — драном и размольном. В отличие от сортовых помолов пшеницы с развитой технологической схемой полностью отсутствует процесс обогащения крупок и шлифовочный процесс. Последнее связано с особенностью структурно-механических свойств зерна ржи, которое даже при проведении эффективной гидротермической обработки измельчается с образованием значительного количества муки и незначительного количества промежуточных продуктов. При этом крупки и дунсты получают мучнистой консистенции и содержат значительное количество сrostков оболочек и эндосперма. В связи с этим процессы обогащения и шлифования малоэффективны.

Рекомендуемые параметры технологической схемы 63 % помола ржи в сеяную муку:

- | | |
|--|---------|
| • количество драных систем | 4–5 |
| • количество размольных систем | 5–6 |
| • отношение длин вальцовых линий размольных и драных систем | 1,0–1,3 |
| • отношение площадей просеивающих поверхностей размольных и драных систем | 0,7–0,9 |
| • просеивающая поверхность для контроля муки от общей просеивающей поверхности | 10–15 % |

Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности, а также параметры мелющих валков по системам технологического процесса 63 % помола ржи представлено в таблице 3.46.

**Примерная технологическая характеристика
схемы 63 % помола ржи в сеяную муку**

Система	Длина мельющих валков, %	Параметры рифления		Просеивающая поверхность, %
		количество рифлей, 1/см	уклон рифли, %	
I драная	10–12	4,5–5,0	6–8	8–10
II драная	10–12	5,5–6,5	8–10	8–10
III драная	8–10	7,0–8,0	8–10	6–8
IV драная	6–8	8,0–8,5	10–12	4–6
V драная	4–6	9,0–9,5	10–12	4–6
Сортировки I–II драных	–	–	–	8–10
Пересев проходов вымольных машин	–	–	–	4–6
Итого:	44–46	–	–	44–46
1 размольная	14–16	10–11	10	10–12
2 размольная	14–16	10–11	10	10–12
3 размольная	8–10	11	10	8–10
4 размольная	4–6	11	10	4–6
5 размольная	4–6	11	10	4–6
6 размольная	4–6	11	10	4–6
Итого	54–56	–	–	40–42
Контроль муки	–	–	–	12–14
Всего:	100	–	–	100

Рифли мельющих валков в дражном процессе нарезаются с углом острия $\alpha = 25\text{--}30^\circ$ и с углом спинки $\beta = 65$ град. В размольном процессе, соответственно, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 70^\circ$. Скорость быстровращающегося вала $U_6 = 5\text{--}6$ м/с. На последних дражных и размольных системах эта величина может быть снижена до 4,5–5 м/с, что благоприятно сказывается на качестве муки, полученной при вымолоте оболочек. Отношение скоростей мельющих валков или дифференцию принимают в пределах 1,5–2,5. Причем на начальных дражных и размольных системах эта величина принимается 2,5, а на последних размольных и дражных системах — 1,5, что также связано с качеством муки и промежуточных продуктов. Взаиморасположение рифлей мельющих валков на всех системах дражного и размольного процессов принимается острое по острию, что связано с мучнистой структурой эндосперма ржи.

Процесс измельчения в 63 % помоле ржи рекомендуется вести при общей удельной нагрузке на вальцовую линию 70–80 кг/см · сут и на просеивающую поверхность 600–700 кг/м² · сут для пакетных рассевов и 800–1100 кг/м² · сут — для шкафных.

Дражной процесс 63 % помола ржи осуществляется на четырех–пяти системах. При большой производительности заводов возможно деление второй, третьей и четвертой дражных систем на крупную и мелкую. Измельчение в дражном процессе осуществляется на мельющих валках с рифленой поверхностью, а сортирование в рассевах ЗРШ-М, ЗРШ-4М, БРБ технологических схем, предназначенных для использования в дражном процессе. Для оптимизации дражного процесса зерно ржи рекомендуется предварительно обрабатывать на специальной плющильной системе. Суть операции плющения состоит в следующем. В рабочем зазоре гладких мельющих валков, вращающихся с одинаковой скоростью, происходит сжатие

(плющение), приводящее к раскалыванию зерна вдоль длинной оси. В результате удаляется пыль из бороздки и происходит так называемое предразрушение зерна, оно становится более податливым воздействию рифлей мелющих валков, что позволяет оптимизировать процесс разделения оболочек и эндосперма, увеличить выход сеяной муки и улучшить ее качество. Режим измельчения (плющения) оценивают извлечением до 1 % муки (высокозольной муки грубого помола) проходом через шелковое сито № 190.

Вторым приемом, позволяющим оптимизировать ведение драного процесса и в целом помола, является обработка продуктов измельчения драных систем в бичевых машинах с последующим разделением на сходовую и проходовую фракции.

В результате в рассев направляют только проходовую фракцию, что снижает нагрузку на сита и улучшает условия сортирования. Таким образом, драной процесс 63 % помола ржи может осуществляться по различным технологическим схемам. С измельчением только на вальцовых станках, с доизмельчением в бичевых машинах, с предварительным плющением зерна. На рисунке 3.33 представлена технологическая схема 63 % помола без плющильной системы и без доизмельчителей в драном процессе, рекомендуемая правилами. Режим измельчения в драном процессе оценивают величиной общего извлечения через контрольное металлотканое сито № 08.

Рекомендуемые величины общего извлечения:

- для I драной системы — 25–35 %;
- для II драной системы — 50–55%.

Для остальных драных систем интенсивность измельчения не регламентируется. Процесс ведут на извлечение эндосперма, обеспечивая минимальную дробимость оболочек. На отдельных системах драного процесса рекомендуется поддерживать следующие удельные нагрузки, кг/см · сут:

I драная система	500–800
II драная система	300–500
III драная система	200–300
IV драная система	150–200
V драная система	100–150

Продукты измельчения драных систем сортируют в два этапа. На первом этапе выделяют муку, крупные фракции круподуновых продуктов и остатки от зерна. Смесь мелких крупок, дунстов и невысеянной на первом этапе муки направляют на второй этап сортирования (1-я сортировочная система), где происходит окончательное фракционирование продуктов измельчения системы. Общий принцип подбора сит, рассмотренный выше для сортовых помолов пшеницы, сохраняется и для сортовых помолов ржи. Так как в технологии осуществляется раздельное измельчение крупных и мелких сходов предыдущих драных систем на крупных и мелких системах, то вторую группу сит в рассевах принимают выпускающей. При этом номер сита должен ориентировочно соответствовать контрольному ситу для оценки режима измельчения на системе. Для вывода из рассевов других продуктов сита принимают в зависимости от технологической крупности продуктов. Муку драного процесса направляют на контрольный пересев, круподуновые продукты — на одну из размольных систем.

Начиная с третьей драной системы верхние сходы сит рассевов, представляющие собой в основном оболочки зерна с незначительным содержанием эндосперма, обра-

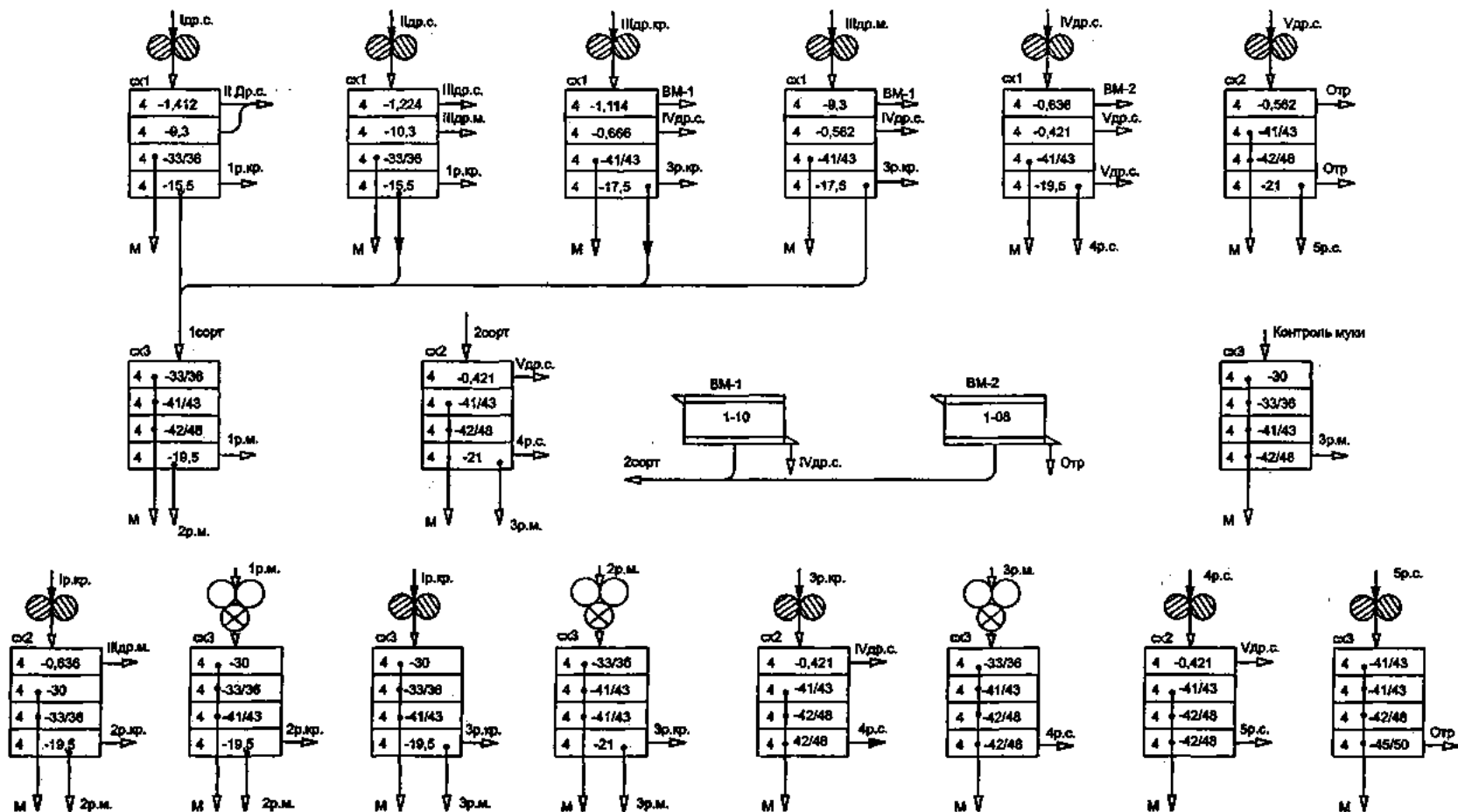


Рис. 3.33. Примерная схема 63 % помола ржи в сеяную муку

бываются в бичевых вымольных машинах. Это так называемый драной вымол на бичевых машинах. Проходы сит вымольных машин (смесь измельченных оболочек и эндосперма) дополнительно сортируются на специальной сортировочной системе (сортировка № 2), где извлекается некоторое количество муки, которую направляют на контроль и продуктов второго качества, которые направляют на драной вымол и в размольный процесс. Сходы сит бичевых вымольных машин представляют собой или отруби (конечный продукт технологии), или отрубенистые частицы, подлежащие вымолу. В драном процессе извлекают несколько больше половины (около 33 %) от общего количества муки, получаемой при 63 % помоле ржи.

Размольный процесс осуществляется на пяти-шести системах. Измельчение ведут с использованием рифленых или гладких мелющих валков. Возможно также применение одновременно рифленых и гладких валков. Так, в рассматриваемой технологической схеме первая, вторая и третья размольные системы разделены на крупные и мелкие. На крупных системах применяют рифленые валки, на мелких — валки с микрошероховатой поверхностью в сочетании с детащерами. На последних размольных системах применяют рифленые мелющие валки. Принципиально построение размольного процесса не отличается от построения размольного процесса сложных хлебопекарных помолов пшеницы. На каждой технологической системе отбирают муку, а также две или три фракции недоизмельченных продуктов. Как правило, более чистая фракция недоизмельченных продуктов (выводится проходом нижней группы дунстовых сит) направляется на следующую размольную систему, а более высокозольная фракция (сходовая) направляется также на размольную, но для осуществления вымола оболочек. Возможна также обработка сходовых фракций на специальных сходовых системах. Начиная с третьей-четвертой размольных систем, продукты измельчения могут сортироваться на две фракции — муку и сходовый продукт, который направляется на следующую размольную систему.

Интенсивность измельчения на системах размольного процесса должна обеспечить полное извлечение эндосперма ржи при минимальной дробимости оболочек. Правила рекомендуют, чтобы величина извлечения муки на системах драного процесса изменялась в пределах 30–40 % от массы продукта на системе через контрольное шелковое сито № 38 или капроновое № 43, или полиамидное № 41/43.

При этом рекомендуется поддерживать следующие удельные нагрузки по системам; кг/см · сут:

• 1 размольная	200–300
• 2 размольная	200–300
• 3 размольная	150–250
• 4 размольная	200–250
• 5 размольная	150–200
• 6 размольная	150–200

Количество муки, извлекаемое с размольных систем, — 31–32 %.

Общее количество муки, направляемое на контрольный рассев из драного и размольного процессов, составляет около 65 %. Задача контрольной системы, как и для помолов пшеницы, — уловить случайно попавшие примеси и придать муке общего потока требуемую однородность.

Для контрольного пересева используют специализированные технологические схемы рассевов. Сита в отсевах подбирают на один-два номера реже, чем сита для отбора муки в рабочих отсевах. Сход с контрольного отсева возвращают на одну из размольных систем. Величина сходов с контрольного отсева не должна превышать 5 % от массы муки, поступившей на контроль.

§2. Технология 80 % помола ржи в сеяную и обдирную муку

В технологии 80 % помола отбирают 15 % сеяной муки и 65 % обдирной. В сравнении с сеяной мукой обдирная мука в своем составе имеет значительно большее количество оболочек зерна (в 80 % помоле ржи в обдирную муку снижен на 17 % отбор отрубей, в сравнении с 63 % помолом в сеяную муку). Обдирная мука имеет серовато-белый или серовато-кремовый цвет с заметным вкраплением оболочек. Зольность обдирной муки не должна превышать 1,45 %. Крупность помола оценивают остатком на металлотканом сите № 045, который должен быть не более 2 %, и проходом сита № 38 из шелковой ткани, который должен быть не менее 60 %.

Как и технология сеяной муки, двухсортный 80 % помол осуществляется в двух процессах — драном и размольном. Рекомендуемые параметры технологической схемы:

- количество драных систем 5-6
- количество размольных систем 3-4
- отношение длины вальцовой линии размольных и драных систем 0,6-0,8
- отношение площади просеивающей поверхности размольных и драных систем 0,5-0,8
- просеивающая поверхность для контроля муки, % 15-20

Таким образом, в сравнении с наиболее сложным 63 % помолом ржи в сеяную муку 80 % помол имеет более короткий размольный процесс при приблизительно одинаковом драном процессе. В таблице 3.47 представлено распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности, а также параметры мелющих валков по системам технологического процесса 80 % помола ржи.

Рифли мелющих валков в драном процессе рекомендуется нарезать с углом острия $\alpha = 25-30^\circ$ и с углом спинки — $\beta = 65$ град. То же, но для размольного процесса — $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 70^\circ$. Взаиморасположение рифлей принимают острие по острию, а скорость быстровращающегося валка — 5-6 м/с. На последних драных системах возможно снижение скорости до 4,5-5 м/с. Дифференцию валков (отношение скорости быстровращающегося валка к скорости медленно вращающегося валка) принимают 2,5. На последних драных и размольных системах возможно снижение дифференции до 1,5-2,0. Процесс измельчения при 80 % помоле ведут при общей удельной нагрузке на вальцовую линию 90-150 кг/см · сутки, а процесс сортирования при общей удельной нагрузке 1000-1400 кг/м² · сутки для пакетных рассевов и 1600-2000 кг/м² · сутки — для шкафных рассевов.

Драной процесс 80 % двухсортного помола ржи осуществляется на пяти-шести системах без деления на крупные и мелкие. Для измельчения используют рифленые валки с параметрами по системам, представленным в таблице 3.47.

**Примерная технологическая характеристика
схемы двухсортного 80 % помола ржи**

Система	Длина мельющих валков, %	Параметры рифления		Просеивающая поверхность
		количество рифлей, 1/см	уклон рифли, %	
I драная	14–16	4,5–5,0	6–8	10–12
II драная	14–16	5,5–6,0	8–10	10–12
III драная	10–12	7,0–8,0	8–10	8–10
IV драная	6–8	8,0–8,5	10–12	6–8
V драная	6–8	9,0–9,5	10–12	6–8
Пересеивание	—	—	—	6–8
Итого:	56–58			52–54
1 размольная	14–16	9,5–10	10–11	8–10
2 размольная	14–16	10–11	10–12	8–10
3 размольная	6–8	10–11	10–12	4–6
4 размольная	6–8	10–11	10–12	4–6
Итого	42–44			28–30
Контроль муки	—			16–18
Всего	100			100

Возможно также построение технологической схемы с использованием доизмельчителей, когда продукты измельчения после вальцовых станков дополнительно измельчаются в бичевых машинах. При этом одновременно происходит сортирование продуктов измельчения на две фракции крупности — проход и сход. Проходовую фракцию направляют для дополнительного сортирования в рассев этой же драной системы, а сходовую — на вальцовый станок следующей драной системы.

Сортирование продуктов измельчения, как правило, осуществляется в один этап, не считая сортирования в бичевых машинах. Сортирование в два этапа возможно для первой и второй драных систем, для которых выделяется специальная сортировочная система. На нее направляют мелкие крупки, дунсты и невысеянную муку первой и второй драных систем.

Остатки от зерна после извлечения круподуновых продуктов и муки направляются на следующую драную систему, на которой повторяется цикл измельчение–сортирование. С последней драной системы высокозольные остатки от зерна, преимущественно состоящие из оболочек с незначительным содержанием эндосперма, обрабатываются в бичевой вымольной машине, что позволяет получить дополнительно некоторое количество муки. На рисунке 3.34 представлена примерная схема 80 % помола ржи в сеяную и обдирную муку.

Режим измельчения в драном процессе более интенсивный, чем при 63 % помоле в сеяную муку. Величина извлечения через контрольное металлотканое сито № 08 должна составлять для первой драной системы 40–45 %, а для второй драной системы — 50–55 %. На остальных системах режим измельчения должен обеспечить эффективное извлечение эндосперма ржи и умеренное дробление оболочек с таким расчетом, чтобы выход отрубей не превышал нормативного значения.

Для сортирования продуктов измельчения используют одну из технологических схем рассевов, рекомендованных для драного процесса. При подборе сит в расसेве вторую группу сит принимают выпускающей. Поэтому размер отверстий сит этой группы ориентировочно

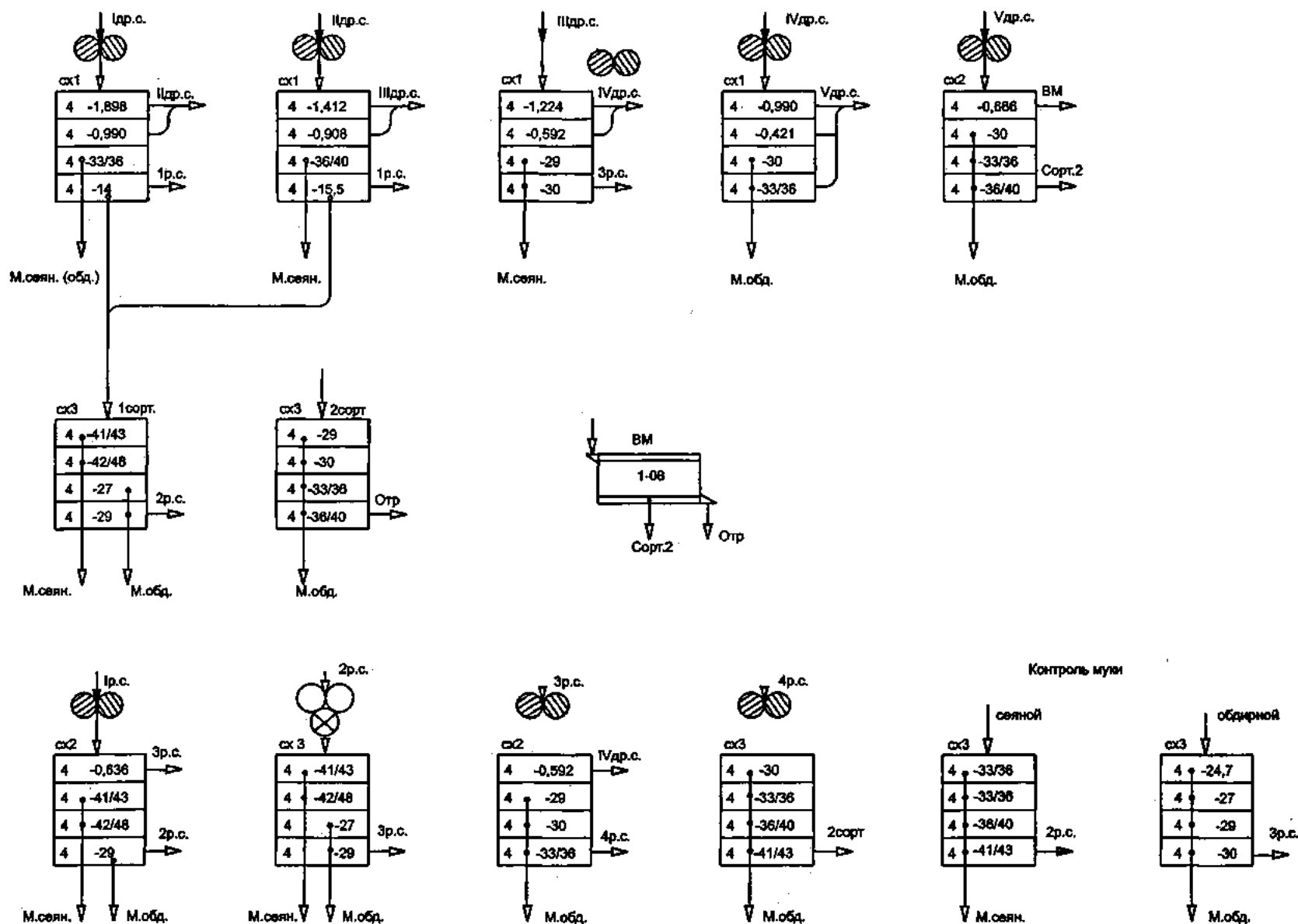


Рис. 3.34. Примерная схема 80 % помола ржи в сеяную и обдирную муку

принимают равным размеру отверстий сит для оценки режима измельчения на системе. Постепенно при переходе от системы к системе размер отверстий сит уменьшается в связи с уменьшением крупности продуктов. Третья группа сит в отсевах первой и второй драных систем и третья и четвертая группы сит для остальных драных систем используются для высева муки. Сеяную муку отбирают с первой и второй драных систем, где получают наиболее качественную муку драного процесса. На остальных системах отбирают обдирную муку. Сита для отбора муки подбирают в соответствии с крупностью муки.

Размольный процесс двухсортного помола ржи сокращен до четырех систем. Для измельчения чаще всего используют рифленные валки, параметры которых приведены в таблице 3.47. Возможно использование на некоторых системах нерифленных валков в сочетании с деташерами, что позволяет получить больший выход сеяной муки. Процесс строится без использования специальных сходовых систем. На первых двух размольных системах отбирают два вида муки — сеяную (первым проходом) и обдирную (вторым проходом). На третьей и четвертой размольных системах отбирают только обдирную муку.

Режим измельчения на системах размольного процесса должен обеспечить оптимальное соотношение между выходами сеяной и обдирной муки и отрубями. Считается, что величина схода с отсева последней размольной не должна превышать 4–5 % от массы зерна, поступившего на первую драную систему. Таким образом, частное извлечение муки по системам должно быть достаточно высоким. Рекомендуется на первой размольной системе извлекать муки 40–50 %, а на последующих — 50–70 % от массы продукта на системе.

Специфика помола такова, что около 60–65 % муки получают в драном процессе, а 35–40 % в размольном. Вся мука контролируется отдельно по видам. Сходы с контрольных отсевов возвращают в размольный процесс, на систему, где получается мука соответствующего вида. Так, сход с отсева контроля сеяной муки возвращают на вторую размольную систему, а с отсева контроля обдирной муки — на третью размольную систему.

§3. Технология 87 % помола ржи в обдирную муку

В обдирной муке содержится значительное количество периферийных частей зерна — оболочек, зародыша и алейронового слоя, так как при общем выходе муки 87 % отбирают всего 9,6 % отрубей. Качество обдирной муки, полученной при двухсортном 80 % помоле, не отличается от качества обдирной муки, полученной при 87 % помоле. Зольность обдирной муки не должна превышать 1,45 %, крупность помола характеризуется остатком на сите № 045 не более 2 % и проходом шелкового сита № 38 — не менее 60 %.

Технология 87 % помола осуществляется, как и для всех сортовых помолов ржи, в двух процессах — драном и размольном с обязательным контролем муки.

Рекомендуемые параметры технологической схемы:

- | | |
|---|---------|
| ♦ количество драных систем | 5–6 |
| ♦ количество размольных систем | 1–2 |
| ♦ отношение длины вальцовой линии размольных и драных систем | 0,2–0,4 |
| ♦ отношение площади просеивающей поверхности размольных и драных систем | 0,2–0,4 |
| ♦ просеивающая поверхность на контроле муки, % | 10–15 |

В таблице 3.48 приведено распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности, а также параметры мелющих валков по системам 87 % помола ржи в обдирную муку.

Таблица 3.48

Примерная характеристика схемы 87 % помола ржи в обдирную муку

Система	Длина мелющих валков, %	Параметры рифления		Просеивающая поверхность, %
		количество рифлей, 1/см	уклон рифли, %	
I драная	20–22	4,5–5,5	10	16–18
II драная	20–22	5,5–6,0	10	16–18
III драная	12–14	6,0–7,0	12	10–12
IV драная	8–10	7,0–8,0	12	8–10
V драная	8–10	8,0–9,0	12	6–8
Пересеивание	—	—	—	6–8
Итого	74–76			68–70
1 размольная	16–18	9,0–10,0	10–11	12–14
2 размольная	8–10	9,0–10,0	10–11	6–8
Итого	24–26			16–18
Контроль муки	—	—	—	12–14
Всего	100			100

Рифли мелющих валков в дражном процессе рекомендуется нарезать с углом острия $\alpha = 25\text{--}30$ град. и с углом спинки $\beta = 65^\circ$. Для размольного процесса, соответственно, $\alpha = 40^\circ$ и $\beta = 70^\circ$. Взаиморасположение рифлей принимают острие по острию. Скорость быстро-вращающего вала принимают 5–6 м/с. Дифференцию мелющих валков рекомендуется принимать 2,5. Процесс измельчения рекомендуется вести при общей удельной нагрузке на вальцовую линию 130–170 кг/см · сут, а процесс сортирования — при общей удельной нагрузке на сито 1500–1800 кг/м² · сут для пакетных рассевов и 1700–2300 кг/м² · сут для шкафных рассевов. Дражной процесс осуществляется на пяти–шести системах без деления на крупные и мелкие. Для измельчения используют рифленные валки. Возможно использование доизмельчителей — бичевых машин, которые обрабатывают продукты измельчения после вальцовых станков. При этом весь процесс измельчения заметно интенсифицируется. Одновременно в бичевых машинах происходит разделение продуктов измельчения приблизительно в равных долях на две фракции — сходовую и проходовую. На рассев дражной системы направляется только проходовая фракция, что снижает нагрузку на сита рассева и улучшает условия сортирования. В соответствии с рисунком 3.35 дражной процесс 87 % помола осуществляется с использованием однократного измельчения на рифленных мелющих валках. Построение дражного процесса аналогично дражному процессу 80 % двухсортного помола ржи. Продукты измельчения каждой системы сортируют в рассеве. На каждой системе отбирают муку, направляемую на контроль. Промежуточные продукты одним потоком направляют в размольный процесс, а остатки зерна после извлечения муки и промежуточных продуктов — на следующую дражную систему. Для интенсификации вымола высокозольные сходовые продукты последней дражной системы обрабатывают в бичевой вымольной машине. Сходом сит бичевой машины получают отруби, а проход дополнительно сортируют на

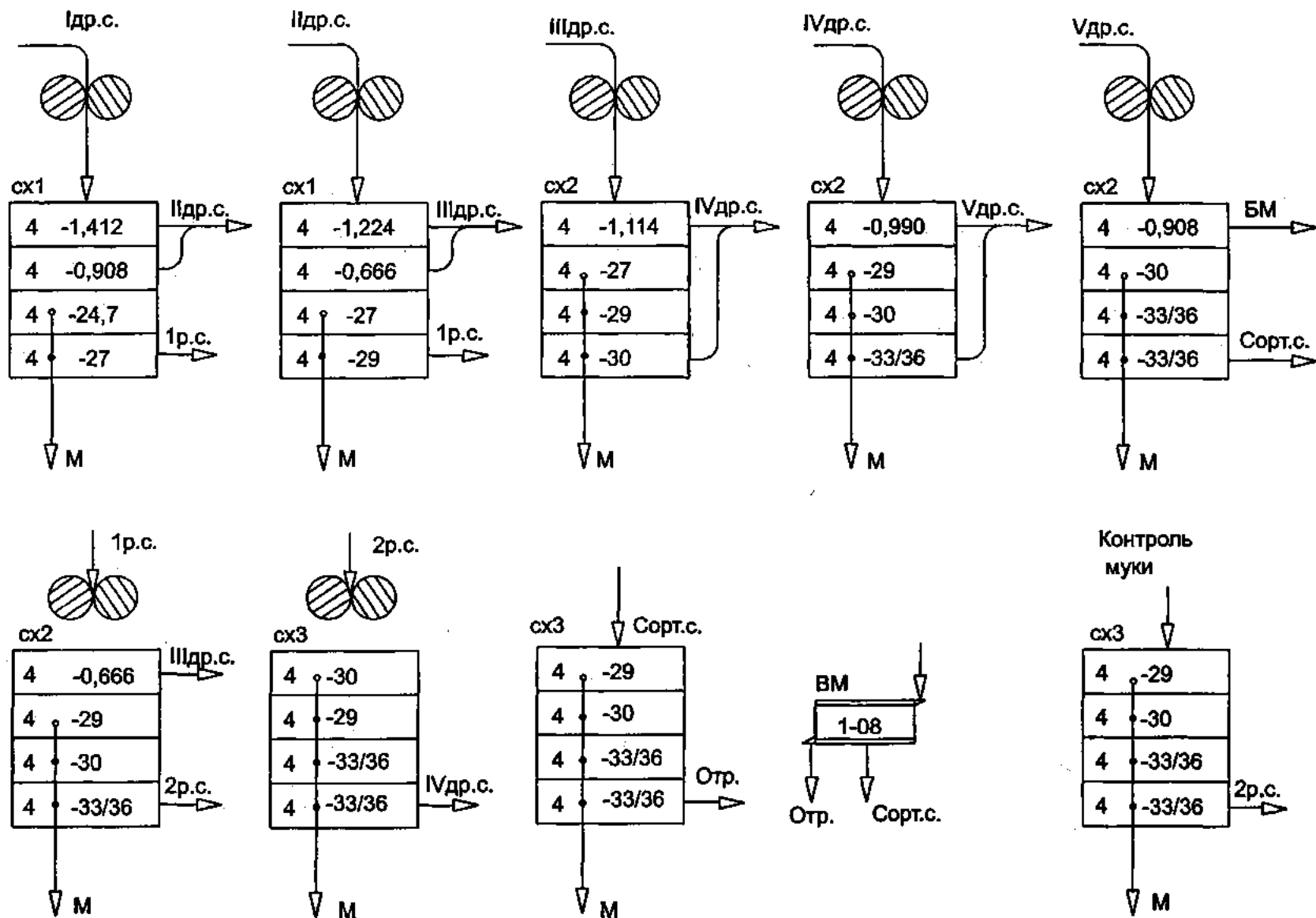


Рис. 3.35. Примерная схема 87 % помола ржи в обдирную муку

специальной сортировочной системе. При этом получают некоторое количество муки и отрубей.

Режим измельчения регламентируется только для двух первых драных систем. При этом величина извлечения через контрольное металлочанное сито № 08 должна быть для первой драной системы 45–50 %, а для второй драной системы — 50–55 %. На остальных драных системах интенсивность измельчения должна обеспечить качество обдирной муки и соотношение между выходом муки и отрубей. Продукты измельчения сортируют в один этап с использованием технологических схем рассевов, предназначенных для драного процесса. Подбор сит осуществляют в зависимости от состава продуктов измельчения и задачи технологической системы. В драном процессе извлекают более 70 % муки от массы зерна, поступившего в переработку и около 25 % круподуновых продуктов, направляемых в размольный процесс.

Размольный процесс 87 % помола ржи осуществляется всего на двух системах, поэтому процесс измельчения осуществляется в низком режиме. Извлечение муки на первой размольной системе должно быть не менее 40–50 %, а на второй размольной системе — более 60 %.

После высева муки в рассевах размольных систем высокозольные оболочечные продукты направляют в драной процесс для вымола оболочек.

Мука драных и размольных систем объединяется и контролируется путем пересева на специальной системе. При этом улавливаются случайно попавшие примеси, и муке придается требуемая однородность.

Таким образом, сортовые помолы ржи осуществляется на однотипных технологических схемах, включающих драной и размольный процессы. Различие состоит в интенсивности ведения процесса измельчения. При более интенсивном ведении измельчения сокращается драной и особенно размольный процессы. В таблице 3.49 приведены ориентировочные показатели извлечения муки по системам при сортовых помолах ржи в процентах от массы зерна, поступившего в переработку.

Таблица 3.49

Ориентировочные показатели извлечения муки по системам при сортовых помолах ржи

Система	63 % помол	80 % помол		87 % помол
	мука сеяная	мука сеяная	мука обдирная	мука обдирная
I драная	7,7	2,0	9,5	21,2
II драная	11,5	7,5	—	22,8
III драная	7,1	—	12,5	15,5
IV драная	4,4	—	9,5	8,5
V драная	2,8	—	4,5	5,0
Пересевивание	1,0	—	3,5	3,0
Итого	34,5	9,5	39,5	76,0
1 размольная	9,9	5,5	—	9,5
2 размольная	8,8	2,0	11,0	6,5
3 размольная	5,6	—	8,0	—
4 размольная	4,4	—	5,0	—
5 размольная	2,7	—	3,5	—
6 размольная	2,1	—	—	—

Система	63 % помол	80 % помол		87 % помол
	мука сеяная	мука сеяная	мука обдирная	мука обдирная
Пересеивание	—	—	1,0	—
Итого	33,5	7,5	28,5	16,0
Всего на контроль	68,0	17,0	68,0	92,0
Мука после контроля	63,0	15,0	65,0	87,0

§4. Обойные помолы ржи и смесей ржи и пшеницы

При переработке ржи в обойную муку получают 2,0 % отрубей от массы переработанного зерна. Это свидетельствует о том, что ржаная обойная мука по химическому составу практически повторяет химический состав зерна. Цвет ржаной обойной муки серый с заметными частицами оболочек зерна. Зольность обойной муки — 2,0 %, но не менее чем на 0,07 % ниже зольность зерна до очистки. Крупность обойной муки характеризуется остатком на металлотканом сите № 067 не более 2,0 % и проходом шелкового сита № 38 — не менее 30 %.

При переработке смесей ржи и пшеницы в обойную муку цвет муки — серовато-белый с заметными частицами оболочек. Показатели качества муки по зольности аналогичны зольности ржаной обойной муки. Крупность помола характеризуется остатком на сите № 067 не более 2 % и проходом шелкового сита № 38 — не менее 40 %.

Технологический процесс получения обойной муки из ржи или смесей пшеницы и ржи не отличается от рассмотренного ранее технологического процесса получения обойной муки из пшеницы. Процесс осуществляется на 3–4 драных системах с использованием рифленых мелющих валков. Для интенсификации измельчения возможно использование доизмельчителей бичевых машин. Режимные параметры технологии, механико-кинематические и технологические параметры мелющих валков, технологические схемы рассевов, сита и направления продуктов в схеме аналогичны как и для обойного помола пшеницы.

ГЛАВА 8

Специальные технологии

§1. Технология муки из кукурузы

Кукуруза, поставляемая для мукомольной промышленности, должна соответствовать требованиям ГОСТ 13634-90.

Кукурузная мука в соответствии с ГОСТ 14176-69 может вырабатываться следующих видов:

- ♦ кукурузная мука тонкого помола;
- ♦ кукурузная мука крупного помола;
- ♦ кукурузная мука обойная.

Цвет кукурузной муки должен быть белый или желтый. Запах — свойственный кукурузной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый. Вкус — свойственный кукурузной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький. Содержание минеральной примеси оценивается при разжевывании муки. При этом не должно ощущаться хруста. Влажность муки всех видов должна быть не более 15,0 %. Зольность муки тонкого помола (в пересчете на сухое вещество) не более 0,9 %, а зольность муки крупного помола — не более 1,3 %. Ограничивается также содержание жира в муке — не более 2,5 % в муке тонкого помола и не более 3,0 в муке крупного помола. Крупность помола, как и для муки пшеничной и ржаной, оценивают величиной прохода и остатка на ситах определенного номера.

Так, для муки тонкого помола остаток на сите № 23 из шелковой ткани должен быть не более 2,0 %, а проход сита № 32 из шелковой ткани должен быть не менее 30 %.

Для муки крупного помола остаток на металлотканом сите № 056 должен быть не более 2,0 %.

Для обойной муки из кукурузы остаток на сите № 067 должен быть не более 5,0 %. Содержание металломагнитной примеси в муке должно быть не более 3,0 мг на 1 кг. При этом размер отдельных частиц должен быть не более 0,3 мм, а их масса — не более 0,4 мг.

Зараженность и загрязненность муки вредителями хлебных запасов не допускается.

Особенностью кукурузы как объекта переработки в муку является наличие крупного зародыша (8–12 % от массы зерна). Попадание зародыша в готовую продукцию делает ее нестойкой при хранении. Поэтому одной из основных операций в технологии муки из кукурузы является удаление зародыша при минимальном его дроблении. Последнее достигается путем эффективной гидротермической обработки зерна кукурузы при подготовке к переработке.

Процесс очистки зерна от примесей и гидротермической обработки осуществляется по технологической схеме, аналогичной схеме подготовки кукурузы к переработке в крупу. Технология дробления кукурузы и выделения зародыша также аналогична этой операции в технологии крупы (см. часть IV настоящего пособия). Дробление кукурузы осуществляется на специальных барабанных дробилках — зародышеотделителях. Продукты дробления сортируют в отсевах на несколько фракций крупности. При этом выделяется некоторое количество муки тонкого и крупного помола. Выделенные фракции дробленой кукурузы раздельно провеиваются для отделения оболочек и обрабатываются в пневмосортировальных столах для выделения зародыша.

Освобожденные от зародыша частицы кукурузного зерна измельчаются в драном процессе на четырех системах, построение которого не отличается от драного процесса в технологии хлебопекарной муки из пшеницы и ржи. Проходом сита № 04 отбирают муку тонкого помола, проходом сита № 08 и сходом сита № 04 третьей и четвертой драных систем — муку крупного помола. Проход сита № 08 и сход сита № 04 первой и второй драных систем обогащают на ситовейках и получают более высокого качества муку крупного помола.

Продукты, получаемые проходом сит № 1, 4 и сходом сита № 08 I и II драных систем, направляют в размольный процесс, который осуществляется на трех системах. На каждой системе размольного процесса отбирают тонкую и крупную муку, а сходы направляют на следующую размольную систему.

Измельчение и в драном и размольном процессе осуществляется на мелющих валках с рифленой поверхностью. Количество рифлей на сантиметр длины окружности валка в драном процессе изменяется от 3,5 до 7, а в размольном процессе — от 9 до 11. Уклон рифли принимают 8–10 %. При нарезании рифлей рекомендуется выдерживать угол острия рифли $\alpha = 30^\circ$, а угол спинки — 60° . Окружную скорость быстровращающегося валка на всех системах принимают 6 м/с, а дифференцию 2,5. Взаиморасположение рифлей на начальных драных системах принимают «острие по острию», что способствует эффективному крупнообразованию и увеличению выхода крупной муки высокого качества. На остальных драных и всех размольных системах рекомендуется принимать взаиморасположение рифлей «спинка к спинке».

Мука тонкого и крупного помола подлежит обязательному контролю, который осуществляется раздельно для муки каждого вида.

Технология предусматривает получение кукурузной муки 82–87 %, отрубей 7–10 %, кукурузного зародыша 5–7 %.

§2. Технология муки-крупчатки

Мука-крупчатка, в отличие от мягкой хлебопекарной муки, имеет крупитчатую структуру и используется для приготовления теста при производстве кондитерских и бараночных изделий.

Мука-крупчатка в соответствии с ГОСТ 26574-85 должна иметь белый или кремовый с желтоватым оттенком цвет. Количество клейковины должно быть не менее 30,0 % с качеством не ниже второй группы. Зольность муки должна быть не выше 0,60 %.

Крупность помола должна характеризоваться остатком на сите № 23 из шелковой ткани не более 2 % и проходом сита № 35 и тоже из шелковой ткани не более 10 %. Это значит, что для формирования муки-крупчатки необходимо использовать жесткие и мягкие дунсты высокого качества с минимальным содержанием сростков эндосперма и оболочек. В муке-крупчатке также должно содержаться минимальное количество мягкой муки.

Специализированных помолов для производства муки-крупчатки нет. Как правило, ее получают в обычных хлебопекарных помолах с развитой технологической схемой при переработке мягкой пшеницы со стекловидностью не менее 50 % с добавлением до 20 % твердой пшеницы второго типа. Это позволит получить более высокого качества круподуновые продукты, чем при переработке только мягкой пшеницы. Для отбора муки-крупчатки рекомендуется использовать дунсты первых трех размольных систем, как продукты наиболее высокого качества данного класса крупности. Учитывая, что в дунстах может находиться 20 и более процентов мягкой муки, а также присутствовать частицы в виде сростков оболочек и эндосперма, технология отбора муки-крупчатки осуществляется в соответствии с рисунком 3.36. Отобранные на одной или двух первых размольных системах дунсты пересеивают для удаления недосеянной мягкой муки на специально выделенной системе. Операция называется сушкой дунстов. Затем дунсты обогащаются на ситовечной системе для удаления сростков. Первый проход ситовечной машины как наиболее качественный продукт отбирается как мука-крупчатка.

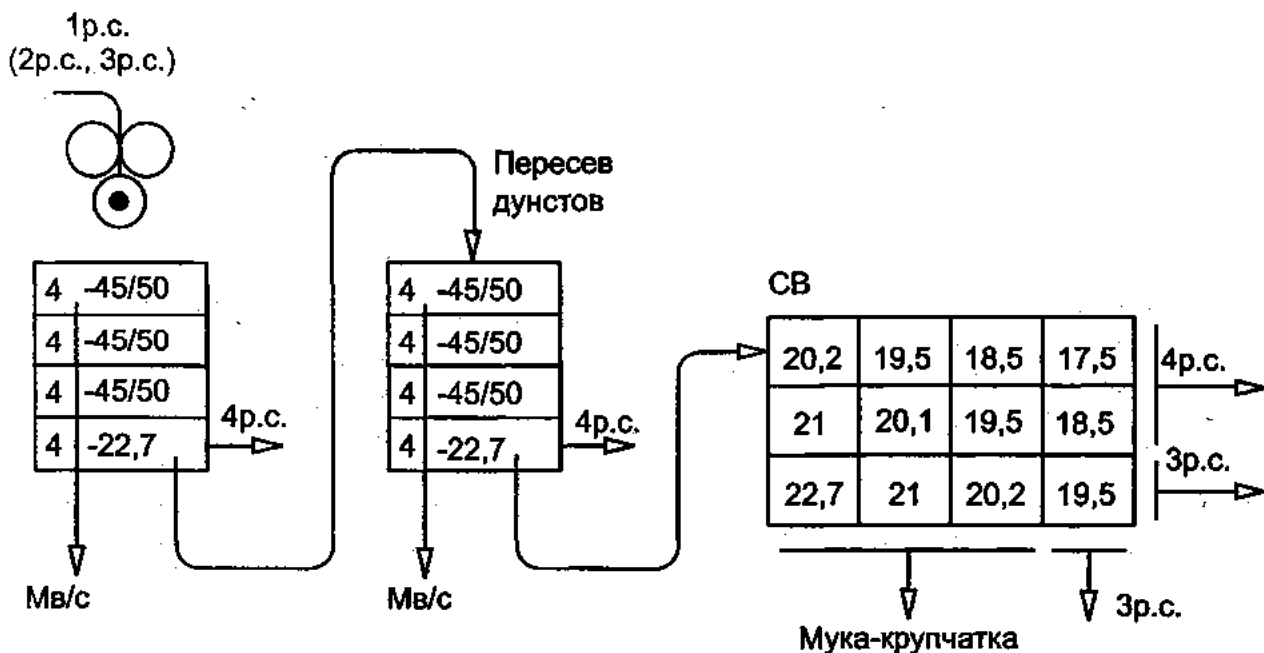


Рис. 3.36. Технология муки-крупчатки

§3. Технология высокобелковой муки

Высокобелковая мука — это обычная хлебопекарная мука высшего, первого сортов, но с большим содержанием белка.

Необходимость в производстве муки с различным содержанием белка становится очевидной, если проанализировать потребность в такого рода продукции:

1. Мука с различным содержанием белка может использоваться для диетического и лечебного питания, когда потребление животных белков ограничивается по медицинским показателям.

2. При производстве специального бисквитного теста необходимо иметь муку с низким содержанием белка и высоким содержанием крахмала.

3. Высокобелковая мука может использоваться как улучшить хлебопекарных свойств муки с низким содержанием белка и клейковины.

4. Высокобелковая мука может использоваться при разработке принципиально новых видов (сортов) муки.

Базовой основой метода получения высокобелковой муки является исследование в области микроструктуры эндосперма зерна пшеницы.

Различают несколько фракций крупности муки, отличающихся различным содержанием белка:

- ♦ фракция муки с размерами частиц более 45 мкм, содержащая фрагменты микроструктуры эндосперма в виде связанных крахмальных гранул с промежуточным и прикрепленным белком;
- ♦ фракция муки с размерами частиц 18–45 мкм, содержащая отдельные крахмальные гранулы с прикрепленным белком;
- ♦ фракция муки с частицами размером менее 18 мкм, содержащая частицы свободного белка и мелкие крахмальные гранулы.

Максимальное количество белка содержит последняя фракция муки, которая используется для получения высокобелковой муки.

Технология высокобелковой муки основана на различной скорости витания частиц муки разной крупности.

Для выделения этой фракции и получения высокобелковой муки используют два способа. Первый способ может быть реализован на мукомольном заводе, оснащенный пневмотранспортом в размольном отделении. В соответствии с рисунком 3.37 в циклоне-разгрузителе отсева контроля муки высшего или первого сорта устраивают регулируемый поднос воздуха. Благодаря разрежению в пневмотранспортной сети поток воздуха продувает (пронизывает) муку, осаждаемую в циклоне-разгрузителе и уносит в пневмоколлектор наиболее легкую и тонкую высокобелковую фракцию. Для ее осаждения устраивают дополнительно циклон-разгрузитель. Некоторая часть высокобелковой муки осаждается также в циклонах или фильтрах вторичной очистки.

Второй способ — это специальный способ получения высокобелковой муки (в соответствии с рис. 3.38). Обычную хлебопекарную муку с размерами частиц 1–200 мкм дополнительно измельчают в штифтовых дробилках, что повышает содержание тонкодисперсной высокобелковой фракции. Количество последовательных циклов измельчения может быть до трех, что увеличивает выход высокобелковой муки. Затем обработан-

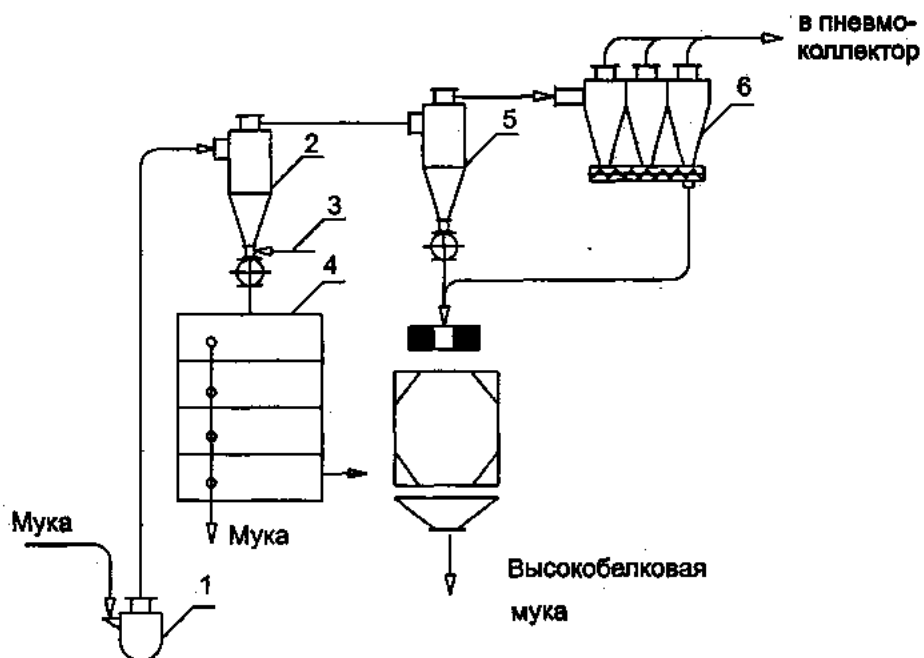


Рис. 3.37. Схема отбора высокобелковой муки на мельницах с пневмотранспортом:
 1 — пневмоприемник; 2 — циклон-разгрузитель; 3 — регулируемый подсос воздуха;
 4 — рассев контроля муки; 5 — циклон-разгрузитель; 6 — циклоны вторичной очистки

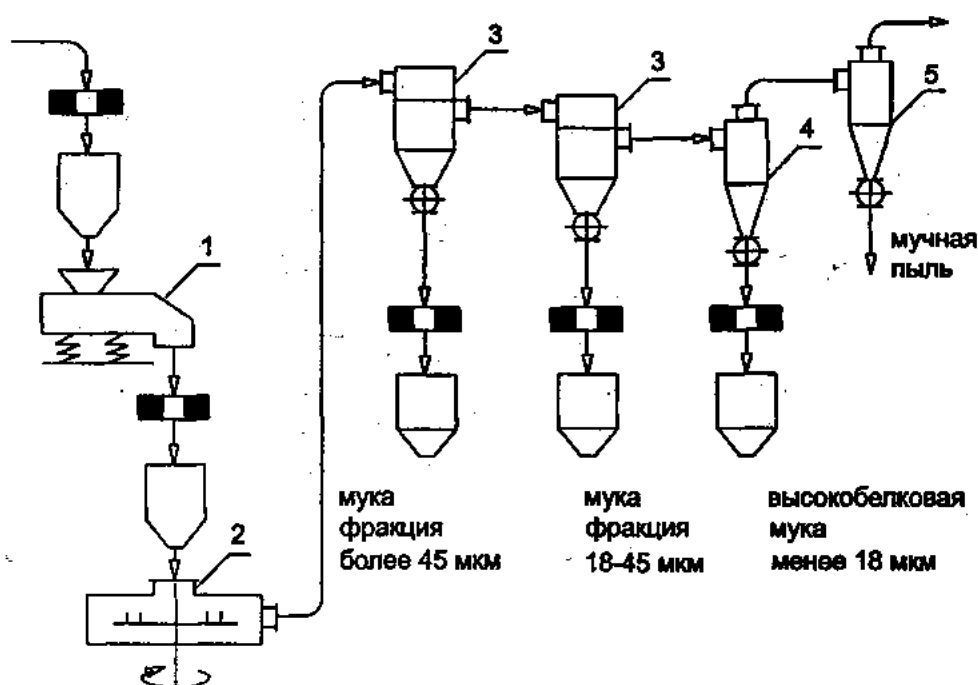


Рис. 3.38. Принципиальная схема получения высокобелковой муки:
 1 — вибропитатель; 2 — штифтовая дробилка; 3 — пневмокласификатор;
 4 — циклон-разгрузитель; 5 — циклон вторичной очистки

ную таким образом муку пневмокласифицируют. Выход муки с размерами частиц менее 18 мкм и с содержанием белка 18–20 % может достигать 8 % от массы муки общего потока.

Возможна также технология, при которой организуется предварительная пневмокласификация общего потока муки с выделением фракции с размерами до 40 мкм с последующей ее обработкой в дробилках и пневмокласификаторах.

Зарубежный опыт свидетельствует, что общее количество муки с размерами до 17–18 мкм можно отобрать до 15 %.

§4. Витаминизация муки

По условиям ведения технологического процесса на сортовых мельницах происходит разделение периферийной части зерна и эндосперма. Периферия зерна — оболочки, зародыш и алейроновый слой составляет основной побочный продукт технологии — отруби, а эндосперм — муку высоких сортов. Биологическая природа зерна такова, что основное количество биологически активных веществ — витаминов, микроэлементов содержится на периферии зерна, что делает муку высоких сортов малоценным по содержанию витаминов продуктом питания. Если учесть, что продукты из зерна являются основным источником витамина B_1 (тиамина) и важным источником витаминов B_2 (рибофлавина) и РР (никотиновой кислоты), то необходимость в искусственном введении витаминов в муку высоких сортов становится очевидной. Положение может усугубиться, когда хлеб и другая продукция из зерна являются основными продуктами питания. Поэтому витаминизация муки высоких сортов (высшего и первого) является целесообразной. Технология витаминизации осуществляется по специальной инструкции, согласованной с Минздравом. Витаминизация муки высшего и первого сортов осуществляется путем ввода синтетических витаминов B_1 , B_2 и РР в следующих массовых долях (в соответствии с табл. 3.50).

Таблица 3.50

Нормы ввода витаминов B_1 , B_2 , РР в муку пшеничную высшего и первого сортов

Наименование витамина	Минимальные нормы ввода		Допустимые значения ввода витаминов, $\times 10^{-3}$ %	
	мг/100 г	$\times 10^{-3}$ %	при весовом дозировании	при объемном дозировании
Тиамин (B_1)	0,4	0,4	$0,5 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,2$
Рибофлавин (B_2)	0,4	0,4	$0,5 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,2$
Никотиновая кислота (РР)	2,0	2,0	$2,5 \pm 0,5$	$2,5 \pm 1,0$

Технология ввода витаминов в муку представлена на рисунке 3.39. По технологии вначале готовят витаминный концентрат. Для этого в смеситель-растиратель витаминов вводят одновременно расчетное количество витаминов B_1 , B_2 и РР и муки (можно вводить дунсты для обеспечения более эффективного смешивания) и производят смешивание в течение заданного времени.

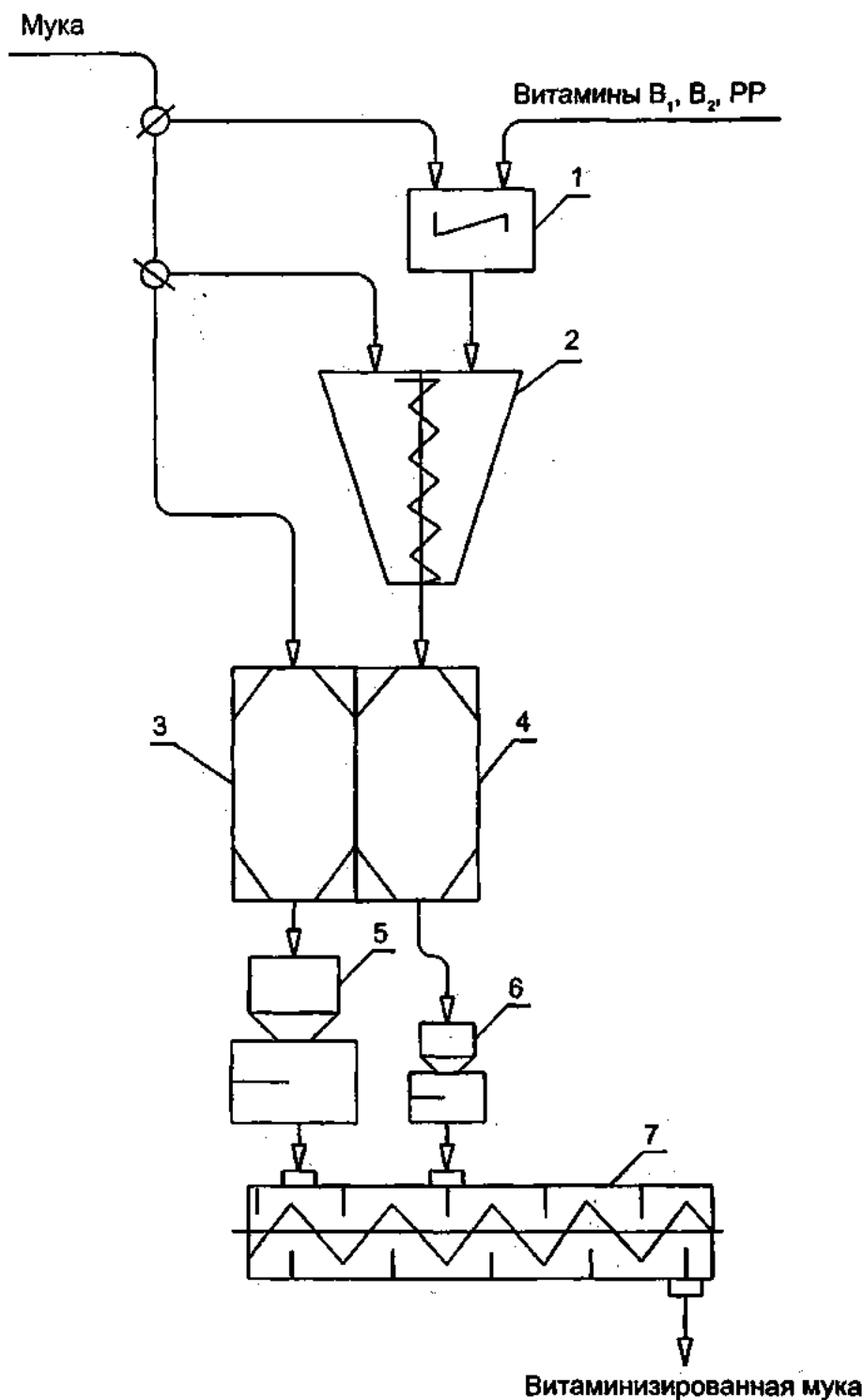


Рис. 3.39. Принципиальная схема витаминизации муки:

- 1 — смеситель-растиратель витаминов; 2 — смеситель вертикальный;
 3 — емкости для муки; 4 — емкости для витаминного концентрата; 5 — дозатор для муки;
 6 — дозатор витаминного концентрата; 7 — смеситель горизонтальный

Затем подготовленный концентрат витаминов смешивают с мукой. Это так называемая предварительная смесь. На третьем этапе предварительная смесь витаминов и муки дозируется объемным или весовым способом в определенном соотношении и смешивается вместе с потоком муки в порционном смесителе. Правила рекомендуют, чтобы производительность дозирования предварительной смеси витаминов составляла 0,1–2,0 % от производительности дозирования муки.

Эффективность технологии витаминизации оценивают по отклонению фактического содержания витаминов в муке от предельных норм ввода, приведенных в таблице 3.50. Содержание введенных витаминов в муку должно быть определено химическим путем с помощью инструментальных методов анализа. При отсутствии возможности определения содержания витаминов процесс витаминизации контролируют по точности и производительности дозирования муки и витаминов.

§5. Выделение зародыша при хлебопекарных помолах пшеницы

Содержание зародыша со щитком в зерне пшеницы по данным различных авторов колеблется от 1,5 до 4,22 %. Зародыш богат биологически активными веществами, белком, жиром, что делает его ценным пищевым и кормовым продуктом.

Зародыш может использоваться как сырье для производства ценного растительного масла, как диетическое и лечебное средство питания, как высокопитательное кормовое средство.

Типовая технология хлебопекарных помолов пшеницы не предусматривает отбор зародышевого продукта, поэтому на большинстве мукомольных заводов эта операция не производится, и он попадает в отруби, где его ценность нивелируется. Технология извлечения зародыша основана на особенностях его физических свойств, таких как повышенная пластичность и меньшая плотность в сравнении с другими анатомическими частями зерна. Причем, при проведении гидротермической обработки зародыш более интенсивно поглощает влагу, что в еще большей степени увеличивает его пластичность. Поэтому при измельчении зерна он дробится в меньшей степени и сосредотачивается при сортировании продуктов измельчения в крупных фракциях промежуточных по крупности продуктов (1,114/0,562) и в остатках зерна после извлечения крупок и дунстов (1,898/1,114; 1,614/1,114 и т. д.). Поэтому для извлечения зародыша в относительно чистом виде используют потоки продуктов с максимальным его содержанием.

Существует два варианта технологии:

- выделенный зародыш обрабатывается на специальных зародышевых системах и затем выделяется при сортировании в отсевах;
- выделенный зародыш без специальной обработки представляет конечный продукт.

На рисунке 3.40 представлена технологическая схема получения зародышевого продукта с применением двух последовательных зародышевых систем. По данной технологии крупные и средние крупки первых трех драных систем обрабатываются на шлифовочных системах с использованием рифленых валков и высоких режимов измельчения.

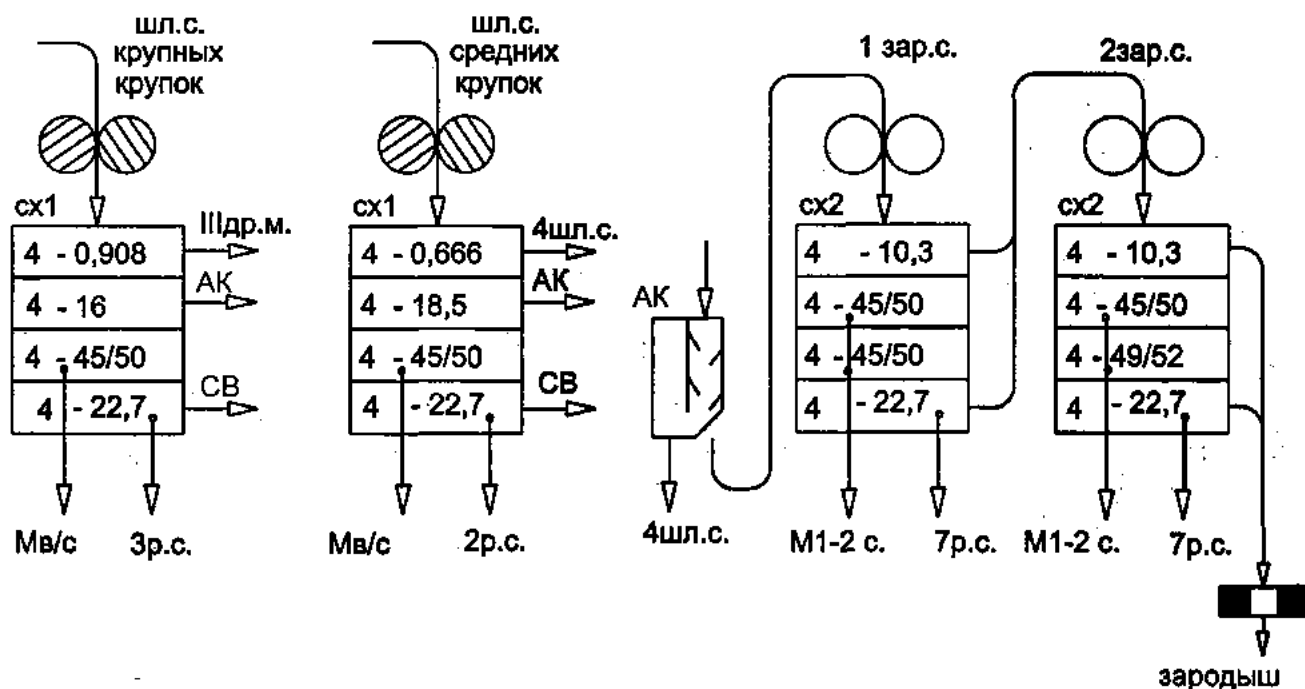


Рис. 3.40. Технология отбора зародыша из продуктов шлифования

При этом основная масса зародыша сосредотачивается в продуктах 0,908/16 и 0,666/18,5 первой и второй шлифовочных систем. После объединения зародышсодержащие продукты провеивают для удаления легких оболочек, а основной продукт дважды последовательно отрабатывается на зародышевых системах. В результате зародыш плющится и приобретает форму лепешек, а эндоспермсодержащие частицы разрушаются с образованием муки и некоторого количества круподуновых продуктов. Плющение осуществляется на нерифленых валках с дифференцией 1,0–1,05 и окружной скоростью 4,0–4,5 м/с.

При втором сортировании продуктов плющения зародыш выделяют сходами сит 10,3 и 22,7.

По технологии сортовых хлебопекарных помолов пшеницы на комплектном оборудовании (технология фирмы Bühler) зародыш отбирают без использования специальных зародышевых систем (рис. 3.41). Для выделения зародыша используют специальную четвертую размольную систему, на которой обрабатываются схода с первых трех размольных и двух шлифовочных систем. По данной технологии именно на этих системах сосредотачиваются зародышсодержащие крупные и средние крупки драного процесса.

В соответствии с рисунком 3.42 по другой технологической схеме зародышсодержащими потоками являются второй сход второй драной системы и сходы с ситовеек, обогащающих крупные и средние крупки начального этапа драного процесса. После объединения эти продукты пневмосепарируют при интенсивном воздушном режиме. В легкую фракцию попадает основное количество зародыша. На последующем этапе продукт обрабатывается на специальной зародышевой системе, работающей в режиме плющения.

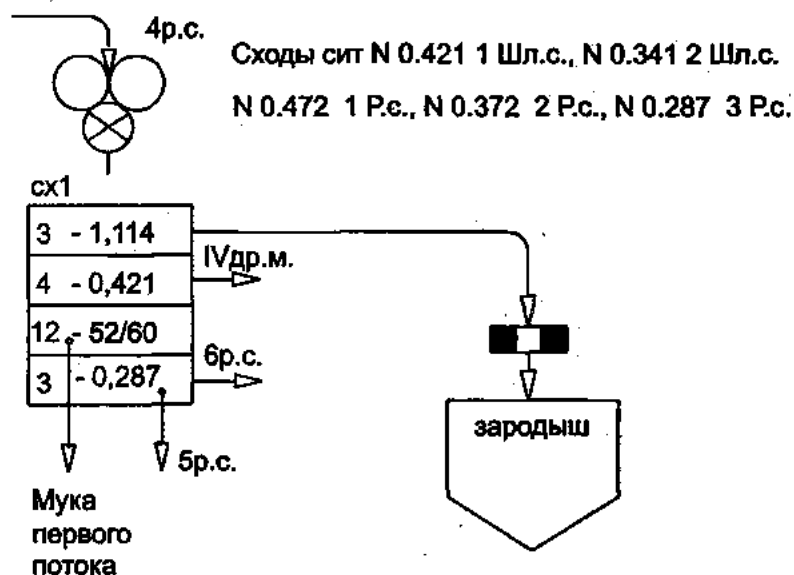


Рис. 3.41. Технология выделения зародыша на мельзаводах с комплектным оборудованием

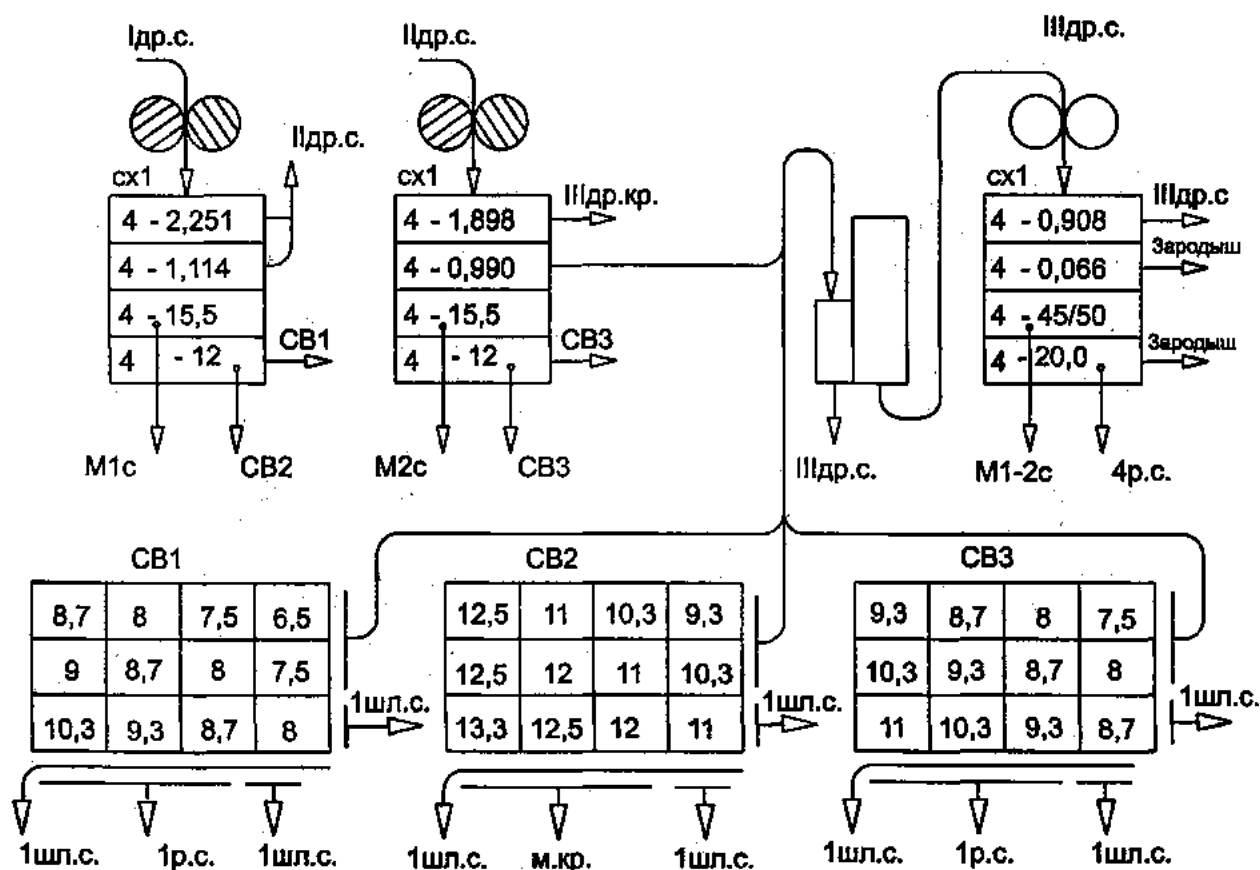


Рис. 3.42. Схема выделения зародыша из продуктов драного процесса (по Г.А. Егорову)

При сортировании продуктов плющения выделяют крупный и мелкий зародыш, некоторое количество муки и дунстовых продуктов.

При практическом использовании технологических схем рекомендуется уточнить содержание зародыша по потокам, скорость воздушного потока при пневмосепарировании, номера сит и технологических схем сортирования.

Часть 4

ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КРУПЫ

ГЛАВА 1

Общие сведения о сырье, продукции и процессах в технологиях крупы

Технологический процесс на крупозаводе осуществляется по классическому принципу и включает следующие операции: формирование партии сырья для переработки на элеваторе, подготовку сырья, включающую очистку от примесей и гидротермическую обработку, переработку по заданной технологии, операции с конечной продукцией, куда входят упаковка и расфасовка крупы, подработка отходов и побочных продуктов и т. п. Сырье крупяных кондиций должно проходить предварительную подготовку в элеваторе, в которую включают очистку от грубых, легких и мелких примесей, а также подсушивание до технологической влажности в случае, если зерно имеет повышенную влажность.

Требования к крупяному зерну, используемому для переработки в крупу, отражены в соответствующих государственных стандартах и должны соблюдаться при поставках на крупозаводы. В соответствии со стандартом крупяное зерно оценивают рядом показателей, в числе которых органолептические и определяемые объективными методами. Основные органолептические показатели:

- цвет (должен быть свойственен нормальному зерну в соответствии с типом и под-типом);
- запах (свойственный нормальному зерну, без затхлого, солодового, плесневелого и других посторонних запахов);
- состояние (не греющееся, в здоровом состоянии).

Показатели качества зерна, определяемые объективными методами, приведены в таблице 4.1.

Кроме того, для зерна всех наименований зараженность вредителями хлебных запасов не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени.

В таблице 4.2 приведены действующие по настоящее время государственные стандарты на зерно, поставляемое крупозаводам. Так как стандарты периодически пересматриваются с целью повышения требований к качеству сырья или для объективного уточнения некоторых положений в связи с изменившимися условиями, то соответствующие службы предприятия должны периодически просматривать стандарты и вносить соответствующие изменения.

Таблица 4.1

Основные показатели качества зерна, поставляемого крупяной промышленности

Культура	Массовая доля ядра, %, не менее	Влажность, %, не более	Содержание примесей, %, не более	
			Сорной	Зерновой
Рис	—	15,5*	2,0	2,0
Гречиха	71	16,0/14,5	3,0	3,0
Просо	74	15,0/13,5	3,0	6,0
Овес крупяной	63	15,5/13,5**	2,5	3,0
Ячмень	—	14,5	2,0	2,0
Горох	—	15,0	1,0	3,0
Кукуруза продовольственная	—	15,0	2,0	3,0
Пшеница твердая	—	14,5	1,5	5,0

* Не менее 14,0 % для зерна, прошедшего сушку.

** Не менее 13,0 % для зерна, прошедшего сушку.

В числителе — при наличии сушилок, в знаменателе — при отсутствии сушилок.

Таблица 4.2

Государственные стандарты на крупяное зерно

Вид зерна	Наименование и номер стандарта
Гречиха	Гречиха для переработки в крупу. Технические условия. ГОСТ 19093-73
Овес	Овес для переработки в крупу. Технические условия. ГОСТ 6584-73
Рис	Рис для переработки в крупу. Технические условия. ГОСТ 6293-68
Ячмень	Ячмень для переработки в крупу. Технические условия. ГОСТ 6378-84
Горох	Горох. Технические условия. ГОСТ 23843-79
Кукуруза	Кукуруза. Технические условия. ГОСТ 13643-81
Пшеница	Пшеница. Требования при заготовках и поставках. ГОСТ 9353-90

§1. Ассортимент продукции крупозаводов

Основной продукцией крупозаводов является крупа. Возможно также получение некоторого количества муки как неосновного продукта. Кроме основной продукции на стадии подготовки и переработки получают побочные продукты и отходы.

Выход крупы по сортам и номерам, а также нормы качества крупы рассматриваются при изучении соответствующих технологий.

Кроме основной продукции из зерна в технологии крупы получают побочные продукты и отходы.

Побочные продукты технологии:

- зерновая смесь от первичной переработки, содержащая свыше 50 до 70 % включительно зерен продовольственных, фуражных и бобовых культур, относимых по стандарту к основному зерну или зерновой примеси;
- зерновая смесь, содержащая свыше 70 до 85 % зерен продовольственных, фуражных и бобовых культур, относимых по стандарту к основному зерну или зерновой примеси;

Основная продукция крупозаводов

Зерно	Наименование и ассортимент	Сорт, номер
1	2	3
Рис	Рис шлифованный	Высший, первый, второй, третий сорта
	Рис дробленый шлифованный	На сорта не делится
	Рис шлифованный для производства детского питания	Высший и первый сорта
Гречиха	Ядрица	Первый, второй, третий сорта
	Продел	На сорта не делится
	Ядрица быстрорастворимая	Первый, второй, третий сорта
	Продел быстрорастворимый	На сорта не делится
	Ядрица быстрорастворимая для производства детского питания	Первый сорт
	Крупа гречневая, не требующая варки	На сорта не делится
Овес	Крупа овсяная недробленая	Высший, первый, второй сорта
	Крупа овсяная плющенная	Высший, первый, второй сорта
	Крупа овсяная для производства детского питания	Высший сорт
	Овсяные хлопья Геркулес	На сорта не делится
	Овсяные хлопья Экстра	№ 1, 2, 3
	Толокно	На сорта не делится
	Толокно для детского питания	На сорта не делится
Просо	Пшено шлифованное	Высший, первый, второй, третий сорта
	Пшено шлифованное быстрорастворимое	Высший, первый, второй сорта
Ячмень	Крупа перловая	№ 1, 2, 3, 4, 5
	Крупа ячневая	№ 1, 2, 3
	Крупа ячневая быстрорастворимая	№ 1, 2, 3
	Крупа перловая с сокращенным временем варки	№ 1, 2, 3, 4, 5
	Крупа ячневая, не требующая варки	На сорта не делится
Горох	Горох шелушенный целый	Первый, второй сорта
	Горох шелушенный копотый	Первый, второй сорта
	Крупа гороховая быстрорастворимая	На сорта и номера не делится
Кукуруза	Крупа кукурузная шлифованная	№ 1, 2, 3, 4, 5
	Крупа кукурузная крупная для хлопьев	На сорта и номера не делится
	Крупа кукурузная мелкая для палочек	На сорта и номера не делится
	Мука кукурузная	На сорта и номера не делится
Пшеница	Крупа пшеничная Полтавская	№ 1, 2, 3, 4
	Крупа пшеничная Артек	№ 5
	Крупа пшеничная быстрорастворимая	№ 1, 2, 3
Различ- ное сы- рье в соответ- ствии с рецеп- том	Крупы повышенной питательной ценности:	
	Юбилейная	
	Здоровье	
	Спортивная	
	Пионерская	
	Сильная	
	Южная	
	Флотская	
	Союзная	

- ♦ мучка кормовая, получаемая при выработке муки и крупы;
- ♦ дробленка кормовая — просяная, овсяная, сечка гороховая, получаемые при выработке крупы, а также измельченное зерно кукурузы, проходящее через сито с диаметром отверстия 2,5 мм;
- ♦ зародыш, отбираемый при переработке.

Отходы:

- ♦ первой категории:

- а) зерновые отходы с содержанием зерна свыше 30 до 50 % включительно;
- б) зерновые отходы с содержанием зерна свыше 10 до 30 % включительно;
- в) мучные вытряски и мучной смет;
- г) пыль обоечная, белая.

- ♦ второй категории:

- а) зерновые отходы с содержанием зерна свыше 2 до 10 %;
- б) стержни початков кукурузы, кукурузная пленка, лузга гороховая, лузга мягкая овсяная и ячменная, солома;

- в) пыль обоечная серая.

- ♦ третьей категории:

- а) отходы от очистки, содержащие зерна не более 2 %, соломистые частицы;
- б) лузга рисовая, просяная, гречневая, жесткая овсяная и ячменная, пыль аспирационная и обоечная черная;

- в) кукурузные обертки.

Зерном в зерновой смеси считаются зерна продовольственных, фуражных и бобовых культур, относимых по стандартам к этим культурам и основному зерну или зерновой примеси. При наличии в побочном продукте зерновой смеси от первичной переработки свыше 10 % зерен пшеницы или риса или свыше 20 % зерен других культур, относимых по стандарту к основному зерну, указанная зерновая смесь подлежит дополнительной обработке с целью извлечения основного зерна.

Побочные продукты должны по качеству соответствовать требованиям действующих государственных стандартов или технических условий.

§2. Выход продукции крупозаводов

Выход продукции — это его относительное содержание к массе переработанного зерна с учетом усушки и механических потерь. Очевидно, что при переработке должен соблюдаться материальный баланс между количеством поступившего в переработку зерна C_0 и суммой конечных продуктов (основной продукцией C_k с побочными продуктами C_n , отходами $C_{отх}$, механическими потерями $M.П.$ с учетом усушки $У$). При $C_0 = 100$ % уравнение материального баланса имеет вид:

$$100 = \sum_1^n C_k + \sum_1^n C_n + \sum_1^n C_{отх} + M.П. + У. \quad (4.1)$$

Усушку рассчитывают по формуле:

$$Y = \frac{100(W_H - W_K)}{100 - W_K}, \quad (4.2)$$

где W_H — средневзвешенная влажность зерна в приемном бункере, %;

W_K — средневзвешенная влажность готовой продукции, %.

При определении средневзвешенной влажности продукции учитывается влажность крупы, муки, кормовой мучки и лузги.

Механические потери рассчитывают по разности между количеством переработанного зерна и количеством полученной основной продукции, побочных продуктов и отходов с учетом усушки. В промышленности механические потери исчисляют совместно с некормовыми отходами или отходами III категории. На величину механических потерь оказывают влияние потери в виде россыпей при работе технологического, транспортного оборудования, которые не возвращаются в технологический процесс, потери с аспирационными отходами и моечными водами и т. п.

Выход готовой продукции крупозаводов может колебаться в значительных пределах в зависимости от качества зерна, уровня технологии и эффективности ее эксплуатации. В отрасли хлебопродуктов различают следующие виды выходов.

Базисный выход готовой продукции. Это некоторый условный выход, который должен получиться при переработке зерна базисных кондиций по стандартной технологии, включающей обязательные для данной технологии операции. Базисные показатели — это усредненные показатели качества зерна, способного дать базисный выход при переработке. Базисный выход указывают в характеристике технологии.

Расчетный выход продукции. По определению этот выход получают расчетом, производимым на основании некоторых правил, которые зафиксированы в соответствующей нормативно-технической документации на производство крупы. Известно, что сырье, поставляемое на крупозаводы по показателям качества, всегда отличается от некоторых базисных (усредненных) показателей, по которым определен базисный выход. И каждый показатель качества оказывает влияние на выход конечной продукции определенного вида — увеличивает или уменьшает. При высоком качестве зерна выход основной продукции увеличивается за счет уменьшения побочных продуктов технологии или отходов. И, наоборот, при низком качестве зерна выход основной продукции снижается за счет увеличения выхода побочных продуктов или отходов. Процедура по определению влияния качества зерна на выход конечной продукции называется расчетом выходов. Нормы скидок и надбавок разработаны на основании анализа большого количества фактического материала и отражают на данный момент времени уровень технологии крупы. В качестве примера рассмотрим влияние на выход крупы рисовой массовой доли ядра (показатель качества, показывающий относительное содержание ядра риса, способного дать недробленую крупу при переработке). Базисный показатель массовой доли ядра для риса составляет 76,5 %. При переработке такого зерна (остальные показатели также базисные) получают выход целой крупы — 55,0 %, дробленной — 10 %, мучки — 12,2 %, отходов I–II категории — 3,0 %. Остальные показатели базисного выхода не упоминаем, так как массовая доля ядра не оказывает на них влияние по правилам расчета выходов. Предположим, что в переработку поступил рис с массовой долей ядра 77,3 %. Очевидно, что его потенциальные возможности

выше, чем сырьё с базисными кондициями. Поэтому нормативно-техническая документация на ведение технологии предусматривает:

- за каждый процент массовой доли ядра больше базисной нормы увеличивается выход целой крупы на 0,8 %, риса дробленого — на 0,1 % и мучки — на 0,1 % за счет уменьшения выхода отходов I–II категории.

В нашем примере фактическая величина массовой доли ядра больше базисной нормы на 0,8 %. Следовательно, выход целой крупы должен быть увеличен на $0,8 \times 0,8 = 0,64$ %, риса дробленого — на $0,8 \times 0,1 = 0,08$ % и мучки — $0,8 \times 0,1 = 0,08$ % за счет уменьшения выходов отходов I–II категории на 0,8 %.

Полученные соответствующие надбавки и скидки должны быть сделаны с базисного выхода каждого вида готовой продукции, на которую влияет массовая доля ядра.

Таким образом, при учете влияния только по массовой доле ядра получают следующие расчетные выходы продукции:

- по недробленой крупе — $55,0 + 0,64 = 55,64$ %;
- по дробленой крупе — $10,0 + 0,08 = 10,08$ %;
- по мучке — $12,2 + 0,08 = 12,28$ %;
- по отходам I–II категории — $3,0 - 0,8 = 2,2$ %.

Аналогичные расчеты в технологии крупы из риса проводят по содержанию луски, лома, трещиноватых зерен, зерен с красной семенной оболочкой, меловых и пожелтевших зерен и усушке, т. е. тех показателей и признаков качества, которые реально влияют на выход продукции. Алгебраическая сумма отклонений по каждому виду продукции (в зависимости от качества зерна) и базисного выхода дает расчетный выход продукции. Информация о величине расчетного выхода продукции крайне важна для практической деятельности технолога, так как позволяет корректировать ведение технологического процесса в кризисных ситуациях. Например, низкий выход недробленой крупы в течение определенного периода в сравнении с расчетным. Определяют расчетный выход продукции при переходе на зерно новой партии, в начале каждого месяца или других календарных сроков. По показателям расчетного выхода определяют соотношение между выходами основной продукции, побочной продукции, отходов применительно к производительности предприятия и постоянно контролируют это состояние. Обычно умелое управление технологическим процессом позволяет увеличить выходы продукции в сравнении с расчетными.

Фактический выход продукции. Это выход продукции, полученный при реальной переработке. Он определяется по массе продукции всех видов с учетом усушки. Таким образом, вся продукция крупозаводов, а также поступившее в переработку зерно должны обязательно взвешиваться на прошедших государственную или ведомственную проверку весам. Масса продукции также может дополнительно определяться по массе упакованной или расфасованной продукции.

Как результат ведения процесса определяют разность между фактическим и расчетным выходами. При эффективном ведении процесса фактический выход продукции будет выше расчетного. Причем, основное внимание обращают на соотношение выхода между основной и побочной продукцией при соблюдении необходимых норм качества.

§3. Общие принципы технологии подготовки крупяного сырья

Получение крупы высокого качества неразрывно связано с формированием партий зерна для переработки. Крупяные партии зерна формируют уже при закладке зерна на хранение. При этом необходимо соблюдать ряд правил, что дает ощутимые результаты впоследствии в виде высокого выхода продукции, стабильных режимов подготовки и переработки, экономии энергоресурсов и т. п.

Вот некоторые правила, которые выработаны при формировании партий зерна для переработки на крупозаводах:

- ♦ нельзя смешивать зерно разных сортов, типов и подтипов;
- ♦ нельзя к стандартному зерну примешивать зерно, хотя и однородное по типовому и сортовому составу, но содержащее трудноотделимые или вредные примеси. Такое зерно складывают отдельно, подрабатывают, после чего формируют партии;
- ♦ недопустимо формировать крупяные партии зерна для переработки при значительном расхождении во влажности (более 1 %). Особенно это актуально при отсутствии в технологии гидротермической обработки;
- ♦ отдельно хранят и отдельно перерабатывают крупяное сырье, прошедшее и не прошедшее тепловую сушку, хотя и имеющее одинаковую влажность.

По своей сути предварительная подготовка зерна для переработки при формировании крупяной партии является начальным этапом технологии. Процесс подготовки крупяного сырья продолжается в зерноочистительном отделении крупозавода, где зерно приобретает оптимальные технологические свойства. При этом решаются те же задачи, что и в зерноочистительном отделении мукомольного завода:

- ♦ выделение «свободных» примесей из зерновой массы в операции сепарирования;
- ♦ обработка поверхности зерна или неглубокое шелушение периферийных слоев для выделения прочно связанных (удерживаемых поверхностью) с поверхностью зерна примесей. Операция шелушения может осуществляться при глубоком воздействии на периферию зерна или при полном удалении наружных оболочек. Причем, она может быть операцией зерноочистительного или рушального (шелушильного) отделения крупозавода;
- ♦ гидротермическая обработка;
- ♦ обеспечение рецептуры крупяной партии, а также постоянства массового потока и качества зерна;
- ♦ осуществление контрольных операций с отходами или побочными продуктами.

В отличие от мукомольной технологии, где гидротермическая обработка чередуется с операциями по очистке и обработке поверхности зерна, гидротермическая обработка в технологии крупы является заключительной операцией и осуществляется непосредственно перед передачей зерна в рушальное отделение. Учитывая большое разнообразие крупяного зерна по физическим свойствам, форме, анатомическому строению, единой технологической схемы для подготовки крупяного сырья к переработке нет. Каждая технология строится индивидуально, хотя и используются единые принципы. Гидротермической обработке подвергаются не все крупяные культуры, а только часть. Так, по технологической схеме с пропариванием, сушкой и охлаждением обрабатыва-

ются гречиха, овес и горох. Пшеница и кукуруза обрабатываются по технологии холодного способа гидротермической обработки с однократным увлажнением и отволаживанием. Крупианое сырье содержит большее количество примесей, чем пшеница и рожь, в том числе и трудноотделимых. Например, для гречихи — это семена дикой редьки, для риса — сулуф, минеральная примесь в виде комочков земли, глины с примесью органики и т. п.

Для очистки зерна от трудноотделимых примесей используют специфические приемы и специальное оборудование. Так, при сепарировании гречихи используют сита третьего типа с треугольной формой рабочего отверстия. При этом гречиха при совпадении ее формы с формой отверстий сита оказывается в проходе, а примеси — в сходе сита. При большой вариации гречихи по диаметру описанной окружности вокруг миделевого сечения, достигающего 2 мм, этот прием наиболее эффективен при использовании пофракционной очистки. При этом зерно делится на 2–3 фракции, а затем каждую сепарируют с учетом специфики засорителей. Опыт подготовки крупяного сырья к переработке показывает, что крупная фракция зерна содержит незначительное количество примесей, средняя фракция — основную массу трудноотделимых примесей, а мелкая — основную массу сорной, в том числе и минеральной примеси. На рисунке 4.1 показаны технологические схемы сепарирования гречихи с делением зерна на три и две фракции с использованием крупосортировок и рассевов БРУ различных технологических схем. Предпочтительнее выглядит схема, по которой зерно предварительно делится на три фракции. Это позволяет более эффективно использовать сита с треугольной формой отверстия на втором этапе сепарирования в рассевах БРУ. Причем, применение технологической схемы рассева № 2 позволяет снизить нагрузку на эти сита, что также должно благоприятно отразиться на выделении примесей, отличающихся от зерна гречихи по форме.

По технологии В зерно гречихи делят на две фракции с одновременным выделением сходом некоторого количества трудноотделимых примесей. На втором этапе на ситах первых двух групп с большей эффективностью выделяются примеси, отличающиеся высотой в миделевом сечении, а также мелкие примеси, семена культурных и дикорастущих растений, толщина которых меньше ширины отверстия сита. Этому также способствует минимальная нагрузка на сито. Есть и другие специфические приемы, используемые в технологии подготовки крупяного сырья. Таким образом, большое разнообразие физико-химических свойств различных культур, специфическая форма, особенности анатомического строения не позволяют разработать универсальную технологию подготовки крупяного сырья к переработке. Однако можно выделить ряд общих положений, которые будут свойственны при конструировании технологических схем для любой культуры:

1. Крупианое зерно, подготовленное для переработки, оперативно хранится в емкостях для неочищенного зерна, вместимость которых должна обеспечить бесперебойную работу завода не менее чем на сутки.

2. Для выделения примесей, не связанных прочно с поверхностью крупяного зерна, технология должна предусмотреть не менее чем двух-трехкратное сепарирование с использованием ситовых или ситовоздушных сепараторов. Возможна корректировка количества одноименных сепараторных проходов в зависимости от реальной эффективности их работы. Размер отверстий приемных сит должен быть больше длины зерна и обеспечивать свободное выделение зерна проходом, а сходом — полное отделение

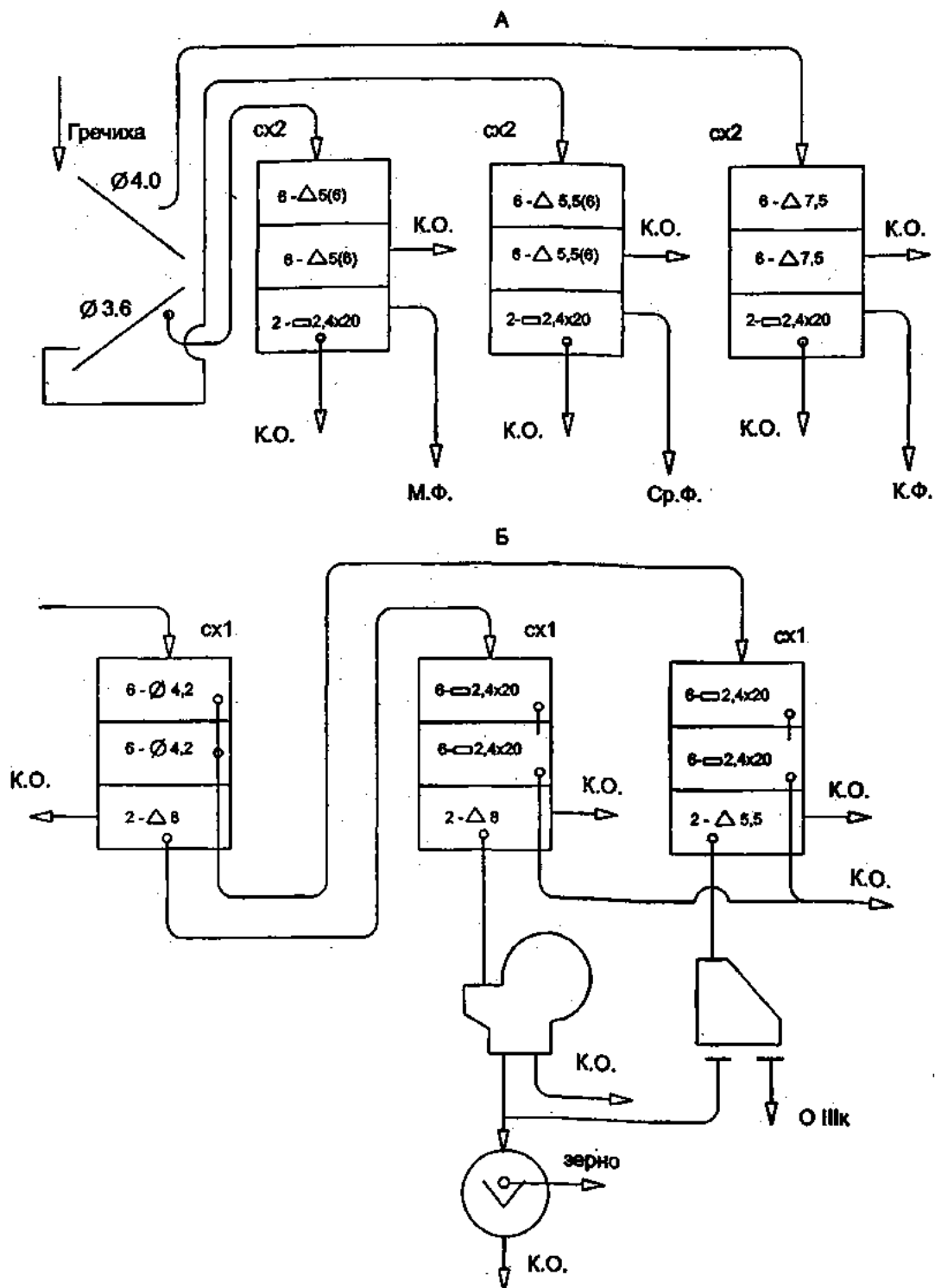


Рис. 4.1. Технологические схемы сепарирования гречихи с делением на три (А) и две (Б) фракции:

К.О. — контроль отходов; О IIIк — отходы III категории;
фракции зерна гречихи: М.Ф. — мелкая; Ср.Ф. — средняя; К.Ф. — крупная

грубых, случайно попавших примесей. При использовании в технологии сепараторов с двумя рядами сит выделение грубых, случайно попавших примесей должно быть организовано на стадии предварительной очистки и формирования крупяной партии или на стадии очистки в зерноочистительном отделении с применением специальных скальператоров — ворохоочистителей.

Размер отверстий сортировочных сит подбирают в зависимости от крупности зерна и таким образом, чтобы в проходе сита получить зерно, а в сходе — крупные примеси.

Размер отверстий подсевных сит должен обеспечивать полное извлечение мелкого сора и особенно мелких минеральных примесей — песка (отсюда название подсевного сита — песочное).

3. Технология должна предусмотреть отделение мелкого зерна, что весьма актуально, так как из щуплого, мелкого, невыполненного зерна получить высококачественную крупу невозможно. Для отделения мелкого зерна подсевные сита сепараторов второго и третьего проходов разрезают, а выделенный проход дополнительно контролируют с оптимальной нагрузкой на сито.

4. Весьма эффективной может быть пофракционная очистка крупяного зерна, как это было показано выше на примере гречихи. Причем, каждая фракция зерна может быть обработана по специальной технологии с учетом специфики засорителей.

5. Технология также может предусматривать очистку зерна от коротких и длинных примесей с использованием триеров и концентраторов.

6. Обязательными операциями в технологии являются выделение металломагнитных примесей перед машинами ударного действия, на контроле зерна и отходов, сепарирование зерна от легких и минеральных примесей, а также взвешивание поступающего зерна и конечных продуктов для контроля и весового учета.

7. Технология должна предусматривать контроль отходов и кормовых зернопродуктов с целью извлечения полезного зерна и возврата его в технологический процесс, что, несомненно, должно повысить уровень использования зерна в целом. При этом содержание зерна в отходах после проведения контрольных операций не должно превышать норм, установленных на соответствующие категории продуктов стандартами или техническими условиями. Технологии также могут предусматривать специфические приемы, свойственные только данной крупяной культуре. Качество зерна, направляемого в переработку после очистки, должно соответствовать показателям, приведенным в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Качество зерна, направляемого в рушальное отделение

Культура	Влажность, %	Сорная примесь, %, не более	В том числе, %, не более			
			Минеральной примеси	Куколя	Головки и спорыньи	Горчака и вязаля
1	2	3	4	5	6	7
Просо	13,5* 14,5**	0,3	0,1	—	0,03	0,02
Гречиха	12,5* 13,5**	0,5	0,1	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7
Овес для крупы	10,0/14,0	0,3	0,1	0,1	0,03	0,02
Овес для толокна	13,5	0,3	0,1	0,1	0,03	0,02
Рис	14,0* 15,5**	0,4	0,1	—	—	—
Ячмень	15,0	0,4	0,1	—	0,03	0,02
Пшеница	14,5	0,4	0,1	0,1	0,03	0,02
Горох	14,0* 15,0**	0,5	0,05	—	—	—
Кукуруза	16,0/22,0	0,2	0,1	—	—	—

* При выработке крупы для длительного хранения.

** При выработке крупы для текущего потребления.

Для овса влажность в числителе при шелушении на поставках, в знаменателе — на обоечных машинах.

Для кукурузы влажность в числителе при производстве 5-номерной шлифованной крупы, в знаменателе — крупы для хлопьев и палочек.

§4. Общие принципы переработки зерна в крупу

По определению крупы как основного продукта технологии в рушальном (шелушительном) отделении должен осуществляться комплекс процессов по удалению с зерна наружных, внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша. Причем, в зависимости от особенностей анатомического строения, физических свойств зерна и вида готовой продукции степень удаления может быть различной, а некоторые анатомические части могут и не удаляться вовсе. Поэтому при сравнении технологические процессы производства различных видов круп могут разительно отличаться.

Принципиальная последовательность операций в рушальном отделении представлена на рисунке 4.2.

Сортирование по крупности предполагает разделение зерна на фракции, более выровненные по геометрическим размерам. Последнее должно оптимизировать проведение последующих операций, таких как шелушение и крупотделение (разделение зерна и ядра при сортировании продуктов шелушения).

Шелушение — это операция по полному или частичному удалению наружных оболочек зерна.

Сортирование продуктов шелушения предусматривает разделение смеси на более однородные фракции по качеству и физическим свойствам с выделением конечных продуктов технологии — лузги, мучки, дробленого ядра. Выделенные фракции дополнительно обрабатываются: зерно повторно шелушится, ядро шлифуется или дробится в зависимости от технологии, конечные продукты контролируются.

Дробление — это разрушение ядра крупяных культур на относительно крупные части в технологии дробленых круп.

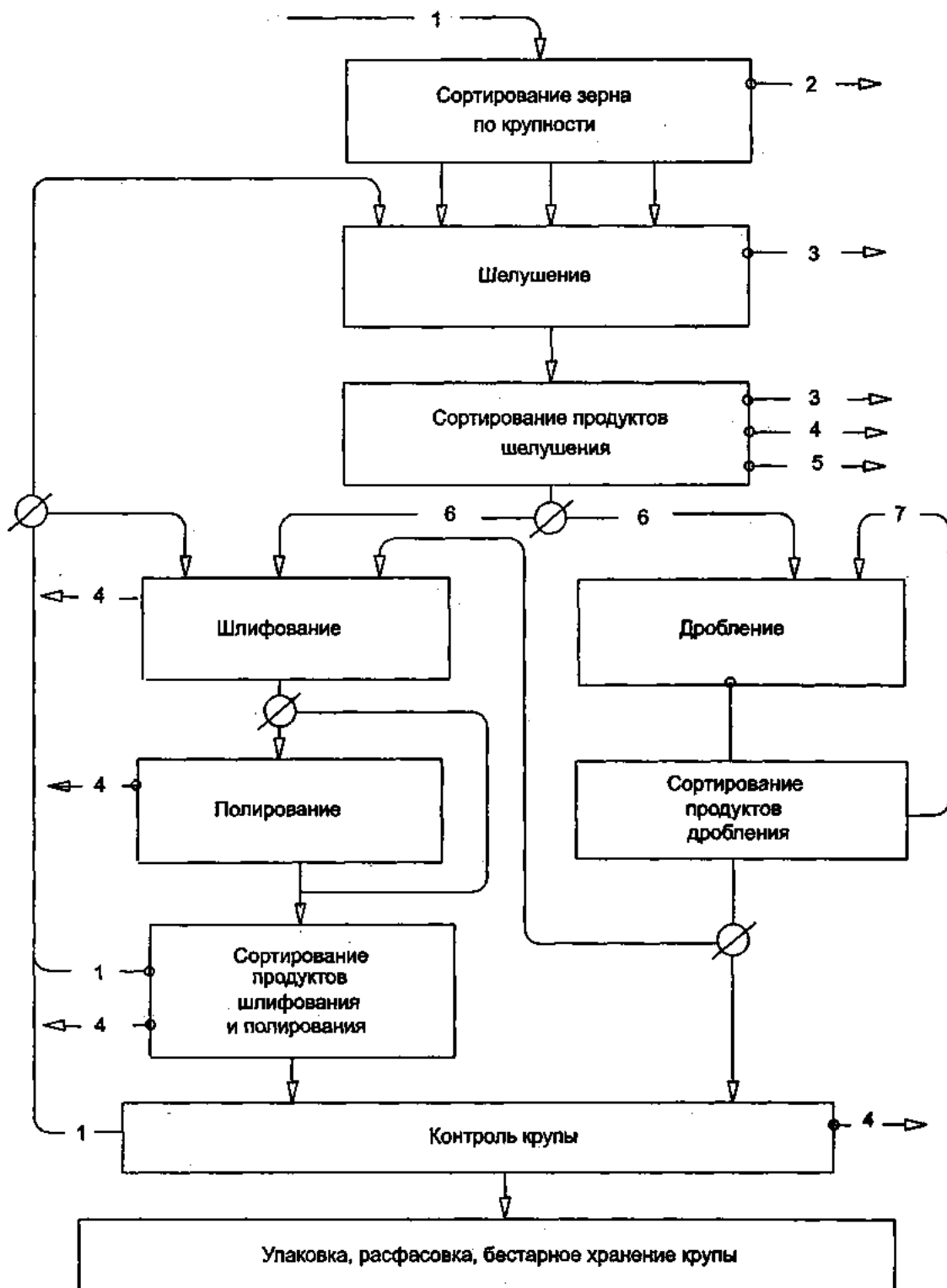


Рис. 4.2. Последовательность операции в рушальном отделении крупозавода:
 1 — зерно; 2 — отходы; 3 — лузга; 4 — мучка; 5 — дробленое ядро;
 6 — ядро; 7 — крупная фракция ядра

Сортирование продуктов дробления предусматривает получение более однородных фракций дробленого продукта с выделением крупной фракции, подлежащей дополнительному дроблению, и мелкого продукта в виде муки.

Шлифование — технологическая операция по удалению с ядра или его частей внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша (частично или полностью) для улучшения качественных показателей готовой продукции.

Полирование — операция по дальнейшей обработке шлифованного ядра с целью улучшения качества крупы и ее товарного вида. По интенсивности воздействия на ядро операция полирования в несколько раз уступает операции шлифования.

Сортирование продуктов шлифования или полирования предусматривает выделение конечных продуктов технологии.

Контроль крупы осуществляется как обязательная операция для улавливания случайно попавших примесей, удаления остатков муки, лузги, нешелушенных зерен. В технологии дробленых круп при контроле формируется номер крупы и ее однородность.

Упаковка, расфасовка и бестарное хранение крупы осуществляется в специальном цехе готовой продукции или в отделении готовой продукции, которое может быть составной частью рушального отделения крупозавода.

Предварительное сортирование зерна по крупности

Целесообразность этой операции определяется прежде всего необходимостью создать оптимальные условия для проведения последующих операций. В основном, это операции шелушения и крупотделения в технологии недробленых круп. Шелушение несортированного по фракции крупности зерна может привести и к излишнему дроблению крупного зерна и недошелушению мелкого зерна, что отрицательно скажется на эффективности технологии в целом. Особенно это актуально при невыравненном по крупности зерне и использовании при шелушении абразивных рабочих органов с жестким рабочим зазором. Наиболее полно операция предварительного сортирования представлена в технологии крупы из гречихи. Это объясняется тем, что вариация зерна гречихи по диаметру описанной окружности вокруг миделевого сечения практически всегда составляет около 2 мм, т. е. технологическая крупность зерна определяется проходом сита Ø 5 мм и сходом сита Ø 3 мм (по многолетним наблюдениям за товарными партиями гречихи). Если учитывать, что шелушение гречихи (в рабочем зазоре вальцедекового станка) осуществляется путем сжатия зерна по ребру гречихи, то мелкую фракцию необходимо шелушить при зазоре 2,1–2,3 мм, а крупную — 3,9–4,1 мм. В конечном итоге, величины рабочих зазоров должны быть не меньше длины ребра грани ядра. Это позволит избежать излишнего дробления ядра. Одновременно предварительное сортирование гречихи на фракции обеспечивает проведение крупотделения с использованием ситовых сепараторов. Для предварительного сортирования можно использовать зерноочистительные сепараторы, крупосортировки, многорамные рассевы. Процесс сортирования осуществляют в один–два или несколько этапов. При одноэтапном сортировании разделение осуществляется не более чем на две–три фракции. При этом способе ведения технологии нельзя добиться точного разделения смеси и выделенные фракции содержат большое количество «чужих» зерен. При необходимости делить исходное зерно на несколько фракций процесс ведут в два или более этапов. При этом на предварительной стадии зерно сортируют на две–три фракции,

каждую из которых дополнительно сортируют и калибруют на втором и третьем этапах. Калибрование в технологии сортирования представляет собой операцию, когда выделенную фракцию зерна дополнительно сортируют с использованием тех же сит, что и на основной операции, с целью более эффективного выделения зерен «чужих» фракций.

Эффективность предварительного сортирования по крупности оценивают по содержанию «чужих» зерен в выделенных фракциях. Сортирование считается проведенным удовлетворительно, если после предварительного этапа количество «чужих» зерен в выделенных фракциях не превышает 15 %, а после окончательного этапа — не более 6 %.

Операцию предварительного сортирования используют при переработке в крупу овса, гороха, риса, гречихи и проса, т. е. в технологии недробленых круп. Причем, только в технологии крупы из гречихи ее осуществляют в рушальном отделении. Для остальных технологий операция предварительного сортирования осуществляется как одна из заключительных операций зерноочистительного (подготовительного) отделения крупозавода. Технологические схемы предварительного сортирования будут рассмотрены при изучении соответствующих технологий.

Принципиальные схемы шелушения

Процесс шелушения может быть построен принципиально по двум вариантам:

- по технологической схеме с промежуточным выделением ядра;
- конвейерным способом.

Сущность первого способа состоит в том, что при разделении продуктов шелушения выделяются в чистом виде зерно и ядро крупяной культуры. Это позволяет осуществить повторное шелушение выделенного зерна или на специально выделенной технологической системе шелушения, или на первоначальной системе шелушения. В соответствии с рисунком 4.3 различают две модификации технологических схем: с возвратом нешелушенных зерен на первоначальную систему шелушения (А) и с возвратом нешелушенных зерен на специальную сходовую систему (Б). По технологическим схемам с промежуточным выделением ядра построен процесс шелушения для культур, у которых в результате шелушения образуются ядра в чистом виде (рис, овес, гречиха) и имеется надежный способ разделения ядра и зерна. При шелушении проса также образуются ядра в чистом виде и отделение их от зерен принципиально возможно. Однако до настоящего времени в технологии отсутствует надежный способ разделения ядра и зерна проса из-за незначительного различия их по физическим признакам. Поэтому просо шелушат конвейерным способом. Таким же способом шелушат зерно крупяных культур, у которых удаляемая наружная оболочка прочно связана с ядром. В результате получают в различной степени шелушенное зерно, что делает невозможным разделение зерна необработанного и частично обработанного. На рисунке 4.4 представлен конвейерный способ шелушения. Сущность конвейерного способа состоит в том, что многократное последовательное шелушение повторяют вплоть до достижения заданного эффекта. При этом в качестве контрольного теста ограничивают количество нешелушенных зерен в смеси. Количество последовательных циклов шелушения зависит от свойств перерабатываемого зерна, а также от эффективности шелушения на отдельных этапах. Так, при конвейерном способе шелушения проса с использованием однодековых шелушителей количество последовательных систем шелушения

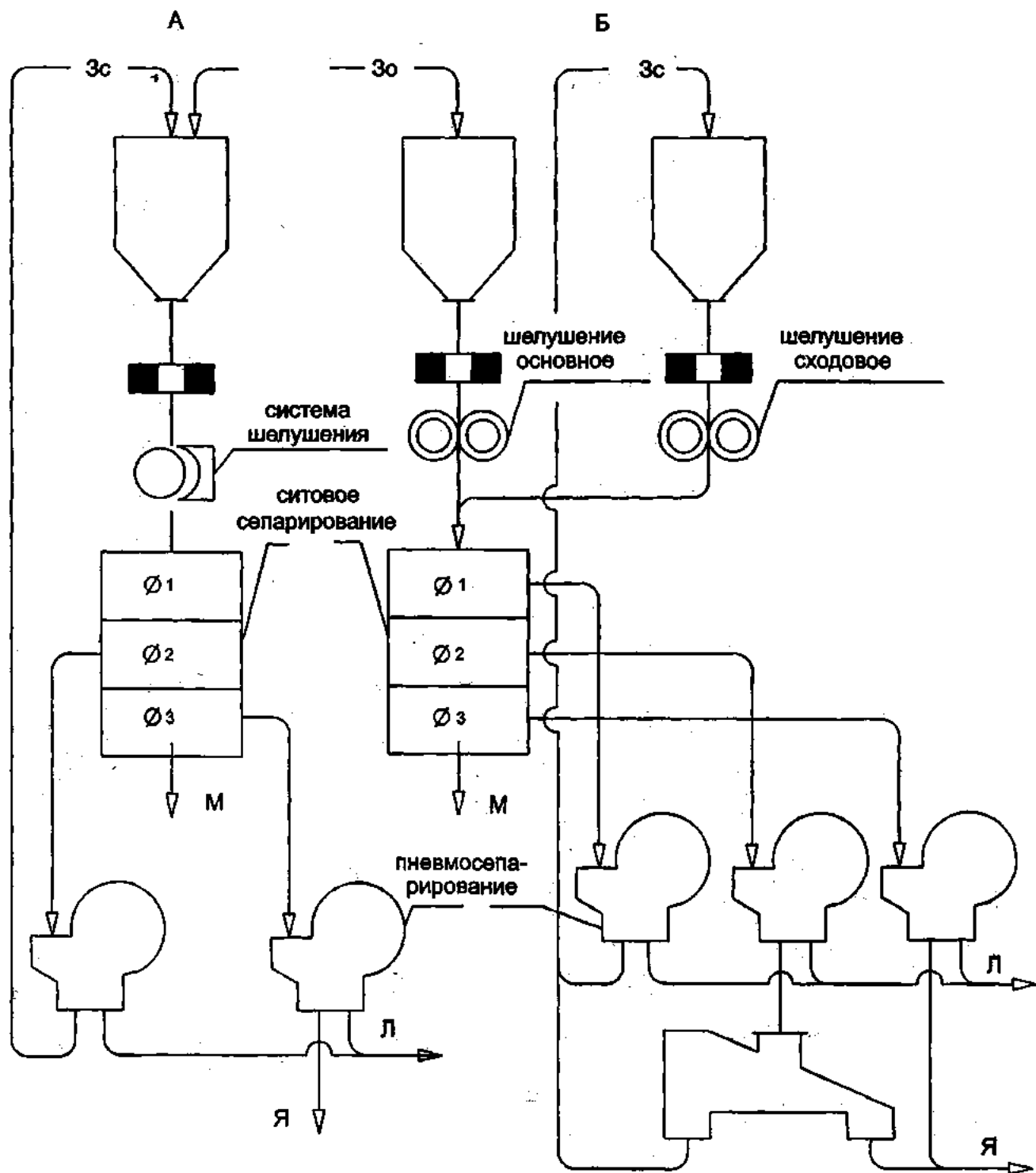


Рис. 4.3. Технологические схемы шелушения с промежуточным выделением ядра:
 А — с возвратом зерна на основную систему шелушения;
 Б — с возвратом зерна на сходовую систему шелушения;
 3о — основное зерно; 3с — сходовое зерно; М — мучка; Я — ядро; Л — лузга

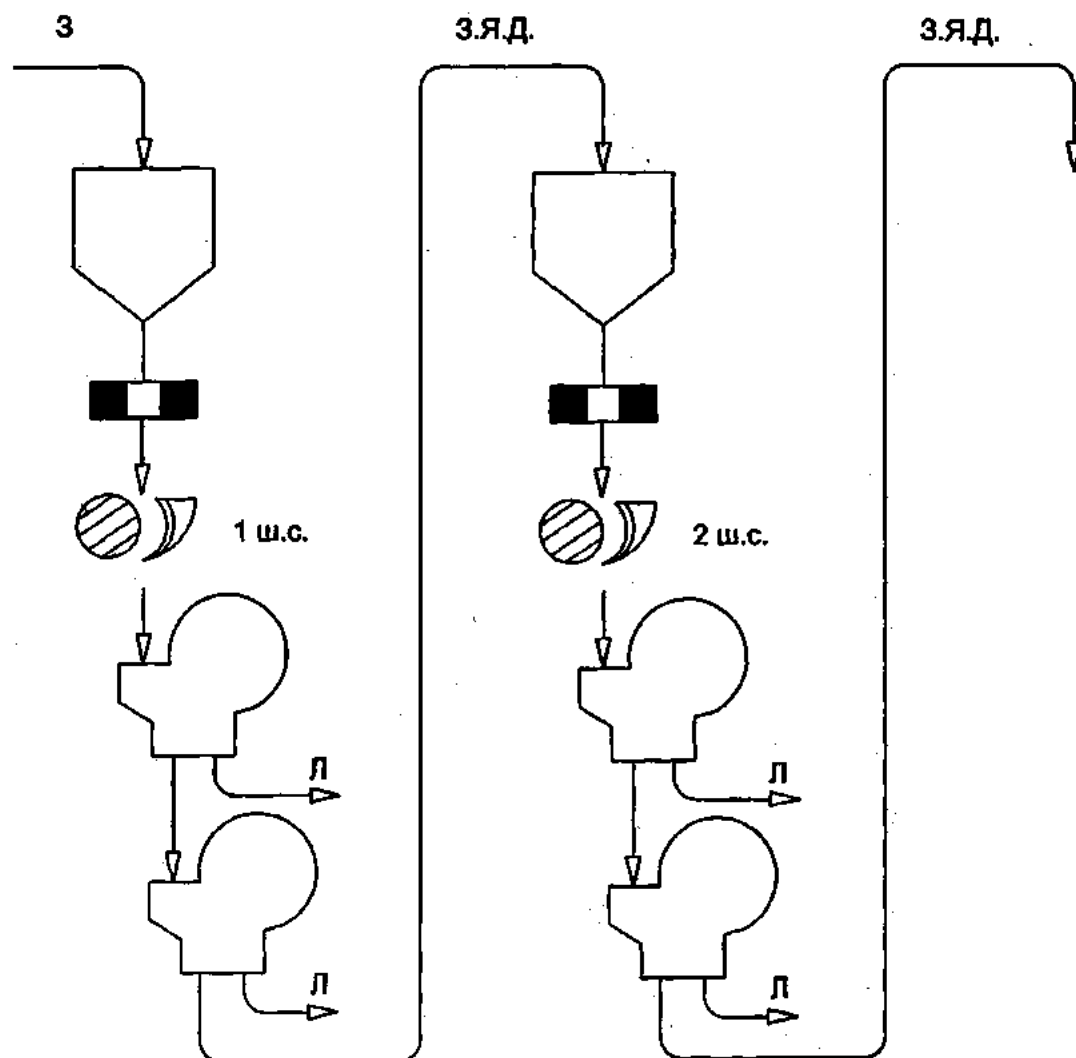


Рис. 4.4. Технология шелушения конвейером:
 З — зерно; Я — ядро; Д — дробленое ядро; Л — лузга
 1 ш.с., 2 ш.с. — первая и вторая шелушильные системы

достигает четырех. Такое же количество циклов используется при шелушении ячменя в технологии перловой и ячневой крупы.

Очевидно, что в технологии недробленых круп применение конвейерного способа наименее эффективно, что связано с повышенной дробимостью ядра и большим оборотом продуктов.

Способ с промежуточным выделением ядра имеет ряд преимуществ:

- увеличивается выход целого ядра за счет снижения дробимости (приблизительно на 2–3,5 %);
- уменьшается оборот продуктов приблизительно в 2–2,1 раза;
- снижается удельный расход энергии на переработку.

Примечание. Оборот продуктов оценивается коэффициентом оборота, который равен отношению фактического количества продуктов, поступивших в процессе, к начальному количеству зерна.

Принципиальное построение шлифования и полирования

Известно, что шлифование и полирование — это в основном абразивное удаление остатков наружных оболочек, частично или полностью внутренних оболочек, алейронового слоя и зародыша. Различие между шлифованием и полированием состоит только в интенсивности воздействия на поверхности ядер (см. главу об обработке поверхности зерна и ядра). Очевидно, что достаточная и необходимая степень шлифования и полирования диктуется, прежде всего, задачами технологии или выходом и качеством готовой продукции. Отсюда и построение технологии, и количество последовательных циклов воздействия или систем. Последнее всегда связано с интенсивностью воздействия (шлифования) на единичной системе и качеством процесса. Увеличение интенсивности на отдельных системах приводит к увеличению дробимости ядер и снижению выхода недробленой крупы. В технологии дробленых круп возрастает выход крупы мелких номеров и мучки, что также нежелательно.

Общее количество систем шлифования и полирования в технологическом процессе может колебаться от одной до семи. Причем в технологии недробленых круп это количество, как правило, не более пяти, а в технологии дробленых круп — не более шести-семи. В таблице 4.5 приведены данные о количестве систем шлифования и полирования для различных технологий.

Таблица 4.5

Количество систем шлифования и полирования в технологии дробленых и недробленых круп

Зерно	Основной вид крупы	Количество систем		
		Шлифования	Полирования	Всего
Гречиха	Недробленая	—	—	—
Просо	Недробленая	1	—	1
Овес	Недробленая	1	—	1
Ячмень	Дробленая перловая	3	3	6
Ячмень	Дробленая ячневая	1	—	1
Горох	Недробленая	—	1	1
Пшеница	Дробленая	3	3	6
Кукуруза	Дробленая шлифованная	4	—	4
Рис	Недробленая	4-5	1	5-6

Технологии, где количество систем более одной, осуществляются последовательной обработкой (конвейерным способом) без промежуточного отбора каких-либо продуктов или с промежуточным отбором мелких фракций дробленого ядра и мучки. Общая интенсивность процесса шлифования или количество удаляемого периферийного слоя относительно массы поступившего на шлифование ядра различны для разных культур и диктуются, прежде всего, качеством конечного продукта — крупы.

Дробление или резание в технологии крупы

Операция необходима только в технологии дробленых круп. В отличие от измельчения в технологии муки и интенсивного дробления в технологии комбикормов, дробление в технологии крупы представляет совокупность операций, в результате которых ядро дробится на частицы размерами от 1 до 4 мм. При этом весь процесс не должен сопровождаться чрезмерным образованием мучнистых частиц. Для оптимизации процесса зерно может предварительно сортироваться на фракции крупности. Для дробления используют вальцовые станки со специальной нарезкой валков, вальцовые станки с мельничной нарезкой валков, дробилки со специальной формой молотков, а также барабанные дробилки со специальной формой поверхности.

При использовании вальцовых станков с мельничной нарезкой валков по образующей цилиндра с небольшим уклоном весь процесс напоминает драной в мукомольной технологии. По такой технологии осуществляют дробление пенсака (шелушенный и частично дробленый ячмень) при производстве ячневой крупы.

Специальную взаимно перпендикулярную нарезку валков используют для дробления пенсака в технологии перловой крупы и пшеницы в технологии Полтавской крупы. В соответствии с рисунком 4.5 быстровращающийся валок нарезают по винтовой линии с шагом 2,5 мм и высотой рифли 3 мм, а медленно вращающийся — по образующей цилиндра с небольшим уклоном с количеством рифлей три на сантиметр длины окружности валка. Рабочий процесс осуществляется при скорости быстровращающегося валка 4 м/с и дифференции 1,5–2,5 и соответствующей удельной нагрузке. При этом измельчаемое зер-

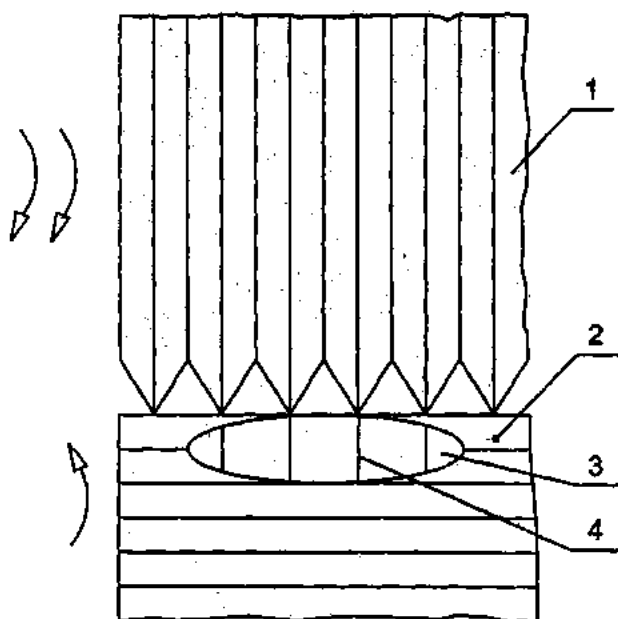


Рис. 4.5. Дробление на валках с взаимноперпендикулярной нарезкой:
1 — быстровращающийся валок; 2 — медленно вращающийся валок;
3 — измельчаемое зерно; 4 — линия надреза и разрушения

но укладывается своей длинной осью во впадине, образуемой «спинкой» и «острием» соседних рифлей медленно вращающегося вала, и надрезается рифлями быстро вращающегося вала. Глубина проникновения вершин рифлей в тело зерновки должна обеспечить лишь частичный надрез, при котором хрупкое ядро должно расколоться и дать острую на ощупь крупку. Эффективность дробления оценивают по выходу крупки, по минимальному выходу мукушастых частиц и по качеству крупки. При этом должно быть исключено разрушение зерна вдоль длинной оси, образование рваных частиц, что дает некачественную крупку.

В технологии крупы из кукурузы особенное место занимает отбор зародыша, так как его присутствие в крупе ухудшает условия хранения и крупа становится скоропортящейся. Поэтому дробление кукурузы осуществляют в специальных барабанных дробилках-зародышеотделителях. Поверхность ротора имеет специальные выступы, шины, косые зубцы, что предопределяет не надрезание зерна, а его дробление. При этом зародыш выделяется без интенсивного разрушения.

Технология дробления строится по приблизительно одинаковому принципу: продукты, подлежащие дроблению, предварительно сортируют на более однородные фракции крупности, затем дробят с применением оборудования, дающего наибольший эффект. Продукты дробления также сортируют, а полученные более однородные фракции направляют на последующие системы технологического процесса. Частные случаи построения технологических схем будут рассмотрены при описании соответствующих технологий.

Контрольные технологические операции в рушальном отделении крупозавода

Контрольные технологические операции обязательны для всех без исключения видов технологий и должны функционировать непрерывно в течение всего времени работы предприятия, обеспечивая надлежащее качество конечных продуктов. Последнее имеет принципиальное значение, так как практически всегда при эксплуатации предприятий возможны случайные неполадки (подсор продуктов из-за неплотности ситовых кузовов, прокладок, разрыва сит; унос доброкачественных продуктов в аспирационные отсосы; попадание побочных продуктов в основную продукцию из-за различных неполадок в работе оборудования и т. п.). В связи с этим технологические системы контроля должны обеспечивать:

- улавливание в конечных продуктах случайно попавших примесей;
- формирование вида, сорта или номера продукции;
- придание однородности всем без исключения конечным продуктам технологии;
- наиболее полное извлечение из побочных продуктов ядра (зерна) крупяной культуры и т. п.

Контрольные технологические операции осуществляются с использованием аналогичного технологического оборудования, которое применяется в рабочих процессах. Чаще всего с использованием сепарирующих машин (рассеивов, крупосортировок, пневмосепараторов, аппаратов для выделения металломагнитной примеси и т. п.).

Обязательным для контрольных процессов является контрольное взвешивание всех видов конечных продуктов для осуществления весового учета.

Контроль технологического процесса осуществляют для всех видов круп и побочных продуктов. При контроле недробленной (целой) крупы осуществляют следующие технологические операции:

- пересев крупы для выделения дробленого ядра и мучки;
- контрольное крупотделение для выделения из готовой крупы случайно оставшихся нешелушенных зерен;
- контрольное пневмосепарирование для удаления легких компонентов;
- выделение металломагнитных примесей;
- контрольное взвешивание.

Принципиальная схема контроля недробленной крупы приведена на рисунке 4.6.

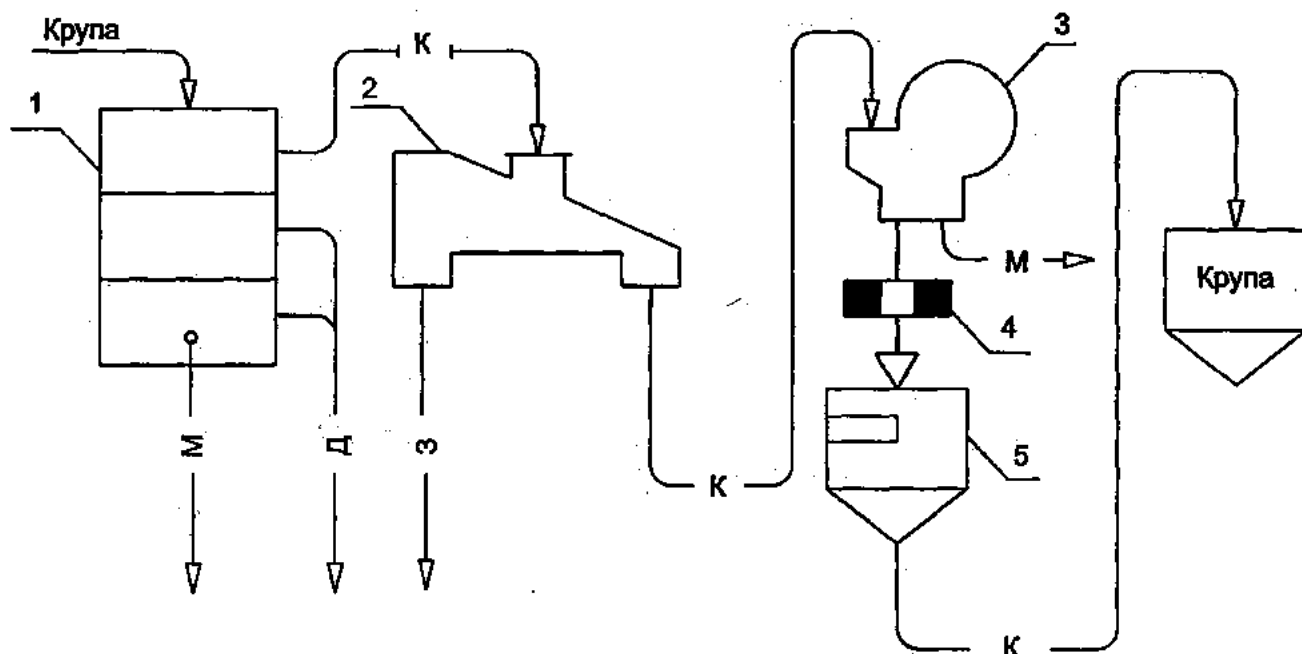


Рис. 4.6. Принципиальная схема контроля недробленной крупы:

К — крупа; М — мучка; Д — дробленое ядро; 3 — зерно;

1 — сортирование по крупности; 2 — крупотделение; 3 — пневмосепарирование;

4 — выделение металломагнитной примеси; 5 — взвешивание

Операцию контрольного крупотделения осуществляют на таком же оборудовании, что и в рабочем процессе. Так, для риса и овса используют падди-сепаратор, для гречихи — ситовой сепаратор. Сита для контрольного просеивания подбирают в соответствии с крупностью основных и побочных продуктов, которая индивидуальна для каждого вида продукции.

При контроле дробленной крупы осуществляют приблизительно такой же набор технологических операций (в соответствии с рис. 4.7), что и при контроле недробленной крупы. Только вместо контрольного крупотделения вводится операция калибрования крупы по номерам. На начальном этапе контроля готовая крупа предварительно сортируется на

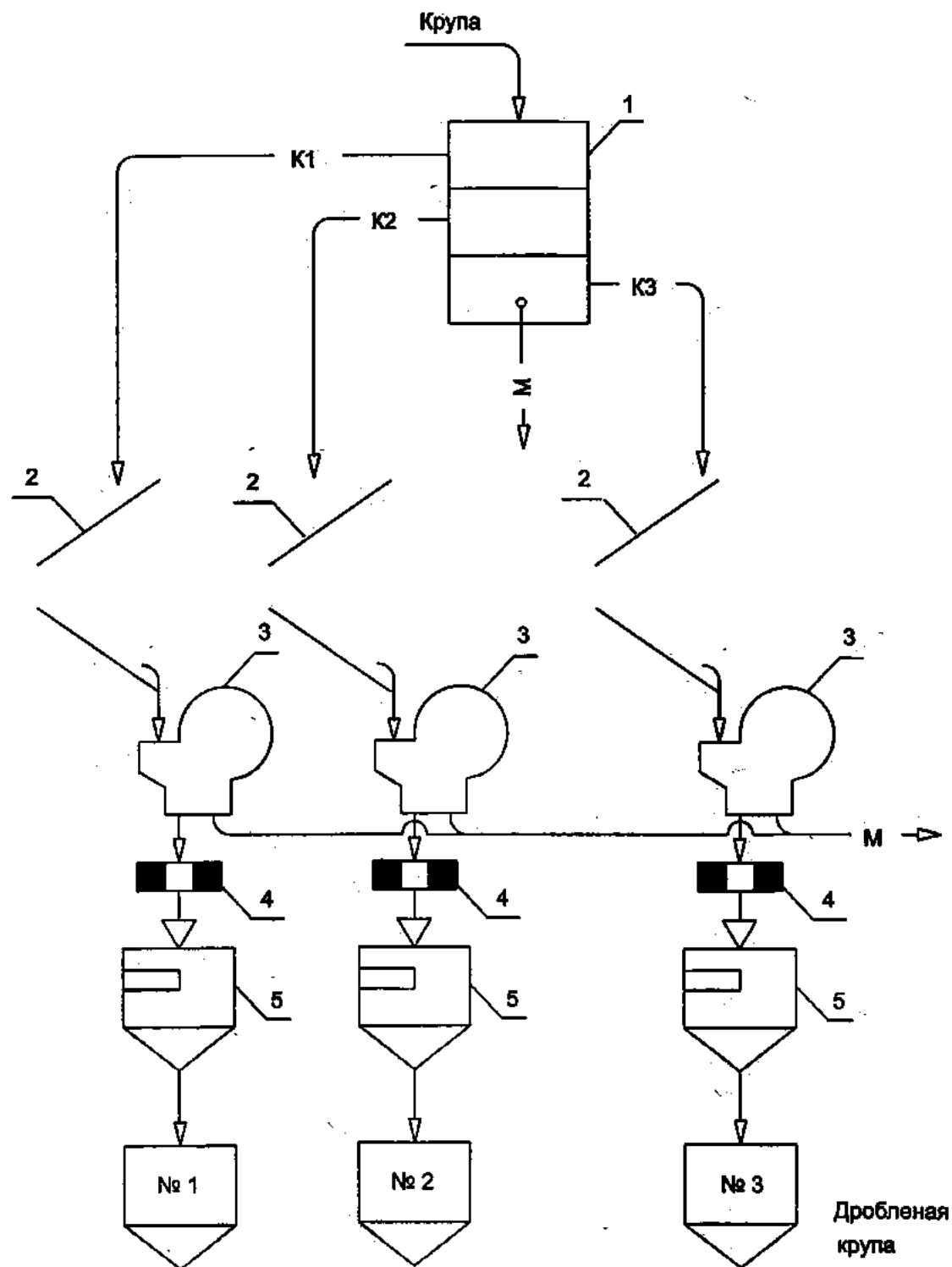


Рис. 4.7. Принципиальная схема контроля дробленой крупы:

K1 — крупная крупа; K2 — средняя крупа; K3 — мелкая крупа; М — мучка.

1 — предварительное сортирование крупы; 2 — калибрование; 3 — пневмосепарирование;

4 — выделение металломагнитной примеси; 5 — взвешивание

фракции в соответствии с крупностью номеров крупы. Каждый номер крупы имеет индивидуальную технологическую крупность, которую характеризуют проходом и сходом двух смежных сит. Например, крупа перловая № 2 получается проходом сита $\varnothing 3$ мм, а сходом — $\varnothing 2,5$ мм. Таким образом, ее крупность будет записана следующим образом: крупа перло-

вая № 2 $\frac{\varnothing 3,0}{\varnothing 2,5}$. Кроме того крупа каждого номера должна быть выровнена по размерам. В

соответствии с техническими условиями выравненность дробленой крупы характеризуется относительным количеством прохода и схода двух смежных сит, определяющих номер крупы. Для всех номеров ячневой крупы эта величина должна быть не менее 75 %, а для всех номеров остальных видов дробленых круп (перловой, кукурузной шлифованной, Полтавской) — не менее 80 %.

Выровненный по крупности каждый номер крупы контролируют на наличие легких примесей в операции пневмосепарирования, а также на наличие металломагнитных примесей. Обязательным является контрольное взвешивание.

В рушальном отделении крупозавода кроме крупы получают побочные продукты технологии — мучку, лузгу и кормовую дробленку. Побочные продукты технологии контролируют на наличие крупяного ядра, которое может попасть в мучку и лузгу из-за различных неисправностей и неполадках в ведении технологического процесса. Чаще всего это неплотности в ситовых рамах, порывы сит, повышенная скорость в воздуховодах и каналах пневмо- и аспирационных сетей и т. п. Поэтому в технологическую задачу контроля входит выделение этого ядра и возврат в технологический процесс. На начальном этапе мучку пересеивают и выделяют из нее более крупный компонент — ядро. Затем мучка как конечный продукт технологии контролируется на наличие металломагнитной примеси и взвешивается. Выделенное ядро пневмосепарируют для выделения остатка лузги и возвращают в технологический процесс. При контроле лузги из нее также предварительно отсеивают мучку, а затем при пневмосепарировании выделяют лузгу и ядро (зерно) в чистом виде. Ядро возвращают в технологический процесс, а лузгу после выделения металломагнитных примесей и контрольного взвешивания складывают или направляют для дальнейшей обработки. На рисунке 4.8 показаны принципиальные схемы контроля мучки и лузги.

В зависимости от производственной необходимости технологические схемы контроля могут видоизменяться и дополняться другими операциями. Так, лузгу иногда измельчают в вальцовых станках, а измельченную ее часть вместе с мучкой используют для кормовых целей.

Качество крупы

Качество крупы оценивают в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (стандартов, технических условий, временных норм и т. п.) на крупяную продукцию. При этом наряду с нормами качества, общими для всех видов круп, определяются показатели, свойственные только данной. Качество крупы характеризуют органолептическими показателями, характеризующими свежесть крупы, такими как цвет, запах, вкус. При проведении общего анализа определяют влажность, вырав-

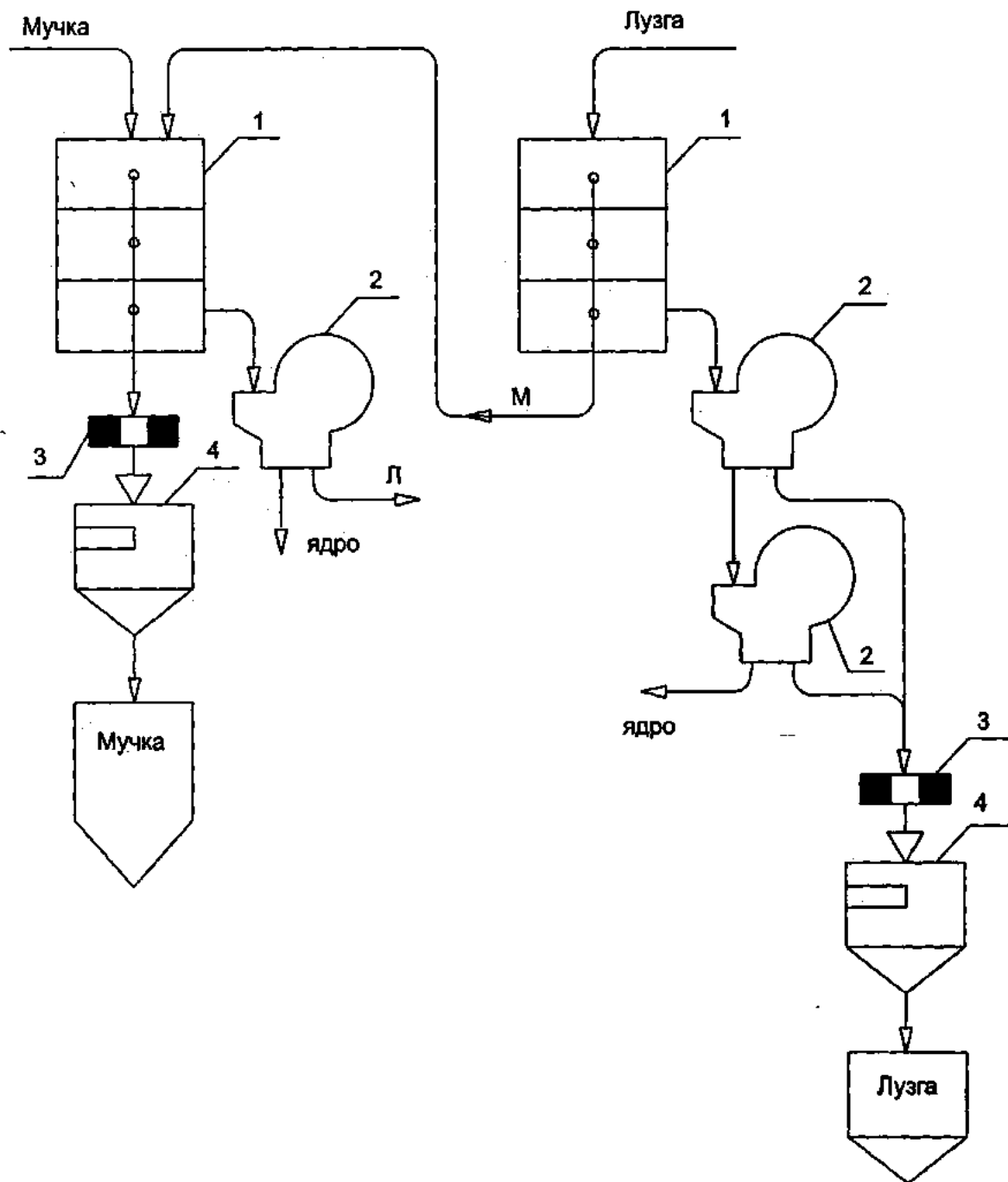


Рис. 4.8. Схемы контроля мучки и лузги:

1 — пересев; 2 — пневмосепарирование; 3 — выделение металломагнитной примеси;
4 — контрольное взвешивание

ненность крупы по размерам, количество доброкачественного ядра, содержание вредных и металломагнитных примесей, зараженность амбарными вредителями. Органолептической оценке подлежит степень обработки поверхности (по сравнению с эталоном) и форма отдельных частиц. Для некоторых видов круп, например кукурузной, овсяных хлопьев и толокна, определяют зольность. Для кукурузной крупы также определяют содержание зародыша, степень попадания которого может влиять на безопасные сроки хранения.

Сортность крупы чаще всего определяют содержанием доброкачественного ядра, которое характеризует чистоту крупы. Определяют этот показатель вычитанием из 100 % общего содержания примесей. У крупы высших сортов этот показатель всегда больше 99 %. Влажность крупы колеблется в пределах от 15,5 % для риса шлифованного до 12,5 % для овса.

Всякое изменение цвета, запаха и вкуса крупы указывает или на негативные процессы, протекающие в самой крупе или в помещении для хранения. Доброкачественная крупа не содержит веществ, раздражающе действующих на органы вкуса и обоняния. Крупа должна иметь цвет, запах и вкус, свойственный нормальной крупе.

Качество крупы также оценивают по форме отдельных крупинок и по состоянию их поверхности. Объективного оценочного критерия здесь нет, поэтому оценку производят органолептически, по внешнему виду и в сравнении с эталоном. Очевидно, что правильная оценка может быть только при соответствующем опыте исполнителя. В связи с этим большое практическое значение может иметь внедрение объективных оценочных критериев — по зольности, коэффициенту яркости поверхности, по содержанию зерен с зародышем и т. п.

Товарный вид крупы во многом определяется выравненностью крупы по размерам (как дробленной, так и недробленной). Стандарты ограничивают содержание в целой крупе дробленых частиц, а также процентное содержание в дробленной крупе частиц, характеризующих номер крупы.

Содержание металломагнитной примеси в крупе не должно превышать 3 мг на 1 кг. Размер отдельных частиц металломагнитных примесей в наибольшем линейном измерении не должен превышать 0,3 мм, а масса отдельных крупинок руды или шлака — 0,4 мг.

Зараженность амбарными вредителями не допускается.

Основные показатели качества недробленной и дробленной крупы представлены при описании соответствующих частных технологий. В таблице 4.6. даны показатели качества круп быстрорастваривающихся, не требующих варки, искусственных, повышенной питательной ценности.

**Основные показатели качества крупяных продуктов
быстрорастворяющихся, не требующих варки, искусственных круп**

Показатели	Крупы						
	быстрорастворяющиеся			не требующие варки		искусственные	
	ячменная	пшеничная	гороховая	перловая пшеничная	гречневая	Юбилейная Здоровье	прочие
Сорная примесь, % не более	0,3	0,3	0,4	не допуск.	не допуск.	не допуск.	не допуск.
Лом, % не более	8,0	8,0	8,0	—	—	5/7*	3/5*
Колотые ядра, % не более	—	—	—	3	20	—	—
Развариваемость, мин.							
крупa № 1	25	25	30	—	—	—	—
крупa № 2	20	20	—	—	—	—	—
крупa № 3	15	15	—	—	—	—	—
Восстанавливаемость, мин не более	—	—	—	10	10	—	—
Массовая доля влаги, % не более	14	14	14	10	10	13	13

* В числителе — в фасованной крупе, в знаменателе — в развесной

Органолептические показатели быстрорастворяющихся круп, не требующих варки и искусственных (цвет, запах, вкус) должны быть свойственны продуктам из нормальной крупы.

ГЛАВА 2

ТЕХНОЛОГИЯ НЕДРОБЛЕННЫХ КРУП

К недробленным крупам относят пшено шлифованное, крупу рисовую шлифованную или полированную, ядрицу из гречихи, овсяную недробленную и горох целый шелушенный (лущеный). Кроме того, из риса получают как неосновной продукт крупу рисовую шлифованную дробленую, из гречихи — продел или дробленую гречневую крупу, а из гороха — крупу горох колотый шелушенный. Дробленые частицы проса и овса используют для кормовых целей (дробленка кормовая, просяная и овсяная).

§1. Технология пшена

Пшено шлифованное вырабатывают из проса. Это ядро проса, полностью освобожденное от цветковых пленок, частично от плодовых и семенных оболочек и зародыша. В переработку может поступать просо четырех типов. Считается, что лучшим сырьем для производства пшена являются просо белое и кремовое, крупное (остаток на сите 2а-18 × 20 не менее 30 %) и выровненное по размерам. В соответствии с ГОСТ 22983-88 «Просо. Требования при заготовках и поставках» зерно проса, принимаемое для переработки на крупозаводы, должно быть не ниже 1-го или 2-го класса. При расчете выхода продукции базисным по качеству считается просо 1-го класса с содержанием чистого ядра 78 % и лузги — 18 % к массе зерна с примесями или просо 2-го класса с содержанием чистого ядра 76 % и лузги 18 % и тоже к массе зерна с примесями. При переработке такого проса получают базисный выход продукции, который представлен в таблице 4.7.

Таблица 4.7.

Базисные нормы выхода продукции при переработке проса

Продукты переработки	Выход, %	
	*	**
Пшено шлифованное (высшего, первого, второго и третьего сортов)	65,0	60,0
Дробленка кормовая	4,0	5,0
Мучка кормовая	7,5	11,5
Лузга	15,5	15,5
Отходы 1 и 2 категорий	7,0	7,0
Отходы 3 категории и механические потери	0,5	0,5

Продукты переработки	Выход, %	
	*	**
Усушка	0,5	0,5
Всего	100,0	100,0

* При шлифовании на вальцедековых станках, поставках.

** При шлифовании на машинах 3ШН или У1-БШП.

При переработке проса первого класса вырабатывается крупа высшего и первого сортов, а при переработке 2-го класса — второго и третьего сортов.

Пшено шлифованное должно иметь желтый цвет разных оттенков. В зависимости от качественных показателей его разделяют на сорта. Так, минимальное содержание доброкачественного ядра в пшене высшего сорта должно быть 99,2 %, первого сорта — 98,7 %, второго сорта — 98,0 % и третьего сорта — 97,0 %. Кроме того, в доброкачественном ядре ограничивают содержание битых ядер, а в крупе в целом — содержание сорной примеси, испорченных и нешелушенных зерен.

Операции в зерноочистительном отделении

Крупные и грубые примеси проса легко отделимы от основного зерна. Наибольшую проблему создают трудноотделимые примеси, такие как семена чернушки, гречишки, тысячеголовника и др., которые по размерам и аэродинамическим показателям близки к основному зерну. Поэтому правильная организация очистки проса от примесей связана с изучением видового состава сорняков по физическим свойствам, анатомическим особенностям и распределением их по фракциям крупности. Это позволит правильно подобрать сита, а также скорости воздушного потока в пневмосепарирующих каналах. Принципиальная схема технологического процесса зерноочистительного отделения просозавода с разделением зерна на две фракции представлена на рисунке 4.9. Зерно, принимаемое в емкости для неочищенного зерна («черные закрома»), должно проходить предварительную очистку в элеваторе от грубых, случайно попавших примесей и от мелких минеральных — песка. Это позволит более эффективно организовать очистку зерна от примесей непосредственно на просозаводе. Вместимость емкостей для неочищенного зерна должна обеспечить бесперебойную работу завода не менее чем на сутки. Это позволит избежать всяких случайностей, связанных с работой технологической цепочки — элеватор-просозавод. Для исключения самосортирования и изменения содержания примесей в единице объема зерна конструкция емкостей должна обеспечить истечение зерна массовым потоком (см. раздел «Отволаживание» в главе «Гидротермическая обработка»). Для обеспечения постоянства массового потока зерна, передаваемого на оборудование зерноочистительного отделения, емкости должны быть обеспечены дозаторами для зерна.

Для очистки от грубых примесей технология на первом этапе предусматривает использование скальператоров. Последнее связано с тем, что основное сепарирование организовано на сепараторах с двумя рядами сит, в которых не предусматривается удаление грубых примесей. При использовании сепараторов с тремя рядами сит или организации очистки от грубых примесей в элеваторе скальператор может быть исключен из технологического процесса.

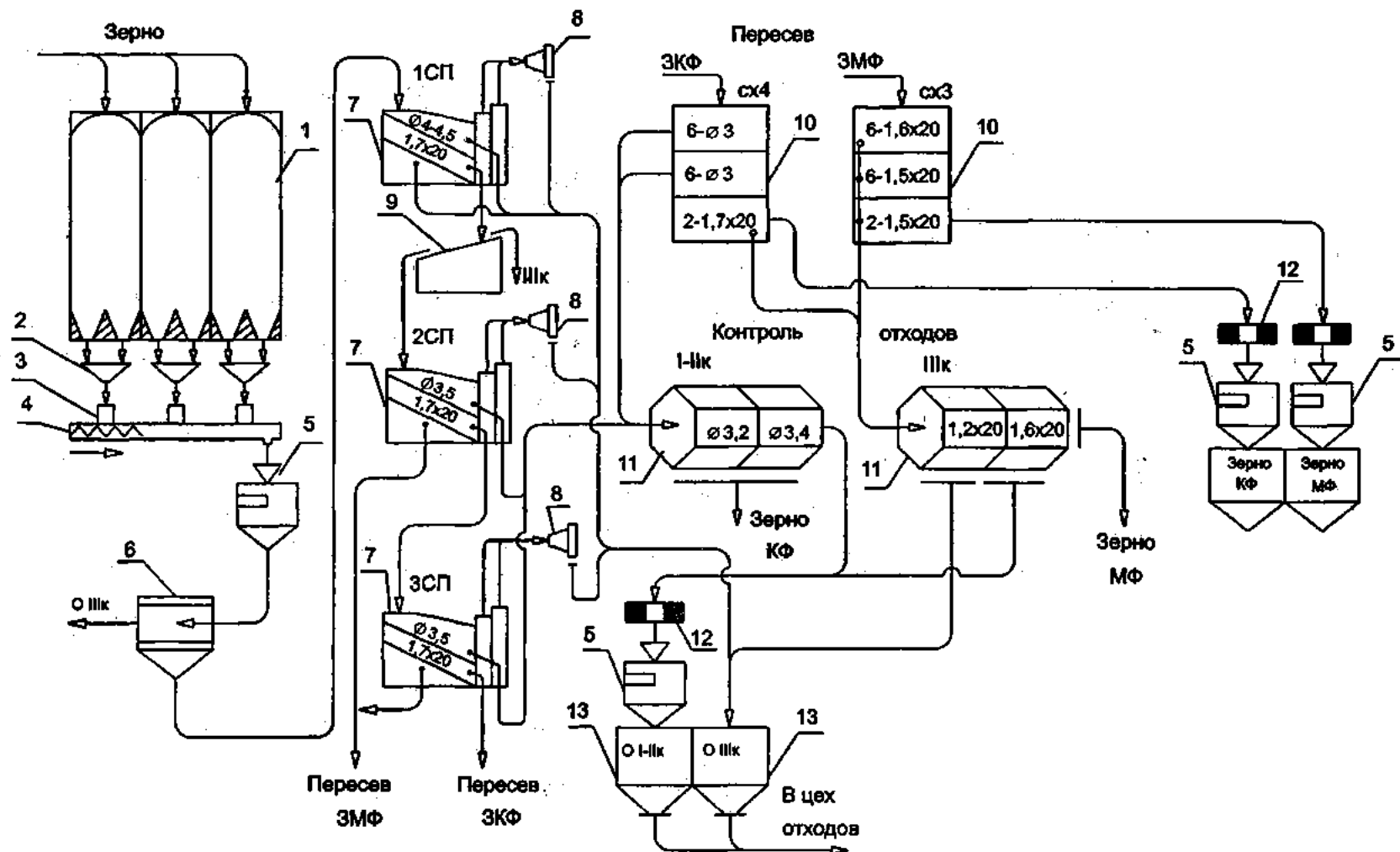


Рис. 4.9. Технологическая схема подготовки зерна к переработке:

ЗКФ — зерно крупной фракции; ЗМФ — зерно мелкой фракции; 1СП — первый сепараторный проход; 2СП — второй сепараторный проход; О I-лк — отходы первой и второй категории; О IIIк — отходы третьей категории; 1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — сборные воронки; 3 — дозаторы зерна; 4 — шнек-смеситель; 5 — автоматические весы; 6 — скальператор; 7 — сепаратор; 8 — горизонтальный циклон; 9 — камнеотборник; 10 — рассев БРУ; 11 — бурат; 12 — магнитная защита; 13 — оперативные емкости

Основное сепарирование от крупных, мелких и легких примесей организовано на трех последовательных сепараторах с двумя рядами сит типа БИС или БЛС. Подбор сит в сепараторах осуществляется по известному принципу, описанному в части второй. На первом сепараторном проходе извлекают 60–70 % мелкой примеси и 50–80 % крупной и легкой примеси. По своему составу выделенные примеси содержат большое количество мелкой минеральной примеси и солоmistых частиц с минимальным содержанием зерна, что позволяет их классифицировать как отходы третьей категории и направлять без контроля в оперативные емкости.

Для выделения минеральной примеси применяют камнеотделитель вибропневматического принципа действия, что позволяет использовать его непосредственно после первого сепараторного прохода (аналогично с технологией очистки зерна на мукомольных заводах). Для более эффективного извлечения трудноотделимых примесей на втором и третьем сепараторных проходах разрезают подсевные сита (вторая группа сит сепараторов) в сравнении с аналогичными ситами первого сепараторного прохода (принимают сито 2а-17 × 20 с размерами отверстия 1,7 × 20 мм). Выделенное проходом сит мелкое зерно с примесями пересеивают на более густых ситах в рассеве БРУ схемы № 3 системы пересева зерна мелкой фракции. Проходы всех групп сит рассева представляют собой мелкие примеси с незначительным содержанием проса, которые дополнительно контролируют на бурате контроля отходов третьей категории. При большой производительности завода вместо буратов можно использовать зерноочистительные сепараторы. Сход третьей группы сит рассева пересева зерна мелкой фрак-

ции представляет собой мелкую фракцию зерна проса $\left(\frac{1,7 \times 20}{1,5 \times 20} \right)$, которое направляют отдель-

ным потоком в рушальное отделение крупозавода. Крупное зерно проса $\left(\frac{\varnothing 3,5}{1,7 \times 20} \right)$ после третьего сепараторного прохода дополнительно пересеивается в рассеве БРУ схемы № 4 системы пересева зерна крупной фракции. Необходимость пересева диктуется, прежде всего, возможным содержанием во фракции мелкого зерна, мелкой примеси и некоторого количества крупной примеси (из-за недосевов на основных сепараторах). При этом выделяют крупное просо

$\left(\frac{\varnothing 3}{1,7 \times 20} \right)$, направляемое в рушальное отделение, а также мелкое зерно с примесями (направ-

ляют на контроль отходов третьей категории) и крупные примеси (направляют на контроль отходов первой и второй категории). В результате контроля отходов выделенное зерно возвращают в основные потоки мелкого и крупного зерна, направляемые в рушальное отделение.

Отходы третьей категории состоят из минеральной примеси, крупных и мелких солоmistых частиц и не представляют кормовой ценности.

Отходы первой и второй категории состоят главным образом из крупных зерен культурных растений, необмолоченных зерен проса, зерновой примеси, а также остряка — мелкого недоразвитого зерна проса.

Гидротермическую обработку проса не производят. Объясняется это тем, что ядро в процессе гидротермической обработки неравномерно изменяет цвет, что негативно отражается на товарном виде пшеницы. Кроме того, просо с содержанием более 0,5–1 % испор-

ченных зерен не рекомендуется подвергать гидротермической обработке, так как она повышает прочность как нормальных, так и испорченных зерен. Поэтому испорченные зерна после гидротермической обработки не разрушаются в процессе переработки и остаются в крупе в виде темных вкраплений, что ухудшает товарный вид крупы. Если гидротермическую обработку не проводить, то испорченные зерна, как менее прочные, чем нормальных, при переработке дробятся и попадают в кормовую дробленку или муку.

Технологические операции в рушальном отделении просозавода

Технология пшена осуществляется по схеме без промежуточного выделения ядра, т. е. конвейерным способом, так как до настоящего времени нет надежного технологического оборудования для разделения зерна и ядра проса. Шелушение осуществляется в вальцедековых станках с абразивным валком и декой из корд резины. Для шелушения создается клиновидная форма рабочего зазора между неподвижной декой и вращающимся валком, что обеспечивает деформацию сжатия и сдвига в рабочей зоне.

В зависимости от конструкции вальцедековых станков и наличия предварительного сортирования зерна по крупности, технология может осуществляться в два, три или четыре этапа:

- четырехэтапное последовательное шелушение проса, не сортированного на фракции крупности, с использованием однодековых станков;
- двухкратное последовательное шелушение проса, не сортированного на фракции крупности, с использованием двухдековых станков;
- трехкратное последовательное шелушение проса (раздельно крупной и мелкой фракции на первом этапе и совместное шелушение крупного и мелкого зерна на втором и третьем этапах) с использованием однодековых станков.

Независимо от применяемой технологии режимы шелушения должны быть подобраны таким образом, чтобы содержание нешелушенных зерен в продукте после последней шелушительной системы не превышало 1 %.

Наиболее эффективно технология осуществляется при трехкратном последовательном шелушении на однодековых станках с раздельным шелушением крупного и мелкого зерна на первом этапе (в соответствии с рис. 4.10). В таблице 4.8 приведены некоторые параметры шелушителей и рекомендуемые количественные и качественные показатели процесса шелушения после каждой системы.

Таблица 4.8

Параметры шелушителей и рекомендуемые показатели процесса шелушения

Система	Окружная скорость, м/с	Зернистость шлифзерна		Содержание в продуктах шелушения	
		номера	соотношение, %	шелушенного зерна, % не менее	дробленого ядра, % не более
1 ш.с.	15,5	80	50	80–90	2,0
		63	50		
2 ш.с.	15,5	63	50	90–95	3,7
		50	50		
3 ш.с.	15,5	63	50	95–99	5,0
		50	50		

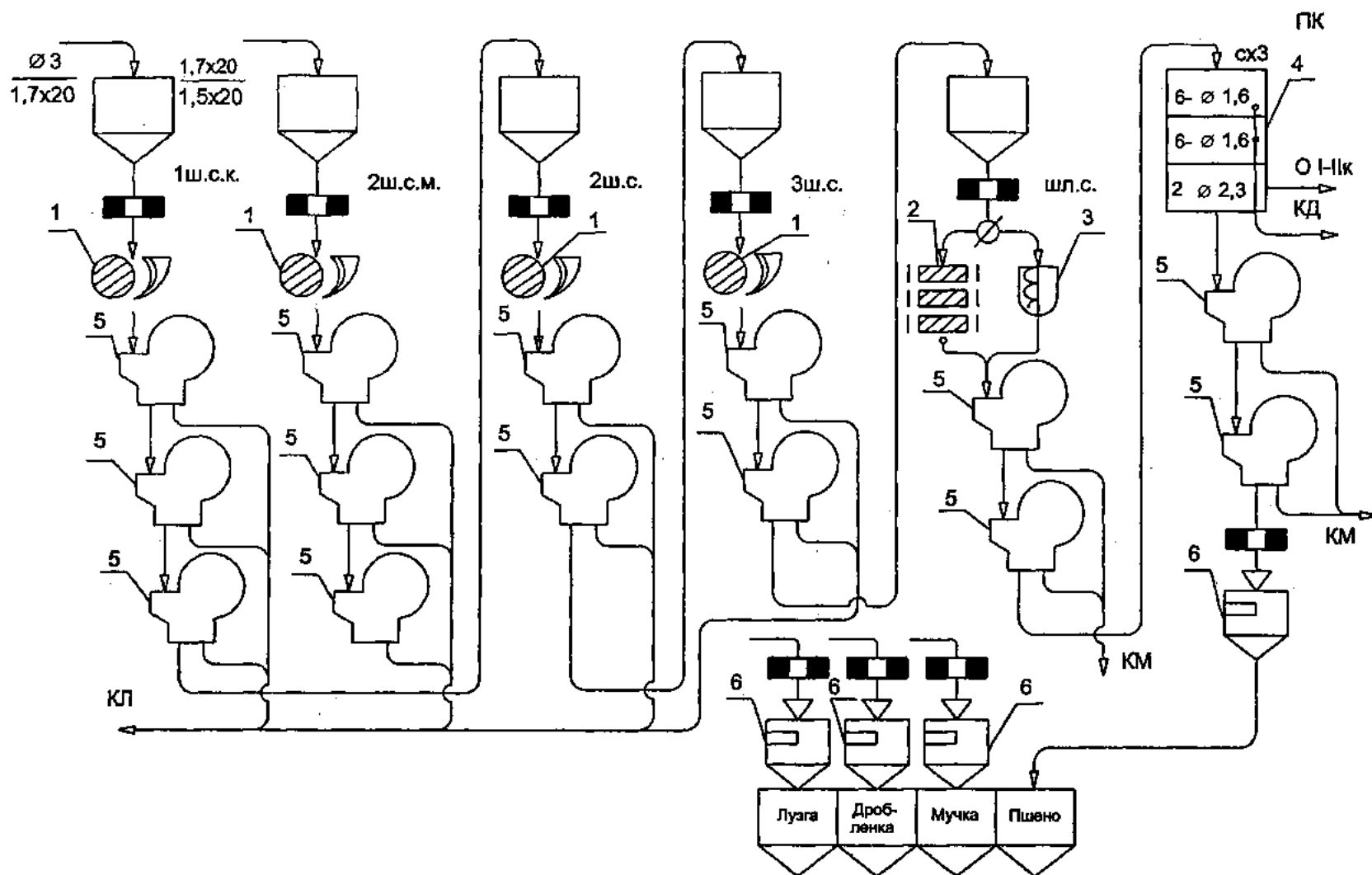


Рис. 4.10. Технология пшена в рушальном отделении:
 1 — вальцедековый станок; 2 — машина ЗШН; 3 — машина У1-БШП; 4 — рассев БРУ;
 5 — дуоаспиратор; 6 — автоматические весы

Таким образом, уже после первой шелушильной системы образуется основная масса ядра и лузги. Мучки образуется незначительное количество (не более 1–2 %), что делает нецелесообразным применение ситовых сепараторов.

Поэтому при сортировании продуктов шелушения в основном выделяют лузгу. Учитывая эффективность современного пневмосепарирующего оборудования, после первой шелушильной системы крупной и мелкой фракции применяется трехкратное последовательное сепарирование, а после остальных — двухкратное. Наиболее эффективно для этих целей используются аспираторы с двухкратным продуванием (дуоаспираторы). В результате трехкратного шелушения получают пшено-дранец с содержанием нешелушенных зерен не более 1 %. Это ядро проса, практически полностью сохранившее внутренние оболочки, алейроновый слой и зародыш. Оно имеет глянцевую поверхность и визуально обнаруживаемый рубчик в виде точки.

Пшено-дранец после отсеивания мучки и дробленого ядра может использоваться как продукт питания. Однако промышленная технология предусматривает операцию шлифования, в результате которой удаляются плодовые и семенные оболочки и частично зародыш. В шлифованном ядре проса рубчик малозаметен, зародыш удален у 65–85 % ядер. При этом даже у хорошо шлифованного пшена часть зародыша сохраняется в виде щитка. Интенсивность шлифования, определенная по массе образовавшейся в технологии мучки, составляет около 4,5–5,5 %. В этом процессе происходит в максимальной степени разрушение испорченных зерен и превращение их в мучку и дробленку. Процесс шлифования может осуществляться с применением шлифовальных машин У1-БШП, вальцедековых станков и шелушильно-шлифовальных машин ЗШН с абразивными дисками. Шлифованное ядро дважды пропускается через пневмосепарирующие системы для отделения мучки и сортируется для отделения дробленого ядра, мучки и случайно оставшихся крупных примесей. Пшено шлифованное получают проходом сита Ø 2,3 мм и сходом Ø 1,6 мм.

Готовую крупу — пшено шлифованное дважды пневмосепарируют для удаления остатков мучки и после контроля на наличие металломагнитных примесей направляют в отделение или цех готовой продукции.

Обязательному контролю подвергаются полученные побочные продукты.

Кормовая дробленка просеивается на металлотканых ситах № 1,4. Сход сита направляют на вторую шелушильную систему, а проход в емкость для кормовой дробленки.

Мучку пересеивают на металлотканом сите № 063, проход которого представляет конечный продукт — мучку. Сход сита направляют на контроль дробленки.

Контрольный пересев лузги осуществляется на металлотканом сите № 1,2. Проход сита направляется на контроль мучки. Сход сита № 1,2 — лузгу дважды провеивают на дуоаспираторах, где получают некоторое количество зерна, которое возвращают в технологический процесс (на третью шелушильную систему). Лузга как конечный продукт направляется в цех отходов для последующего использования по назначению.

Контрольные операции с мучкой, дробленкой и лузгой могут осуществляться с использованием буратов, крупосортировок, рассевов и др. сепарирующего оборудования.

§2. Технология крупы из гречихи

Гречиху перерабатывают в крупу ядрицу и продел. Ядрица — это ядро гречихи, освобожденное от плодовых оболочек, сохранившее семенные оболочки и зародыш. Следовательно, в технологическом процессе удаление наружных плодовых оболочек при шелушении является единственной операцией по обработке поверхности зерна. Цвет непропаренной крупы — серый с зеленоватым оттенком, пропаренной — коричневый разных оттенков.

Крупа продел — это дробленые ядра гречихи. По крупности ядрица не проходит через сито второго типа $1,6 \times 20$, а продел получают проходом сита $1,6 \times 20$ и сходом сита 085.

В технологии возможно деление продела на крупный — $\frac{1,6 \times 20}{1,4}$ и мелкий — $\frac{1,4}{085}$.

Зерно гречихи, как правило, имеет трехгранную форму и сверху покрыто грубой темноокрашенной оболочкой, три лепестка которой свободно охватывают ядро и соединены с ним в одной точке. Ядро гречихи — хрупкое и имеет специфическое расположение зародыша. Маленькая его часть расположена непосредственно под алейроновым слоем на поверхности ядра, а большая — в центре ядра в виде пластины S-образной формы.

Такое расположение зародыша предопределяет количество и последовательность технологических операций в рушальном отделении гречезавода. Дело в том, что любые попытки отделить зародыш от ядра приводят к интенсивному дроблению последнего. Таким образом, вместо недробленой крупы-ядрицы основным продуктом технологии может быть крупа дробленая. Поэтому в технологии крупы из гречихи единственной операцией по разделению анатомических частей является шелушение, в результате которого удаляют наружные оболочки гречихи — плодовые. При расчете выхода продукции базисной по качеству считается гречиха с содержанием чистого ядра 75 % к массе зерна и примесей, а лузги — 22 %. При переработке такого зерна, по качеству отвечающему требованиям ГОСТ 19093-73 «Гречиха для переработки в крупу», базисные нормы выхода должны соответствовать данным, приведенным в таблице 4.9.

Таблица 4.9

**Базисные нормы выхода крупы, побочных продуктов
и отходов при переработке гречихи**

в процентах

Наименование продуктов	Выход	
	без ГТО	с ГТО
Крупа ядрица	56,0	62,0
Крупа продел	10,0	5,0
Мучка кормовая	6,0	3,5
Отходы I и II категорий	7,0	6,5
Лузга	19,3	20,8
Отходы III категории и механические потери	0,7	0,7
Усушка	1,0	1,5
Всего	100,0	100,0

Сортность гречневой крупы оценивают рядом показателей, основным из которых является содержание доброкачественного ядра. Так, для первого сорта оно должно быть не менее 99,2 %, для второго — 98,4 %, для третьего — 97,5 %, для продела — 98,3 %. В доброкачественном ядре также ограничивают содержание колотых (дробленых) ядер гречихи, которое для первого, второго и третьего сортов, соответственно, должно быть не более 3,0; 4,0; 5,0 %.

Кроме того, в каждом сорте крупы ограничивается содержание нешелушенных зерен (не более 0,4; 0,5; 0,7 %), сорной примеси (не более 0,4; 0,5; 0,6 %), а также испорченных ядер (не более 0,2; 0,4; 1,2 %). Цифры в скобках приведены, соответственно, для ядрицы первого, второго и третьего сортов.

Операции в подготовительном отделении

Характерными примесями в зерне гречихи являются татарская гречиха (кырлик), недоразвитое зерно (рудяк), дикая редька и полевой горошек. В гречихе также встречаются минеральные примеси в виде комочков земли. К сорной примеси в гречихе относят весь проход сита \varnothing 3 мм, куда попадают мелкие, недоразвитые, плоские зерна и т. п. К сорной примеси также относят загнившие, заплесневевшие, обугленные, поджаренные с явно испорченным ядром. К зерновой примеси относят ошелушенные, проросшие, изъеденные и битые зерна гречихи. По данным анализа товарных партий гречихи, поступающих на переработку в крупозаводы, наиболее засорены мелкие фракции и крупная. Причем, около 50 % всех примесей содержится в проходе сита с диаметром отверстий 3 мм.

Технологическая схема подготовки гречихи к переработке представлена на рисунке 4.11. Обязательным, как и для любой технологии, является наличие емкостей для неочищенного зерна, обеспечивающих бесперебойную работу гречезавода не менее чем в течение суток. Очистка зерна от примесей может осуществляться с использованием любого типа сепарирующих машин. Причем, при использовании сепараторов с двумя рядами сит рекомендуется проводить предварительную очистку от грубых примесей с помощью скальператоров. При использовании сепараторов с тремя рядами сит грубые примеси удается выделить практически полностью сходами приемных сит сепараторов. Одновременно при сепарировании удаляется часть легких примесей с большим содержанием минеральной пыли. Применение сортировочных сит с треугольной формой отверстий позволяет выделить сходами значительную часть трудноотделимых примесей, имеющих несовпадающую с гречихой форму поперечного сечения. Примеси, полученные сходами приемных и сортировочных сит сепараторов и пневмосепарированием, не представляют какой-либо кормовой ценности и поэтому должны быть направлены без контроля в отходы III-й категории. В проходах подсевных сит сепараторов возможно содержание битого зерна, что предопределяет их направление на контроль отходов. Между первым и вторым сепараторными проходами зерно гречихи сепарируют в камнеотделителе вибропневматического принципа действия, что при соответствующей настройке позволяет выделить значительную часть минеральной примеси. После второго сепараторного прохода для более эффективного выделения примесей зерно делится на две фракции: крупную — сходами сита \varnothing 4,2 мм и мелкую — проходом сита \varnothing 4,2 мм. Технология пофракционной очистки осуществляется в два этапа с использованием рассевов БРУ первой технологической схемы. Использование многорамковых рассевов позволяет

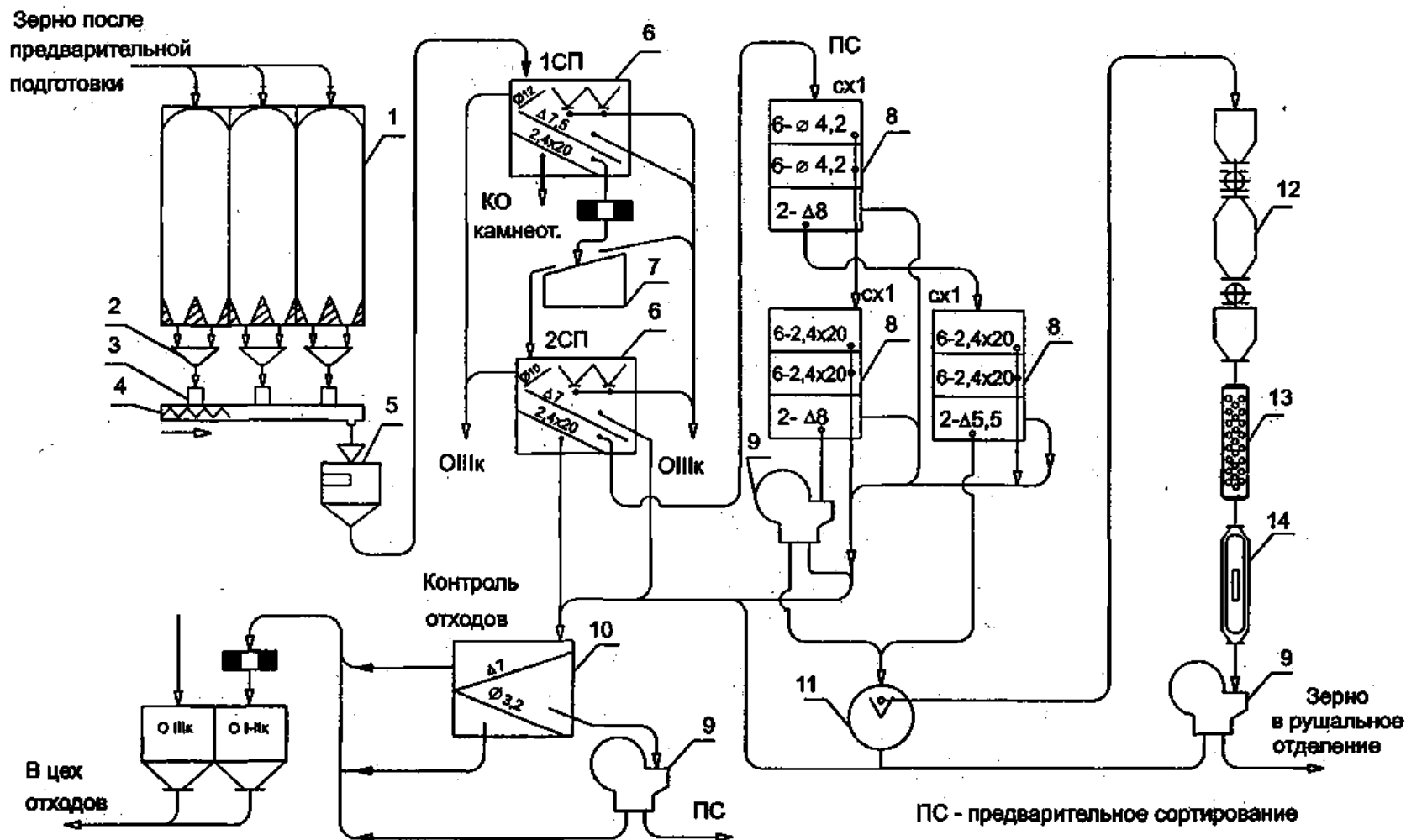


Рис. 4.11. Технология подготовки гречихи к переработке:

- 1— емкости для неочищенного зерна; 2 — сборные воронки; 3 — дозаторы зерна; 4 — шнек-смеситель; 5 — автоматические весы; 6 — сепаратор ситовоздушный; 7 — камнеотделитель; 8 — рассев; 9 — дуоаспиратор; 10 — крупосортировка; 11 — триер; 12 — пропариватель; 13 — сушиллка; 14 — охладитель

минимизировать удельную нагрузку на сито, что повышает эффект выделения мелких и трудноотделимых примесей. Полученные проходами сит с треугольной формой отверстия фракции зерна гречихи (крупная после дополнительного провеивания) объединяют и пропускают через триер — для выделения примесей, имеющих большую длину, чем зерно гречихи. Рекомендуемый размер ячеек триера — 8–9 мм.

Проходы подсевных сит ситовоздушных сепараторов, а также отходы всех последующих зерноочистительных машин контролируют на специальной сортировке для контроля отходов. Выделенное в результате контроля зерно направляют на систему сортирования гречихи на фракции (ПС), а отходы направляют в I–II категорию.

Гидротермическую обработку зерна проводят по схеме: пропаривание, сушка, охлаждение. Параметры пропаривания: давление пара 0,25–0,30 МПа и экспозиция — 5 мин. Влажность зерна после сушки не должна превышать 13,5 %. Охлаждение зерна производится до температуры, не превышающей температуру воздуха производственного помещения на 6–8 °С. На заводах большой производительности гидротермическую обработку рекомендуется проводить пофракционно. Для этого зерно гречихи после последнего этапа очистки в отсевах не объединяют, а отдельно по фракциям пропускают через триеры и также пофракционно проводят гидротермическую обработку.

Предварительное сортирование зерна гречихи по крупности

Эта технологическая операция является связующей между подготовительным и перерабатывающим этапом технологии. При этом она решает следующие задачи:

- ♦ обеспечивает шелушение фракций зерна в оптимальном режиме;
- ♦ используя различие ядра и зерна гречихи по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения, позволяет осуществить с высокой эффективностью крупотделительную операцию (разделение ядра и зерна при сортировании продуктов шелушения) ситовым сепарированием;
- ♦ обеспечивает выделение некоторого количества трудноотделимых примесей.

Необходимость в проведении операции становится очевидной, если проанализировать геометрические размеры зерна гречихи, поступающего в обработку. По многолетним наблюдениям зерно товарных партий варьируется по диаметру описанной окружности вокруг наибольшего поперечного сечения от 5,0 до 3,0 мм, что затрудняет эффективное шелушение и крупотделение несортированного на фракции крупности зерна. Поэтому операция предварительного сортирования является необходимой и обязательной в технологии крупы из гречихи. При проведении операции зерно гречихи делят на шесть фракций

крупности с использованием сит с круглыми отверстиями: первая фракция — $\frac{\varnothing 5,0}{\varnothing - 4,5}$; вторая

фракция — $\frac{\varnothing 4,5}{\varnothing 4,2}$; третья фракция — $\frac{\varnothing 4,2}{\varnothing 4,0}$; четвертая фракция — $\frac{\varnothing 4,0}{\varnothing 3,8}$; пятая фракция —

$\frac{\varnothing 3,8}{\varnothing 3,6}$; шестая фракция — $\frac{\varnothing 3,6}{\varnothing 3,3}$. Наличие выровненного по крупности зерна позволяет

провести в оптимальном режиме процесс шелушения, так как мелкие и крупные зерна

фракции не отличаются более чем на 0,2–0,3 мм. При этом появляется возможность осуществлять разделение ядра и зерна ситовым сепарированием, так как самое крупное ядро оказывается меньше самого мелкого зерна фракции на 0,3 мм.

Операцию предварительного сортирования в соответствии с рисунком 4.12 осуществляют в два этапа. На первом предварительном этапе (две технологические системы) зерно гречихи делят на пять фракций. Первую, вторую, третью и четвертую фракции выделяют отдельно, а пятую и шестую — совместно. Для сортирования используют первую и вторую технологические схемы рассевов БРУ. Подбор сит осуществляется в соответствии с технологической крупностью фракций. Эффективность предварительного сортирования невелика, что делает необходимым провести дополнительно операцию по калиброванию фракций. Это осуществляют следующим образом. Каждую выделенную фракцию пересеивают на специальной системе рассевов, где две первые группы сит подбирают с таким расчетом, чтобы требуемая фракция зерна оказалась в сходе этих сит и попала на нижнюю третью группу сит. На нижней группе сит устанавливают сита с треугольной формой отверстия, что позволяет выделить трудноотделимые примеси, отличающиеся от гречихи по форме. Проходом первых двух групп сит выделяют более мелкие зерна гречихи, которые направляют на калибрование следующей по крупности фракции. Например, проход сит $\varnothing 4,5$ отсева калибрования первой, самой крупной фракции направляется в рассев калибрования второй фракции крупности и т. д. Сходы сит третьей группы (с треугольной формой отверстия) дополнительно контролируют на специально выделенных системах рассевов. При этом зерно данной фракции получают проходом сит второй и третьей групп с треугольной формой отверстия (всего восемь сит), а отходы — первым проходом и сходом сит третьей группы. В реальной технологии при переработке каждой новой партии гречихи уточняют фракционный состав зерна, что позволяет оптимально подобрать сита и режимные параметры основного оборудования технологического процесса.

Шелушение, сортирование продуктов шелушения, контроль продукции

Шелушение — наиболее ответственная операция, так как от ее проведения зависит соотношение между выходом недробленной крупы-ядрицы и дробленой крупы — продела. Поэтому особое внимание уделяют тем этапам технологии, которые наиболее существенно влияют на эффективность шелушения. В первую очередь, режимам гидротермической обработки, калиброванию фракций перед шелушением и установлению оптимальных режимов шелушения. В соответствии с рисунком 4.13 шелушение гречихи осуществляют пофракционно на вальцедековых станках, у которых и дека, и валок изготовлены из абразивного материала. В рабочем зазоре серповидной формы происходят сжатие зерна гречихи по ребру грани и скалывание плодовой оболочки. При этом минимальный зазор между декой и валком должен быть не менее длины ребра грани ядра, что предотвратит его излишнюю дробимость. Рекомендуется дифференцированно устанавливать окружные скорости валков шелушителей: 14–15 м/с — на первых двух системах шелушения крупных фракций; 12–14 м/с — на шелушителях третьей и четвертой фракций; 10–12 м/с — на шелушителях пятой и шестой фракций.

Эффективность технологии оценивают содержанием шелушенных зерен и дробленого ядра в продуктах шелушения. Выход этих продуктов изменяется для различных фракций зерна гречихи, а также зависит от типа технологического оборудования (одно- или двух-дековые станки) и наличия гидротермической обработки в технологии.

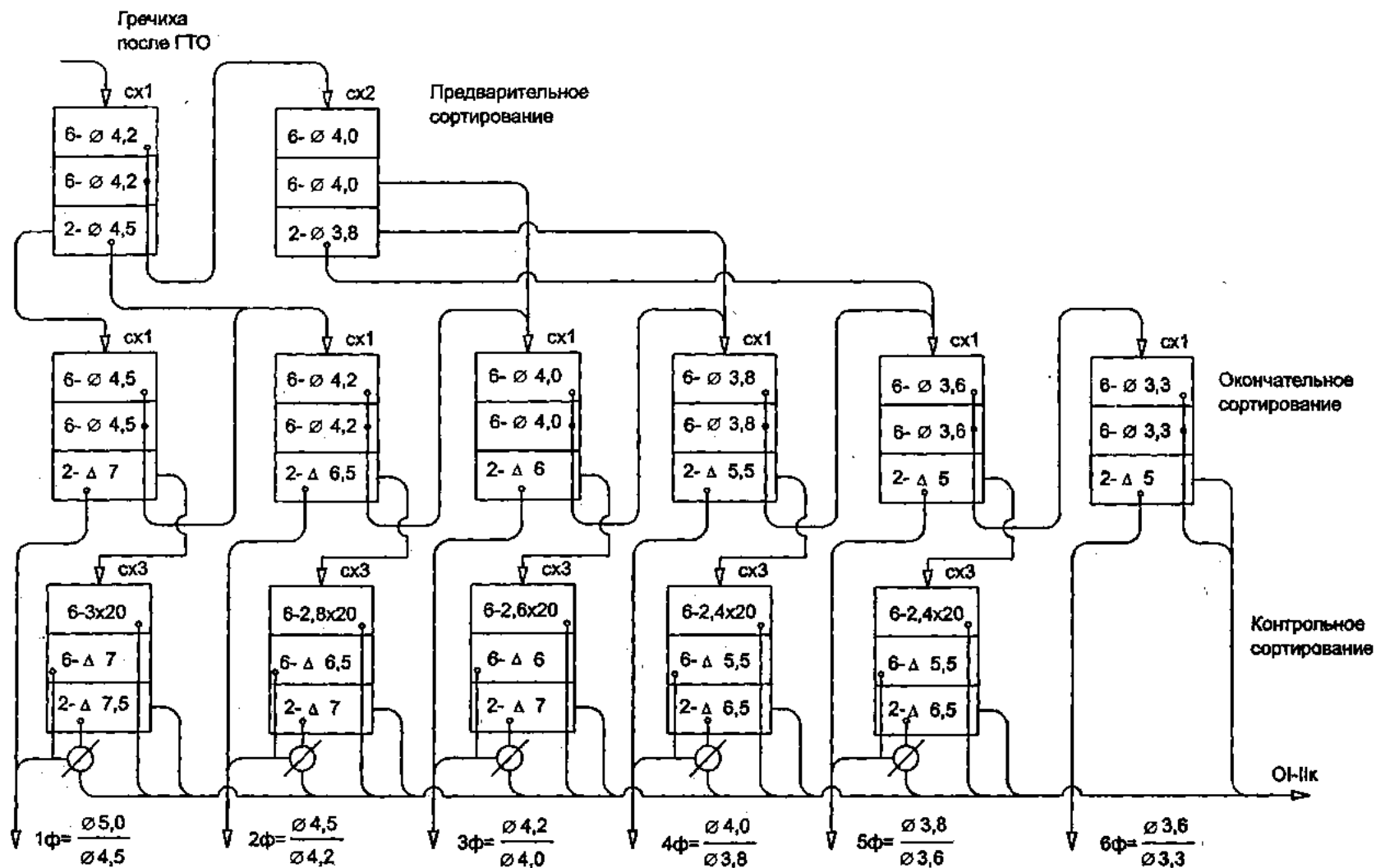


Рис. 4.12. Технология предварительного сортирования гречихи

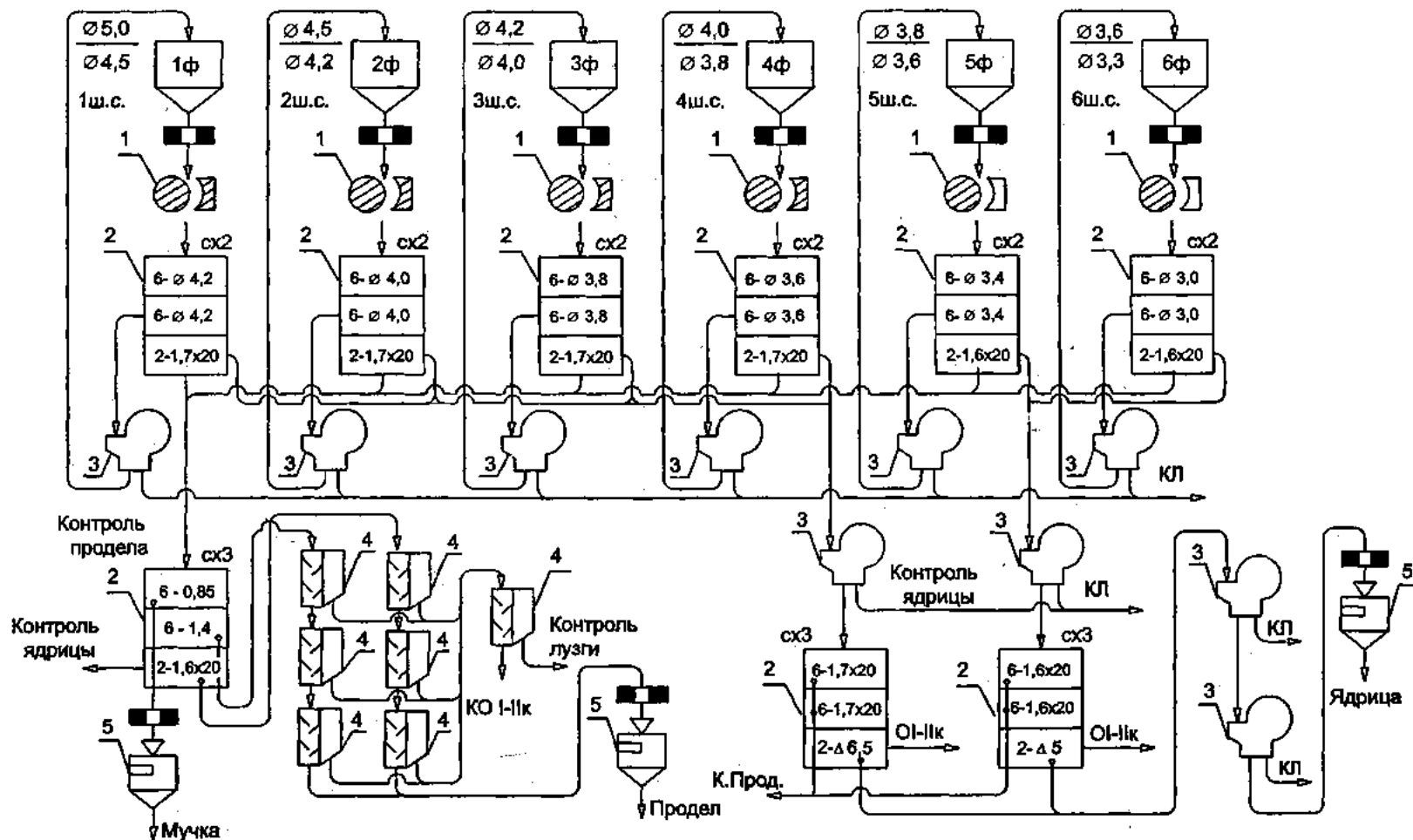


Рис. 4.13. Технология шелушения гречихи и контроль крупы:

1 — вальцедесовый станок; 2 — рассев БРУ; 3 — дуоаспиратор; 4 — аспирационная колонка; 5 — автоматические весы

В таблице 4.10 приведены соответствующие нормативные показатели процесса шелушения, рекомендованные для промышленной технологии.

Таблица 4.10

**Нормы содержания шелушенных зерен и дробленого ядра после шелушения
в процентах**

Фракция	Без гидротермической обработки			С гидротермической обработкой		
	Шелушенных зерен для шелушителей, не менее		Выход дробленого ядра, не более	Шелушенных зерен для шелушителей, не менее		Выход дробленого ядра, не более
	двухдековых	однодековых		двухдековых	однодековых	
I	40	30	2,5	55	40	1,5
II	45	35	2,5	60	45	1,5
III	40	30	2,5	50	40	1,5
IV	30	25	2,5	40	35	1,5
V	25	20	3,5	30	25	2,5
VI	20	15	3,5	25	20	2,5

Сортируют продукты шелушения отдельно для каждой фракции крупности с использованием рассевов. В состав продуктов шелушения входят ядра гречихи, нешелушенные зерна, дробленые ядра и мучка. При сортировании получают три фракции:

- нешелушенные зерна в смеси с лузгой первым сходом;
- ядра гречихи в смеси с лузгой вторым сходом;
- дробленое ядро и мучку — проходом.

Для эффективного разделения ядра и зерна первые три группы сит в расसेве принимают на 0,2–0,3 мм меньше, чем сито, сходом которого фракция зерна была получена при предварительном сортировании. Дробленое ядро и мучку первых четырех фракций выделяют проходом сит второго типа $1,7 \times 20$, а для пятой и шестой фракции — через сито $1,6 \times 20$. Так как и ядро, и зерно гречихи содержат значительное количество лузги, то каждый поток отдельно пневмосепарируют для выделения лузги. Зерно гречихи возвращают для повторного шелушения на первоначальную систему шелушения, а ядро направляют на контроль ядрицы. Дробленое ядро и мучку контролируют на системе контроля продела. Такое направление продуктов шелушения после их сортирования позволяет классифицировать технологию как технологию с промежуточным выделением ядра и возвратом нешелушенных зерен на первоначальную систему шелушения.

Контроль ядрицы и продела осуществляют отдельно. Индивидуальная особенность ядра гречихи разных фракций крупности предполагает также отдельный контроль ядрицы крупной (ядро зерна первых четырех фракций крупности) и мелкой (ядро зерна пятой и шестой фракций). В процессе контроля ядрицы выделяют дробленые частицы и мучку проходом сита $1,7 \times 20$ для крупной ядрицы и $1,6 \times 20$ — для мелкой ядрицы и некоторое количество примесей сходом сит $\Delta 6,5$ для крупной ядрицы и $\Delta 5$ — для мелкой ядрицы.

Выделенную ядрицу дважды провеивают для выделения остаточного содержания лузги и мучки и после контроля на наличие металломагнитной примеси и взвешивания направляют в отделение готовой продукции. Выделенные при контроле ядрицы дробленое ядро и мучку направляют на контроль продела, а выделенные отходы — в отходы I–II категории.

На контроль продела направляют проходы сит $1,7 \times 20$ и $1,6 \times 20$ рассевов сортирования продуктов шелушения и контроля ядрицы. Контроль осуществляют в два этапа. На первом этапе выделяют мучку проходом сита № 085, мелкую ядрицу сходом сита $1,6 \times 20$ и две фракции дробленой крупы. Мучку направляют в отделение готовой продукции, а мелкую

ядрицу — на систему контроля мелкой ядрицы. Дробленую крупу делят на крупный $\frac{1,6 \times 20}{\text{№1,4}}$ и

мелкий $\frac{1,4}{0,85}$ продел и разделяют на трех последовательных системах с различной

интенсивностью воздушного потока. После контрольного выделения металломагнитных примесей и взвешивания дробленая крупа направляется в отделение готовой продукции.

Контроль лузги в соответствии с рисунком 4.14 осуществляют также отдельно для лузги крупной (получается при шелушении зерна гречихи и первых четырех фракций) и

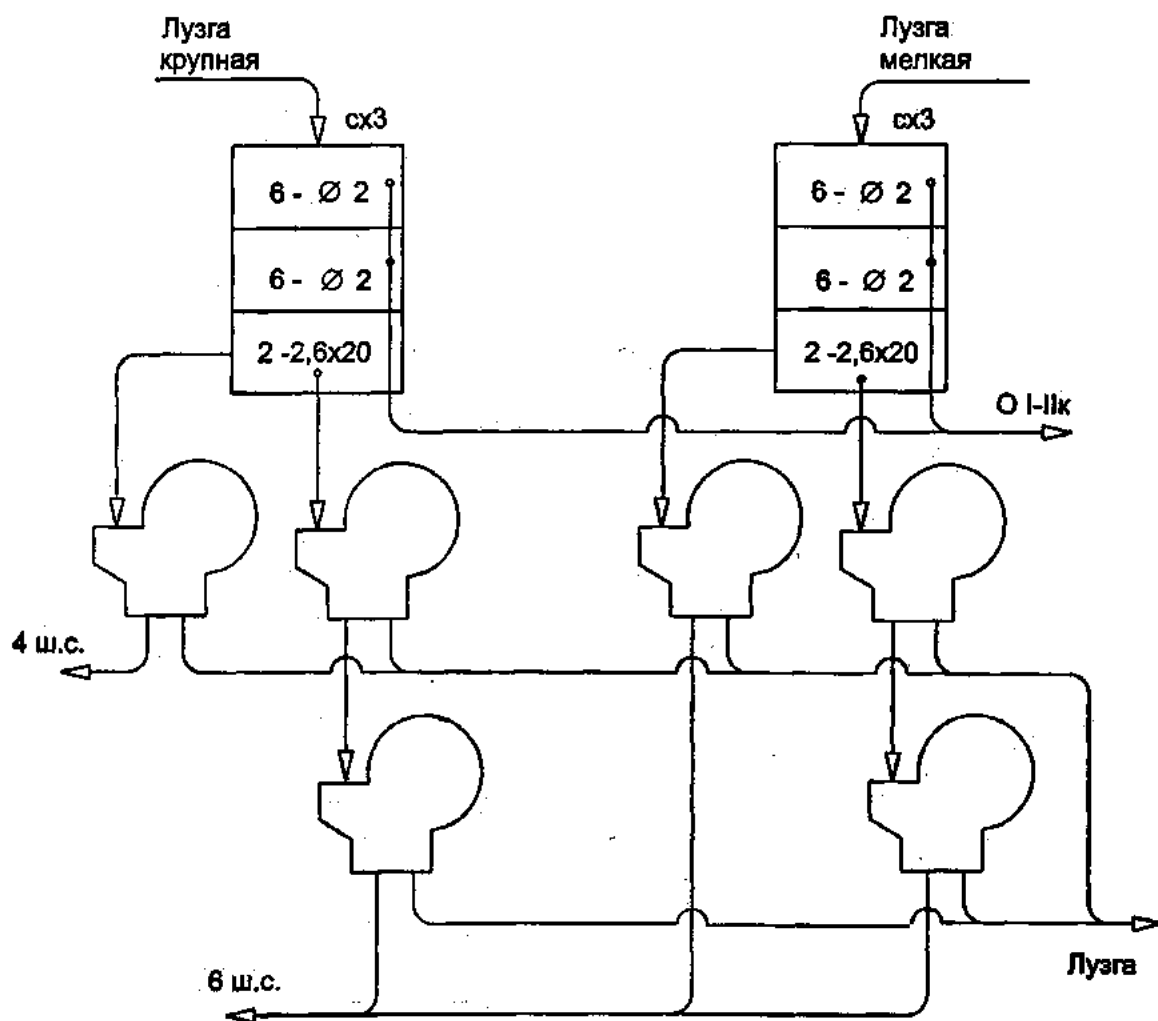


Рис. 4.14. Контроль лузги в технологии крупы из гречихи

мелкой (получается при шелушении зерна пятой и шестой фракции и контроле продела). Необходимость контроля объясняется неизбежным попаданием зерна в лузгу при интенсивном пневмосепарировании продуктов шелушения. Контроль осуществляют раздельным пересевом крупной и мелкой лузги с последующим пневмосепарированием. При пересеве проходом сит \varnothing 2 мм выделяют отходы I–II категории, а лузгу делят на две фракции — сходовую более крупную и проходовую — более мелкую. При пневмосепарировании лузги выделяют некоторое количество зерна, которое возвращают на 4 ш.с. и 6 ш.с. Легкая составляющая пневмосепарирования представляет собой лузгу — конечный продукт технологии. Это плодовые оболочки зерна гречихи с небольшим содержанием семенных оболочек и частиц ядра (остаток на сите № 1,4) не более 1 %.

Отходы I–II категории состоят из раздробленных плодовых и семенных оболочек, частиц зародыша и эндосперма с содержанием ядра не более 5 %.

Мучка отличается от кормовых отходов более мелким размером частиц.

§3. Технология крупы из риса

Основная продукция рисоэзаводов — крупа рис шлифованный. Как побочный продукт получают рис шлифованный дробленый. Рис шлифованный — это продукт, получаемый из зерна риса, у которого полностью удалены цветковые пленки, плодовые и семенные оболочки и большая часть алейронового слоя и зародыша.

Рис дробленый шлифованный состоит из частей шлифованного ядра риса (менее 2/3), не прошедших через сито с размерами отверстий 1,5 мм.

В технологии крупы из риса также возможно получение мелкой дробленой рисовой крупы. Это продукт, представляющий собой частицы эндосперма риса менее 1,5 мм по наибольшему размеру и полученный из рисовой мучки путем сортирования.

Возможно также получение крупы риса полированного, который отличается от риса шлифованного более высокой степенью обработки поверхности ядер. В процессе полирования поверхность шлифованных ядер освобождается от мучнистого налета, сглаживаются следы абразивной обработки, что улучшает товарный вид крупы и ее потребительские свойства.

Физические свойства риса определяют его поведение в различных операциях, составляющих технологический процесс. Так, при использовании обычных зерноочистительных машин их фактическая производительность оказывается в 5–7 ниже, чем, например, для пшеницы. Зерновая масса риса плохо самосортируется, особенно для остистых форм. Для риса характерно большое содержание минеральных примесей в виде комочков земли с примесью глины и органических частиц растений, которые по своим свойствам (геометрические размеры, плотность, коэффициенты внутреннего и внешнего трения) незначительно отличаются от зерна основной культуры, что делает их трудно отделимыми. В реальной технологии при отсутствии надлежащих систем камнеотделителей комочки земли переходят в рушальное отделение и часто улавливаются в конечных продуктах технологии, например, в дробленой шлифованной крупе.

Зерна риса имеют излом от мучнистого до стекловидного. Предпочтение отдают стекловидным сортам риса, которые более стойки к механическим нагрузкам и меньше дробятся.

К специфическим признакам качества риса относят трещиноватость или наличие в некоторых ядрах трещин, которые могут разрушать эндосперм полностью (сквозные трещины). Переработка такого риса в крупу может привести к образованию дробленого ядра, так как после удаления цветковых пленок, плодовых и семенных оболочек, а также алейронового слоя ядро риса распадается на части. В целом это снижает технологические и экономические показатели рисоэлевых заводов, так как стоимость дробленого риса в два и более раз ниже стоимости недробленого. При неглубоком разрушении ядра риса плоскостью трещин дробленые ядра могут и не образоваться. Последнее зависит от уровня применяемой технологии и от степени разрушения ядра трещинами. Трещины в зернах риса образуются под воздействием влаги, тепла и механических нагрузок. Поэтому к хранению, сушке, транспортировке риса предъявляются особые требования. С технологической точки зрения показатель трещиноватости оказывает отрицательное влияние на выход недробленной крупы. При полном разрушении плоскостью трещины эндосперма, алейронового слоя, семенных и плодовых оболочек зерна ядро риса распадается на части, образуя лом. Образование лома свидетельствует о грубых нарушениях технологии послеуборочной обработки, сушки, хранения и т. п. Каждый процент лома в зерне снижает выход целой крупы тоже на процент. Поэтому это крайне неблагоприятный показатель качества зерна риса. На выход и качество крупы отрицательно влияют также наличие зерен с красной семенной оболочкой и пожелтевших зерен. Красные зерна, освобожденные от цветковых пленок, резко выделяются на общем фоне, что требует более интенсивного шлифования для их удаления. Последнее приводит к повышенному выходу дробленого ядра и муки и к снижению выхода основного продукта — недробленной крупы.

Желтые зерна (с пожелтевшим эндоспермом) свидетельствуют о неблагоприятных условиях уборки и хранения риса. Наличие желтых зерен ухудшает внешний вид и вкусовые достоинства крупы, а также влияет на выход. Так, в крупе высшего сорта содержание ядер с пожелтевшим эндоспермом должно быть не более 0,5 %, в первом сорте — не более 2,0 %, во втором и третьем сорте — не более 8,0 %. При содержании пожелтевших зерен более 8 % рис считается непригодным к использованию в крупяной технологии.

Таким образом, для получения высокого выхода крупы хорошего качества зерно должно быть крупным, выровненным по размерам, высокой стекловидности и низкой пленчатости, а также с минимальными дефектами ядра. Технологическая влажность зерна должна быть в пределах 14,5–15,0 %.

При расчете выхода продукции базисным по качеству считается рис с содержанием чистого ядра 76,5 % к массе зерна с примесями, лузги — 19,0 %, зерен с красной семенной оболочкой — 2,0 %. При переработке такого риса, отвечающего по качеству требованиям ГОСТ 6293-68 «Рис для переработки в крупу», получают выходы продукции в соответствии с таблицей 4.11.

Сортность рисовой крупы оценивают рядом органолептических показателей, в числе которых цвет, запах, вкус, которые должны быть свойственны нормальной крупе, а также влажностью, содержанием доброкачественного ядра, сорной и металломагнитной примесей. Зараженность вредителями в крупе не допускается.

В крупе ограничивается содержание дробленого ядра, пожелтевших и клейких зерен. Ассортимент и качество крупы рисовой должны соответствовать государственному стандарту, действующему на данный момент времени.

Ассортимент и нормы выхода крупы при переработке зерна риса базисных кондиций

Продукты переработки	Выход, %
Рис шлифованный высшего, первого, второго и третьего сортов	55,0
Рис дробленый	10,0
Мучка кормовая	12,2
Отходы I и II категории	3,0
Лузга	18,4
Отходы III категории и механические потери	0,7
Усушка	0,7
Всего	100,0

Операции в подготовительном отделении

При организации процесса очистки зерна риса от примесей особое внимание уделяют регулировке транспортного, технологического, аспирационного и другого оборудования, чтобы исключить дополнительное травмирование зерна риса и образование в нем трещин. Очистку зерна риса от примесей осуществляют на зерноочистительных сепараторах, в крупосортировках, отсевах, пневмосепараторах любого принципа действия. К сорной примеси, которая должна быть выделена при подготовке зерна, относят семена культурных растений, недоразвитые, изъеденные и проросшие зерна риса, органические, минеральные и металломагнитные примеси и другие виды примесей. Наибольшую трудность при выделении примесей составляют битые, изъеденные и проросшие зерна риса, которые мало отличаются от основного зерна по геометрическим размерам и скорости витания. То же можно сказать и об основном засорителе риса — крупноплодном просе, особенно его остистых формах. Наибольший эффект при выделении рисового проса достигается при использовании сита $\varnothing 3$ мм (просо оказывается в проходе сита) и пневмосепарирования, так как скорость витания сорного проса меньше скорости витания риса. Принципиальная технология подготовки риса к переработке представлена на рисунке 4.15.

Очистка от примесей осуществляется на трех сепараторных проходах. Причем, на первом сепараторном проходе зерно делят на крупную $\left(\frac{3,0-4,0 \times 20}{\varnothing 3,6-4,0} \right)$ и мелкую фракции (проход сита $\varnothing 3,6-4,0$) и отдельно сепарируют, соответственно, на втором и третьем сепараторных проходах. Из крупной фракции выделяют основное количество крупных примесей, а из мелкой — основную массу сорного проса, битых, изъеденных зерен и мелкой минеральной примеси. Мелкую фракцию риса третьего сепараторного прохода $\left(\frac{\varnothing 3,5}{\varnothing 3,0-3,2} \right)$ пневмосепарируют, выделяют минеральные примеси в камнеотделителе вибропневматического принципа действия и после повторного пневмосепарирования направляют в рушальное отделение. Крупное зерно риса (сход сита $\varnothing 3,5$ мм второго и третьего сепараторного прохода) дополнительно сепарируют в отсевах, где выделяют крупное зерно

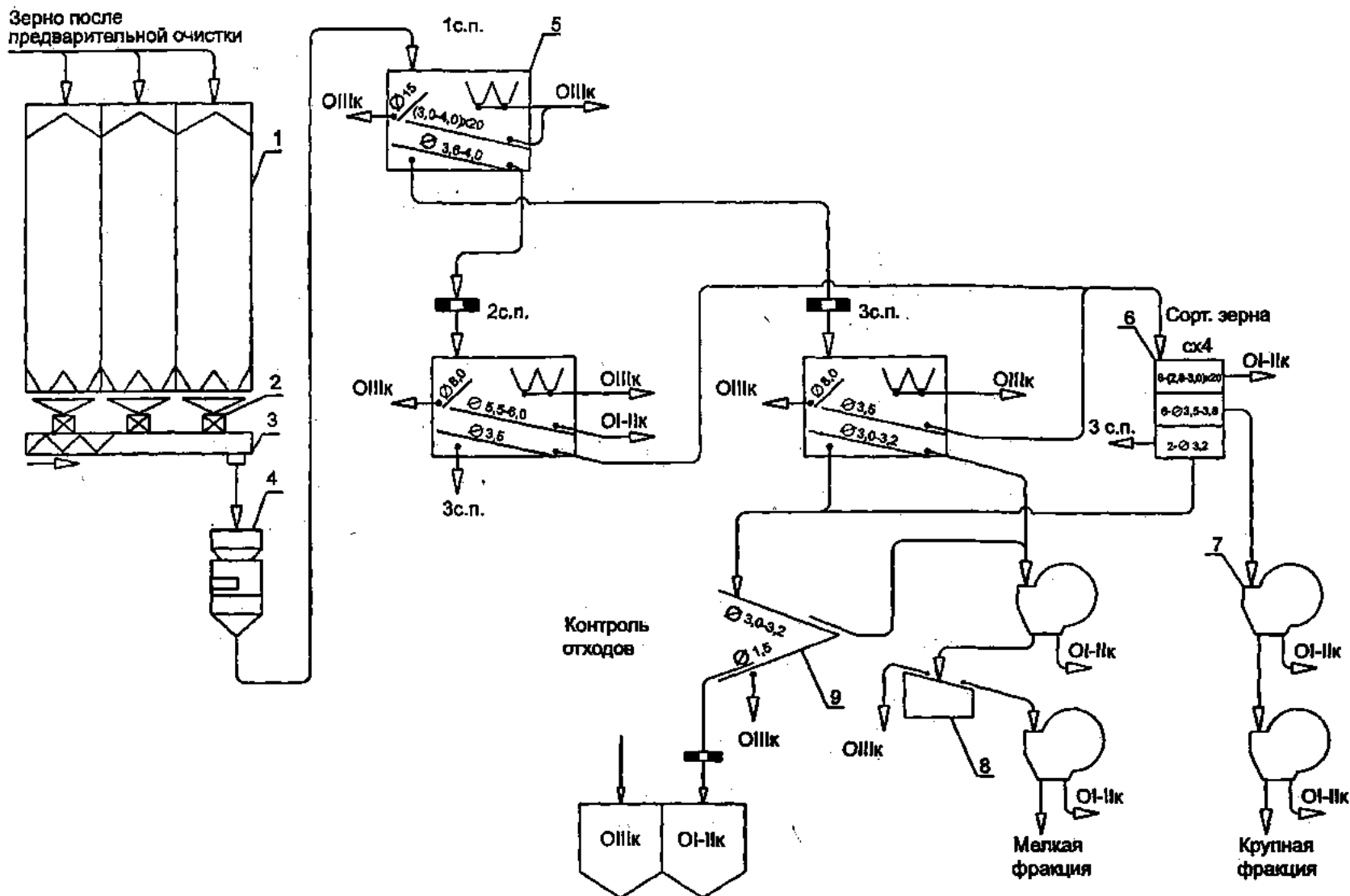


Рис. 4.15. Технологическая схема подготовки риса к переработке:

- 1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — дозаторы; 3 — шнек; 4 — автоматические весы;
 5 — ситовоздушный сепаратор; 6 — рассев БРУ; 7 — дуоаспиратор; 8 — камнеотделитель вибропневматический;
 9 — крупосортировка

$\left(\frac{2,8-3,0 \times 20}{\varnothing 3,5-3,8} \right)$, которое после двухкратного пневмосепарирования направляют в рушаль-

ное отделение. Мелкое зерно $\frac{\varnothing 3,5-3,8}{\varnothing 3,2}$ возвращают на третью сепараторную систему.

Весь проход сит $\varnothing 3,2$ мм третьей сепараторной системы и отсева сортировки зерна дополнительно обрабатывают на системе контроля отходов. При этом проходом сит $\varnothing 1,5$ мм выделяют отходы III категории, а сходом — отходы I–II категорий. К третьей категории отходов относят минеральные примеси, сходы приемных сит сепараторов, аспирационные отходы сепараторов и крупные примеси 1-го сепараторного прохода. К отходам I–II категории относят отходы, выделенные с сепарирующих машин после третьего сепараторного прохода. Выделенное при контроле мелкое зерно возвращают в технологический процесс.

Гидротермическую обработку риса на отечественных крупозаводах не производят, так как тепловая обработка приводит к потемнению крупы (коричневый цвет различных оттенков), что сказывается на ее товарных качествах.

Операции в рушальном отделении

Переработку риса осуществляют пофракционно по схеме с промежуточным выделением ядра и возвратом нешелушенных зерен на специальную сходовую систему шелушения. По технологии, представленной на рисунке 4.16, зерно на этапе подготовки делят на две фракции — крупную и мелкую и отдельно шелушат. Некоторые технологии предлагают выделять четыре фракции: крупную, среднюю, мелкую и недозрелую.

Шелушение зерна осуществляют с использованием шелушителей с обрезиненными валами. Хороший эффект дает использование на мелком зерне и сходовой фракции шелушителей с абразивными поверхностями (абразивные поставы). Шелушение длиннозерных форм риса рекомендуется проводить только на валковых шелушителях с обрезиненными поверхностями. Интенсивность шелушения оценивают коэффициентом шелушения, величина которого за однократный пропуск зерна риса через шелушильную машину должна быть не менее 85 %. При этом количество дробленого ядра должно быть не более 2 %.

Продукты шелушения (нешелушенные и шелушенные зерна, дробленые ядра, мучка и лузга) сортируют в отсевах БРУ четвертой технологической схемы отдельно для каждой фракции зерна. В силу разности в физических свойствах продуктов шелушения в отсевах происходит их интенсивное самосортирование и расслоение. В верхний сход попадают преимущественно нешелушенные зерна и лузга, во второй сход — основная масса нешелушенного и шелушенного зерна и лузга, в третий сход мелкие шелушенные зерна (ядра), дробленые ядра и мелкая лузга. Проходом нижней группы сит выделяют небольшое количество мучки, так как шелушение на обрезиненных валах не приводит к существенному разрушению зерна риса. Таким образом, уже при первом сортировании продуктов шелушения удается разделить смесь по качественным признакам. На втором этапе полученные сходами сит отсева продукты отдельно пневмосепарируют (дважды, последовательно) для отвеивания лузги. Последующее направление продуктов шелушения определяется их качественным составом. Так, первый сход после отвеивания лузги представлен в основном нешелушенным зерном и его направляют на сходовую систе-

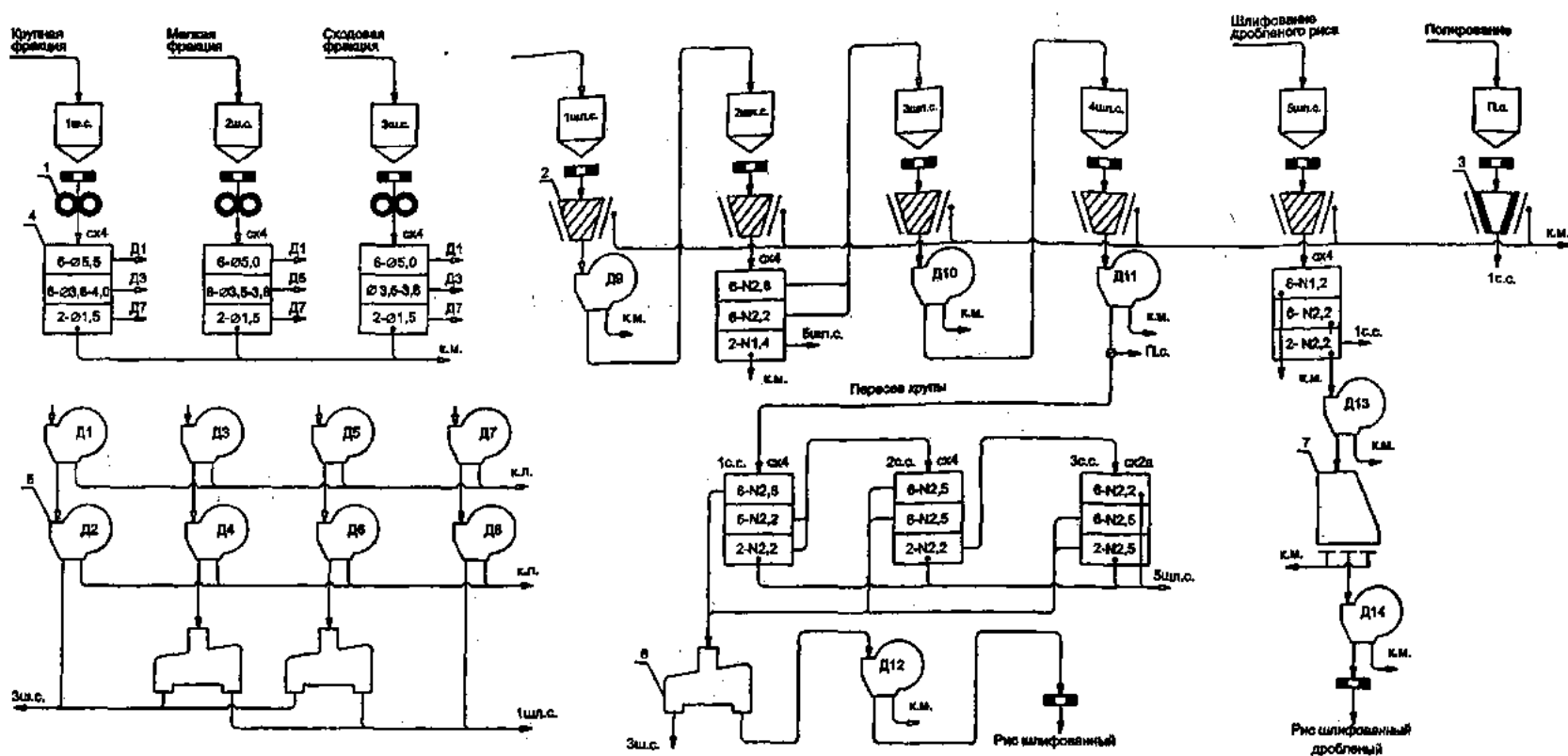


Рис. 4.16. Технология получения рисовой крупы:

- 1 — шелушитель с обрезиненными валами; 2 — шлифовальный постав; 3 — полировальный постав;
4 — рассев БРУ; 5 — дуоаспиратор; 6 — падди-сепаратор; 7 — пневмостол

му шелушения. Второй сход после отвеивания лузги содержит шелушенные и нешелушенные зерна и направляется на крупотделение в падди-сепараторе. Третий сход после отвеивания лузги содержит мелкое шелушеное зерно и дробленое ядро и должен быть направлен на первую систему шлифования. Выделенное в падди-сепараторах зерно также направляют на сходовое шелушение, а ядро — на первую шлифовальную систему.

На шлифование направляют ядро риса с содержанием нешелушенного зерна не более 1 %. При шлифовании отделяют плодовые, семенные оболочки, частично алейроновый слой и зародыш. При этом используют или поставу с конусным абразивным барабаном и вертикальной осью вращения или шлифовальные машины с горизонтально расположенным абразивным барабаном. Больше распространение получил первый тип оборудования для шлифования. Возможно также одновременное использование обоих типов технологического оборудования — на первых шлифовальных системах — машины с горизонтально расположенным цилиндрическим барабаном, на последующих — с конусным абразивным барабаном. Считается, что машины с горизонтальным цилиндрическим ротором могут обеспечить более интенсивное шлифование. Общее количество систем шлифования — пять. Причем, одна из систем используется для шлифования дробленого ядра. Возможно также двойное последовательное шлифование дробленого ядра. При переработке высокостекловидного зерна риса для улучшения товарного качества и потребительских свойств недробленой крупы возможно также использование операции полирования. Для полирования используют те же конструкции оборудования, что и для шлифования. Однако для обеспечения оптимального полирующего эффекта рабочие поверхности роторов выполняют металлическими, абразивными с использованием шлифовального зерна минимальных размеров, а также кожаными или из специальных тканей. В отечественной промышленности практически не используется полирование в технологии рисовой крупы. Очевидная причина — удорожание стоимости продукции, отсутствие высокоэффективного оборудования, не явно выраженное качественное преимущество полированной крупы над шлифованной и т. п.

В таблице 4.12 представлена характеристика рабочих органов шлифовальных машин, рекомендуемая для использования в технологии рисовой крупы. Окружную скорость рассчитывают по большому диаметру конусного ротора, а размер ячеек сит принимают не более 1,5 мм при использовании сетчатой обечайки или диаметром 1–1,5 мм при использовании сит с круглой формой отверстия. Причем, проволоочная сетка должна быть плотного металлического плетения с толщиной нити 0,8–1 мм. При использовании сит первого и второго типов толщина листа должна быть не менее 1 мм. Считается, что большего эффекта шлифования можно добиться при использовании сетчатой обечайки из-за ее повышенной шероховатости.

Процесс шлифования построен по конвейерному принципу с отбором после первой, третьей и четвертой систем мучки пневмосепарированием, а после второй системы — с отсеиванием мучки и дробленого ядра в рассеве БРУ сх 4. Возможны и другие варианты построения технологии процесса шлифования. Интенсивность процесса, выраженная в процентах удаляемого периферийного слоя ядра, неодинакова по системам шлифования. На первой системе она составляет 3,5–4,0 %, на второй — 3,0–3,5 %, на третьей — 2,5–3,0 % и на четвертой — 2,0–2,5 %. Уменьшение степени шлифования от первой к последней системе связано, в первую очередь, с необходимостью исключить повышенную дробимость ядра из-за снижения его прочности по мере удаления оболочек. Общая степень шлифования для отечественных рисозаводов колеблется в пределах 10–14 %.

**Механико-кинематические и технологические параметры
рабочих органов шлифовальных машин**

Тип машины и номер системы	v, м/с	Рабочий зазор, мм		Соотношение шлиф. зерна в абразиве, %		
		абразив- сито	абразив- тормоз	номер зернистости		
				100	80	63
Шлифовальный постав с конусным ротором						
1 шл. с.	12-13	20-22	3	40	30	30
2 шл. с.	12-13	18-19	3	40	30	30
3 шл. с.	10-11	16-17	3	20	20	60
4 шл. с.	10-11	16-17	3	20	20	60
Шлифование дробленого ядра	10-11	14-16	2-3			
Машина с горизонтальным ротором						
1 шл. с.	15-16	10	—	20	20	60
2 шл. с.	15-16	10	—	20	20	60

Шлифование длиннозерных сортов риса рекомендуется проводить с такой же интенсивностью, но для снижения дробимости рекомендуется уменьшать окружную скорость конусных роторов на 10–15 % в сравнении с рекомендуемой, что должно снизить давление на ядра в зоне шлифования.

При необходимости шлифованный рис подвергают полированию, для чего в технологии предусмотрена соответствующая система. При этом окружную скорость конусного полировального ротора рекомендуется принимать в пределах 10,0 м/с.

Рисовую крупу шлифованную после 4-й шл.с. или полированную, пересеивают на трех последовательных системах с использованием металлотканых сит, что оптимизирует процесс выделения дробленого ядра и мучки. Недробленая рисовая шлифованная крупа, выделяемая сходами сит № 3,0; 2,8; 2,5, контролируется на падди-машине для выделения случайно оставшихся нешелушенных зерен. Выделенные в результате контроля нешелушенные зерна возвращают в технологический процесс на сходовую систему шелушения или на одну из начальных систем шлифования. Готовая крупа провеивается для отделения мучки, контролируется на наличие металломагнитных примесей и направляется в отделение готовой продукции. Дробленое ядро риса шлифуется дополнительно на одной-двух системах. Интенсивность процесса или степень шлифования составляет 1,0–1,5 %.

Продукты шлифования сортируются с выделением мучки и некоторого количества недробленой крупы. Дробленая крупа пневмосепарируется и контролируется на наличие минеральной примеси на пневмосортировальных столах или вибропневматических камнеотборниках. После повторного провеивания и выделения металломагнитных примесей крупа направляется в отделение готовой продукции.

Мучку, выделенную на системах шлифования, шелушения, контрольного сепарирования, пересеивают на специально выделенной системе. Проходом сит № 1,2–1,4 получают мучку, а сходами сит — дробленые и недробленые ядра, которые возвращают в технологический процесс.

§4. Технология крупы из овса

Основная продукция овсозаводов — крупа овсяная недробленая. Это ядро овса, полностью освобожденное от наружных оболочек (цветковых пленок), семенных и плодовых оболочек, частично от алейронового слоя и зародыша. Овсяная крупа отличается высоким и сбалансированным содержанием хорошо усваиваемых полноценных белков, жиров и витаминов. Поэтому она является средством диетического, детского и лечебного питания. Кроме овсяной недробленой крупы при более глубокой переработке из овса получают хлопья различного качества, толокно и крупу плющеную.

Для переработки в крупу используют овес, отвечающий по качеству требованиям ГОСТ 6584-73 «Овес для переработки в крупу». Зерно должно быть выровненным по крупности и содержать минимальное количество двойных зерен, затрудняющих процессы очистки. Наиболее ценным является овес, имеющий тяжелое крупное зерно с хорошо развитым эндоспермом. Удлиненные игольчатые зерновки содержат минимальное количество эндосперма, что свидетельствует об их низких технологических достоинствах. Базисным по качеству считается овес с содержанием чистого ядра в сходе сита с отверстиями $1,8 \times 20$ — 65 % к массе зерна с примесями, лузга — 27 % и мелкого зерна в проходе сита $1,8 \times 20$ — 5,0 %. При переработке такого зерна получают базисный выход крупы, приведенный в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Ассортимент и нормы выхода продукции из овса базисных кондиций для различных типов технологии

в процентах

Продукты переработки	Тип технологии					
	в недроб- леную кру- пу	в недроб- леную и плющеную крупку	в недроб- леную кру- пу и хлопья	в хло- пья из крупы	в то- локно	в хло- пья экс- тра
Крупа недробленая (высшего, первого и второго сортов)	45,5	29,5	39,5	—	—	—
Крупа плющенная (высшего и первого сортов)	—	15,5	—	—	—	—
Хлопья	—	—	5,5	95,5	—	50,0
Толокно	—	—	—	—	52,0	—
Мучка и дробленка кормовая	15,5	16,0	16,0	4,0	9,5	13,0
Отходы I—II категории	2,8	2,8	2,8	—	1,3	1,3
Лузга	27,0	27,0	27,0	—	26,0	27,0
Мелкий овес	5,0	5,0	5,0	—	5,0	5,0
Отходы III категории и механические потери	0,7	0,7	0,7	0,1	0,7	0,7
Усушка	3,5	3,5	3,5	0,4	5,5	3,0
Всего:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Овсяная недробленая крупа всех сортов имеет серовато-желтый цвет различных оттенков, запах, свойственный овсяной пропаренной крупе, имеет специфический слабый вкус горечи. Качество крупы определяется содержанием доброкачественного ядра в процентах,

не менее: в высшем сорте — 99,0; в первом сорте — 98,5; во втором — 97,0. В доброкачественном ядре ограничивают содержание колотых ядер, которых должно быть не более 0,5; 1,0; 2,0 %, соответственно, для высшего, первого и второго сортов. В готовой крупе также ограничивают содержание необрушенных зерен, сорной примеси, мучки, металломагнитной примеси. Как и для любой крупы, не допускается зараженность вредителями хлебных запасов.

Операции в подготовительном отделении

Предварительно очищенное зерно овса размещается в оперативных емкостях вместимостью не менее чем на сутки непрерывной работы овсозавода. В подготовительном отделении очищают зерно от примесей, делят на крупную и мелкую фракции и проводят гидротермическую обработку (рис. 4.17). На первом этапе подготовки зерно овса очищают от грубых, случайно попавших примесей с помощью скальператоров. При организации предварительной очистки в элеваторе, скальператор может быть исключен из технологической схемы. После выделения грубых примесей на первом сепараторном проходе выделяют крупные, легкие и мелкие примеси. Крупные примеси содержат зерна культурных растений, а также крупные зерна овса, что позволяет отнести их к отходам I–II категории. В мелких примесях содержится мелкая минеральная примесь и мелкий овес, поэтому они проходят дополнительный пересев на системе контроля отходов. Легкие примеси, кроме соломистых частиц, содержат минеральную пыль, что классифицирует их как отходы III категории. Основное зерно после первого сепараторного прохода направляется на камнеотборник, что при соответствующей его регулировке позволяет выделить практически полностью минеральную примесь. Для более эффективного выделения мелкого овса основной поток зерна дважды последовательно сортируется в рассевах. На первой системе проходом сит $1,8 \times 20$ выделяют основную массу мелкого овса, которая не представляет технологической ценности (направляется на контроль отходов). Основное зерно направляется на вторую систему, где сортируется на крупную (сход сит $2,2 \times 20$) и мелкую (проход сита $2,2 \times 20$) фракции. Мелкая и крупная фракции зерна дополнительно очищаются от коротких примесей на куколеотборниках с разным диаметром ячеек (для мелкого зерна — $\varnothing 5,5$, для крупного — $\varnothing 6$ мм). Это позволяет выделить основную массу куколя и семена бобовых.

Гидротермическую обработку проводят отдельно для крупной и мелкой фракций. Пропаривание осуществляют в горизонтальных пропаривателях непрерывного действия при давлении пара 0,05–0,1 МПа. Пропаривание также возможно и в аппаратах порционного действия. Сушку осуществляют до влажности 10,0 % при последующем шелушении в поставках и до влажности 13,5–14,0 %, если шелушение осуществляется в обоечных машинах с наждачным цилиндром. При этом пофракционная технология позволяет применить дифференцированные режимы сушки, что благоприятно влияет на качество зерна. Сушка несортированного на фракции крупности зерна приводит к пересушиванию мелкого зерна, которое приобретает коричневую окраску, и недосушиванию крупного. Считается, что при влажности зерна в целом 10,0 % влажность оболочек после подсушивания должна составлять 4–6 %. В результате оболочки становятся хрупкими и легко разрушаются при шелушении.

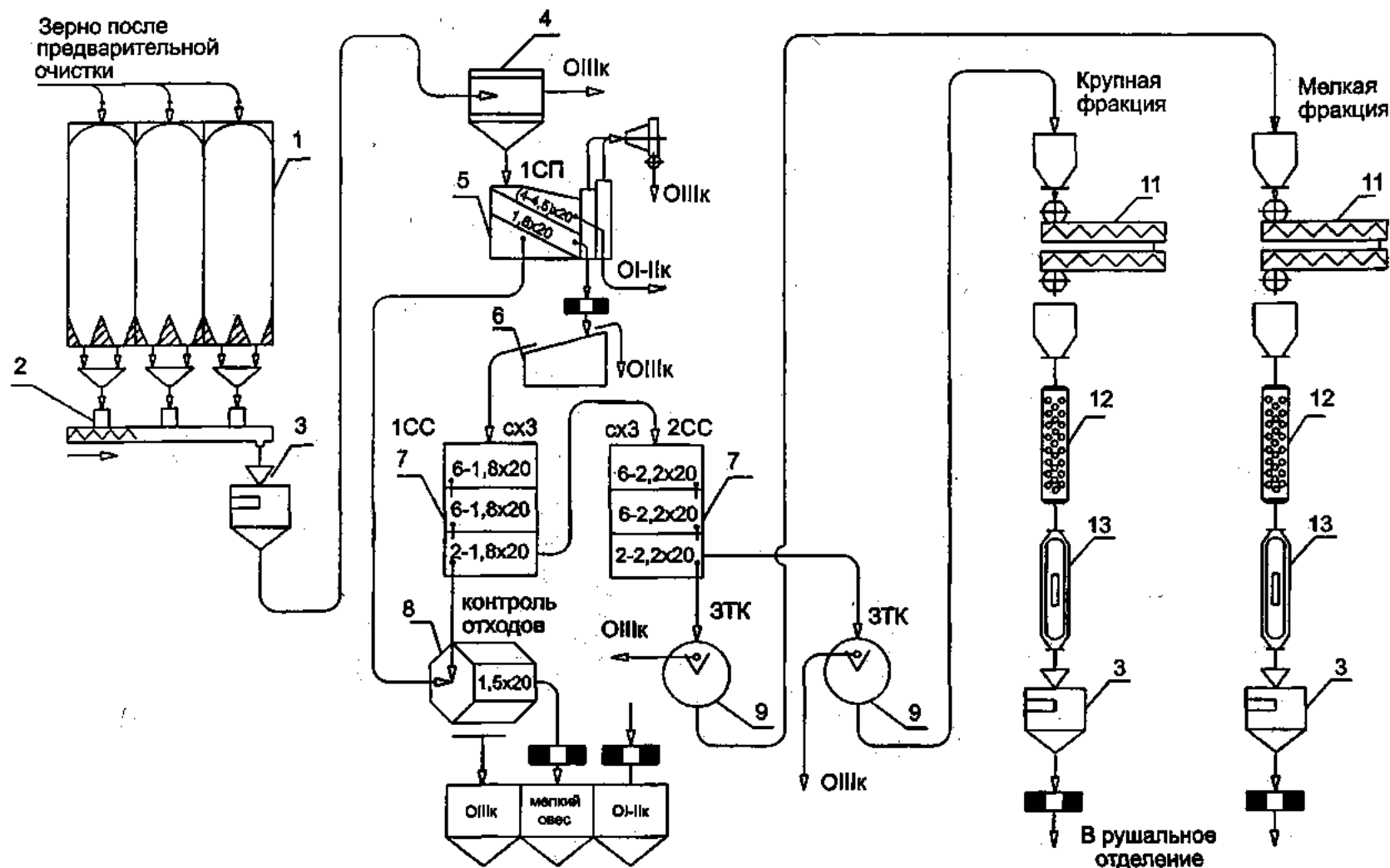


Рис. 4.17. Технология подготовки овса к переработке:

- 1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — дозаторы; 3 — автоматические весы; 4 — скальператор; 5 — сепаратор; 6 — камнеотделитель; 7 — рассев БРУ; 8 — бурат; 9 — куколеотборник; 11 — пропариватель; 12 — сушилка; 13 — охлаждающая колонка

После сушки зерно пропускают через охлаждающие колонки или пневмоаспирирующее оборудование с разомкнутым циклом воздуха. Температура зерна после охлаждения должна быть не более чем на 10 °С выше температуры рабочего помещения.

Для овсозаводов небольшой производительности технологический процесс подготовки и гидротермической обработки можно осуществить без разделения зерна на фракции. При этом, для обеспечения оптимальных условий шелушения овес непосредственно после гидро-

термической обработки делят на две фракции: крупную $\frac{3,5-4,0}{2,2 \times 20}$ и мелкую $\frac{2,2 \times 20}{1,8 \times 20}$. Для

этого можно использовать любой зерноочистительный сепаратор.

Операции в рушальном отделении овсозавода

Шелушение овса осуществляют отдельно по фракциям крупности. Для этого используют шелушильные поставы, центробежные шелушители или обочные машины с абразивным цилиндром. При использовании шелушильных поставов окружную скорость бегуна (нижнего камня-диска) принимают для основных систем — 18–20 м/с, а для сходовых — 16–18 м/с при ширине рабочего поля неподвижного диска 220–260 мм для основных систем и 200–220 мм — для сходовых. При изготовлении абразивных масс для заливки камней-дисков для основных систем используют шлифзерно № 125 и 100 в равной пропорции, для сходовых — шлифзерно № 100 и 80 и также в равной пропорции. При использовании обочных машин состав абразивной массы цилиндрических дек остается таким же, как для поставов. Рекомендуется уклон бичей ротора обочной машины принимать 8 %, окружную скорость — 20–22 м/с, а рабочий зазор между бичами и абразивной поверхностью — 20–22 мм.

Интенсивность процесса шелушения должна обеспечивать количество шелушенных зерен за однократный пропуск зерна через машины для шелушения не менее 90–96 % для крупной фракции и 80–85 % для мелкой. При этом количество дробленых ядер не должно превышать 3–4 % на основных системах шелушения и 5–6 % — на сходовых.

В соответствии с рисунком 4.18 технологический процесс шелушения каждой фракции построен по принципиальной схеме с наличием промежуточного отбора ядра и возвратом нешелушенных зерен на специальную сходовую систему шелушения. Функцию сходовых систем по технологической схеме выполняют 2 ш.с. для крупной фракции и 4 ш.с. для мелкой фракции. Продукты шелушения представляют собой смесь шелушенных и нешелушенных зерен, дробленого ядра, мучки и лузги. Каждый компонент смеси должен быть направлен по целевому назначению. Лузга, мучка и дробленое ядро — это конечные продукты технологии и должны быть направлены на контроль, шелушенное зерно (ядро) — на шлифование, а нешелушенное зерно — на повторное шелушение. Сортирование проводят в три этапа. На первом этапе выделяют дробленое ядро и мучку проходом сит Ø 2 мм, а остальные продукты выводят смесью. Для сортирования используют рассевы, центрофугалы или любые другие сепарирующие средства. В данной технологической схеме применены рассевы БРУ сх 3. На втором этапе сортирования продукты пневмосепарируют для отделения лузги. Причем, на основных системах — двукратно, последовательно, а на сходовых — однократно. После отделения лузги смесь

Рис. 4.18.Технология переработки овса в недробленую крупу:
1 — шелушильный постав; 2 — рассев БРУ; 3 — дуоаспиратор; 4 — пади-машина

шелушенных и нешелушенных зерен разделяют на падди-машинах (совместно потоки основных и сходовых систем). Эта операция (крупноотделение) осуществляется на двух последовательных системах. Выделенное зерно овса дополнительно шелушат на сходовой системе шелушения, а ядро направляют на шлифование. Аналогично построена технология сортирования продуктов шелушения для основных и сходовых систем крупной и мелкой фракции.

Ядро овса, направляемое на шлифование, должно содержать не более 0,6 % нешелушенных зерен. Шлифование осуществляют в поставах с конусным абразивным ротором. Количество систем шлифования одна-две. В современных технологических схемах предпочтение отдают технологии с одной системой. При шлифовании у овсяного ядра удаляют волоски опушения, а также плодовые и семенные оболочки и частично зародыш. Продукты шлифования сортируют в рассев БРУ сх. 3. Проходом сит $\varnothing 2$ мм выделяют мучку и дробленое ядро, а сходом сит $2,5 \times 20$ — случайно оказавшиеся зерна ячменя, пшеницы и другие примеси, направляемые в отходы I-II категории.

Основной продукт — крупу овсяную недробленую шлифованную $\left(\frac{2,5 \times 20}{\varnothing 2} \right)$ контролируют на наличие нешелушенных зерен в контрольных падди-машинах ПМ 5, ПМ 6 и после провеивания и выделения металломагнитных примесей направляют в отделение готовой продукции.

Контроль мучки и дробленки осуществляют путем однократного пересева, где проходом сита 08 выделяют мучку, а сход сита 08 дополнительно пневмосепарируют для выделения остаточного содержания лузги и направляют в кормовую дробленку. Кормовая дробленка и мучка не должны содержать ядра, не проходящие через сито с диаметром отверстий 2,0 мм, более 2 %.

Контроль лузги осуществляют путем однократного переосеивания в рассеве с набором сит $\varnothing 2$ и $\varnothing 3,5$ мм. Проход сита $\varnothing 2$ мм представляет собой смесь мучки и дробленого ядра, и его направляют на контрольный пересев мучки. Проход сита $\varnothing 3,5$ мм может содержать некоторое количество шелушенных и нешелушенных зерен, поэтому его направляют на пневмосепарирование, а затем на крупноотделение в падди-машинах технологического потока основного шелушения мелкой фракции.

Лузгу с небольшим содержанием шелушенных и нешелушенных зерен дважды провеивают. Легкую составляющую направляют в лузгу, а выделенные ядра и зерна овса направляют на крупноотделение на падди-машины сортирования продуктов шелушения мелкой фракции овса.

Содержание в лузге частиц ядра, не проходящего через отверстия сита $\varnothing 2$ мм, не должно превышать 1,5 %.

Технологические процессы получения крупы плющеной, хлопьев и толокна из овса будут рассмотрены в главе 4.

§5. Технология крупы из гороха

Из гороха получают крупу горох целый шелушенный и горох колотый шелушенный. Горох целый шелушенный — это целые семена с неразделенными семядолями. Примесь колотого шелушеного гороха допускается не более 5 %. Горох колотый шелушенный представляет собой шелушенные и полированные семена с разделенными семядолями. Содержание в горохе колотом целого гороха допускается не более 5 %.

В крупяной технологии используют горох продовольственный первого типа белый, желтый и зеленый. Базисным по качеству считается горох с содержанием сорной примеси 1 %, зерновой — 2 %, мелкого гороха — 5 % и примесей гороха II типа — не более 5 %.

Ко второму типу относят горох кормовой с различной окраской семени — от бурозеленой до черной различных оттенков.

К мелкому гороху относят целые и поврежденные семена гороха, проходящие через сито с диаметром отверстий 5 мм. К зерновой примеси относят семена гороха битые, изъеденные, проросшие с вышедшим наружу корешком, поврежденные самосогреванием и сушкой, заплесневевшие, давленные, учитываемые во фракции, полученные сходом сита Ø 5 мм.

При переработке гороха базисных кондиций, по качеству отвечающего требованиям ГОСТ 23843-79 «Горох. Технические условия», получают базисный выход продукции, представленный в таблице 4.14.

Таблица 4.14

Ассортимент и нормы выхода продукции из гороха

Продукты переработки	Выход, %
Горох целый шелушенный первого, второго сортов	47,0
Горох колотый шелушенный первого и второго сортов	30,0
Сечка и мучка	6,5
Лузга	6,0
Мелкий горох	5,0
Отходы I и II категорий	1,0
Отходы III категории и механические потери	0,5
Усушка	4,0
Всего	100,0

Цвет крупы из гороха — желтый и зеленый. Вкус и запах должны быть свойственны нормальной гороховой крупе. Влажность крупы, не более 15 %. В крупе первого сорта содержание сорной примеси должно быть не более 0,4 %, а в крупе второго сорта — не более 3,0 %. Содержание минеральной примеси в числе сорной для целого и колотого гороха не должно превышать 0,05 %. Ограничивается также содержание в крупе изъеденных семян, нешелушенных, дробленых. В крупе не допускается содержание сечки и мучки. Содержание металломагнитной примеси на 1 кг крупы не более 3 мг. Не допускается зараженность вредителями хлебных запасов.

Одна из особенностей семени гороха состоит в том, что при ударе оно раскалывается на семядоли. Это необходимо учитывать при всех операциях с горохом, так как наличие расколовшихся частиц понижает качество сырья.

Подготовительные технологические операции

В соответствии с рисунком 4.19 очистка зерна от примесей осуществляется на двух последовательных сепараторных проходах. Крупные, грубые и легкие примеси, выделенные на сепараторах, не представляют кормовой ценности и направляются без контроля в отходы III категории. Примеси, отбираемые проходом сита с отверстиями \varnothing 5 мм (содержат мелкий горох, дробленые частицы, семена сорных растений и т. п.), подрабатывают на контрольной системе, где выделяют мелкий горох сходом сита \varnothing 2,0–2,5 мм, а проходом сита — отходы III категории. Наклон сит сепараторов не должен превышать 6–7 %. При большом уклоне горох может попадать в крупные примеси (сходом сортировочного сита), а мелкие примеси — в горох. Размер отверстий сит сепарирующих машин необходимо корректировать в зависимости от крупности поступающего в переработку гороха. Скорость витания гороха около 16 м/с, что значительно больше, чем у зерна любых других культурных растений и большинства сорняков. Поэтому при соответствующей скорости воздушного потока в пневмосепарирующих каналах возможно удаление значительного количества примесей. В тяжелые отходы могут попасть щуплые и нормальные зерна злаков, щуплый горох, большинство органических примесей.

В результате сепарирования в подготовительном отделении получают отходы III категории, в состав которых входят минеральные примеси, соломистые частицы, стебли различных растений, сорные семена. Поэтому данная категория отходов не имеет какой-либо кормовой ценности и считается вместе с механическими потерями. В соответствии с технологической схемой в эту категорию отходов попадают сходы приемных и сортировочных сит сепараторов, а также отходы пневмосистем.

Кроме того, в зерноочистительном отделении выделяют около 5 % мелкого гороха, который малоценен в технологическом отношении.

После выделения примесей горох обрабатывают влагой и теплом в процессе гидротермической обработки. По технологической схеме горох пропаривают при давлении пара 0,10–0,15 МПа в течение 2–2,5 минут. Более жесткие условия пропаривания (с повышением давления и, соответственно, температуры пара и времени обработки) ухудшают потребительские свойства крупы, которая становится темной, ухудшается ее запах и вкус.

Допускается вместо пропаривания увлажнение горячей водой. Время отволаживания после пропаривания должно быть не более 15 минут, а после увлажнения — 30 минут.

Температура нагрева гороха в процессе тепловой сушки должна не превышать 60 °С, а конечная влажность — 14–15 %, что считается оптимальным в технологическом отношении. Более жесткие условия подсушивания приводят к усадке наружных слоев семени гороха, возникновению напряжений, приводящих к раскалыванию гороха на семядоли. Снижение влажности гороха ниже оптимальной вызывает повышенный выход дробленого ядра при шелушении и шлифовании.

Охлаждают горох до температуры, которая не должна превышать температуру окружающего воздуха на 6–8 °С.

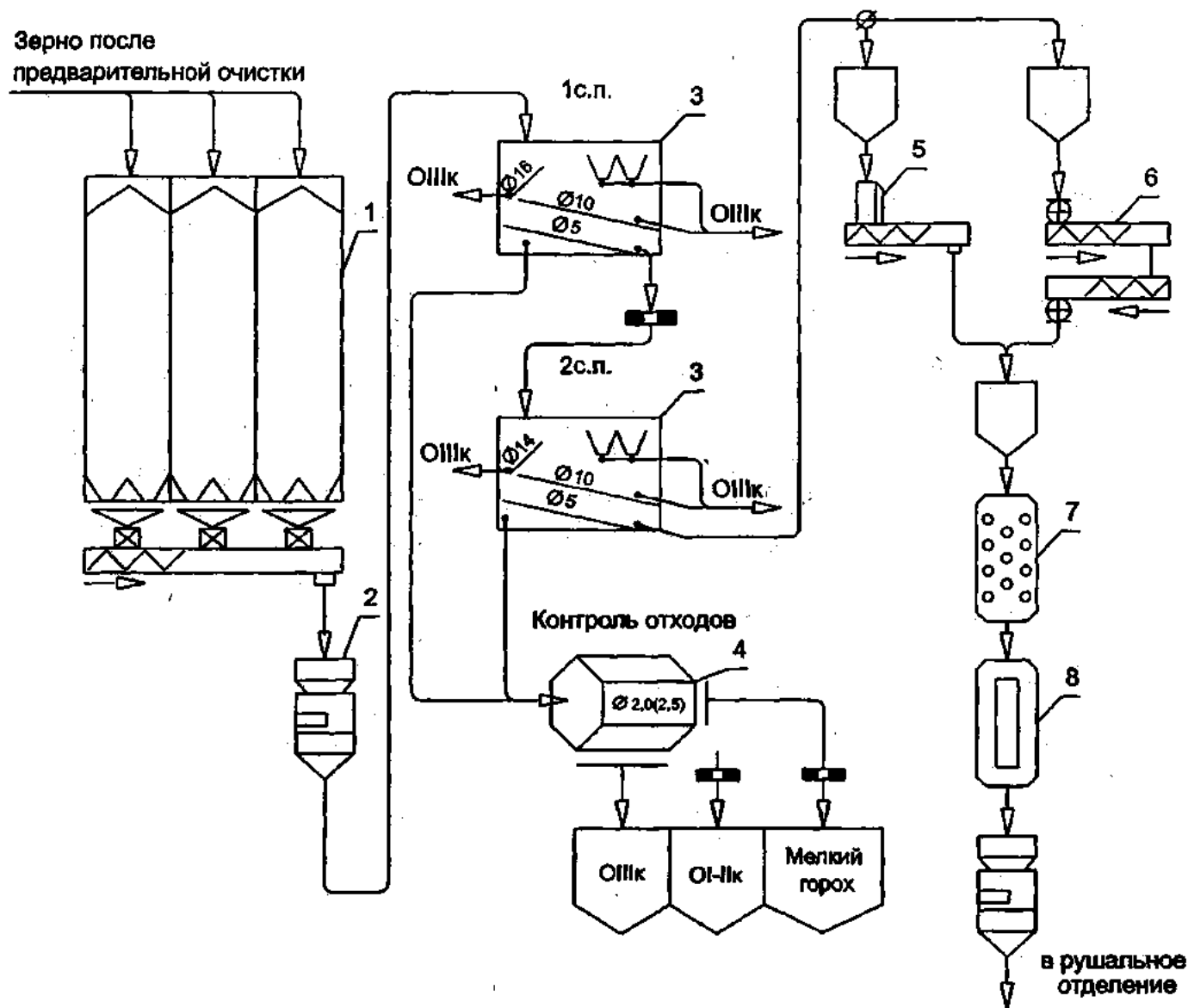


Рис. 4.19. Технологическая схема подготовки гороха к переработке:

1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — автоматические весы; 3 — сепаратор; 4 — бурат; 5 — увлажнитель; 6 — пропариватель; 7 — сушилка; 8 — охлаждающая колонка

Операции в рушальном отделении

Технология получения гороха целого и колотого шелушенного и полированного представлена на рисунке 4.20.

На предварительном этапе горох сортируют на две фракции крупности в отсевах БРУ сх 4. Причем основными фракциями гороха считают крупную, получаемую сходом сита $\varnothing 7$ мм и

мелкую, получаемую проходом сита $\varnothing 6$ мм. Промежуточные по крупности фракции $\frac{\varnothing 7}{\varnothing 6,5}$ и $\frac{\varnothing 6,5}{\varnothing 6}$ направляют или в крупную, или в мелкую фракции, стремясь получить приблизительно одинаковые по массовой доле потоки на шелушение.

Шелушение и шлифование в технологии крупы из гороха не имеет четкого разграничения. Поэтому системы для обработки поверхности называют шелушильно-шлифовальными. Шелушение и шлифование проводят раздельно крупной и мелкой фракции на двух последовательных системах с использованием шелушильно-шлифовальных машин с абразивными дисками и вертикальной осью вращения типа ЗШН. Ситовая обечайка для отбора мучки имеет диаметр отверстий 2,0–2,5 мм. При изготовлении абразивных дисков рекомендуется для первых систем принимать шлифовальное зерно № 125 и 100 в равной пропорции, а для вторых — № 100 и 80 и также в равной пропорции. После шелушения получают смесь, состоящую из шелушенного и нешелушенного гороха, разделенных семядолей, сечки, мучки и лузги. Поэтому такую смесь подвергают ситовому сепарированию с выделением более однородных по физическим свойствам и качественным показателям фракций:

- сход сита $4,0 \times 20$ представляет собой целый горох шелушенный и нешелушенный с крупной лузгой. Этот продукт после пневмосепарирования на дуоасpirаторах направляют на повторное шелушение;

- сход второй группы сит отсева и проход сит первой группы $\left(\frac{4,0 \times 20}{\varnothing 3} \right)$ состоит в основном из разделенных семядолей, крупных частей ядра гороха с частицами лузги, направляют на систему шлифования колотого гороха;

- сход третьей группы сит отсева $\left(\frac{\varnothing 3}{\varnothing 1,5} \right)$ представляет собой части дробленого ядра вместе с мелкой лузгой и мучкой, направляется после пневмосепарирования в отходы I–II категорий;

• проход третьей группы сит $\varnothing 1,5$ мм отсева направляют в кормовую мучку и сечку. Аналогично сортируют продукты шелушения мелкой фракции. Различие состоит в том, что первую группу сит в отсевах принимают 3×20 .

На вторых системах шелушения гороха крупной и мелкой фракций заканчивается шелушение целого гороха. Продукты шелушения сортируют по технологической схеме и на таком же наборе сит, что и продукты шелушения первых систем.

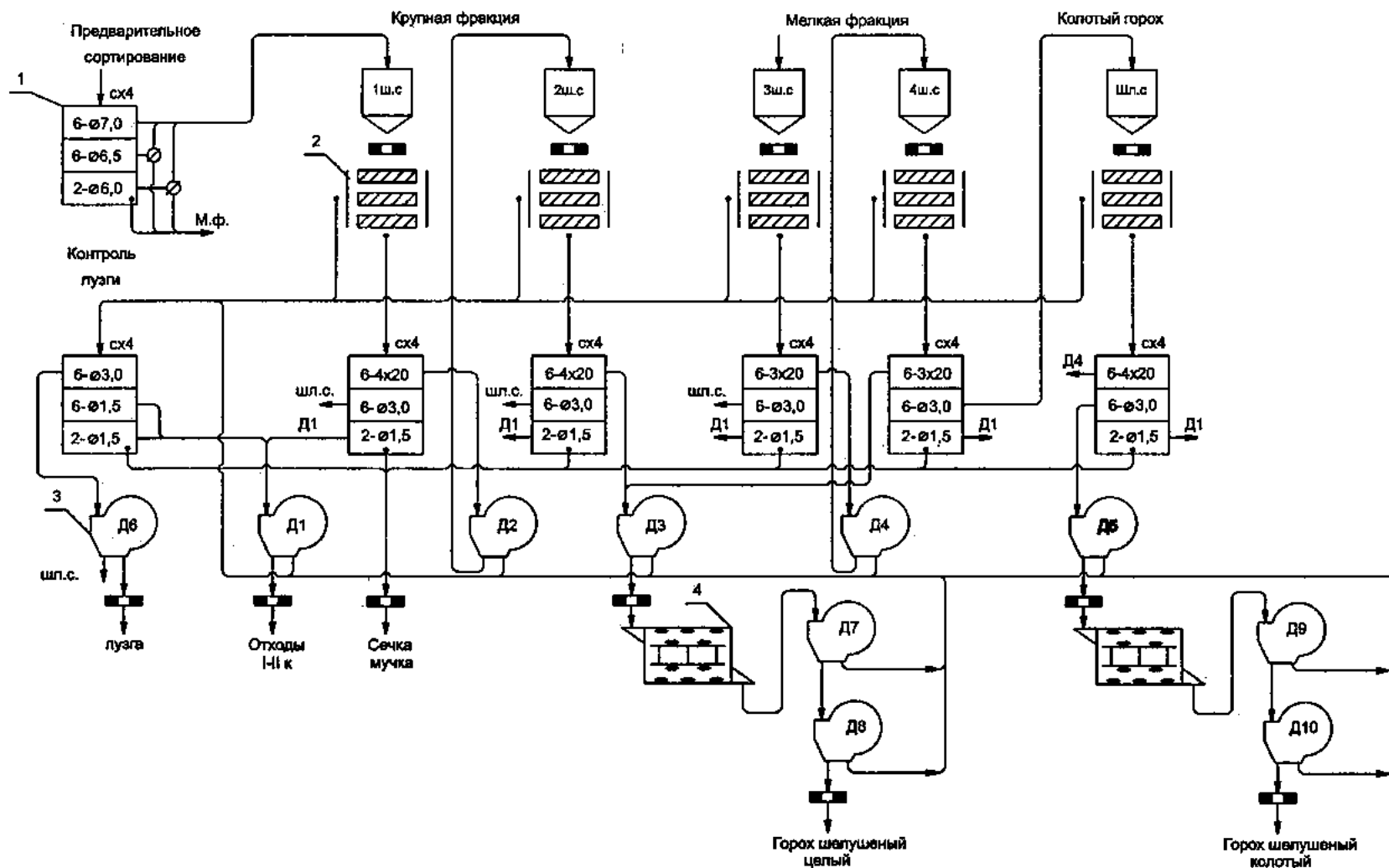


Рис. 4.20. Технологическая схема переработки гороха в крупу:

1 — рассев БРУ; 2 — шелушильно-шлифовальная машина ЗШН; 3 — дуоаспиратор; 4 — щеточная машина

Целое ядро гороха (сход первой группы сит 4×20 крупной фракции и 3×20 мелкой фракции) объединяют и после пневмосепарирования лузги полируют на щеточных машинах. Остальные продукты шелушения направляют по схеме, описанной выше.

Колотый горох (сходы второй группы сит $\varnothing 3$ мм отсева) состоит из частиц различной формы, с острыми краями, что делает необходимым дополнительную обработку поверхности на системе шлифования. В результате частицы округляются, приобретают гладкую поверхность, что придает крупе более высокий товарный вид. Продукты шлифования сортируют на четыре фракции. Сход первой группы сит 4×20 возвращают на повторное шелушение мелкой фракции, шлифованный колотый горох (сход сита 3×20) после пневмосепарирования лузги полируется на щеточной машине. Остальные продукты направляют по вышеописанной схеме.

Системы полирования целого и колотого гороха предназначены для удаления следов абразивного воздействия систем шелушения (царапины, мучнистый налет и т. п.). Для этого используют зерновые щеточные машины со щетками из мягкого материала. Полированный горох имеет лучший товарный вид, лучше сохраняется, имеет более высокие кулинарные свойства. Полированную крупу дважды пневмосепарируют на дуоаспираторах для выделения мучки и направляют в отделение готовой продукции.

Лузгу контролируют на специальной системе. При этом выделяют лузгу, колотый горох, отходы I–II категории, сечку и мучку. Полученные после контрольного переосева и пневмосепарирования лузги продукты направляют в соответствии с технологической схемой.

Содержание в сечке и мучке, а также в отходах I–II категории частиц гороха, получаемого сходом сита $\varnothing 2$ мм, не должно превышать 5,0 %.

Содержание в лузге частиц гороха, получаемых сходом металлотканого сита № 1, также не должно превышать 5,0 %.

ГЛАВА 3

ТЕХНОЛОГИЯ ДРОБЛЕННЫХ КРУП

В дробленую крупу перерабатывают ячмень (перловая и ячневая крупы), пшеницу (Полтавская крупа и Артек), кукурузу (пятиномерная шлифованная крупа, крупная крупа для хлопьев и мелкая крупа для палочек).

§1. Технология перловой крупы

Перловая крупа представляет собой ядро ячменя, освобожденное от цветковых пленок, плодовых и семенных оболочек, алейронового слоя и зародыша. Крупа № 1 и 2 должна иметь удлиненную, овальную форму с закругленными концами. Крупа № 3, 4, 5 должна быть шарообразной формы.

Зерно ячменя снаружи покрыто цветковой пленкой, прочно соединенной с ядром и глубоко заходящей в бороздку, что предопределяет необходимость дробления в процессе получения крупы. Лучшими в технологическом отношении считаются стекловидные сорта ячменя. Малопригодны для получения крупы сорта ячменя с мелким зерном и сине-зеленой окраской семенных оболочек. Такие сорта требуют более интенсивной обработки поверхности, чтобы удалить цветные оболочки. При этом неизбежно снижение выхода крупы и увеличение выхода побочного продукта — мучки. В связи с этим нецелесообразна переработка ячменя с сине-зеленой окраской семенных оболочек в смеси с нормальным.

Базисным по качеству считается ячмень с содержанием сорной примеси 1,0 %, зерновой — 2,0 % и мелкого ячменя, полученного проходом сита $2,2 \times 20$, — 5,0 %. При переработке ячменя базисных кондиций получают базисный выход крупы, побочных продуктов и отходов, представленный в таблице 4.15.

Таблица 4.15

Ассортимент и нормы выхода продукции из ячменя

Наименование	Крупа	
	перловая	ячневая
крупа перловая № 1 и № 2	36,0	—
№ 3 и № 4	8,0	—
№ 5	1,0	—
крупа ячневая № 1	—	15,0
№ 2	—	43,0
№ 3	—	7,0

Наименование	Крупа	
	перловая	ячневая
кормовая мучка	40,0	18,0
лузга	7,0	7,0
мелкий ячмень	5,0	5,0
отходы 1 и 2 категорий	1,0	3,0
отходы 3 категории и механические потери	0,7	0,7
усушка	1,3	1,3
Всего	100,0	100,0

Крупность крупы характеризуется проходом и сходом двух сит, определяющих номер крупы. В таблице 4.16 приведены соответствующие характеристики крупы каждого номера.

Таблица 4.16

Крупность перловой крупы

Номер крупы	Диаметр отверстий сит, определяющих номер крупы, мм		Норма прохода и схода, %, не менее
	проходного	сходного	
№ 1	4,0	3,0	80,0
№ 2	3,0	2,5	80,0
№ 3	2,5	2,0	80,0
№ 4	2,0	1,5	80,0
№ 5	1,5	056*	80,0

* Номер металлотканого сита

Содержание доброкачественного ядра в крупе должно быть не менее 99,6 %, в том числе недодира для крупы № 1 и № 2 не более 0,7 %. Ограничивается также содержание сорной примеси и мучки в крупе, которых должно быть, соответственно, не более 0,3 % и 0,2 %.

Недодиром в перловой крупе считаются ядра, имеющие вне бороздки остатки цветковых пленок более чем на четверти поверхности ядра.

Технология в подготовительном (зерноочистительном) отделении

При формировании партии зерна на переработку не рекомендуется смешивать различные сорта ячменя.

Предварительная очистка на этой стадии предназначена для удаления грубых примесей, мелкого ячменя и мелких сорных примесей, что делает партию более выровненной и позволяет более эффективно подготовить зерно к переработке. В соответствии с рисунком 4.21 зерно принимают в емкости для неочищенного зерна, обеспечивающие бесперебойную работу ячменезавода не менее чем в течение суток. Наличие дозаторов зерна позволяет поддерживать постоянную производительность завода в единицу времени, что важно для настройки технологического оборудования на работу по заданному режиму. Выделение оставшихся после предварительной очистки грубых примесей осуществляется в скальператорах. При использовании сепараторов с ловушечным ситом скальператор исключают из технологической схемы. На первом этапе сепарирова-

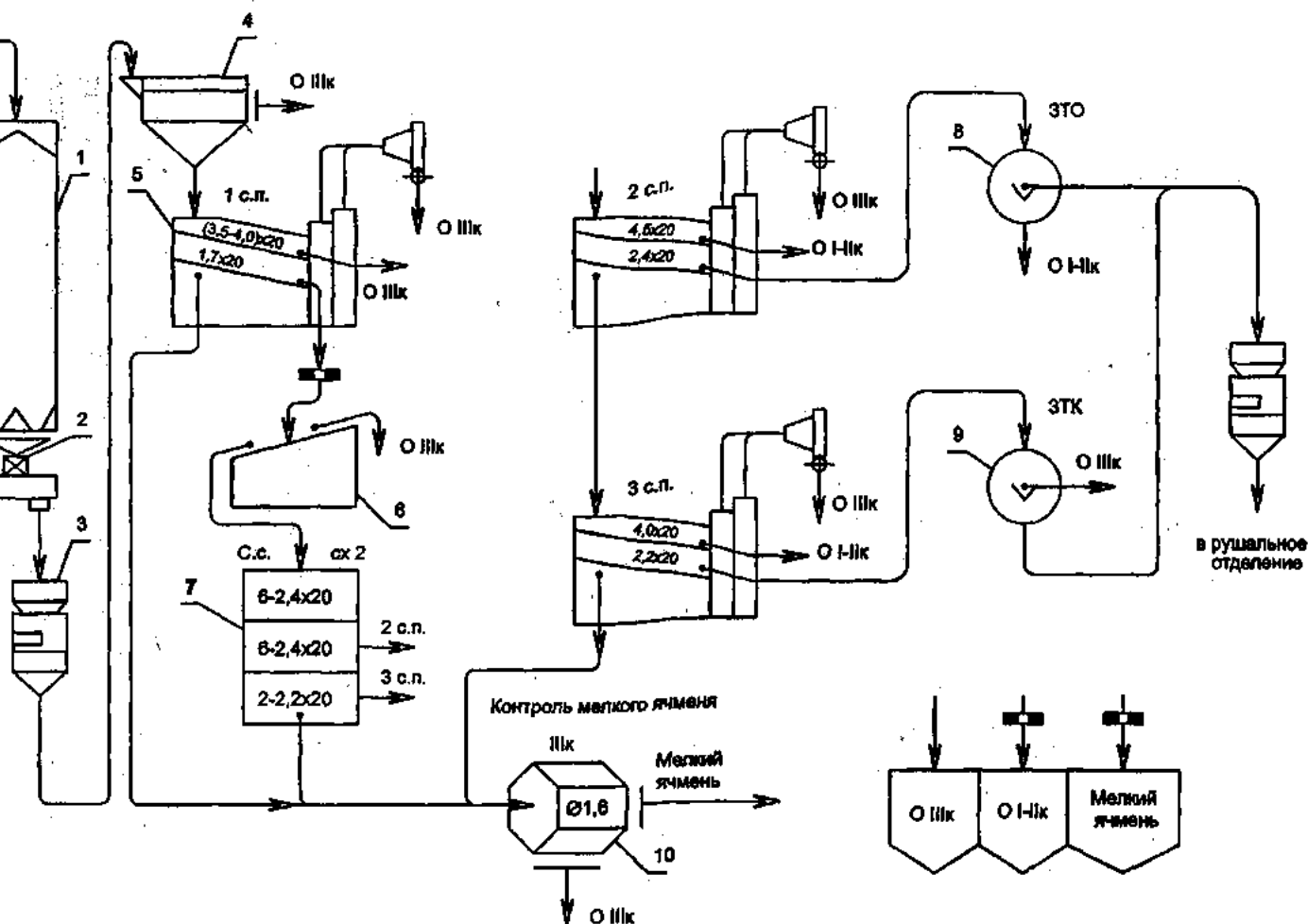


Рис. 4.21. Технологическая схема подготовки ячменя к переработке:

1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — дозаторы; 3 — автоматические весы; 4 — скальператор; 5 — сепаратор; 6 — камнеотборник; 7 — рассев; 8 — триер-овсюгоотборник; 9 — триер-куколеотборник; 10 — бурат

ния из зерна ячменя выделяют крупные, легкие и мелкие примеси вместе с мелким ячменем (проход подсевного сита $2,2 \times 20$). Мелкие примеси направляют на систему контроля мелкого ячменя, а остальные — в отходы третьей категории. Основное зерно после выделения металломагнитных и минеральных примесей делят на специальной сортировочной системе на две фракции — крупную (сход сита $2,4 \times 20$) и мелкую

$\left(\frac{2,4 \times 2,0}{2,2 \times 20} \right)$. Одновременно выделяют мелкие примеси совместно с мелким ячменем.

Деление основного зерна на три более однородные по физическим свойствам и содержанию примеси фракции позволяет более эффективно построить последующую очистку. Крупное зерно обрабатывается на втором сепараторном проходе, мелкое — на третьем, а мелкие примеси — на системе контроля мелкого ячменя. На этом этапе зерно очищается от основной массы примесей, отличающихся от зерна шириной, толщиной и скоростью витания. Для удаления примесей, отличающихся от зерна длиной (куколя, бобовых, овсюга, овса), крупное зерно направляют в овсюгоотборник, мелкое — в куколеотборник.

Далее крупное и мелкое зерно объединяют и проводят одну из основных технологических операций — глубокое шелушение в обоечных машинах с абразивным цилиндром или в других типах шелушителей. Операция шелушения может рассматриваться как заключительная операция подготовки зерна к переработке или как начальная операция переработки зерна.

Технологические операции в рушальном отделении

В соответствии с рисунком 4.22 шелушение ячменя осуществляется в результате четырехкратного последовательного пропуска через шелушительные машины. В качестве основного шелушителя используются обоечные машины с абразивным цилиндром. Сочетание четырех последовательных циклов ударно-истирающего воздействия позволяет получить определенное соотношение дробленых и шелушенных зерен, а также лузги — основного побочного продукта процесса.

При необходимости уменьшить дробимость зерна, когда в технологии предусматривается получить больший выход крупы крупной (первых номеров), на третьем и четвертом проходах обоечные машины заменяют на шелушители с фрикционно-терочным методом воздействия (дисковые шелушители типа ЗШН).

Такое же изменение в технологии рекомендуется при переработке ячменя мучнистых сортов. Одновременно на обоечных машинах увеличивают уклон бичей и их расстояние до абразивной поверхности. В таблице 4.17 представлены рекомендуемые механико-кинематические параметры шелушителей и состав шлифовального зерна для приготовления абразивной массы на различных системах шелушения.

Технология шелушения строится по конвейерному принципу, последовательно. После каждого пропуска через шелушители продукты шелушения пневмосепарируют для отделения легкого компонента смеси — лузги. При интенсивном ударно-истирающем воздействии большинство зерен дробится перпендикулярно длинной оси, а отдельные частицы имеют округленные концы, т. е. наблюдается сошлифовывание острых граней. Получен-

Рис. 4.22.Технология перловой крупы:

1 — обоечная машина; 2 — дуоаспиратор; 3 — шлифовально-полировальная машина; 4 — рассев

Таблица 4.17

Техническая характеристика шелушителей по этапам технологии

Система	Окружная скорость, м/с	Уклон бичей, %	Зазор ротор-дека, мм	Соотношение в абразиве шлиф. зерна номеров, %			
				160	125	100	80
Обочные машины							
1 ш.с.	20-22	8-10	15-20	50	50	—	—
2 ш.с.	20-22	8-10	15-20	50	50	—	—
3 ш.с.	19-20	8-10	15-20	—	—	50	50
4 ш.с.	19-20	8-10	15-20	—	—	50	50
Шелушители типа ЗШН							
3 ш.с.	24-26	—	10	—	60	40	—
4 ш.с.	24-26	—	10	—	60	40	—

ный в результате шелушения продукт называется пенсак. Это дробленые зерна ячменя с обработанной в различной степени поверхностью. Количество нешелушенных зерен после последней системы шелушения не должно превышать 5 %. Степень дробления зависит от соотношения в выходе продукции крупы разных номеров, а также от наличия специальной системы дробления пенсака. В настоящее время рекомендуется процесс шелушения проводить таким образом, чтобы количество дробленых зерен было около 50 %.

К нешелушенным зернам в пенсак относят зерна, полностью сохранившие цветковую пленку.

В результате четырехкратного последовательного шелушения происходит интенсивное удаление периферийного слоя зерна ячменя и изменение химического состава ядра. Ориентировочные количественные показатели процесса представлены в таблице 4.18. Шелушение осуществлялось на обочных машинах с абразивным цилиндром.

Таблица 4.18

Материальный баланс и изменение зольности основных компонентов процесса шелушения ячменя (по М.Е. Гинзбургу)

Система	Количество, %		Зольность, %	
	обработанного ядра	лузги	обработанного ядра	лузги
1 ш.с.	94,1	4,5	1,92	8,6
2 ш.с.	90,8	3,3	1,70	7,95
3 ш.с.	88,0	2,8	1,54	6,76
4 ш.с.	86,3	1,7	1,45	5,80

В конечном итоге получено 86,3 % пенсака со средневзвешенной зольностью 1,45 % и 12,3 % лузги со средневзвешенной зольностью 7,22 %. В переработку поступило 98,6 % ячменя с зольностью 2,22 %.

Современная технология отдает предпочтение выработке крупы крупных номеров. Поэтому пенсак без дробления шлифуют последовательно на трех шлифованных и четырех полированных системах шелушительно-шлифовальных машин с абразивными дисками и фрикционно-терочным методом воздействия. Последняя система полирования (четвертая) выполняет функцию сходовой. Механико-кинематические и технологические пара-

метры шлифовальных машин и состав шлифовального зерна по системам технологического процесса приведены в таблице 4.19.

Таблица 4.19

Характеристика рабочих органов шелушильно-шлифовальных машин типа ЗШН

Система	Окружная скорость ротора, м/с	Размер ячеек сит, мм	Соотношение в абразиве шлифзерна номеров зернистости, %			
			160	125	100	80
1 ш.с.	24–26	1,0×15,0	60	40	–	–
2 ш.с.	24–26	1,0×15,0	–	60	40	–
3 ш.с.	24–26	1,0×15,0	–	60	40	–
1 п.с.	24–26	0,8×15,0	–	20	40	40
2 п.с.	24–26	0,8×15,0	–	–	60	40
3 п.с.	24–26	0,8×15,0	–	–	60	40
4 п.с.	24–26	0,8×15,0	–	–	60	40

Построение процессов шлифования и полирования конвейерное. Продукты шлифования или полирования после предыдущих систем направляют на последующие, обеспечивая заданную интенсивность воздействия. Возможно промежуточное пневмосепарирование продуктов шлифования и полирования после вторых систем для удаления накопившейся мучки. Интенсивность процессов шлифования и полирования различна. Так, если оценивать степень шлифования и полирования по относительному удалению периферийного слоя ядер в виде мучки (по данным материального баланса), то из 40 % мучки, полученных в технологическом процессе, 26–28 % получают в процессе шлифования, а 12–14 % — в процессе полирования.

Процессы шлифования и полирования оказывают основное влияние на качество крупы. При удалении около 40 % периферийного слоя ядер в виде мучки практически полностью удаляются внутренние оболочки зерна, алейроновый слой и зародыш. Отдельные частицы крупы имеют правильную сферическую форму и имеют цвет эндосперма.

При неудовлетворительно проведенных процессах шлифования и полирования частицы крупы имеют неправильную угловатую форму и сравнительно высокую зольность. По данным М.Е. Гинзбурга, зольность перловой крупы должна быть в пределах 0,83–1,10 %.

Полученную готовую крупу сортируют на фракции крупности (на пять номеров) на четырех системах рассевов БРУ. На первой сортировальной системе крупу делят на круп-

ную $\left(\frac{\varnothing 4,0}{\varnothing 3,0}\right)$ и мелкую $\left(\frac{\varnothing 3,0}{\text{№1}}\right)$ фракции и каждую направляют отдельно на окончательное сортирование (4 с.с.) и (5 с.с.). При предварительном сортировании также выделяют мучку, направляемую на контроль, и крупные частицы крупы (сход сита $\varnothing 4,0$), которые дополнительно полируют на 4 п.с., выполняющей функцию сходовой. При окончательном сортировании выделяют пять номеров крупы:

$$\text{№1} - \frac{\varnothing 4,0}{\varnothing 3,0}; \quad \text{№2} - \frac{\varnothing 3,0}{\varnothing 2,5}; \quad \text{№3} - \frac{\varnothing 2,5}{\varnothing 2,0}; \quad \text{№4} - \frac{\varnothing 2,0}{\varnothing 1,5}; \quad \text{№5} - \frac{\varnothing 1,5}{0,63}.$$

При этом обеспечивают выравнивание крупы не менее 80 %. Крупу каждого номера дополнительно пневмосепарируют для выделения мучки и контролируют на наличие металломагнитных примесей.

Побочные продукты технологии — мучку и лузгу, контролируют для выделения ядра, которое может уноситься интенсивным воздушным потоком при пневмосепарировании или из-за неполадок в ситовом сепарировании. Содержание частиц ядра в мучке (остаток на сите № 1,2) не должно превышать 5 %, а в лузге — 1,5 %. В процессе контрольного пересева

ва мучку выделяют проходом металлотканого сита № 1, ядро $\left(\frac{\varnothing 2,5}{\text{№1}} \right)$ направляют на вторую полировальную систему, а сход сита $\varnothing 2,5$ мм — на последнюю систему шлифования.

При контроле лузги проходом металлотканого сита № 1 выделяют мучку, а лузгу дважды пневмосепарируют для выделения частиц зерна, которое направляют на последнюю систему шлифования.

При необходимости увеличения выхода крупы мелких номеров увеличивают интенсивность дробления ячменя на стадии шелушения или предусматривают специальные системы дробления. Для этого пенсак предварительно сортируют на более однородные фракции крупности по технологической схеме, представленной на рисунке 4.23. Крупные частицы (сход сита $\varnothing 4,2$ мм) дробят на специальной дробильной системе с помощью вальцовых станков. Быстровращающийся валок нарезают по винтовой линии с пирамидальной нарезкой, а нижний — по образующей цилиндра с количеством рифлей 3 на см длины окружности вала. Скорость быстровращающегося вала — 4,0 м/с, а дифференция — 2,5. Продукты дробления сортируют в рассеве, и крупные частицы (сходы сит $\varnothing 4,2$ мм) вновь возвращают на дробление. Более мелкие продукты, как и при сортировании пенсака, направляют в процесс шлифования. При этом более крупные фракции

$\left(\frac{\varnothing 4,2}{\varnothing 2,5} \right)$ — на первую систему, а более мелкие — $\left(\frac{\varnothing 2,5}{\text{№1}} \right)$ — на третью систему шлифования.

Выделенную мучку (проход сита № 1) — направляют на систему контроля (по рис. 4.23)

§2. Технология ячневой крупы

Ячневая крупа в сравнении с перловой имеет менее интенсивно обработанную поверхность, о чем свидетельствует более чем в два раза меньший выход мучки.

Ячневая крупа — это частицы дробленого ядра ячменя различной величины и формы, полностью освобожденные от цветковых пленок и частично от внутренних оболочек. В процессе технологии получают три номера ячневой крупы, которые характеризуются определенной крупностью и выравниваемостью. Соответствующие показатели представлены в таблице 4.20.

Содержание доброкачественного ядра в ячневой крупе должно быть не менее 99,0 %, в том числе недодира — не более 0,9 %. В крупе также ограничивается содержание сорной примеси (не более 0,3 %) и мучки (не более 0,40 %).

Процесс очистки ячменя и шелушения осуществляется по технологическим схемам, аналогичным для технологии перловой крупы.

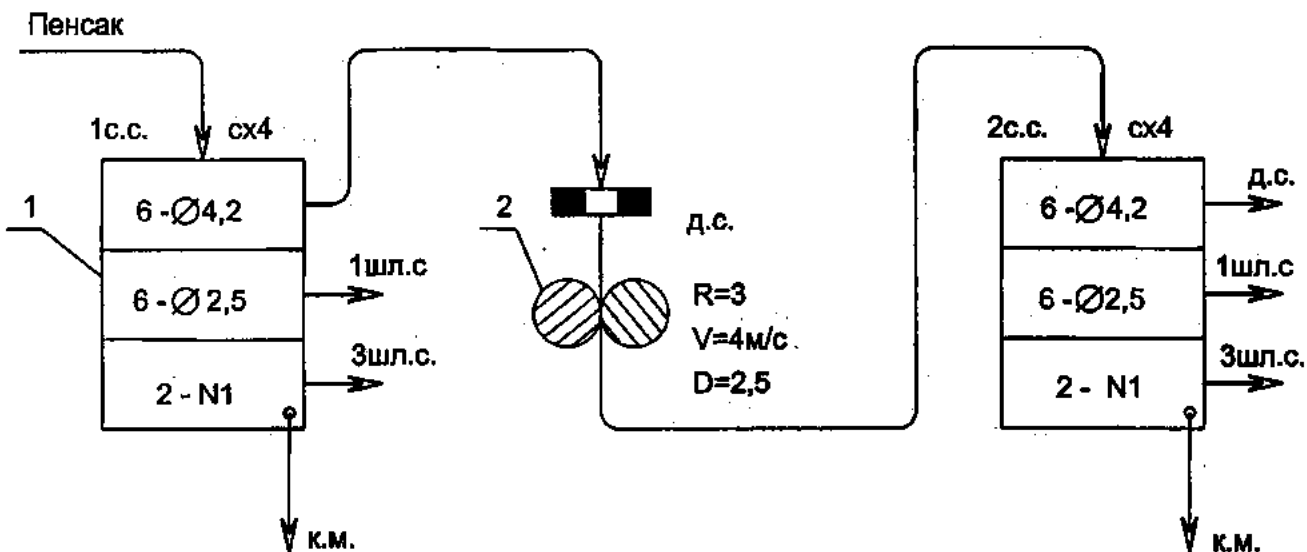


Рис. 4.23. Принципиальная схема дробления пенсак:
1 — рассев; 2 — вальцовый станок

Таблица 4.20

Характеристика номеров ячневой крупы

Номер крупы	Диаметр отверстий сит, определяющих номер крупы, мм		Норма прохода и схода, % не менее
	проходowego	сходowego	
№ 1	2,5	2,0	75
№ 2	2,0	1,5	75
№ 3	1,5	0,56*	75

* Номер металлотканого сита

Считается, что при производстве ячневой крупы шелушение необходимо проводить более интенсивно, чем при производстве перловой крупы. Причем, после основного шелушения пенсак рекомендуется дополнительно шлифовать на одной-двух системах машин с абразивными дисками. Затем зерно дробят на четырех последовательных системах с использованием вальцовых станков с мельничной нарезкой рифлей валков (по образующей цилиндра с небольшим уклоном). Техническая характеристика валков представлена в таблице 4.21.

Таблица 4.21

Механико-кинематическая и технологическая характеристика мелющих валков

Система	R, 1/см	У, %	v_0 , м/с	$D = \frac{V_{\sigma}}{V_m}$	Расположение рифлей
1 р.с.	3,5	8	4,0	2,5	0/0
2 р.с.	4,0	8	4,0	2,5	0/0
3 р.с.	4,5	10	4,0	2,5	0/0
4 р.с.	5,0	10	4,0	2,5	0/0

Построение процесса измельчения (дробления) напоминает драной процесс в технологии муки, когда продукт менее определенной крупности извлекают из процесса, а крупнее — дробят на последующих системах. В соответствии с рисунком 4.24 сортирование продуктов дробления осуществляют в отсевах. Сходы первой группы сит каждой системы пневмосепарируют для отделения мучки и направляют на повторное дробление. Менее

крупные продукты $\left(\frac{\text{№ 2,8} - \text{№ 2,0}}{\varnothing 1,5} \right)$, т. е. проходы сит первой группы и сходы сит второй группы отсевов, объединяют и шлифуют на системе машин типа ЗШН. Сходы сит отсевов третьей группы $\left(\frac{\varnothing 1,5}{08} \right)$ направляют на систему пересева крупы. Выделенную после каждого сортирования мучку (проход сита 08) контролируют.

Сортирование крупы осуществляют на трех системах. Крупу каждого номера дополнительно пневмосепарируют и контролируют на наличие металломагнитных примесей.

Мучку также контролируют путем пересева на металлотканых ситах № 056. Выделенное ядро направляют на сортирование крупы. Содержание ядра в мучке не должно превышать 5 %.

§3. Технология круп «Полтавской» и «Артек»

Крупы «Полтавскую» и «Артек» вырабатывают из твердой пшеницы 2-го типа или высокостекловидной мягкой пшеницы. Более качественная крупа получается из твердой пшеницы. Крупа «Полтавская» всех номеров и крупа «Артек» имеют светло-желтый цвет.

Крупа № 1 — зерно пшеницы, освобожденное от плодовых, семенных оболочек и зародыша, частично или полностью от алейронового слоя, зашлифованное, удлиненной формы с закругленными концами.

Крупа № 2 — частицы дробленого зерна пшеницы, полностью освобожденные от плодовых оболочек и зародыша, частично или полностью от семенных оболочек и алейронового слоя, овальной формы с закругленными концами.

Крупа № 3 и № 4 — зашлифованные частицы дробленого зерна пшеницы, полностью освобожденные от плодовых оболочек и зародыша, частично или полностью от семенных оболочек и алейронового слоя, округлой формы.

Крупа «Артек» — зашлифованные частицы мелкодробленого зерна, полностью освобожденные от плодовых оболочек и зародыша, частично от семенных оболочек и алейронового слоя.

Твердая пшеница, в отличие от высокостекловидной мягкой, имеет более вытянутую, удлиненную форму, меньшие размеры по ширине и толщине, отличается также по другим физическим свойствам, что необходимо учитывать при организации технологии на этапе подготовки. При этом коррекции должны подвергаться размеры отверстий сит сепарирующих машин, диаметры ячеек триеров, скорость воздуха в пневмосепарирующих каналах и т. п. Твердая пшеница — это основное сырье при выработке крупы. В переработку должна поступать пшеница 1, 2 и 3-го классов. Допускается использовать твердую

Рис. 4.24. Технология получения ячневой крупы:
1 — шелушитель наждачный; 2 — рассев; 3 — вальцовый станок; 4 — дуоаспиратор

неклассную пшеницу. При этом содержание примесей не должно быть более следующих величин:

- сорной примеси — 2,0 %, в том числе испорченных зерен — 0,2 %;
- зерновой примеси — 5,0 %, в том числе проросших зерен — 3,0 %;
- зерна пшеницы других типов — не более 15,0 %, в том числе мягкой белозерной пшеницы в твердой пшенице третьего класса не более 8,0 %, а в неклассной — не более 10,0 %.

По остальным показателям пшеница должна соответствовать требованиям третьего класса или неклассной, в соответствии с действующими стандартами. Базисной по качеству считается твердая пшеница с содержанием сорной примеси — 1,0 %, зерновой примеси — 1,0 %. В составе зерновой примеси учитывают битые, изъеденные, щуплые, а также мелкие зерна, получаемые проходом через сито 1,7 × 20, и рожь.

При переработке зерна базисных кондиций получают базисные нормы выхода крупы, представленные в таблице 4.22.

Таблица 4.22

Ассортимент и нормы выхода крупы из пшеницы

Продукты переработки	Выход, %
Крупа «Полтавская» № 1 и № 2	8,0
№ 3 и № 4	43,0
Крупа «Артек»	12,0
Мучка кормовая	30,0
Отходы 1 и 2 категорий	5,3
Отходы 3 категории и механические потери	0,7
Усушка	1,0
Всего	100,0

Крупность крупы характеризуется проходом и сходом двух смежных сит, определяющих номер крупы. Крупа считается стандартной по крупности, если величина прохода и схода этих сит составляет не менее 80,0 %. В таблице 4.23 приведены нормативные характеристики крупы по крупности.

Таблица 4.23

Крупность крупы из пшеницы

Вид и номер крупы	Диаметр отверстий сит, определяющих номер крупы, мм	
	проходowego	сходowego
«Полтавская» №1	3,5	3,0
№ 2	3,0	2,5
№ 3	2,5	2,0
№ 4	2,0	1,5
Артек	1,5	063*

* Металлотканое сито

Кроме крупности и выравненности пшеничная крупа характеризуется цветом, вкусом и запахом, которые должны быть свойственны нормальной крупе. Содержание доброкачественного ядра должно быть не менее 99,2 %, сорной примеси — не более 0,3 %, испорченных зерен — не более 0,20 %, шлифованных зерен ржи и ячменя — не более 3,0 %. Как и для любых других видов круп, нормируется влажность крупы (не более 14,0 %), содержание металломагнитных примесей и не допускается зараженность вредителями хлебных запасов.

Операции в подготовительном отделении

Подготовка зерна пшеницы к переработке в крупу включает удаление из зерна примесей, гидротермическую обработку холодным способом, а также шелушение и контроль отходов. На начальном этапе из зерна удаляют грубые примеси с помощью скальператора с размером отверстий сита 12×12 . Причем, при наличии предварительной очистки в процессе формирования партии зерна эта операция может не применяться непосредственно в зерноочистительном отделении крупозавода. Скальператоры также можно не использовать, если основные сепараторы имеют сито или группу сит для выделения грубых примесей (например, ловушечное сито в сепараторах с тремя и более рядами сит).

Основное сепарирование по технологической схеме (рис. 4.25) осуществляется на трех сепараторных системах, камнеотборнике и триерах. При этом легкие и крупные примеси всех сепараторов без контроля направляют в отходы III категории. После первого сепараторного прохода и выделения минеральных примесей на камнеотборнике зерно разделяют в расसेве специальной системы на две фракции — крупную (сход сита $2,4 \times 20$) и мелкую

$\left(\frac{2,4 \times 20}{1,7 \times 20} \right)$. Далее каждую фракцию зерна сепарируют отдельно — крупную на второй, а мелкую — на третьей сепараторных системах. Это позволяет в соответствии с особенностями физических свойств и характером засорителей подобрать индивидуально сита и интенсивность воздушного режима. После выделения из зерна основных примесей крупное зерно направляют на овсюгоотборники для выделения длинных примесей (овсюг, овес), а мелкое — на куколеотборники для выделения коротких примесей. Овсяг и овес направляют без контроля в отходы I–II категории, а куколь — в отходы III категории. Контролю подвергают мелкие примеси, полученные проходом сит $1,7 \times 20$ первого и третьего сепараторных проходов, а также специальной сортировочной системы. Для контроля используют призматические бураты с ситом $\varnothing 1,6$ мм. Весь проход сит направляют в отходы третьей категории, как продукт, содержащий мелкую минеральную примесь и незначительное количество (менее 2 %) полезного зерна. Сход сита бурата направляют в отходы I–II категорий.

Гидротермическую обработку, которая состоит из одноэтапного увлажнения и отволаживания, осуществляют холодной или подогретой до 30–35 °C водой. Для увлажнения используют аппараты любого принципа действия, которые способны обеспечить заданную степень увлажнения. При этом оптимальной для переработки считается влажность пшеницы 14,5–15,0 %. Продолжительность отволаживания регулируют в пределах 0,5–2,0 часа. Это время должно быть достаточным для равномерного распределения влаги по наружному слою зерна, что обеспечит оптимальные условия шелушения. Длительное от-

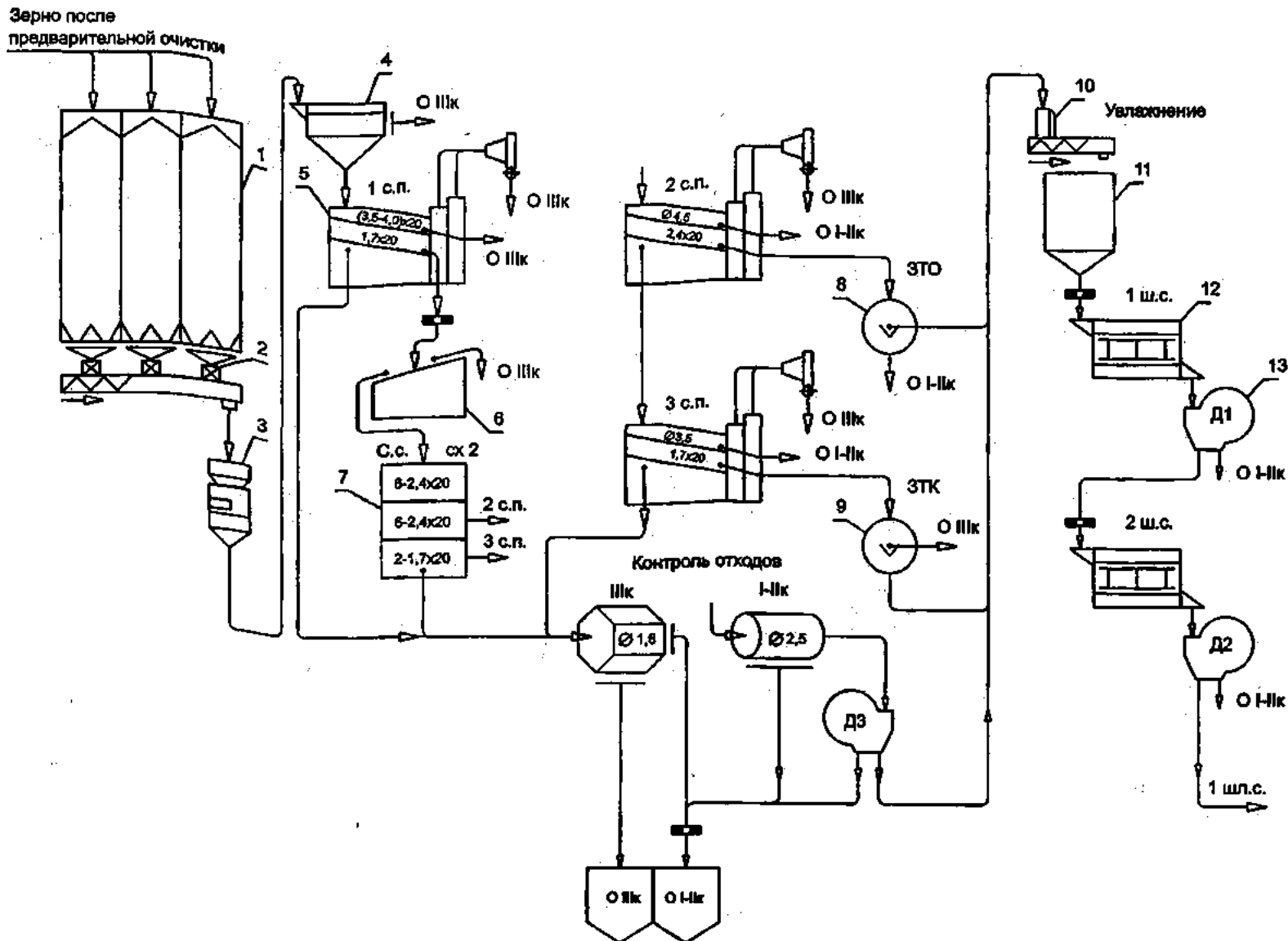


Рис. 4.25. Технологическая схема подготовки пшеницы к переработке:

- 1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — дозаторы; 3 — автоматические весы; 4 — скальпатор; 5 — сепаратор; 6 — камнеотборник; 7 — рассев; 8 — триер-овсюгоотборник; 9 — триер-куколеотборник; 10 — увлажнительный аппарат; 11 — емкость для отволаживания; 12 — обоечная машина; 13 — дуоаспиратор

волаживание может привести к глубокому проникновению влаги в эндосперм и значительному разрушению структуры зерна микро- и макротрещинами. Последнее понижает прочность зерна и приводит к образованию мелких дробленых продуктов.

Шелушение зерна осуществляют на двух последовательных системах с использованием обоечных машин с наждачным цилиндром. После каждого прохода смесь частично шелушенных, целых и дробленых зерен, снятых оболочек (легкая составляющая смеси) пневмосепарируют. Относы пневмосепараторов (дуоаспираторов) направляют на контроль отходов I–II категорий, а основное зерно — в рушальное отделение на первую шлифовальную систему. Рекомендуется применять следующие параметры работы шелушителей.

Таблица 4.24

**Технологическая характеристика
работы обоечных машин для шелушения пшеницы**

Системы	Окружная скорость ротора, м/с	Уклон бичей, %	Зазор абразив-ротор, мм	Соотношение в абразиве шлиф. зерна номеров, %				
				160	125	100	80	63
1 ш.с.	16	10	20	20	20	30	30	—
2 ш.с.	14	8	20–25	—	20	20	30	30

Интенсивность шелушения за два прохода шелушительных машин должна обеспечить удаление около 5 % наружных оболочек от массы зерна. При этом зольность зерна снижается на 0,17–0,25 %, а содержание дробленых зерен не должно превышать 15 %. Допускается осуществлять комбинированную технологию шелушения, когда на второй системе вместо обоечных машин используют шелушители с абразивными дисками (типа ЗШН) и фрикционно-терочным методом воздействия. Это снижает выход дробленого ядра при обеспечении заданной интенсивности шелушения.

Операции в рушальном отделении

Дальнейшая обработка поверхности зерна пшеницы в рушальном отделении осуществляется на трех последовательных системах шлифования, а также на трех последовательных системах полирования (в соответствии с рис. 4.26). При этом для получения крупы хорошего качества и низкой зольности необходимо полностью удалить остатки оболочек и зародыша. Крупа крупных номеров приобретает овальную форму, мелких — шарообразную. Содержание целых зерен пшеницы в крупе не допускается.

Для шлифования и полирования используют машины с фрикционно-терочным методом воздействия (дисковые шелушительно-шлифовальные машины типа ЗШН). Характеристика рабочих органов машин, используемых для шлифования и полирования, приведена в таблице 4.25.

Построение процессов шлифования и полирования аналогично. После вторых систем продукты пневмосепарируют для отделения мучки, а после третьих — сортируют в отсевах. Причем, после третьей полировальной системы сортирование осуществляется как предварительное сортирование крупы. При этом выделяется мучка, крупа делится на три фракции крупности:

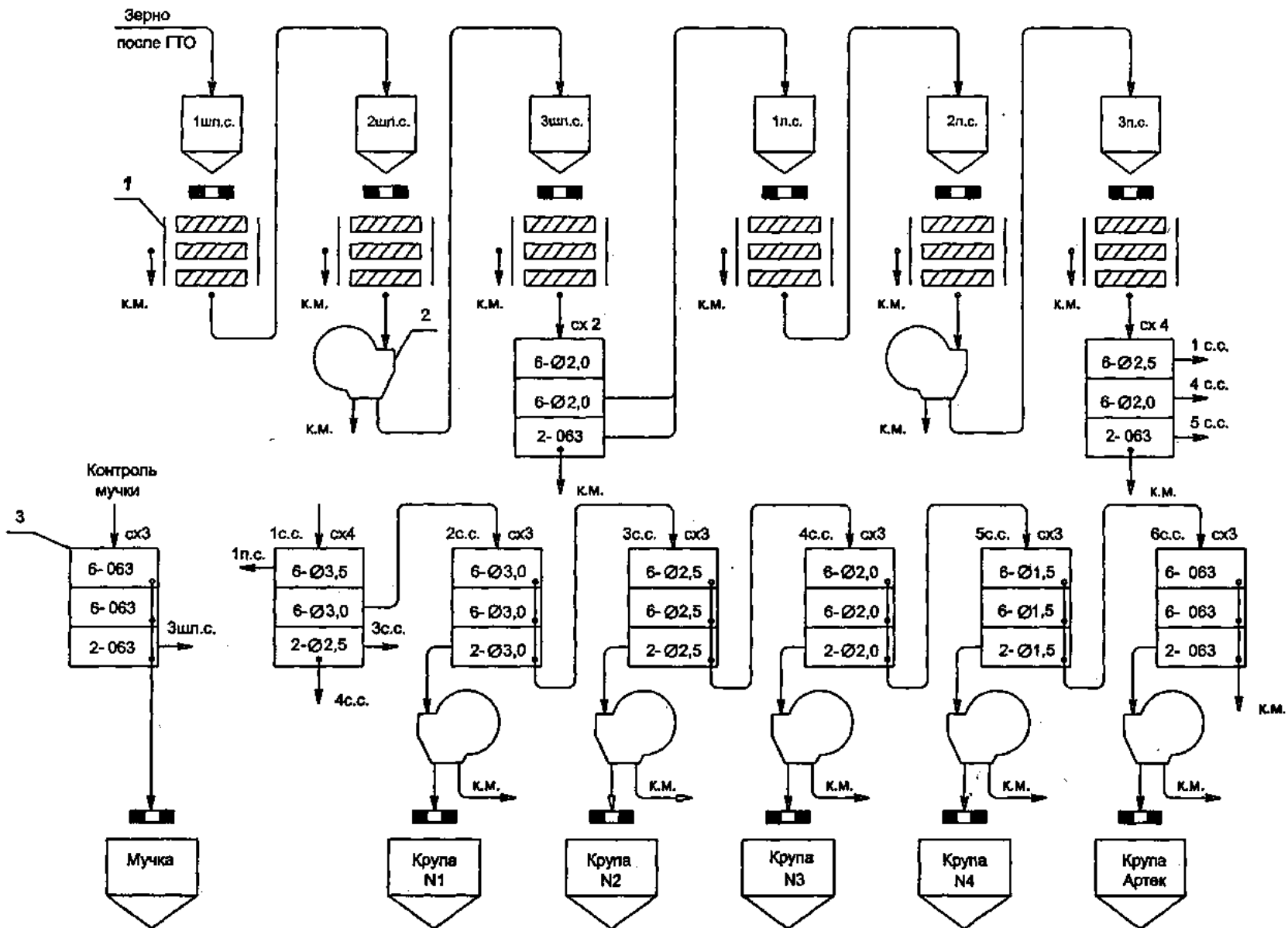


Рис. 4.26. Технологическая схема переработки пшеницы в крупу:
1 – шлифовальная машина; 2 – дуоаспиратор; 3 – рассев

**Техническая характеристика
рабочих органов машин для шлифования и полирования**

Система	Окружная скорость ротора, м/с	Размер отверстий сит обечайки, мм	Соотношение в абразиве шлиф. зерна номеров			
			160	125	100	80
1 шл. с.	16-18	1,0×15	60	40	—	—
2 шл. с.	16-18	1,0×15	—	60	40	—
3 шл. с.	16-18	1,0×15	—	60	40	—
1 п. с.	20-22	0,8×15	—	20	40	40
2 п. с.	20-22	0,8×15	—	—	60	40
3 п. с.	20-22	0,8×15	—	—	60	40

♦ крупная (сход сита $\varnothing 2,5$ мм) — направляется на 1 с.с.;

♦ средняя $\left(\frac{\varnothing 2,5}{\varnothing 2,0} \right)$ — направляется на 4 с.с.;

♦ мелкая $\left(\frac{\varnothing 2,0}{\varnothing 063} \right)$ — направляется на 5 с.с.

Причем, если 1 с.с. еще выполняет функцию предварительной сортировки, то системы сортирования, начиная со второй (2 с.с.) по шестую (6 с.с.), сортируют крупу окончательно (калибруют) с выделением пяти номеров. Сортирование и контроль крупы осуществляется в отсевах БРУ. Технологическую схему № 4 применяют на предварительном этапе, а схему № 3 — при окончательном сортировании.

Готовую крупу отдельно по номерам пневмосепарируют для выделения остатков мучки и после контроля на наличие металломагнитных примесей направляют в отделение готовой продукции.

Контроль мучки осуществляется путем пересева на специальной системе для улавливания частиц ядра. При этом весь проход сит 063 после контроля на наличие металломагнитных примесей направляют в емкость для оперативного хранения мучки и дальнейшего целевого использования. Содержание частиц ядра в мучке не должно превышать 5 %. Сход сита 063 представляет собой выделенные частицы ядра, которые возвращают в технологический процесс (3 шл. с.).

При необходимости получения в большем объеме крупы мелких номеров после шлифования организуется дробление крупных фракций ядра на вальцовых станках с кольцевой нарезкой быстровращающегося вала и по образующей цилиндра — медленновращающегося. Параметры дробления и построение технологии аналогичны технологии дробления ячменя при производстве перловой крупы. Возможно дополнительное шлифование продуктов дробления на шелушильно-шлифовальных машинах типа ЗШН.

§4. Технология круп из кукурузы

Из кукурузы получают крупу шлифованную пятиномерную, крупу крупную — для производства хлопьев и крупу мелкую — для производства палочек.

Крупа кукурузная шлифованная представляет собой дробленые частицы ядра кукурузы различной формы, без плодовых оболочек и зародыша, зашлифованные с закругленными гранями.

Кукурузная крупа крупная для производства хлопьев — это дробленые частицы ядра кукурузы различной формы без плодовых оболочек и зародыша, с острыми гранями, что свидетельствует об отсутствии процесса шлифования в технологии.

Кукурузная крупа мелкая для производства палочек — это дробленые частицы ядра кукурузы различной формы, с острыми гранями, без плодовых оболочек и зародыша.

Из определения каждого вида крупы следует, что они отличаются крупностью отдельных частиц, а также степенью обработки поверхности (шлифованные и нешлифованные частицы). У всех видов круп должны отсутствовать наружные оболочки и зародыш, что предусматривает операции по их отделению после дробления.

Для производства крупы используют кукурузу III-го (кремнистая желтая), IV-го (кремнистая белая), VI-го (полузубовидная белая), VII-го (лопающаяся белая) типов. Базисным по качеству считается зерно кукурузы с содержанием сорной примеси 1 % и зерновой примеси 2 %. Мелкие недоразвитые зерна кукурузы (для лопающейся белой VII-го типа — проход сита диаметром 3,5 мм, для кремнистой и зубовидной — проход сита диаметром 5 мм) относятся к зерновой примеси.

При переработке зерна базисных кондиций, отвечающего по качеству требованиям ГОСТ 13634-90 «Кукуруза. Технические условия», получают базисный выход крупы, побочных продуктов и отходов, представленный в таблице 4.26.

Таблица 4.26

Ассортимент и нормы выхода продукции из кукурузы

Продукты переработки	Выход продукции, %		
	пятиномерной	крупной для хлопьев и мелкой для палочек	мелкой для палочек
крупа шлифованная пятиномерная	40,0	—	—
крупная для хлопьев	—	30,0	—
мелкая для палочек	—	10,0	40,0
мука	15,0	15,0	15,0
мучка	34,0	34,0	34,0
зародыш	7,0	7,0	7,0
отходы I-II категории	3,0	3,0	3,0
отходы III категории и механические потери	0,5	0,5	0,5
усушка	0,5	0,5	0,5
Всего	100,0	100,0	100,0

Качество кукурузной крупы оценивают по органолептическим показателям — цвету, запаху и вкусу, которые должны быть свойственны нормальной кукурузной крупе. Влажность всех видов крупы не должна быть более 14,0 %. Нормируется также содержание зародыша (не

более 2,0 % в крупной крупе для хлопьев и 3,0 % — в шлифованной пятиномерной крупе). Зольность шлифованной крупы № 4 и № 5, а также мелкой крупы для палочек не должна превышать 0,95 %. Содержание мучки для крупы № 5 и мелкой крупы для палочек должно быть не более 1,5 %, а для остальных видов круп — не более 1 %. Содержание сорной примеси во всех видах крупы не должно превышать 0,3 %, в том числе минеральной не более 0,05 %. Как и для всех видов круп, не допускается зараженность крупы вредителями хлебных запасов, а содержание металломагнитной примеси — не более 3,0 мг на килограмм крупы.

В крупной крупе для хлопьев частиц с остатками оболочек и зародыша суммарно не должно быть больше 10,0 %, а целых необработанных зерен кукурузы должно быть не более 1,0 %.

Кроме кукурузной крупы во всех технологиях предусматривается отбор кукурузной муки. При этом мука может быть трех видов: тонкого, крупного помолов и обойная. Этот вид продукции также оценивают по ряду показателей. Цвет, запах и вкус муки должны соответствовать кукурузной муке, полученной из здорового зерна. При разжевывании такой муки не должно ощущаться хруста. Влажность муки всех видов должна быть не более 15,0 %. Для муки тонкого помола зольность не должна превышать 0,9 %, а для муки крупного помола — 1,3 %. Для этих же видов муки содержание жира не должно превышать, соответственно, 2,5 % и 3,0 %. Содержание металломагнитных примесей, как и для всех видов круп, не должно превышать 3 мг на 1 кг муки, а зараженность вредителями хлебных запасов не допускается. Крупность муки из кукурузы оценивают проходом и сходом соответствующих сит. Так, для муки тонкого помола остаток на шелковом сите № 23 должен быть не более 2 %, а проход через шелковое сито № 32 — не менее 30 %. Для муки крупного помола остаток на металлотканом сите № 056 не должен быть больше 2 %. То же для муки обойной, но на металлотканом сите № 067.

Кукурузный зародыш является сырьем для кукурузного масла, поэтому его качество также регламентируется техническими условиями. Цвет зародыша должен быть от кремового до желтого с серым оттенком. Запах — соответственный кукурузному зародышу без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый, не солодовый. Зародыш должен быть в здоровом, не греющем состоянии. Содержание сорной примеси в зародыше не должно превышать 3 %, жира — не менее 18 %, испорченного зародыша — не более 8 %. Качество зародыша проверяется по кислотному числу масла, которое должно быть не более 5,0 мг КОН, если зародыш используется для производства пищевого масла, и 10,0 мг КОН, если зародыш используется для производства технического масла. Регламентируется также содержание металломагнитных примесей (не более 3 мг на 1 кг) и не допускается зараженность вредителями хлебных запасов.

Основная особенность зерна кукурузы состоит в том, что его зародыш, массовая доля которого достигает 8–14 %, глубоко вклинивается в эндосперм, что делает необходимой операцию дробления с использованием специального оборудования. Попадание частиц зародыша, богатого жиром, в крупу (в связанном или свободном состоянии) ухудшает качество и снижает сроки безопасного хранения крупы. Поэтому удаление зародыша — одна из основных операций в технологии.

На количество и качество крупы оказывает влияние также соотношение мучнистой и стекловидной части в зерне. Лучшими технологическими свойствами обладает зерно кукурузы, не подвергавшейся искусственной сушке. Подсушивание кукурузы при высоких температурах ухудшает условия отделения зародыша и может привести к интенсивному трещинообразованию.

Операции в подготовительном отделении

Очистку кукурузы от примесей в технологии пятиномерной крупы, крупной крупы для хлопьев и мелкой для палочек осуществляют по одной технологической схеме. В соответствии с рисунком 4.27 операцию осуществляют путем однократного пропуска через скальператоры для удаления грубых, случайно попавших примесей и двухкратного пропуска через ситовоздушные сепараторы. При использовании сепараторов с ловушечным ситом для удаления грубых, случайно попавших примесей скальператор может быть исключен из технологической схемы. Наибольшую трудность при очистке кукурузы представляет отделение испорченных, изъеденных, недоразвитых зерен самой кукурузы. Для этого в сепараторах принимают размер отверстия подсевного сита 5,0–5,5 мм, что позволяет выделить большинство примесей в проходе сит. При контрольном пересеве этого продукта выделяют две категории отходов: некормовую фракцию (проход сита 1,5 мм) и кормовую фракцию или отходы I–II категорий. Основное зерно при наличии минеральных примесей пропускают через камнеотборочную машину.

Гидротермическая обработка зерна кукурузы предназначена для пластификации зародыша, что делает возможным его отделение от остальной части зерна без излишнего дробления. При этом используется биологическая особенность поглощения влаги любым зерном, в том числе и зерном кукурузы, которая состоит в следующем. На начальном этапе взаимодействия влаги с зерном вода более интенсивно поглощается зародышем. Поэтому при надлежащих режимах гидротермической обработки влажность зародыша становится большей, чем влажность остального зерна. Это и обеспечивает эффективное его отделение.

Рекомендуются следующие режимы гидротермической обработки:

- ♦ в технологии пятиномерной крупы кукурузу увлажняют до 15–16 % водой с температурой 40 °С или пропаривают при давлении пара 0,07–0,1 МПа в течение 3–5 мин. Затем следует отволаживание в течение 2–3 часов;
- ♦ при производстве крупы крупной для хлопьев и мелкой для палочек рекомендуется увлажнять зерно кукурузы до 19–22 % водой с температурой 35–40 °С с последующим отволаживанием в течение 2 часов.

Подготовленное к дроблению зерно кукурузы передается в рушальное отделение.

Технология дробления зерна кукурузы и отбора зародыша

В соответствии с рисунком 4.28 дробление кукурузы осуществляют или в двухроторных дробилках, или в барабанных измельчителях — дежерминаторах. И в том, и в другом случае осуществляется крупное дробление, сопровождающееся отделением от крупы зародыша и оболочек. Продукты дробления подсушивают, что обеспечивает более эффективное их сортирование при выделении зародыша. Выделение зародыша осуществляется по сложной схеме. На первом этапе продукты дробления сортируют на более однородные фракции крупности с использованием ситового сепарирования и рассевов БРУ четвертой технологической схемы.

При двухкратном последовательном сепарировании выделяют пять фракций продуктов. Самую крупную фракцию (сход с сита 6 мм) дополнительно дробят на специально выделенной системе, а самую мелкую, полученную проходом металлканного сита № 1,4, — направ-

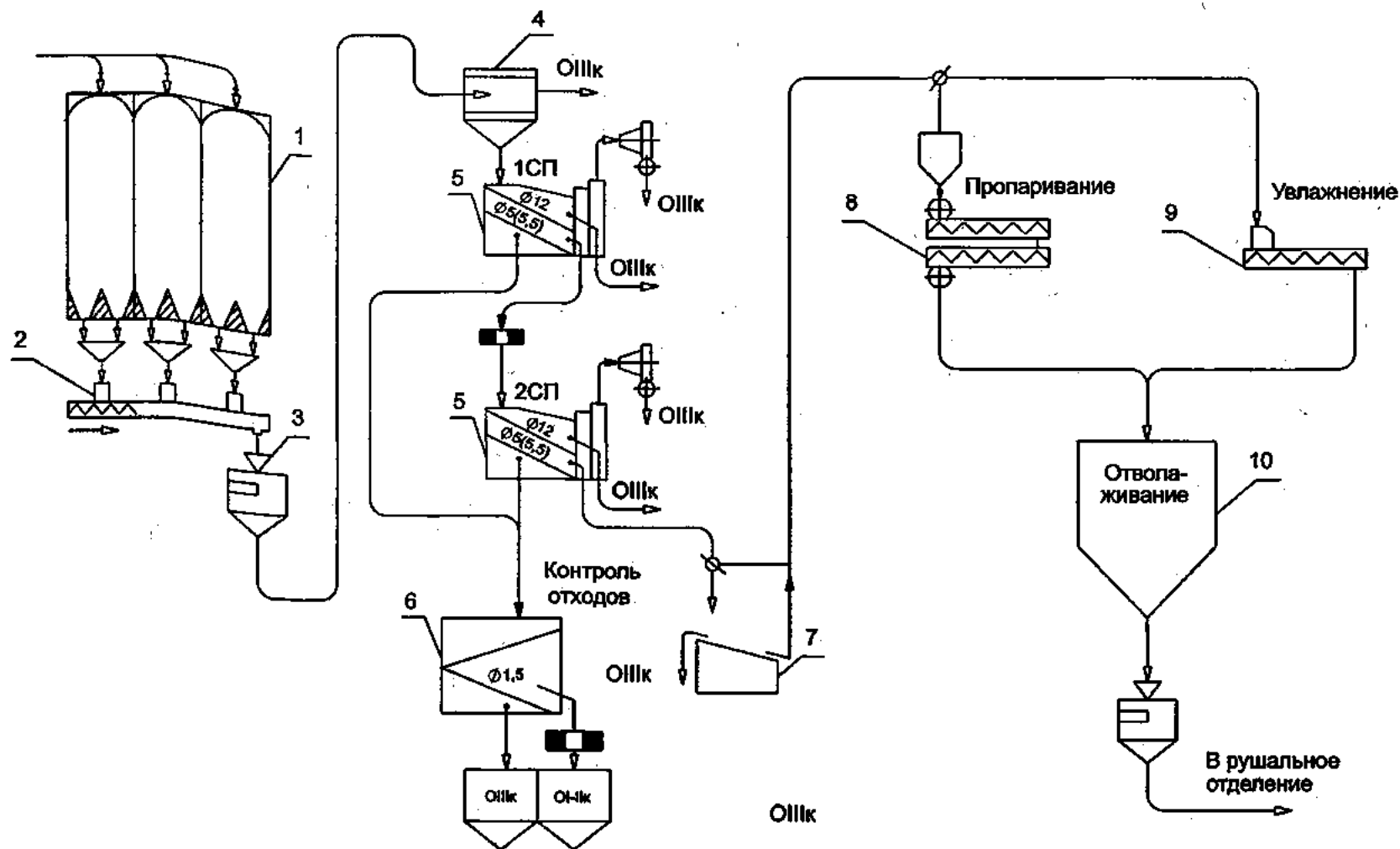


Рис. 4.27. Технологическая схема подготовки кукурузы к переработке:

- 1 — емкости для неочищенного зерна; 2 — дозаторы; 3 — автоматические весы; 4 — скальператор; 5 — сепаратор; 6 — сортировка; 7 — камнеотборник; 8 — пропариватель; 9 — увлажнительный аппарат; 10 — емкость для отволаживания

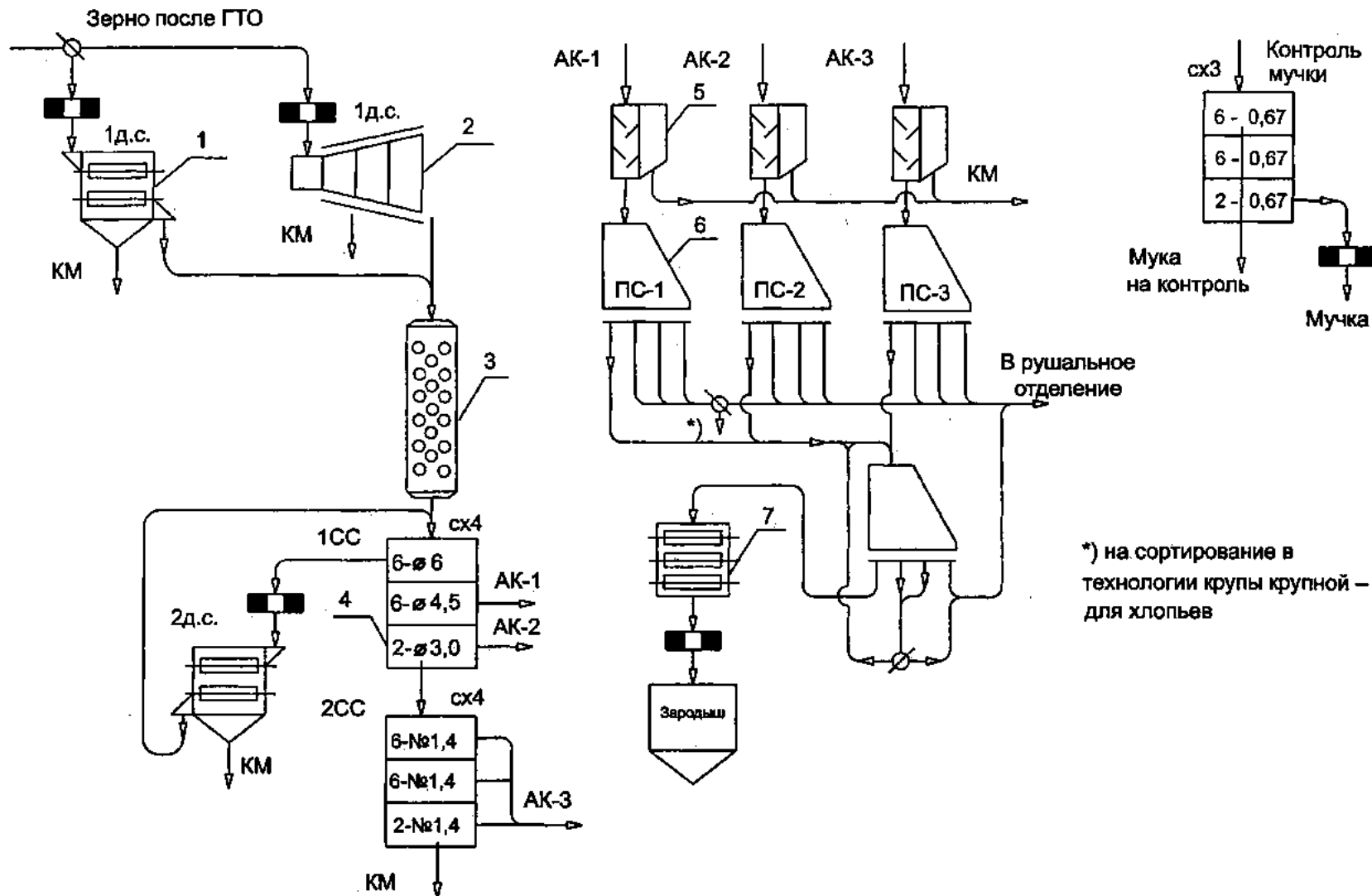


Рис. 4.28. Технологическая схема дробления кукурузы и отбора зародыша:

1 — дробилка; 2 — дежерминатор; 3 — сушиллка; 4 — рассев; 5 — аспиратор; 6 — пневмосортировальный стол; 7 — электросушиллка

ляют на контроль мучки. Промежуточные фракции ($\varnothing 6/\varnothing 4,5$; $\varnothing 4,5/\varnothing 3,0$; $\varnothing 3,0/\text{№ } 1,4$) после пневмосепарирования обрабатывают на пневмосортировальных столах для выделения зародыша. Предварительное сортирование продуктов дробления на более однородные фракции крупности позволяет более эффективно выделить зародыш на пневмосортировальных столах, подбирая индивидуально удельную нагрузку, интенсивность воздушного режима и положение перфорированной деки в пространстве. На пневмосортировальных столах происходит разделение продуктов дробления по совокупности признаков — плотности, упругости, шероховатости, коэффициенту трения и скорости витания. Тяжелые эндоспермовые частицы направляют либо на шлифование (в технологии пятиномерной крупы), либо на дробление (в технологии мелкой крупы для палочек). При производстве крупы крупной для хлопьев продукт, полученный проходом сита $\varnothing 6,0$ и сходом сита $\varnothing 4,5$ предварительного этапа ситового сепарирования после обработки на пневмостоле, направляется на систему окончательного сортирования для выделения крупы крупной для хлопьев. Самые легкие частицы, выделенные на пневмосортировальных столах, представляет собой зародыш кукурузы с незначительным содержанием оболочек и эндосперма. Этот продукт дополнительно контролируют на пневмосортировальных столах, сушат до влажности не более 10,0 %, контролируют на наличие металломагнитных примесей и направляют в упаковочное отделение. Промежуточные фракции продуктов, выделенные на пневмосортировальных столах, направляют либо в тяжелую фракцию (при незначительном содержании зародышевого продукта), либо на повторную обработку на пневмостолах. Как правило, повторное сепарирование промежуточных фракций на пневмостолах требует дополнительного подъема продукта или выделения отдельных систем пневмосортировальных столов. И то, и другое усложняет технологию и требует дополнительных эксплуатационных расходов.

Выделенная при дроблении мучка контролируется на специальной системе, где более добротная фракция продукта проходом сита 0,67 направляется в муку, а менее добротная (сход с сита 0,67 со значительным содержанием оболочек) — в емкость для мучки. Обязателен контроль мучки как конечного продукта технологии на наличие металломагнитных примесей.

В результате дробления и сепарирования на этом этапе технологии получают дробленые частицы кукурузного эндосперма с некоторым содержанием связанных оболочек, а также зародыш и мучку как конечные продукты технологии.

Дробленные части кукурузы без зародыша могут шлифоваться в пятиномерную крупу, дробиться для получения мелкой крупы для палочек, а крупная фракция продуктов измельчения может выделяться как крупа для производства хлопьев.

Таким образом, построение технологических схем на этапе подготовки, дробления и выделения зародыша для всех технологий круп из кукурузы практически совпадает.

Технология шлифования и контроля пятиномерной крупы из кукурузы

В соответствии с рисунком 4.29 шлифование дробленых частиц кукурузы производят путем четырехкратного последовательного пропуска через машины с фрикционно-терочным методом обработки поверхности типа ЗШН. При изготовлении абразивных дисков рекомендуется использовать шлифовальное зерно, состоящее из смеси различных по крупности (зернистости) номеров (таблица 4.27).

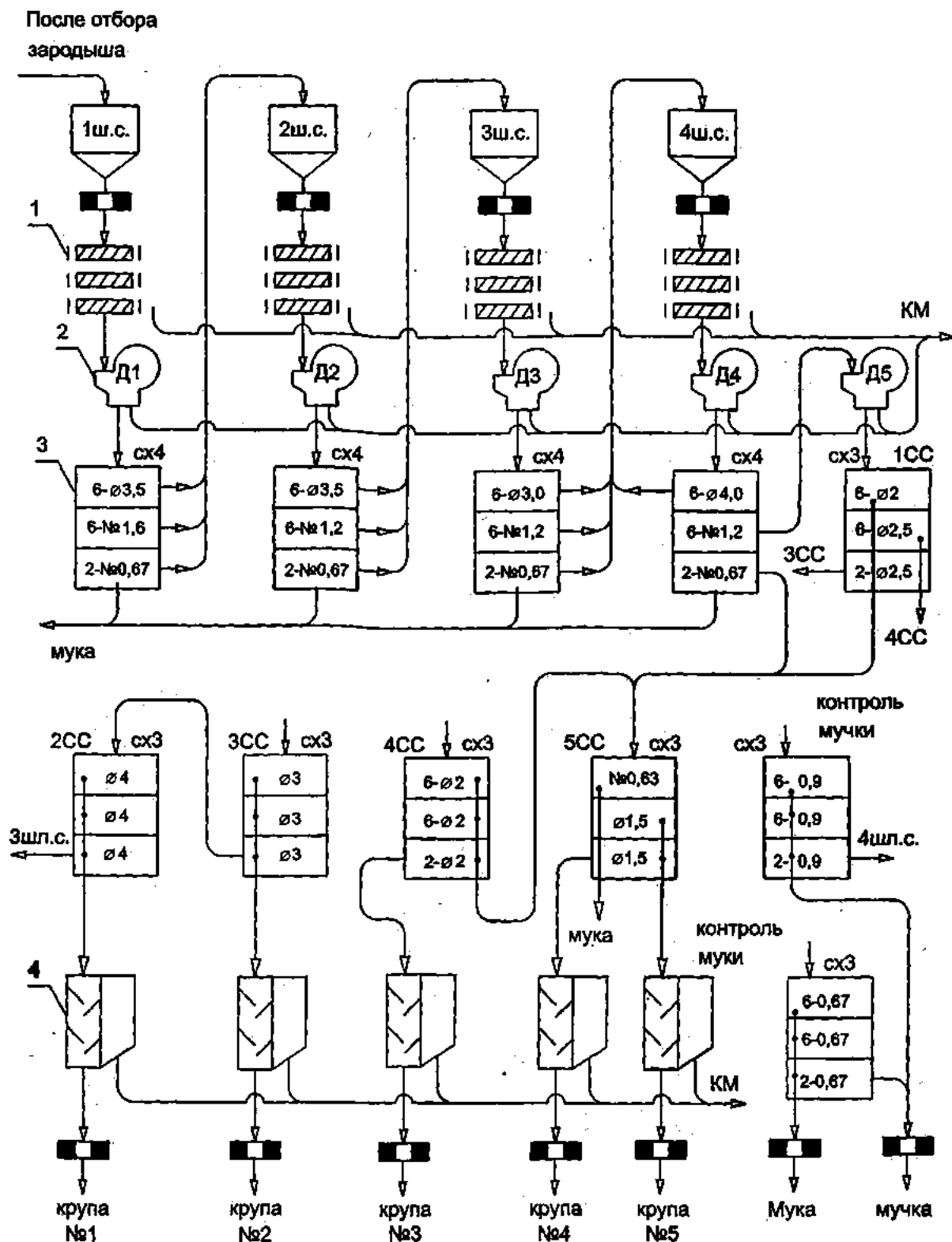


Рис. 4.29. Технологическая схема шлифования и контроля пятиномерной крупы из кукурузы.

1 — шлифовальная машина; 2 — дуоаспиратор; 3 — рассев; 4 — аспиратор

Состав шлифованных зерен абразивов для шлифовальных машин, в процентах

Система шлифования	Номер зернистости шлифованного зерна			
	160	125	100	80
первая	60	40	—	—
вторая	—	60	40	—
третья	—	20	40	40
четвертая	—	—	60	40

Размер ячеек ситового цилиндра шлифовальных машин рекомендуется $1,0 \times 15$ мм. После каждой системы шлифования продукты пневмосепарируют на специальных системах, а выделенную муку объединяют с мукой, полученной непосредственно в шлифовальных машинах, и контролируют на специальной системе.

При ситовом сортировании проходом сита 0,67 выделяют муку (направляется на контрольную систему), а крупки снова шлифуют. Крупа после четвертой системы шлифования должна быть освобождена от плодовых оболочек и зародыша, ее частицы должны иметь хорошо отшлифованные и закругленные грани. Шлифованную крупу сортируют на пять номеров крупности. Каждый номер крупы характеризуется проходом и сходом двух смежных сит, приведенных в таблице 4.28.

Таблица 4.28

Крупность пятиномерной крупы из кукурузы

Номер крупы	Диаметр отверстия сита, мм	
	проходового	сходового
1	4,0	3,0
2	3,0	2,5
3	2,5	2,0
4	2,0	1,5
5	1,5	№ 063 [*]

* Номер металлочного сита с размером ячейки 0,63 мм

Выравненность крупы каждого номера (величина прохода и схода двух смежных сит, определяющих номер крупы) должна быть не ниже 75 %. Поэтому сортирование крупы осуществляют в два этапа. На первом предварительном этапе (1 с.с.) выделяют три потока: сход сита 2,5 мм, проход сита и сход сита 2,0 мм и проход сита 2,0 мм. Первый (самый крупный) поток представляет собой смесь крупы первого и второго номеров, второй поток — третьего и четвертого номеров, третий поток — четвертого и пятого номеров. Каждый поток крупы дополнительно сортируется на соответствующих ситах для окончательного выделения номера крупы. Крупу каждого номера провеивают для выделения остаточного количества муки, контролируют на наличие металломагнитных примесей и направляют в упаковочное отделение.

Муку контролируют на металлочном сите № 067. На контроль муки направляют весь проход металлочных сит № 067 рабочих рассевов переосева продуктов шлифования каждой системы, а также проход сита 063 систем сортирования крупы.

В мучку направляют проходы сит ситовых цилиндров шлифовальных машин, а также отходы (легкая фракция) после пневмосепарирования продуктов шлифования. Контролируют мучку на металлотканом сите № 09. Содержание в мучке дробленых частиц, получаемых сходом сита № 09, не должно превышать 5,0 %.

Технология крупной крупы для хлопьев и мелкой — для палочек

Технологические процессы подготовки, дробления и выделения зародыша не отличаются от описанных выше. В соответствии с рисунком 4.30 крупу для хлопьев получают из крупной фракции дробленой кукурузы ($\varnothing 6/\varnothing 4,5$) после ее обогащения на пневмосортировальном столе (ПС-1). При этом частицы кукурузного зерна дополнительно просеивают на сите $\varnothing 5$ мм для выделения мелких фракций крупы (направляется на измельчение на 1 р.с.). Сход сита $\varnothing 5$ мм после контроля на наличие металломагнитных примесей представляет собой крупу крупную для производства хлопьев.

Остальные более мелкие фракции дробленой кукурузы измельчают на четырех последовательных системах вальцевых станков. Механико-кинематические параметры мелющих валков, а также режим измельчения должны обеспечить получение максимального количества частиц крупы с технологическим размером 1,2/0,67, что соответствует размеру мелкой крупы для палочек.

В таблице 4.29 приведены основные параметры мелющих валков по системам технологического процесса.

Таблица 4.29

Основные параметры мелющих валков по системам технологического процесса

Размольная система	Количество рифлей, R, 1/см	Уклон рифли, %	Скорость быстрого валка, $U_6, \text{м/с}$	Дифференция	Взаиморасположение рифлей
Первая	6	6	4	2,5	о/о
Вторая	6,5	10	4	2,5	о/о
Третья	8,5	10	4	2,5	о/о
Четвертая	8,0	8	4	2,5	о/о

Продукты измельчения каждой системы пересеивают с выделением трех потоков:

- сход сита № 1,2 (направляется на повторное дробление);
- проход сита № 1,2 и сход сита № 09 на первой системе и № 067 на последующих системах (направляется на пересев крупы);
- проход сита № 09 первой системы (направляется на контроль мучки) и проход сита № 067 последующих систем (направляется на контроль муки).

При пересеве крупы выделяют некоторое количество муки (проход сита № 0,67) и крупных частиц, возвращаемых на 4 р.с. Основной продукт 1,2/0,67 обогащают на ситовойке для удаления остаточного содержания зародыша. Сита в ситовойке подбирают с учетом крупности обогащаемого продукта и технологической схемы ситовойки. Муку и мучку контролируют на специальных системах путем пересева. При этом выделяют частицы ядра (возвращают на дробление или на обогащение), а конечные продукты (муку и

Рис. 4.30. Технологическая схема получения крупы для хлопьев и палочек:
1 — рассев; 2 — вальцовый станок; 3 — ситовейка

мучку) после контроля на наличие металломагнитных примесей направляют, соответственно, в отделение готовой продукции и в цех отходов. Содержание в мучке дробленых частиц не должно превышать 5 %.

Технология мелкой крупы из кукурузы для производства палочек

На рисунке 4.31 представлен заключительный этап технологии — измельчение и контроль крупы. Предварительные этапы технологии — подготовка зерна к переработке (очистка от примесей и гидротермическая обработка), а также дробление и выделение зародыша описаны выше. Обогащенная на пневмосортировальных столах крупа без значительного содержания зародыша последовательно измельчается на пяти технологических системах вальцевых станков. Механико-технологические параметры мелющих валков представлены в таблице 4.30. При соответствующем рабочем зазоре интенсивность измельчения на каждой системе должна обеспечить получение максимального количества мелкой кукурузной крупки с технологическим размером 1,2/0,67.

Таблица 4.30

Технологическая характеристика мелющих валков по системам

Размольная система	Количество рифлей, R, $1/\text{см}$	Уклон рифли, У, %	Скорость быстрого валька, $U_6, \text{м/с}$	Дифференция, Д	Взаиморасположение рифлей
Первая	6,0	6	4,5	2,5	о/о
Вторая	6,5	10	4,5	2,5	о/о
Третья	6,5	10	4,5	2,5	о/о
Четвертая	6,5	10	3,0	1,5	о/о
Пятая	8,0	10	4,5	2,5	о/о

На четвертой размольной системе для улучшения качества получаемых продуктов снижают скорость быстрого вращающегося валька до 3,0 м/с и дифференцию до 1,5 и тем самым снижают интенсивность измельчения продуктов. По аналогии с мукомольной технологией крупки 1,4/1,2 обрабатываются в режиме шлифования, т. е. для удаления оболочек без интенсивного разрушения эндосперма.

Продукты измельчения каждой системы сортируют на четыре фракции крупности:

- сход сита 1,4 после пневмосепарирования (1 р.с., 2 р.с.) дополнительно измельчается;
- продукт 1,4/1,2 обрабатывается на 4 р.с. в режиме шлифования крупки;
- продукт 1,2/0,67 — готовая крупа, направляется на пересев и последующее обогащение;
- проход сита 0,67 представляет собой кукурузную муку, которая проходит дополнительный контроль на остаточное содержание дробленого ядра.

При обогащении крупы удаляются остатки зародыша и оболочек, а чистая крупа после контроля на наличие металломагнитных примесей направляется в отделение готовой продукции. Обогащение рекомендуется проводить в один этап при использовании трехъярусных ситовеек с последовательным принципом обогащения и в два этапа при



использовании двухъярусных типов ситовеек. На втором этапе осуществляется контрольное обогащение.

Контролю подвергается также кукурузная мука (проход сита 0,67 основных систем измельчения). При контроле муки улавливаются дробленые частицы, а выделенные потоки муки контролируются на наличие металломагнитных примесей и направляются в отделение готовой продукции.

Мучку также контролируют на наличие доброкачественного ядра путем пересева. На контроль направляют аспирационные отходы, мучку систем дробления на предварительном этапе, легкие отходы пневмосепараторов в схеме выделения зародыша. Содержание в мучке дробленых частиц не должно превышать 5 %.

ГЛАВА 4

ТЕХНОЛОГИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ КРУПЯНЫХ ПРОДУКТОВ

К специальным видам крупяных продуктов относят крупы плющенные, хлопья, крупы быстрорастворимые и не требующие варки, а также приготавливаемую по специальной технологии муку из овса — толокно и крупы повышенной питательной ценности, приготавливаемые из смеси муки различных зерновых культур с добавлением высокобелковых компонентов — яичного белка, сухого молока и витаминов.

Необходимость промышленного производства такого вида продукции диктуется, прежде всего, постоянно повышающимся спросом населения (особенно городов, промышленных зон и т. п.) на различного рода полуфабрикаты, продукты ускоренного приготовления пищи, готовые к употреблению завтраки, пайки и т. п.

§1. Специальные технологии из овса

Технология крупы плющенной из овса

Крупу овсяную плющеную вырабатывают из недробленной шлифованной овсяной крупы высшего или первого сорта в совместной технологии недробленной овсяной крупы и крупы плющенной. При этом выход крупы плющенной составляет 15,5 % при выходе овсяной недробленной крупы 29,5 % и общем выходе крупяных продуктов 45,0 %. Базисный выход побочных продуктов и отходов в данной технологии при нормированной усушке 3,5 % приведен в таблице 4.13.

Крупа овсяная плющенная вырабатывается высшим и первым сортом. Это продукт, получаемый в результате плющения овсяной недробленной крупы, предварительно прошедшей пропаривание. Так как плющение осуществляется рифлеными валками, то поверхность отдельных частиц должна иметь оттиск рифлей с обеих сторон. Показатели качества крупы плющенной соответствуют показателям качества овсяной недробленной крупы соответствующего сорта.

Технология крупы плющенной представлена на рисунке 4.32 в виде отдельной технологической линии, на которую подается крупа овсяная недробленая, прошедшая контрольные операции. При этом для изменения структурно-механических свойств перед плющением крупа пропаривается при давлении пара 0,05–0,10 МПа. После кратковременного отволаживания крупа плющится до толщины 0,7–0,9 мм на вальцовом станке при окружной скорости валков 2,5 м/с и дифференции $D = 1$. Поверхность валков рифленая с количеством рифлей на сантиметр длины окружности $R = 6-8$ единиц и уклоном 3 %. Плюще-

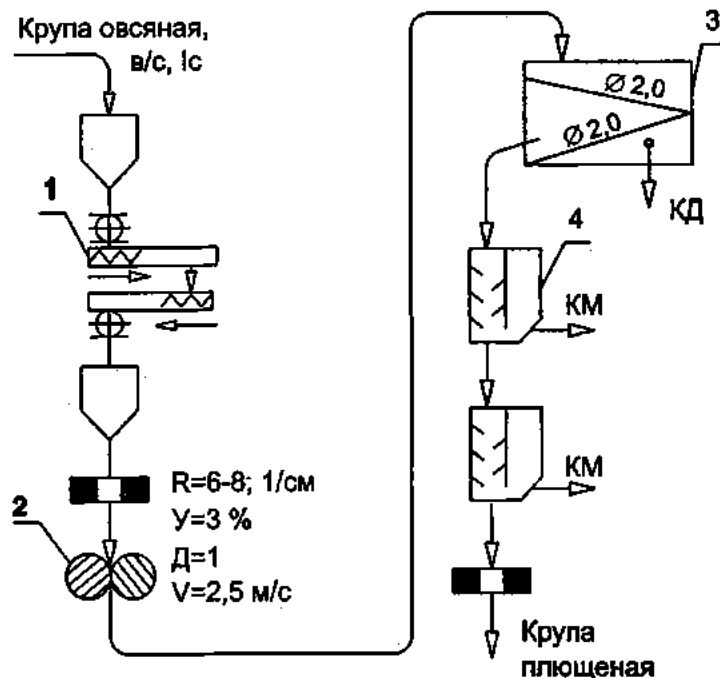


Рис. 4.32. Технология крупы плющенной:

1 — пропариватель; 2 — плющильный станок; 3 — крупосортировка; 4 — аспиратор

ную крупу просеивают для отделения дробленого ядра проходом сита с диаметром отверстий 2 мм. Для удаления легкой составляющей и охлаждения крупа дважды провеивается на аспирационных колонках и после контроля на наличие металломагнитных примесей направляется в отделение готовой продукции.

Технология хлопьев «Геркулес»

На рисунке 4.33 представлена технологическая схема получения хлопьев. Причем, технология может быть осуществлена при совместном производстве недробленной крупы и хлопьев в едином производстве. В этом случае норма выхода недробленной крупы составляет 39,5 %, а норма выхода хлопьев 5,5 % при переработке овса базисных кондиций. Технологические условия на производство крупы предусматривают также самостоятельное производство хлопьев Геркулес из овсяной крупы. В этом случае выход хлопьев составляет 95,5 %. В обоих случаях технология осуществляется по единой схеме. Для производства хлопьев Геркулес используют преимущественно крупу высшего сорта. Высокие требования к качеству хлопьев требуют дополнительного контроля овсяной крупы на наличие шелушенных и дробленых ядер. В связи с этим технология предусматривает двухкратное последовательное сепарирование крупы в падди-машинах и однократное — в крупосортировках. Учитывая незначительное различие ядра недробленного и дробленного по ширине и толщине, возможно использование триерных поверхностей с размером ячеек 4,5 мм для отбора дробленого ядра. Крупа после контрольных операций не должна содержать нешелушенных зерен более 0,15 %. Пропаривание осуществляется в пропаривателях вертикальных порционного дей-

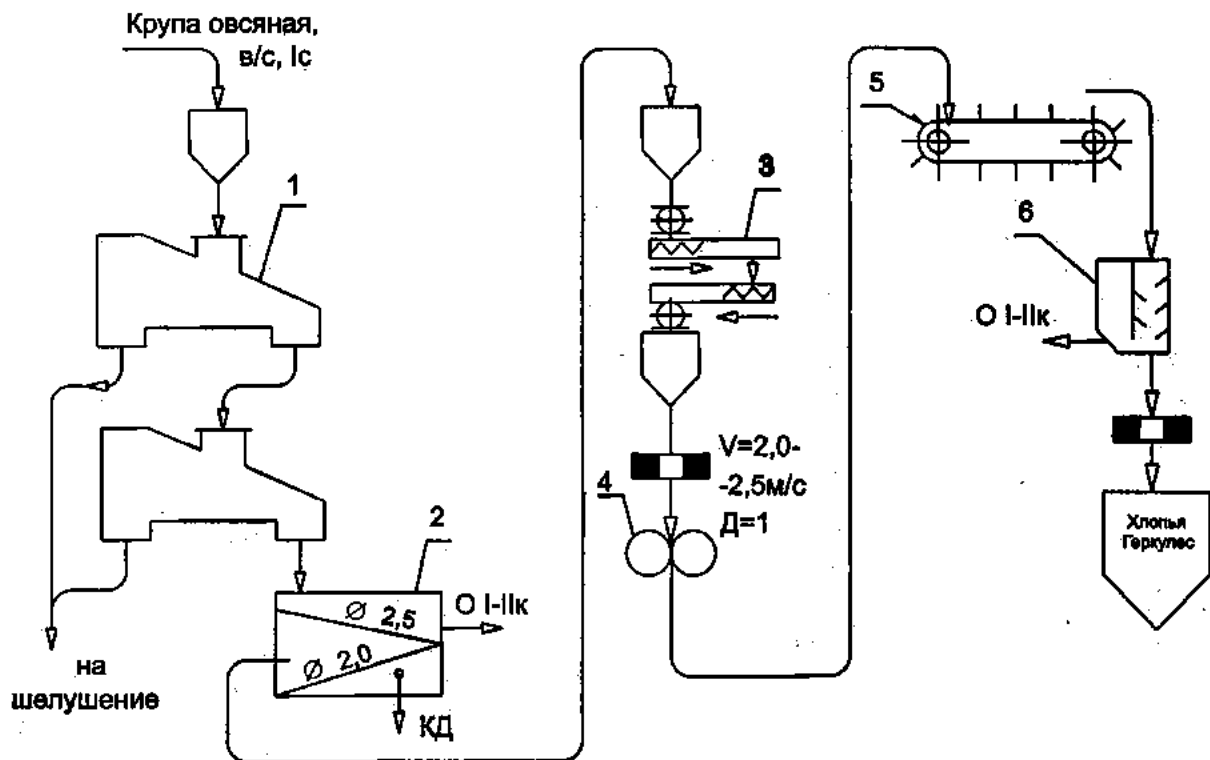


Рис. 4.33. Технология хлопьев Геркулес:

1 — палди-машина; 2 — крупосортировка; 3 — пропариватель; 4 — плющильный станок; 5 — ленточная сушилка; 6 — аспиратор

ствия или в горизонтальных — непрерывного действия. При этом давление пара должно быть $P = 0,05$ МПа, а экспозиция пропаривания должна обеспечить приращение влажности крупы до 13–14 %. Непродолжительное отволаживание (около 30 минут) должно способствовать распределению влаги и повышению пластичности крупяного ядра. Плющение осуществляют гладкими валками, вращающимися с одинаковой окружной скоростью, равной 2–2,5 м/с. Допускается незначительная дифференция (не более 1,1) что вызывает увеличение размеров хлопьев. Толщина хлопьев не должна превышать 0,5 мм. Прочность теплых и влажных хлопьев после плющильного станка невысока, что требует осторожного проведения последующих операций — сушки и охлаждения. Для сушки хлопьев используют ленточные сушилки, процесс в которых осуществляется следующим образом. Хлопья тонким и ровным слоем должны укладываться по ширине ленты сушилки. Скорость ленты регулируется таким образом, чтобы весь процесс сушки продолжался 3–5 минут. Влажность хлопьев после сушки не должна превышать 12 %. Температурный режим поддерживается температурой пара, циркулирующего в паровых трубах. Интенсивность испарения влаги усиливается благодаря непрерывной работе аспирационной сети, отсасывающей влажный воздух. Теплые хлопья охлаждают, пропуская через аспираторы с разомкнутым циклом воздуха. Сушка и охлаждение увеличивают прочность хлопьев, однако их транспортировка в течение всего производства должна быть сведена к минимуму. После охлаждения осуществляется расфасовка в специальную тару.

Технология лепестковых хлопьев

Сырьем для производства лепестковых хлопьев служит также овсяная крупа высшего сорта. В сравнении с хлопьями Геркулес лепестковые хлопья имеют меньшую зольность, меньшее предельное содержание сорной примеси и цветковых пленок, что предусматривает дополнительную предварительную обработку овсяной крупы перед основными технологическими операциями. Как и хлопья «Геркулес», лепестковые хлопья могут вырабатываться на специальной технологической линии как продолжение технологии недробленной овсяной крупы, а также в самостоятельном производстве. В этом случае готовая недробленая крупа приобретаетсся как сырье для производства хлопьев на коммерческих началах и выход хлопьев составляет 95,5 % от массы переработанной крупы.

В соответствии с рисунком 4.34 на предварительном этапе крупа овсяная дважды сепарируется на падди-машинах для удаления случайно оставшихся нешелушенных зерен и дополнительно шлифуется в шлифовальном поставе с абразивным конусным шлифовальным барабаном. Интенсивное шлифование должно обеспечить снижение зольности не менее чем на 0,2 %, что соответствует разности между зольностью готовых хлопьев Геркулес и лепестковых. Продукты шлифования (основная крупа с небольшим количеством мучки) сортируется с выделением двух фракций крупы, мучки и отходов I–II категорий.

Крупная $\left(\frac{2,5 \times 20}{1,8 \times 20}\right)$ и мелкая $\left(\frac{1,8 \times 20}{0,8}\right)$ фракции крупы интенсивно пневмосепарируют в дуоасpirаторах и раздельно обрабатывают по схеме: пропаривание, плющение, сушка и охлаждение для получения хлопьев, т. е. по технологической схеме и с режимными параметрами, принятыми в технологии хлопьев «Геркулес».

Овсяные хлопья должны иметь белый с оттенками от кремового до желтого цвет, свойственный овсяной крупе; запах и вкус без привкуса горечи и других посторонних привкусов. Влажность хлопьев должна быть не выше 12,0 %. Зольность не более 2,1 % для хлопьев Геркулес и 1,9 % для хлопьев лепестковых. Ограничивается также содержание сорной примеси, не допускается зараженность вредителями хлебных запасов. Содержание металломагнитных примесей не более 3 мг на килограмм хлопьев. Развариваемость лепестковых хлопьев должна быть не более 10 мин, а хлопьев Геркулес — не более 20 мин.

По аналогичной технологии можно производить хлопья из крупных номеров перловой, пшеничной, кукурузной и других видов круп. Учитывая различный химический состав круп, а также различную консистенцию ядра, режимы пропаривания, размеры отверстий сит в сепарирующем оборудовании, а также режим шлифования должны быть выбраны индивидуально.

Технология толокна

Толокно — это мука крупного помола, вырабатываемая из овсяного ядра по специальной технологии. Цвет толокна от светло-коричневого до кремового, однотонный. Запах и вкус, свойственные продукту из овса, без посторонних запахов и привкусов. Влажность толокна должна быть не более 10,0 %, а зольность не более 2,0 %. Крупность муки ха-

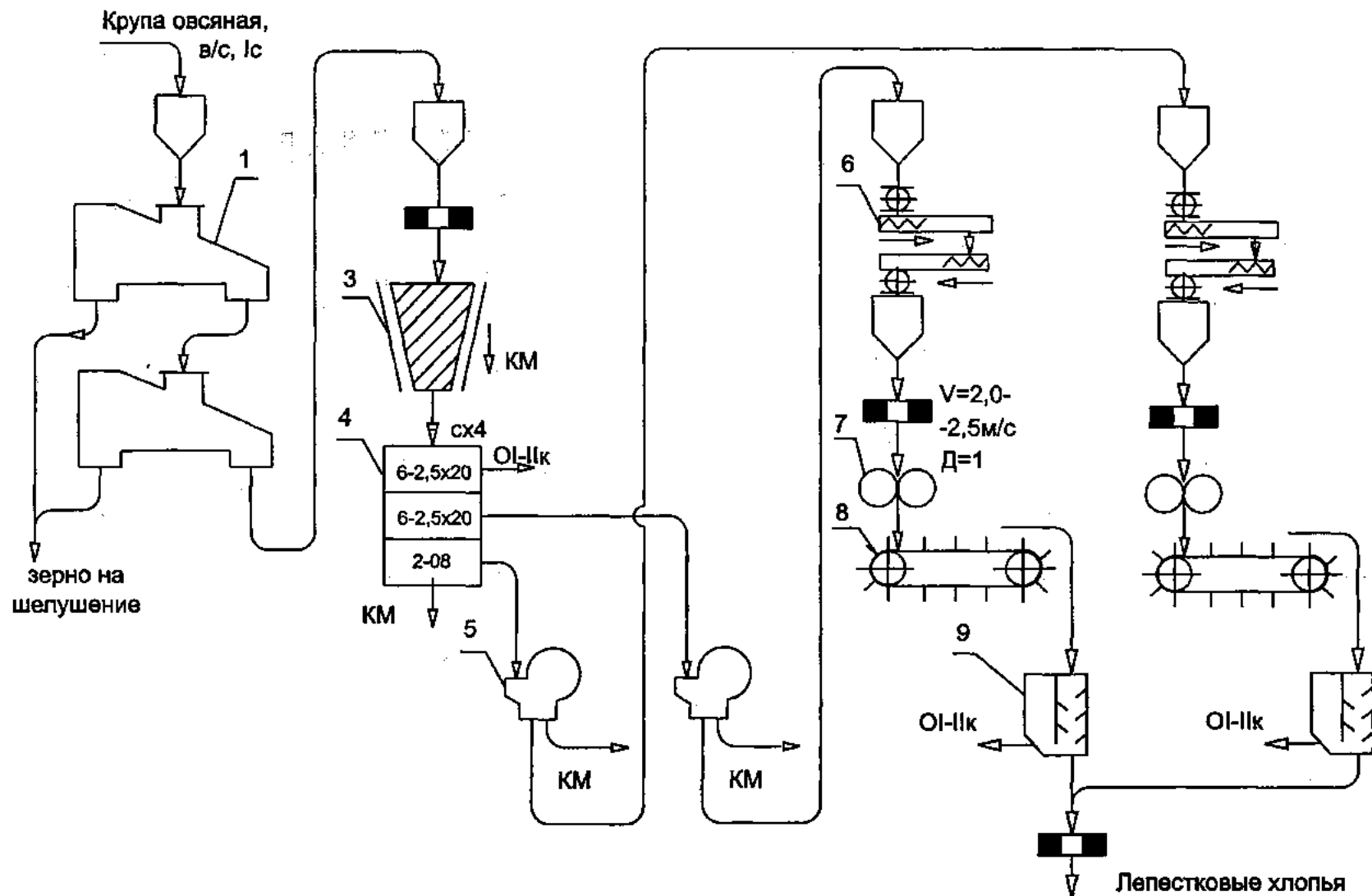


Рис. 4.34. Технология лепестковых хлопьев:

- 1 — падди-машина; 2 — крупосортировка; 3 — шлифовальный постав; 4 — рассев; 5 — дуоаспиратор;
6 — пропариватель; 7 — плющильный станок; 8 — ленточная сушилка; 9 — аспиратор

рактизуется остатком на шелковом сите № 27 не более 2,0 % и проходом шелкового сита № 38 — не менее 60,0 %. При разжевывании муки не должно ощущаться хруста (тест на содержание минеральной примеси). Как и для любой крупяной продукции, не допускается зараженность вредителями хлебных запасов и содержание мертвых вредителей, а содержание металломагнитной примеси должно быть не более 3 мг на 1 кг толокна. В толокне, используемом для детского питания, ограничивается также кислотность продукта (не более 10,0 град.), содержание мезофильных аэробных и факультативно-аэробных микроорганизмов (клеток в 1 г не более $1,0 \times 10^4$), плесневых грибов (клеток в 1 г не более $1,0 \times 10^4$). Не допускается наличие бактерий группы кишечной палочки.

Для выработки толокна используют овес, очищенный от сорной примеси, а также от щуплых и недоразвитых зерен. Технология в зерноочистительном отделении аналогична с технологией, осуществляемой при выработке недробленой овсяной крупы. В соответствии с рисунком 4.35 очищенное зерно овса замачивают в течение двух часов в воде с температурой 35 °С. При этом влажность овса доводится до 30 %. Влажный овес обрабатывают в варочных аппаратах в течение 1,5–2 ч при давлении пара 0,15–0,2 МПа, а затем высушивают до влажности 5–6 %. При этом обезвоживание цветковой пленки происходит в большей степени, чем ядра, что приводит к ее растрескиванию, разрушению связей с ядром и повышению шелушимости зерна. Охлаждают овес в специальных аппаратах — охлаждающих колоннах до температуры, не превышающей на 10 °С температуру воздуха помещения. Так как охлаждение осуществляют атмосферным воздухом, то необходимо следить за его влагосодержанием, чтобы не увлажнить обезвоженные цветковые пленки и не ухудшить условия их отделения от ядра. Шелушат овес в шелушильных поставках или центробежных шелушителях. Режим шелушения должен обеспечивать количество шелушенных зерен в продуктах шелушения не менее 90 %. Продукты шелушения сепарируют в три этапа — вначале на ситовых сепараторах, где проходом сит диаметром 2,0 мм отделяют мучку и дробленое ядро, затем двукратным последовательным пневмосепарированием отделяют лузгу и, наконец, на третьем этапе разделяют шелушенные и нешелушенные зерна на падди-машинах. Нешелушенные зерна повторно шелушат на начальной системе шелушения, мучку, дробленое ядро и лузгу контролируют на наличие ядра, а шелушенные зерна овса (ядра) размалывают на двух последовательных системах вальцевых станков. Механико-кинематические и технологические параметры мелющих валков приведены на технологической схеме. Измельчение ведут на максимальное извлечение муки и на первой, и на второй системах измельчения. Продукты измельчения сортируют в отсевах. По своей сути технология на этом этапе напоминает технологию обойной муки. В данной технологической схеме используют отсева ЗРШ-М четвертой технологической схемы, предназначенной для мельниц обойного помола. Проходом всех четырех групп сит отсева отбирают толокно, а сход направляют на вторую размольную систему. На второй размольной системе операцию интенсивного измельчения повторяют, и продукты измельчения сортируют по аналогичной схеме. Сход сит отсева 2 р.с. после отбора толокна возвращают на эту же систему для повторного измельчения. Толокно, полученное на обеих системах измельчения, контролируют на специальной системе в отсевах для улавливания случайно попавших примесей и придания муке однородности. После контроля на наличие металломагнитных примесей толокно направляется в упаковочное отделение. Сход с контрольного отсева измельчают на второй размольной системе.

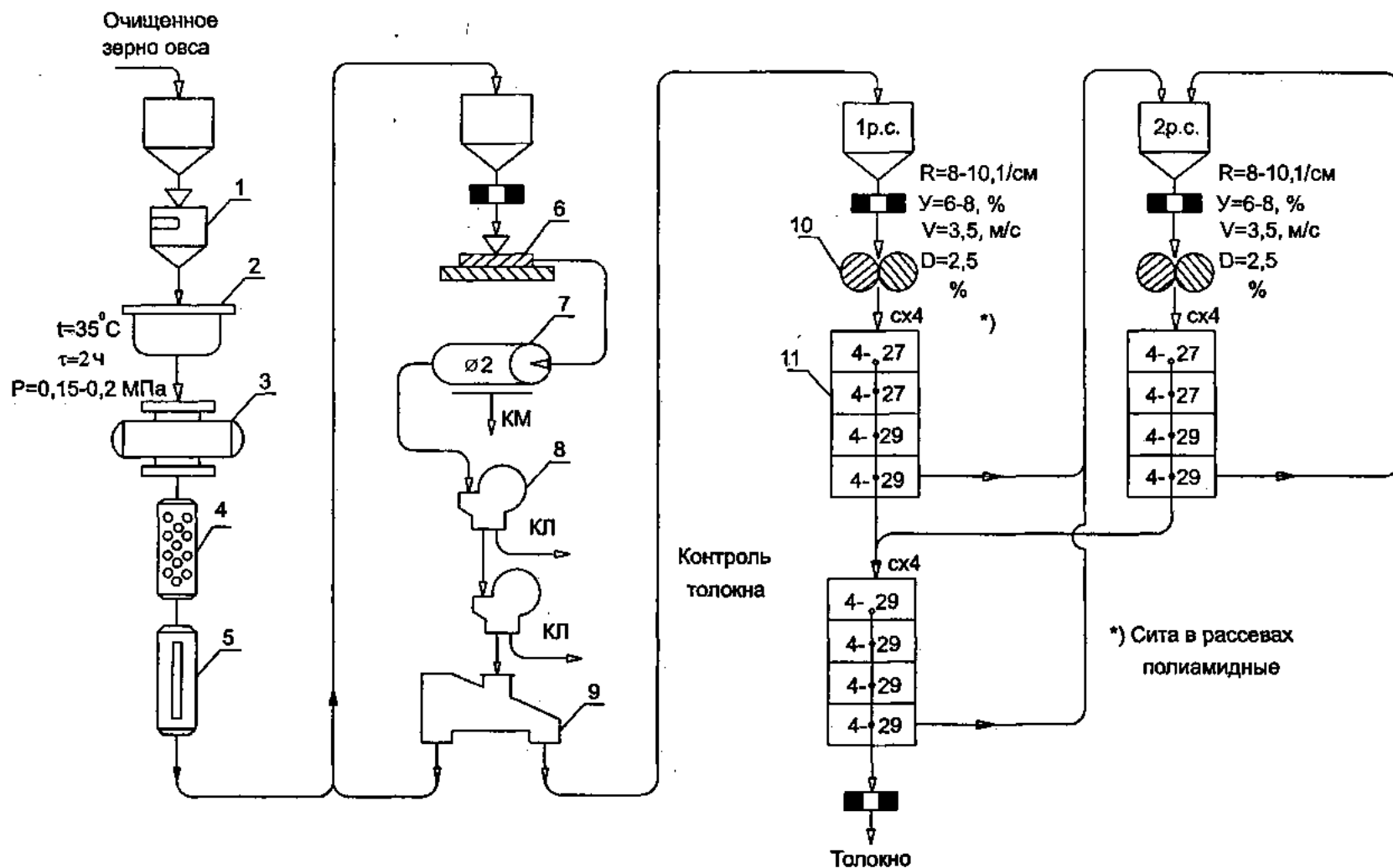


Рис. 4.35. Технология толокна:

1 — весы; 2 — замочный чан; 3 — варочный аппарат; 4 — сушилка; 5 — охлаждающая колонка; 6 — шелушитель; 7 — центрофугал; 8 — дуоаспиратор; 9 — падди-машина; 10 — вальцовый станок; 11 — рассев

Овсяное ядро, направляемое на размол, не должно содержать куколя более 0,1 %. Содержание вредной примеси не должно превышать 0,05 %, а при выработке толокна для детского питания содержание вредной примеси не допускается.

Овсяное толокно, используемое для детского питания, должно вырабатываться из овса, выращенного на полях без применения пестицидов. При этом содержание тяжелых металлов (медь, свинец, ртуть, кадмий, цинк) не должно превышать предельно допустимых концентраций, а остаточное содержание пестицидов — максимально допустимых уровней в соответствии с действующими медицинскими нормами.

§2. Технология быстрорастворяющихся круп

Для производства быстрорастворяющихся круп можно использовать готовую крупу, полученную из любого сырья. Отечественная крупяная промышленность может вырабатывать быстрорастворяющуюся ячменную крупу из перловой крупы № 1, 2, 3, пшеничную из Полтавской крупы № 1, 2, 3, гороховую — из гороха колотого шелушенного. Технические условия на производство этой продукции регламентированы правилами организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Сроки варки до кулинарной готовности для различных видов круп сокращаются до 5–30 минут, что связано с тепловой обработкой круп в процессе технологии.

В соответствии с рисунком 4.36 на предварительном этапе готовая крупа пересевается в отсевах для придания большей однородности. Рекомендуется, чтобы величина прохода и схода сит, определяющих номер крупы, была не ниже 85 %. В таблице 4.31 приведены рекомендуемые для установки в отсевах сита для калибрования крупы.

Таблица 4.31

Рекомендуемые размеры отверстий сит для контрольного просеивания круп

Вид крупы	Размер отверстия сита, мм		Выравненность крупы, %
	Проходowego	Сходowego	
Перловая № 1	Ø 4,0	Ø 3,0	85
№ 2	Ø 3,0	Ø 2,5	85
№ 3	Ø 2,5	Ø 2,0	85
Полтавская № 1	Ø 3,5	Ø 3,0	85
№ 2	Ø 3,0	Ø 2,5	85
№ 3	Ø 2,5	Ø 2,0	85
Горох колотый шелушенный	4,0×20	Ø 3,0	85

Выравненная по размерам крупа увлажняется до 25–27 %. Возможно совмещение операции увлажнения и мойки крупы в специальных моечных машинах для крупы. Рекомендуется для этих целей использовать подогретую до 25–27 °С воду, что интенсифицирует процесс поглощения воды крупой. После увлажнения крупу отволаживают в течение 40 мин. Для этих целей используют шнеки с минимальной скоростью вращения вала или специальные бункеры с ворошителями. После отволаживания крупу пропаривают при давлении пара 0,1 МПа в течение 3 мин. При этом влажность крупы повышается до 28–29 %.

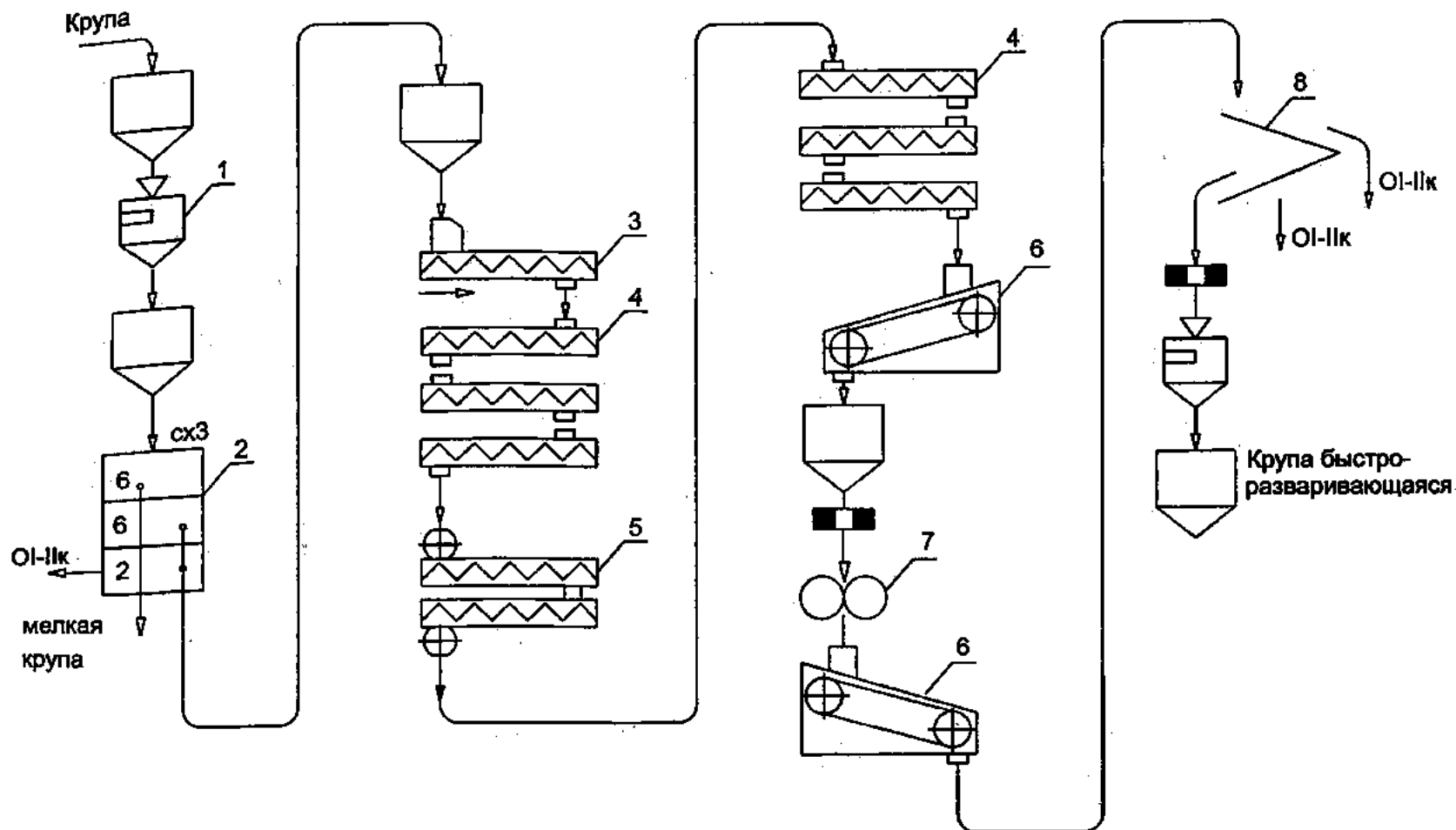


Рис. 4.36. Технология быстрорастваривающейся крупы:

1 — автоматические весы; 2 — рассев; 3 — увлажнительный аппарат; 4 — шнеки для отволаживания;
5 — пропариватель; 6 — сушилка; 7 — глюющий станок; 8 — просеиватель

%. Крупу с такой влажностью отволаживают повторно в течение 30–40 мин. Чтобы избежать слипания и комкования отволаживание сопровождается постоянным перемешиванием крупы, для чего используют, как и при первом отволаживании, шнеки или емкости с ворошителями. Перед плющением крупу подсушивают до влажности 23–25 %, что обеспечивает оптимальные условия процесса плющения. Плющение производят или в специальных плющильных станках, или в мельничных вальцовых станках с дифференцией 1.0. При использовании мельничных вальцовых станков рекомендуются следующие механико-кинематические параметры валков: количество рифлей — 10, 1/см; уклон рифлей — 8 %; взаиморасположение рифлей — Сп/Сп. Плющение также можно осуществлять валками с нерифленой поверхностью. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях рекомендуют для плющения следующие рабочие зазоры, мм:

- для гороха колотого — 1,5–1,7;
- для перловой и Полтавской круп № 1 — 0,5;
- для перловой и Полтавской круп № 2 — 0,4;
- для перловой и Полтавской круп № 3 — 0,2.

Плющеную крупу высушивают до влажности не более 14,0 %, что повышает прочность отдельных частиц и обеспечивает минимальную дробимость при контрольных и последующих операциях. Контрольное просеивание быстрорастворяющихся круп осуществляется на наборе сит в соответствии с крупностью крупы каждого номера (по табл. 4.32).

Таблица 4.32

Рекомендуемый набор сит для контрольного просеивания

Вид крупы	Диаметр отверстий сит, мм	
	проходowego	сходowego
Ячменная № 1	5,5	3,5
№ 2	4,5	3,0
№ 3	4,0	2,5
Пшеничная № 1	5,5	3,5
№ 2	4,5	3,0
№ 3	4,0	2,5
Гороховая	12,0	3,5

При контрольном просеивании удаляют комочки слипшейся крупы (сход сита с большим размером отверстия) и дробленые частицы (проход сита с меньшим размером отверстий). Выделенные нестандартные частицы направляют в отходы I категории, а крупу расфасовывают и упаковывают в мелкую тару.

Выход быстрорастворяющейся крупы должен быть не менее 95 %. В соответствии с техническими условиями на быстрорастворяющиеся крупы и в зависимости от размеров отдельных частиц ячменная и пшеничная крупы подразделяются на три номера, а гороховая на номера не делится. Внешний вид (один из оценочных органолептических критериев) крупы — это овальной или круглой формы лепешки, с неровными краями и оттиском рифлей с обеих сторон, если используются рифленые валки для плющения. При использовании нерифленых валков поверхность лепешек с обеих сторон гладкая. Цвет, запах и

вкус должны быть свойственны нормальной крупе без посторонних запахов и привкусов. В крупе нормируется содержание сорной примеси (не более 0,3 % для ячменной и пшеничной, и не более 0,4 % для гороховой). Содержание лома и мучки для всех видов круп не должно превышать 8,0 %. Не допускается зараженность вредителями хлебных запасов. Гарантийный показатель развариваемости колеблется от 15 мин. для круп ячменной и пшеничной № 3, до 30 мин. для крупы гороховой. Содержание металломагнитных примесей не должно превышать 3 мг на 1 кг (как и для всех видов круп).

§3. Технология круп, не требующих варки

Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях дают следующее определение этой продукции: крупы, не требующие варки, представляют с собой продукт, готовый к употреблению без варки (после заливки кипящей водой и набухания при комнатной температуре в течение не более 10 мин.). Таким образом, технология такого рода продуктов должна предусмотреть операцию, напоминающую кулинарную обработку обычной крупы.

В соответствии с технологическими условиями крупы, не требующие варки, вырабатывают трех наименований: гречневую, перловую и пшеничную. Для их производства, соответственно, используют ядрицу первого и второго сортов, крупу перловую № 1 и № 2, крупу Полтавскую № 1 и № 2.

В соответствии с рисунком 4.37 технология подготовительного этапа включает контрольное ситовое сепарирование крупы, пневмосепарирование и мойку. При ситовом сепарировании выделяют случайно попавшие крупные частицы и мелкие — дробленые и мучку, а при пневмосепарировании — остатки наружных оболочек и мучку. Рекомендуются следующие размеры отверстий сит (в соответствии с табл. 4.33) для контрольного сепарирования круп как сырья.

Таблица 4.33

Размеры отверстий сит для контрольного сепарирования

Наименования сырья	Размер отверстия сита, мм	
	проходowego	сходowego
Ядрица гречневая	Δ (5,0–5,5)	(1,6–1,7)×20
Крупа перловая № 1	Ø 4,0	Ø 3,0
№ 2	Ø 3,0	Ø 2,5
Крупа Полтавская № 1	Ø 3,5	Ø 3,0
№ 2	Ø 3,0	Ø 2,5

Крупы, прошедшие контрольное сепарирование, моют при полном погружении в воду в течение 3–5 мин. При расходе воды 2,0–2,5 л на 1 кг крупы их влажность повышается до 27,0 %. Допускаются колебания во влажности в пределах $\pm 3,0$ %.

Подготовленная таким образом крупа загружается в варочные аппараты и варится до полной кулинарной готовности. Ориентировочное время варки — 45–60 мин. в зависимости от вида и номера крупы. Варку производят паром при давлении 2 МПа. В варочный

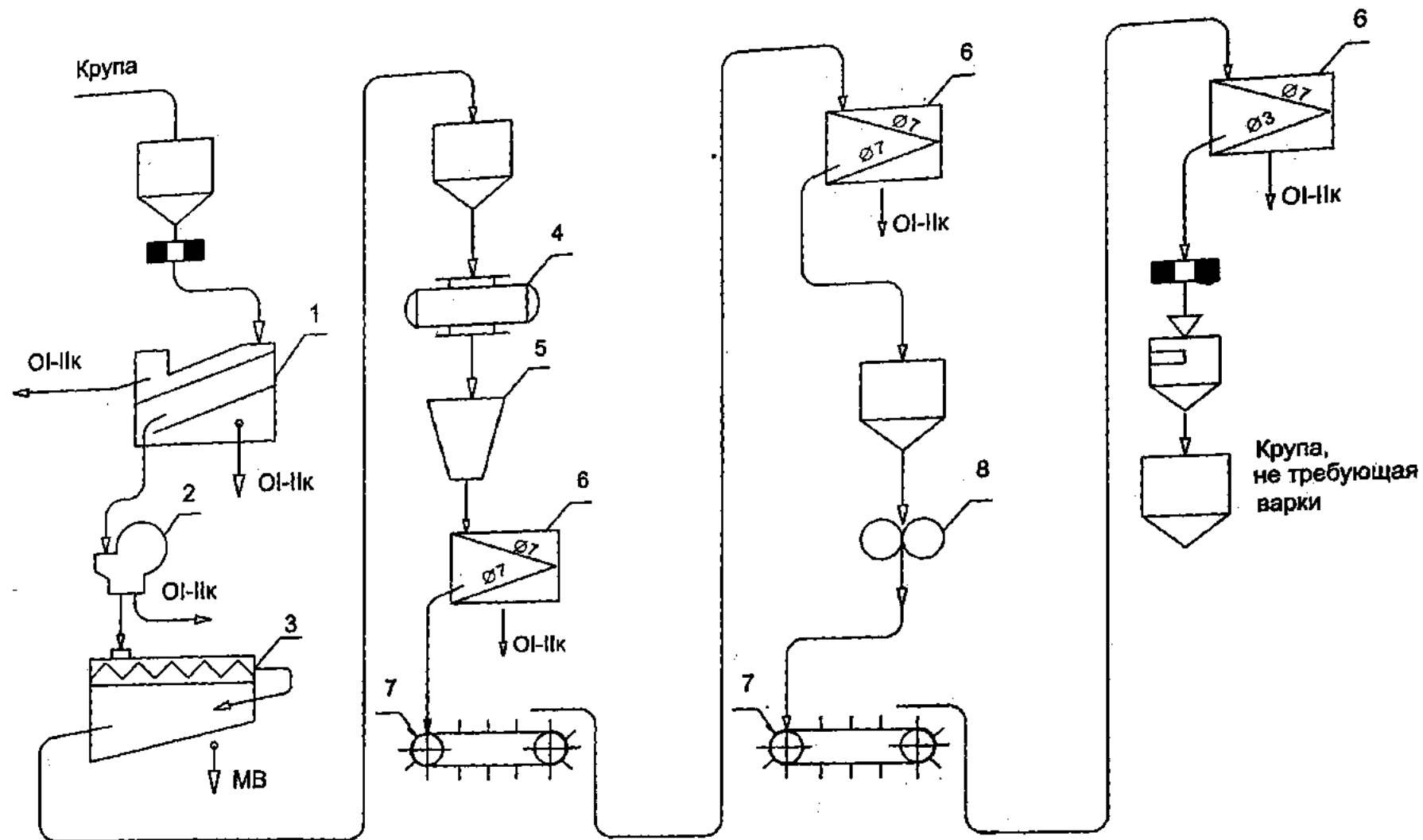


Рис. 4.37. Технология круп, не требующих варки:

1 — сепаратор; 2 — дуоаспиратор; 3 — моечная машина; 4 — варочный аппарат; 5 — бункер-воронка; 6 — крупосортировка; 7 — сушилка; 8 — плющильный станок

аппарат добавляют расчетное количество воды, необходимое для обеспечения влажности крупы после варки 35 %.

Процедура расчета:

1. Определяют расчетное значение массы порции крупы после мойки M_1 , кг:

$$M_1 = \frac{M_0(100 - W_0)}{100 - W_1}, \quad (4.3)$$

где M_0 — масса порции круп до мойки, кг;

W_0 — влажность крупы до мойки, %;

W_1 — влажность крупы после мойки, равная 27,0 %.

2. Определяют расчетное значение массы порции крупы после варки, M_2 , кг:

$$M_2 = \frac{M_1(100 - W_1)}{100 - W_2}, \quad (4.4)$$

где W_2 — влажность крупы после варки, равная 35,0 %.

3. Установлено, что варка увлажненной в моечной машине крупы паром без добавления воды не обеспечивает требуемую конечную влажность крупы $W_2 = 35$ %. Поэтому в варочный аппарат необходимо добавить некоторое количество воды. Для расчета количества добавляемой воды вначале определяют фактическую массу крупы M_3 , кг, прошедшей мойку и сваренную пропариванием в прогретом варочном аппарате, но без добавления воды. Величину M_3 находят как среднее из двух повторностей. Эта величина индивидуальна для каждого вида крупы. Тогда необходимое количество воды M_4 , кг, добавляемой в варочный аппарат при варке каждой порции крупы, находят по разности между расчетным значением массы порции крупы после варки M_2 и массой порции крупы M_3 :

$$M_4 = M_2 - M_3. \quad (4.5)$$

Сваренную крупу выгружают в специальный бункер-воронку с устройством для разрыхления комков, а затем сепарируют на ситах с диаметром 7 мм. Частицы крупнее размера отверстий сит направляют на сушку, а мельче размера отверстия сит (дробленые частицы) — в отходы I–II категорий. Температура теплоносителя в сушилке должна быть 100–105 °С, при этом влажность крупы гречневой после сушки должна быть $25,0 \pm 2,0$ %, а пшеничной и перловой — $20,0 \pm 2,0$ %. После подсушивания крупу вторично сортируют на таком же наборе сит для обеспечения выравненности.

Плющение крупы осуществляют в специальных плющильных станках с гладкими валами и дифференцией 1,0. Оптимальный рабочий зазор для плющения крупы гречневой составляет 0,4–0,6 мм, а перловой и пшеничной — 0,3–0,4 мм. Плющеную крупу сушат при температуре теплоносителя не менее 120,0 °С до влажности не более 10,0 %.

Высушенную крупу контролируют на наличие дробленых частиц просеиванием на сите диаметром 3,0 мм и после контроля на наличие металломагнитных примесей направляют на расфасовку и упаковку.

Правила рекомендуют следующие нормы выхода продукции при производстве круп, не требующих варки, %:

- крупа — 87,5
- мучка кормовая — 6,5

- ♦ отходы I–II категории — 0,5
 - ♦ усушка — 4,5
 - ♦ отходы III категории и механические потери — 1,0
- Всего: — 100,0.

По внешнему виду крупа должна соответствовать данному виду крупы, приготовленной обычным кулинарным способом. Допускаются крупинки, не сохранившие первоначальную форму и распавшиеся на части. Вкус и запах должен быть свойственен данному виду вареной крупы без постороннего запаха и привкуса.

Консистенция может быть рассыпчатой или вязкой в различной степени.

Влажность крупы не должна превышать 10,0 %, содержание дробленых частиц, получаемых проходом через сито с диаметром отверстий 3 мм, не более 3,0 % для перловой и пшеничной крупы и 2 % — для крупы из гречихи.

Как и для всякого вида крупы, не допускается зараженность вредителями хлебных запасов, а содержание металломагнитной примеси должно быть не более 3 мг на 1 кг крупы.

Так как для этого вида крупы не требуется обычной кулинарной обработки, то вводится понятие восстанавливаемость — это время в минутах, необходимое для набухания крупы после обработки кипящей водой, то есть время для полной кулинарной готовности. Технологические условия предусматривают следующую процедуру для определения восстанавливаемости. В емкость диаметром 150 мм и высотой 110 мм наливают 200 мл воды, добавляют 3 г соли и доводят до кипения нагреванием на плите. После закипания вносят 10 г жира и 90 г крупы (при постоянном помешивании) и закрывают крышкой. После этого снимают с плиты и оставляют для набухания на 10 мин. Далее следует дегустация продукта по специальной методике (если это оценочная процедура) или употребление его как продукта питания.

§4. Технология круп повышенной питательной ценности

Это искусственные крупы, полученные путем прессования на макаронных прессах теста из смеси муки различных зерновых и бобовых культур с добавлением обезжиренного сухого молока, сухого яичного белка или яичного продукта в натуральном или замороженном виде. В зависимости от формы и размера матрицы могут выпрессовываться частицы различной формы и размеров, имитирующие натуральные крупы. Этот вид продукции предназначен к использованию в общественном и индивидуальном питании для приготовления различных блюд. В настоящее время разработаны Технологические условия на производство искусственных круп повышенной питательности восьми наименований. Рецептура смеси для их производства представлена в таблице 4.34.

Технология осуществляется в двух отделениях — подготовительном и прессово-сушильном. Сырьем для производства круп является рис дробленый, продел (дробленое ядро гречихи), горох колотый шелушенный, овсяная недробленая крупа, макаронная крупа первого сорта (полукрупка), ячневая крупа. Эти продукты (кроме макаронной муки) необходимо предварительно подготовить для смешивания в соответствии с рецептом. Остальные продукты — макаронная мука первого сорта, сухое обезжиренное молоко, яичный белок вво-

Рецептура круп повышенной питательной ценности

	Процент ввода сырья для производства круп							
	Юби- лейная	Спор- тивная	Пио- нерская	Флот- ская	Силь- ная	Здоровье	Союз- ная	Южная
Мука:								
– гречневая			90,0	70,0			70,0	
– гороховая					70,0			20,0
– кукурузная								50,0
– макаронная 1 сорта	15,0				15,0	15,0		
– рисовая	75,0					73,0		
– овсяная		90,0						
– ячневая				30,0	15,0		28,0	10,0
Обезжиренное сухое молоко	10,0	10,0	10,0			10,0		
Сухой яичный белок или яичный продукт в натуральном или замороженном виде						2,0	2,0	
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

дятся в смесь непосредственно в прессово-сушильное отделение. В соответствии с рисунком 4.38 все виды крупы в подготовительном отделении подвергают контрольному пневмо- и ситовому сепарированию для выделения примесей, направляемых в отходы I–II категории. Овсяная крупа дополнительно сепарируется на падди-машинах для удаления оставшихся нешелушенных зерен. Все виды круп пропускают через пневмосортировальный стол, где выделяют тяжелые примеси (в основном минеральные) и низконатурные примеси.

Технология предусматривает мойку крупы в специальных моечных машинах при полном погружении в воду с последующей сушкой в сушилках с кипящим слоем. Овсяная крупа может дополнительно пропариваться и затем также высушивается. Режим сушки должен обеспечить снижение влажности до 11–12 %.

Очищенное от примесей сырье и прошедшее дополнительную водно-тепловую обработку размалывают на трех последовательных системах вальцовых станков. При этом устанавливают следующие механико-кинематические и технологические параметры мелющих валков (табл. 4.35).

Таблица 4.35

Техническая характеристика мелющих валков

Параметр	Размольная система		
	первая	вторая	третья
Количество рифлей	8,5	10,0	11,0
Уклон рифлей, %	8,0	8,0	8,0
Окружная скорость быстро-вращающегося вала, V_6 , м/с	6,0	6,0	6,0
Дифференция	1,5	1,5	1,5
Взаиморасположение рифлей	о/о	о/о	о/о

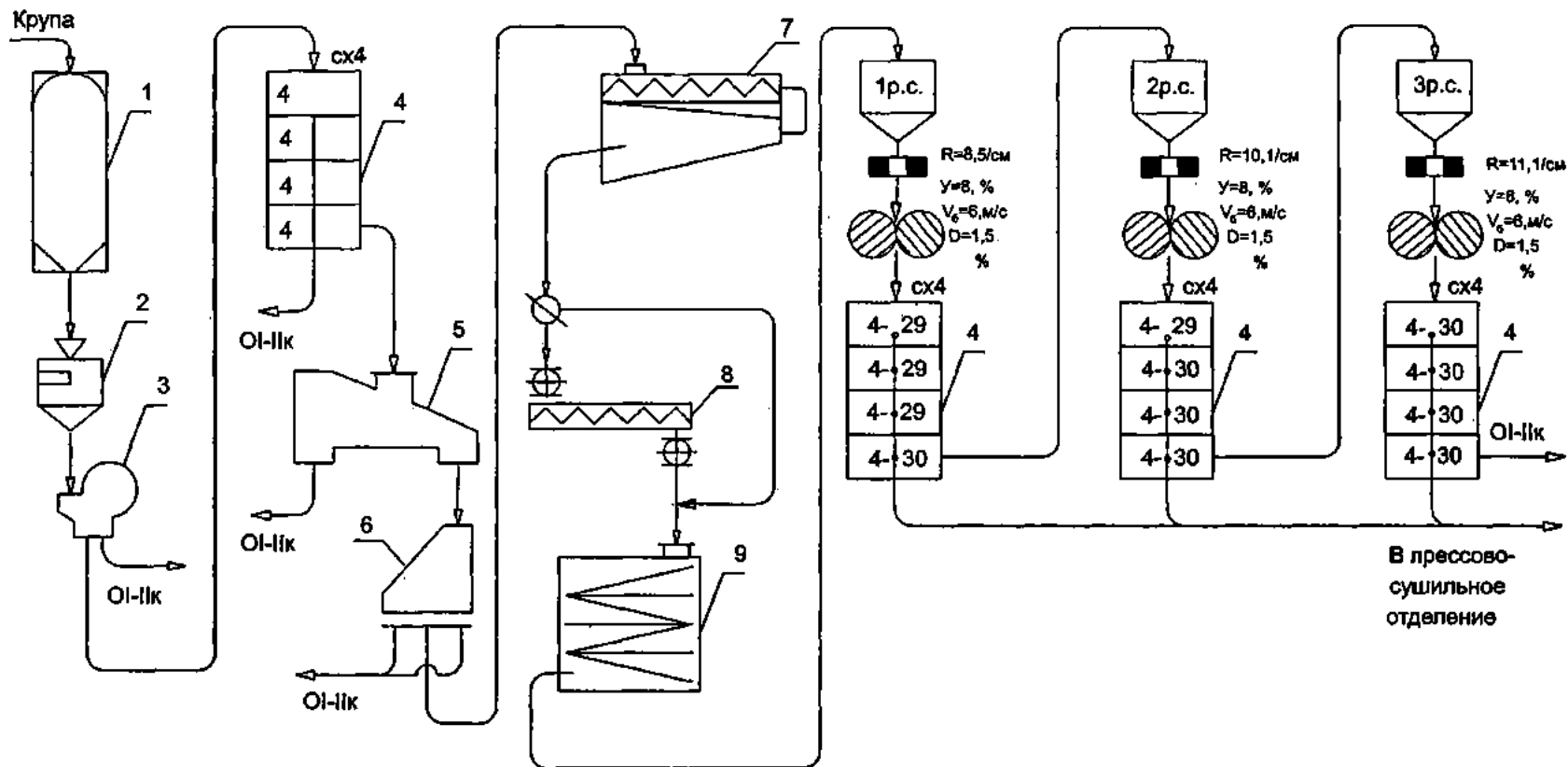


Рис. 4.38. Технология круп повышенной питательной ценности. Подготовительное отделение:

1 — емкости для крупы; 2 — весы; 3 — дуоаспиратор; 4 — рассев; 5 — пади-машина;
6 — пневмосортировальный стол; 7 — моечная машина; 8 — пропариватель; 9 — сушилка; 10 — вальцовый станок

Интенсивность измельчения на системах должна обеспечивать максимальное извлечение муки. Продукты измельчения сортируют в мельничных отсевах, где отбирают муку, а более крупные неизмельченные частицы крупы, получаемые в виде схода, измельчают на следующей системе. Сход с последней системы возвращают на измельчение на эту же систему или направляют в отходы I-II категории. Отобранная на каждой системе мука направляется в прессовально-сушильное отделение. По своему построению технология получения муки из дробленых и недробленых круп идентична технологии обойной муки. Поэтому наиболее эффективно для сортирования продуктов измельчения использовать отсевы серии ЗРШ-М четвертой технологической системы, предназначенные для мельниц обойного помола. В данной технологии использованы отсевы ЗРШ-4М и полиамидные сита. Полученная по данной технологии мука при просеивании на капроновом сите № 35 не должна давать остатка более 2 %. Наличие хвоста в муке не допускается. Содержание металломагнитной примеси на 1 кг муки должно быть не более 3 мг.

Технология в прессово-сушильном отделении

Для обеспечения бесперебойной работы отделения в течение необходимого времени для каждого вида сырья предусмотрены оперативные емкости (рис. 4.39). Дозирование каждого компонента смеси в соответствии с рецептурой осуществляется с помощью многокомпонентных весовых дозаторов. Смешивание сухих компонентов производится в смесителе порционного действия. Обезжиренное сухое молоко и яичный белок можно вводить в смесь в виде молочно-яичной эмульсии непосредственно в макаронный пресс. Для этого в технологии предусмотрен специальный аппарат, в который подается питьевая вода, сухое молоко и яичный белок. Транспорт эмульсии осуществляется с помощью специального насоса.

Таким образом, в тестомеситель пресса подается вода, сухие компоненты и эмульсия. Необходимое количество воды для замеса теста может подаваться вместе с эмульсией. Рекомендуется подогревать воду до 45–50 °С. Замес теста осуществляется в течение 15 мин. Влажность теста для крупы Здоровье и Юбилейная должна быть 27–29 %, а для остальных круп — 31–34 %. Таким образом, зная конечную влажность теста и влажность сухого компонента смеси, можно рассчитать потребное количество воды на порцию смеси массы G , кг с начальной влажностью W_n , %:

$$M_w = \frac{G(W_k - W_n)}{100 - W_n}, \quad (4.6)$$

где M_w — масса воды для образования теста, кг;

W_k — влажность теста, %.

Прессование осуществляется в прессах шнекового типа с матрицами, имеющими различную форму отверстия в соответствии с рекомендациями Правил организации и ведения технологического процесса на крупных предприятиях (по табл. 4.36).

Регулировка режущего механизма пресса должна обеспечивать толщину частиц в пределах 1,5–2,5 мм. Сырые изделия после пресса высушивают до влажности не более 13,0 % при температуре теплоносителя не выше 70 °С. Готовую крупу подвергают контрольному ситовому сепарированию для выделения битых частиц, не имеющих правильной формы.

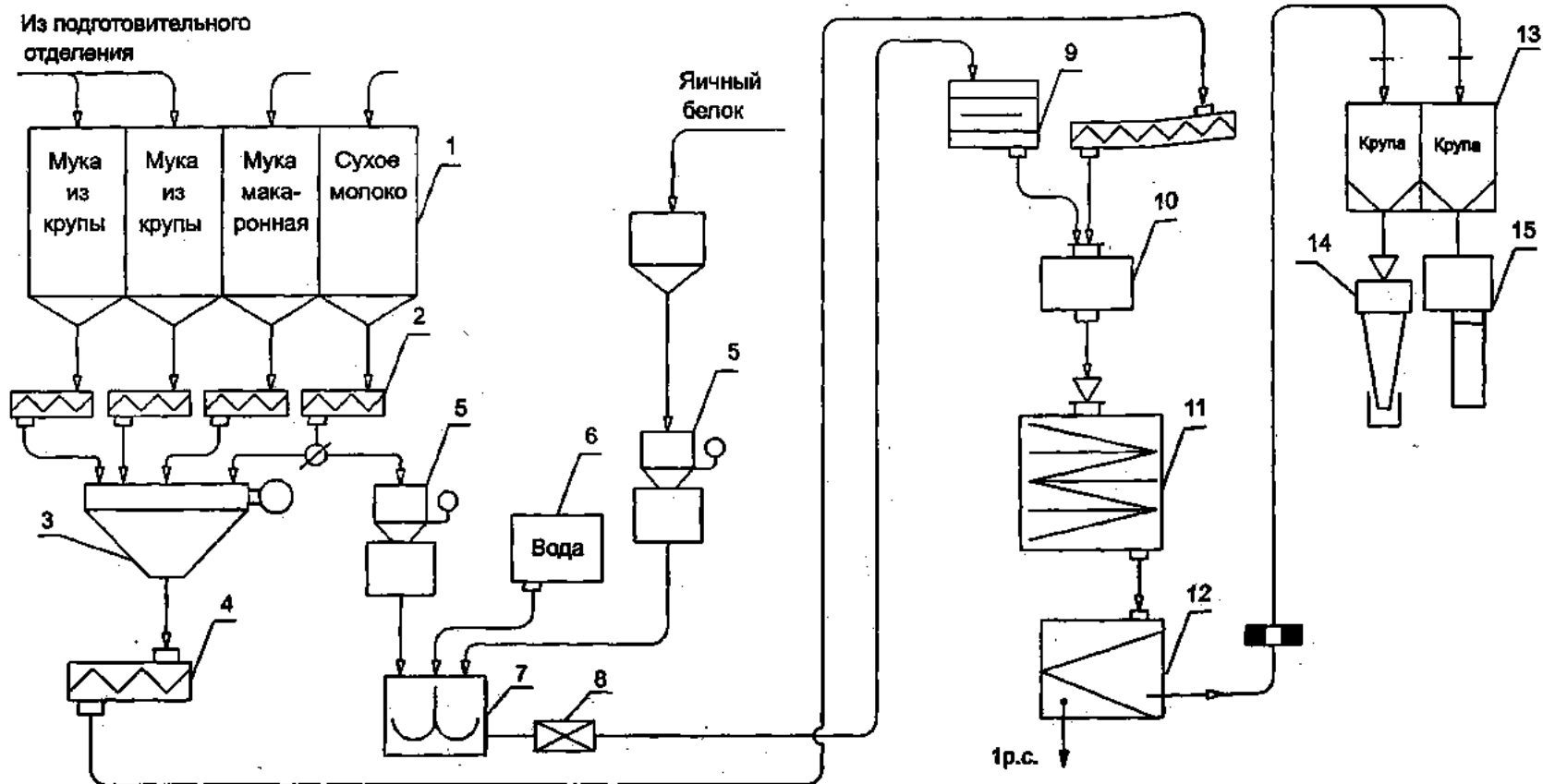


Рис. 4.39. Технология круп повышенной питательной ценности. Прессово-сушильное отделение:
 1 — емкости наддозаторные; 2 — питатель шнековый; 3 — многокомпонентный весовой дозатор; 4 — смеситель;
 5 — моновесовой дозатор; 6 — емкости для воды; 7 — аппарат для приготовления молочно-яичной эмульсии;
 8 — насос; 9 — расходная емкость; 10 — макаронный пресс; 11 — сушилка; 12 — крупосортировка;
 13 — емкости над фасовочными аппаратами; 14 — фасовочно-упаковочный аппарат; 15 — весовой аппарат

Форма и размер отверстий матриц пресса

Вид крупы	Форма отверстия	Размер отверстия, мм
Здоровье, Юбилейная	Соответствует профилю рисовой крупы	$(6,0-7,0) \times (3,0-3,2)$
Спортивная	Соответствует профилю овсяной крупы или чечевицеобразная	$(8,0-9,0) \times 2,0$
Союзная, Флотская, Южная	Чечевицеобразная	Диаметр 2,0 мм
Сильная	Чечевицеобразная	Диаметр 3,5 мм
Пионерская	Чечевицеобразная	Диаметр 3,5 мм

Нестандартную продукцию размалывают и подсортировывают к общему потоку смеси в количестве около 5 %. Готовая крупа после контроля на наличие металломагнитной примеси расфасовывается и упаковывается в пакеты, коробки, бумажные мешки.

Цвет крупы определяется составом смеси и может быть белым или желтым с различными оттенками. Запах и вкус должны соответствовать нормальной крупе без посторонних запахов и привкуса. Выравненность круп по размерам должна быть не менее 80 % (проход сита $2,6 \times 20$ м, сход сита $1,4 \times 20$). Поверхность крупы должна быть гладкой. Для обеспечения устойчивого хранения влажность крупы не должна быть более 13,0 %. В крупе ограничивается содержание лома, деформированных крупок. Не допускается посторонних примесей и зараженности вредителями хлебных запасов. Как и для всех видов круп, содержание металломагнитных примесей должно быть не более 3 мг на 1 кг крупы.

Выход крупы Юбилейной и Здоровье составляет 92,0 % при выходе отходов I–II категорий 6,3 %.

Выход остальных круп составляет 94,0 % при выходе отходов I–II категорий 4,3 %.

Для всех видов круп планируется усушка 1,0 % и выход отходов III категории и механических потерь 0,7 %.

ЧАСТЬ 5

ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИКОРМОВ

Изменения в общественной жизни и экономике, произошедшие в последнее десятилетие, оказали влияние на состояние и развитие комбикормовой промышленности.

Прежде всего изменились взаимоотношения производителя и потребителя. Комбикормовые предприятия стали самостоятельными и сами определяют ассортимент продукции и взаимоотношения с поставщиками сырья и потребителями продукции.

Комбикормовые заводы в настоящее время вырабатывают продукцию из государственного (регионального), свободно закупаемого и давальческого сырья. В связи с этим часто меняется ассортимент выпускаемой продукции, возникают новые подходы к формированию рецептуры. Как правило, предприятия согласовывают рецептуру с заказчиком. Изменилась система оценки качества сырья и продукции, введены новые правила сертификации продукции на соответствие установленным требованиям.

Глава 1

ОПЕРАЦИИ С КОМБИКОРМОВЫМ СЫРЬЕМ

§1. Общие сведения о кормах

Корма — это специально приготовленные, физиологически приемлемые продукты, содержащие в доступной форме необходимые животному питательные вещества. К кормам относятся продукты растительного, животного и минерального происхождения, содержащие органические и минеральные вещества. Ассортимент кормов, применяемых в животноводстве, очень разнообразен и характеризуется различным составом и свойствами.

Растительные корма делятся на следующие группы: сочные, концентрированные, грубые корма, отходы пищевых и технических производств.

Сочные корма — это зеленый корм, силосованный корм, корнеплоды и сочные плоды.

Концентрированные (энергетические или основные) корма содержат менее 20 % протеина и менее 18 % сырой клетчатки. Питательность 1 кг корма выше 0,65 к. е. К группе концентрированных кормов относятся семена зернобобовых культур.

Грубые или объемные корма имеют низкое содержание чистой энергии на единицу массы и высокое содержание клетчатки (более 18 %). Питательность 1 кг ниже 0,65 к.е.

Отходы пищевых и технических производств. В эту группу входят разнообразные кормовые отходы, полученные при переработке сельскохозяйственного сырья для пищевых и технических целей.

Продукты, которые содержат более 20 % протеина животного, морского или растительного происхождения, получили название **протеиновых добавок**.

Корма животного происхождения — это молоко и остатки от его переработки, отходы от мясокомбинатов, рыбных и зверобойных промыслов, кормовые продукты ветеринарно-санитарных утилизаторов.

Корма минерального происхождения: поваренная соль, мел, травертин, ракушечная крупа и т. д.

Кроме перечисленных групп кормов выделяют кормовые добавки, минеральные подкормки, витаминные препараты и антибиотики.

Все перечисленные продукты (корма), используемые в кормлении животных, получили название **кормовые средства**.

Ассортимент кормов, применяемых в животноводстве, очень разнообразен и характеризуется различным составом и свойствами. Однако среди большого разнообразия кормов нет таких, которые содержали бы все необходимые питательные и биологически активные вещества, необходимые для нормального роста и развития животных. Растительные корма содержат белка значительно меньше, чем требуется большинству видов животных при интенсивном их развитии. Корма животного происхождения богаче белком, но производится их крайне мало.

Различные корма (сочные, грубые, концентрированные) при скармливании их животным без добавки других кормов не удовлетворяют потребностей животного организма в питательных веществах. Поэтому составляют различные смеси кормов — **комбинированные корма (комбикорма)**.

Питательная ценность кормов (комбикормов) характеризуется содержанием кормовых единиц (к. е.) в 1 кг или 100 кг корма (комбикорма).

За 1 к. е. принята питательность 1 кг овса хорошего качества с объемной массой 450–480 г/л, влажностью 13 %. В таком овсе содержится протеина — 12 %, жира — 4,6 %, клетчатки — 9,2 %, безазотистых экстрактивных веществ БЭВ — 58 %, жира — 3,2 %. Кормовая единица выражает способность такого одного килограмма овса давать жировое отложение у крупного рогатого скота в количестве 150 г.

Питательность в кормовых единицах определяется по таблицам и по расчетам на основании качественных показателей корма. Такое определение является приближенным, потому что конкретный корм может отличаться от среднего, для которого приведены данные в таблицах. Уточнение питательности может быть сделано на основании определения содержания питательных веществ в конкретном корме.

Наиболее широко распространено расчетное определение питательности кормов в кормовых единицах, основанное на химическом составе конкретного корма, коэффициентах перевариваемости, принятых из ранее проведенных опытов, и на коэффициентах пересчета перевариваемых питательных веществ.

Вычисление питательности в к. е. производится следующим образом.

Содержание протеина, жира, клетчатки и БЭВ умножается на коэффициенты перевариваемости этих веществ (выражены с точностью до сотых долей). Получают количество

перевариваемых веществ. Перевариваемые питательные вещества умножают на коэффициент Кельнера. Получают ожидаемое отложение жира, которое умножается на коэффициент полноценности жира. Полученное количество жира делим на 0,15 (0,15 кг жира эквивалентно 1 к. е.). Получаем количество к. е. в 1 кг корма.

Пример. Расчет содержания кормовых единиц (к. е.) в 100 кг шрота хлопкового. При влажности 8,1 % в соответствии с химическим анализом в шроте содержится:

- протеина — 45,8 %;
- жира — 2,9 %;
- клетчатки — 15,9 %;
- БЭВ — 20,6 %;
- золы — 6,7 %;

Коэффициент перевариваемости протеина — 87 %, жира — 82 %, клетчатки — 23 %, БЭВ — 90 %.

Находим количество перевариваемых питательных веществ в 100 кг хлопкового шрота по химическому составу и коэффициентам перевариваемости:

$45,8 \times 87 : 100 = 39,85$ кг перевариваемого протеина;

$2,9 \times 82 : 100 = 2,38$ кг перевариваемого жира;

$15,9 \times 23 : 100 = 3,66$ кг перевариваемой клетчатки;

$20,6 \times 90 : 100 = 18,54$ кг перевариваемых БЭВ.

При перемножении перевариваемых веществ на коэффициенты Кельнера находим ожидаемое отложение жира:

$39,85 \times 0,235 = 9,36$ кг жира;

$2,38 \times 0,474 = 1,13$ кг жира;

$3,66 \times 0,248 = 0,91$ кг жира;

$18,54 \times 0,248 = 4,60$ кг жира;

Всего 16 кг ожидаемого отложения жира.

По Кельнеру коэффициент полноценности жиросложения равен 90 %. Следовательно, фактическое отложение жира при скормливании 100 кг хлопкового шрота должно составить: $16 \times 90 : 100 = 14,4$ кг. Разделив 14,4 кг ожидаемого отложения жира на 0,15 ($14,4 : 0,15 = 96$ к. е.), получим 96 к. е.

Пример определения обменной энергии в 100 г овса:

1. Для определения — содержание химических элементов умножаем на коэффициенты их перевариваемости и на их калорийность, произведения складываем.

протеин — $11,2 \times 0,69 \times 17,6 = 136,0$;

жир — $4,8 \times 0,64 \times 38,1 = 117,0$;

клетчатка — $11,5 \times 0,23 \times 17,6 = 46,6$;

БЭВ — $59,0 \times 0,75 \times 17,6 = 778,8$;

Всего: 1078,4 кДж обменной энергии.

2. Количество перевариваемых белка, жира, клетчатки и БЭВ умножается каждое на коэффициент перевода их в кормовые единицы (белок — 1,57, жир грубых кормов — 3,16, жир концентрированных кормов — 3,51, жир масличных семян и жмыхов — 3,99, клетчатка — 1,65, углеводы — 1,25). Полученные произведения суммируются. Сумма дает вычисленную питательность, в которую должна быть внесена поправка на неполноценность питательных веществ (ячмень — 0,99, овес — 0,95, кукуруза — 1,00, соя — 0,98, отруби —

0,78, жом — 0,78, пивная дробина — 0,84, барда — 0,87, жмых подсолнечный — 0,95, жмых конопляный — 0,89, шрот льняной — 0,96, мука кровавая — 1,00).

Например: содержание перевариваемых питательных веществ в 100 кг шрота хлопчатникового:

протеина — $39,85 \times 1,57 = 62,57$;

жира — $2,38 \times 3,99 = 9,50$;

клетчатки — $3,36 \times 1,65 = 5,58$;

БЭВ — $18,54 \times 1,25 = 23,18$

$100,83 \times 0,95 = 95,8$ к. е.

Корма оцениваются по пригодности их к скармливанию, по поедаемости, содержанию в них питательных веществ, по их действию на аппетит и физиологические процессы у животных, а также на качество продукции.

Для улучшения качества производимых кормов на них введены стандарты. В стандартах указаны те свойства и признаки, которые должны иметь высококачественные корма. Каждый стандарт содержит в себе характеристику условий, которым должен удовлетворять отдельный корм, указания по упаковке, хранению и транспортировке, правила приема и методы испытания его качества. Стандарт имеет важное значение при продаже сельскохозяйственной продукции государству, при обмене и торговле кормами.

Хозяйственная оценка зоотехнического качества каждого отдельного корма строится в зависимости от того, какую роль данный корм играет в кормлении животных. Эта оценка определяется в зависимости от присутствия тех веществ или свойств, основным источником которых данный корм является.

В связи с тем, что состав и питательность кормов изменяются от целого ряда разнообразных условий, необходимо контролировать корма на содержание в них питательных веществ, минеральных элементов и витаминов.

Для определения качества и питательности кормов используются разные способы оценки, основанные на результатах зоотехнического анализа.

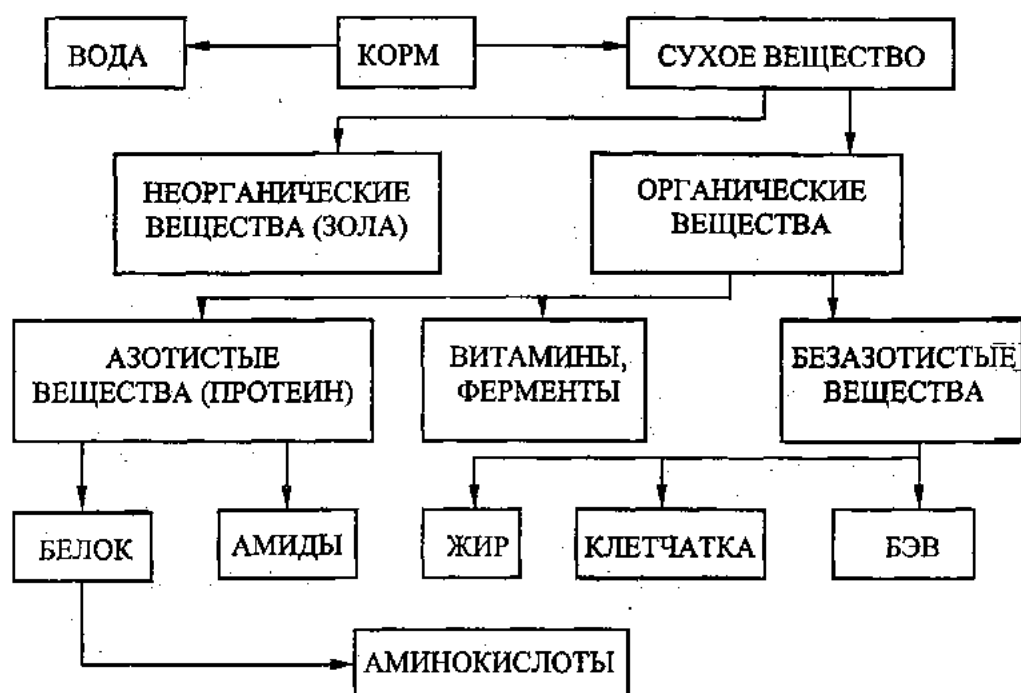
Хозяйственную оценку кормов можно производить во время роста растений и во время заготовки кормов.

Для комплексной оценки питательности кормов необходимо наряду с хозяйственными методами производить исследование химического состава кормов в лаборатории. Зоотехнический анализ следует проводить по средней пробе кормов.

Химический состав корма определяют по схеме (с. 554).

Содержание в комбикормах кормовых единиц, перевариваемых протеина и клетчатки зависит от назначения комбикормов и колеблется в широких пределах. Так, в 100 кг комбикорма число кормовых единиц колеблется от 70 до 105, переваримого протеина в 1 к. е. — от 80 до 170 г и клетчатки — от 4,5 до 14 %.

Система оценки питательности кормов для птицы в кормовых единицах не отражает полностью обменных процессов, происходящих в организме птицы. Оценку питательности кормов для птицы целесообразно вести в расчете на 100 г сухой смеси кормов по содержанию в ней обменной энергии (выраженной в килоджоулях), протеина, клетчатки, жира и микроэлементов. В 100 г комбикорма должно содержаться: обменной энергии — не менее 1250 МДж, протеина — не менее 15 г, клетчатки — не более 4,5 г, песка — не более 0,5 %.



Питательность комбикорма для пушных зверей (серебристо-черных лисиц, голубых песцов, соболей и норок) оценивают по калорийности 100 г комбикорма, содержанию сырого протеина, клетчатки, микродобавок.

Качество комбикормов должно отвечать требованиям стандартов и технических условий в зависимости от вида животных, возраста и хозяйственного назначения.

В технических условиях (стандартах) предусмотрена оценка качества комбикорма по следующим показателям: внешнему виду, цвету и запаху, крупности размола, количеству кормовых единиц в 100 кг комбикорма, содержанию перевариваемого протеина и клетчатки, влажности, содержанию песка, металломагнитных примесей, вредных примесей, зараженности вредителями и наличию целых семян культурных и дикорастущих растений.

Качество комбикорма зависит не только от качества перерабатываемого сырья, но и от правильности технологического процесса. Неправильное ведение технологического процесса может влиять на содержание в комбикорме влаги, посторонних примесей, на крупность размола и таким образом нарушить рецепт.

Запах и вкус, не свойственные данному корму, влияют на поедаемость его животными. Животные не едят корм с посторонними запахами (гнилостным, затхлым), а также горького и вяжущего вкуса, несмотря на его высокую питательную ценность. Испорченные корма при скармливании могут вызвать не только заболевание, но и гибель животных. Особенно опасны в этом отношении продукты распада белковых веществ, образуемых при гниении белков в сырье животного происхождения. Кормовые продукты с большим содержанием ядовитых растений — спорыньи, куколя; головни, горчанка, опьяняющего плевела, а также с заметными следами ядовитых веществ после протравливания семенного зерна, опасны для здоровья животных, особенно для молодняка.

Готовый комбикорм должен быть однородным по внешнему виду, без признаков плесени. Цвет зависит от состава входящих в комбикорм компонентов (обычно серый цвет с оттенками: серо-желтый, бело-серый и т. д.) Запах комбикорма должен соответствовать запаху набора компонентов. Влажность должна быть не более 14,5 %, кислотность по вытяжке не более 5 %.

Из посторонних примесей особенно следует обратить внимание на наличие в комбикорме песка, металломагнитных примесей и семян ядовитых растений. В зависимости от вида комбикорма содержание в нем песка допускается от 0,3 до 0,7 %. Допустимое содержание металломагнитных примесей на 1 кг комбикорма: для поросят-отъемышей — не более 10 мг, для молодняка свиней — не более 25 мг и для остальных сельскохозяйственных животных — не более 50 мг. Наличие крупных металлических частиц с острыми режущими кромками не допускается.

Крупность размола компонентов устанавливают в зависимости от вида и возраста животных. Стандарт предусматривает три степени размола компонентов. Мелкий размол — остаток на сите с отверстиями Ø 2 мм не более 5 %, а на сите с отверстиями Ø 5 мм остаток не допускается. Средний размол — остаток на сите с отверстиями Ø 3 мм — не более 12%, а на сите с отверстиями Ø 5 мм остаток не допускается. Крупный размол-остаток на сите с отверстиями Ø 3 мм — не более 35%, а на сите с отверстиями Ø 5 мм — не более 5 %.

Таблица 5.1

Расход к. е. на производство 1 кг продукции
(всего и в т. ч. за счет концентрированных кормов
и за счет комбикормов в числе концентрированных кормов)

Продукция, 1 кг	К. е.	За счет концентри- рованных кормов	В т. ч. за счет комбикормов, %	Перевариваемого протеина на 1 к. е., грамм
Свинина	8,5	67	80	110
Говядина	9,9	19	25	105
Баранина	9,2	11	20	100
Птица	6,7	86	100	170
Молоко	1,25	17	40	109
Яйца	0,36	86	100	150
Шерсть	98	11	20	100
Рыба	2,6	96	96	170
Прочее мясо	6,5	23	15	90

§2. Приемка и размещение сырья

Только правильная организация приема, размещения и хранения сырья может обеспечить нормальную работу комбикормового завода.

На комбикормовый завод поступает много разнообразного сырья (сыпучего, в кусках, прессованного, жидкого, затаренного), поэтому заводы должны иметь различные складские помещения и приемные устройства.

Из приемных устройств сырье нориями и транспортерами распределяется по складам или силосам для силосного хранения. Несыпучие виды сырья (початки кукурузы, жмыхи) поступают в специальный цех или склад, где их измельчают и затем направляют в закрома производственного цеха или склад силосного типа.

Для создания ритмичной работы предприятия рекомендуется иметь запас сырья на 28 суток работы завода. Прием сырья на комбикормовых предприятиях производится по массе, определенной по показателям автомобильных или вагонных весов, или по количеству мест при соблюдении правил приемки, предусмотренных договорами, особыми условиями или ГОСТами.

Прием биологически активных веществ для производства премиксов производится также по количеству мест при стандартной массе и массе, указанной на трафарете. Приемные устройства должны обеспечить защиту мест разгрузки от атмосферных осадков, исключить потери продукта и распространение пыли в атмосферу. Подача и уборка вагонов, маневровые работы осуществляются в соответствии с договорами предприятия с железной дорогой.

Представитель предприятия совместно с представителем железной дороги обязан до разгрузки убедиться в технической исправности транспорта и целостности пломб.

В целях оперативного решения вопроса поступления сырья на предприятия разрабатывают план приема и размещения сырья.

План составляет и ежемесячно корректирует начальник производственного комплекса, его заместитель по сырью или технолог цеха с участием ПТЛ и утверждает директор или его заместитель.

План приема и размещения сырья составляют с учетом планируемого объема поступления, фактического наличия складской емкости, требований взрывопожарной безопасности, рационального использования емкостей хранения и оборудования для разгрузки, максимальной механизации работ и других факторов.

Размещение сырья в складах и элеваторах должно обеспечивать его сохранность, минимальное перемещение в процессе хранения и возможность подачи в производство любого вида сырья, требуемого для выработки продукции по заданному рецепту.

Сырье имеет различную способность к хранению, которая определяется, в первую очередь, его физико-механическими свойствами.

Зерновое и гранулированное сырье, обладающее хорошей сыпучестью, рекомендуется хранить преимущественно в силосах.

Работу комбикормовых цехов, входящих в состав мукомольных, крупяных заводов и хлебоприемных предприятий необходимо организовывать так, чтобы все кормовые отходы и отруби, получаемые на мукомольном заводе, поступали бы без задержки непосредственно в комбикормовые цехи.

За хранящимся сырьем должно быть установлено систематическое наблюдение. Пригодное для использования, но нестойкое для хранения сырье немедленно передают в производство. Если обнаруживают признаки ухудшения качества сырья при хранении или самосогревании, проводят мероприятия, обеспечивающие сохранность и последующее использование этого сырья на выработку комбикормов.

На комбикормовых заводах размещение и хранение сырья рекомендуется проводить с соблюдением следующих условий: при размещении различного сырья насыпью в складах

напольного хранения предусматривают перегородки, изолирующие один вид сырья от другого; зерновое и гранулированное сырье размещают преимущественно в силосах; отруби, мучки, сухой жом, сухую барду, кукурузный корм и другие виды сырья, обладающие плохой сыпучестью и повышенной гигроскопичностью, размещают в силосах, оборудованных специальными приспособлениями для выпуска трудносыпучих продуктов, а также в сухих закрытых складах; корма животного происхождения, сухие кормовые дрожжи, травяную витаминную муку, хвойную муку и другое сырье, поступающее в таре, хранят в ней до подачи в производство; жмыхи хранят в отдельных складах без подполюев; для хранения шротов можно использовать силосы; мел, соль и другое минеральное сырье хранят отдельно в крытых помещениях, изолированно от других видов сырья; кукурузу в початках размещают и хранят в складах или под навесами, исключая попадание в нее атмосферных осадков. Хранить кукурузу в початках непосредственно на земле не разрешается; сено и солому, завозимые в прессованном виде в тюках, размещают под специально оборудованными навесами или на площадках в стогах; мелассу, гидролиз, кукурузный экстракт и другое жидкое сырье следует размещать и хранить в калиброванных резервуарах, специально оборудованных для приема и отпуска; соли макроэлементов, витамины, антибиотики, аминокислоты хранят в закупоренном виде в сухом и прохладном помещении. Упаковку микродобавок вскрывают только перед использованием. Карбамид в гранулированном виде поступает упакованным в полиэтиленовые или бумажные мешки массой не более 50 кг. На каждом мешке должны быть указаны марка и сорт карбамида, номер ГОСТа и дата изготовления. Карбамид, предназначенный для кормления животных, обозначается красной полосой на таре. Бентонит, поступающий в таре, хранят в ней до подачи в производство.

При хранении сырья необходимо соблюдать следующие условия: нельзя допускать смешивания разных видов сырья; сырье хранить в чистых и проветриваемых помещениях; складские помещения перед приемом сырья тщательно очищаются от вредителей, пыли, грязи, паутины; окна закрывают сетками, так как птицы, залетающие в складские помещения, засоряют сырье и заносят на оперении вредителей; крыши, полы, двери и окна не должны иметь трещин, через которые могут попасть атмосферные осадки; водосточные желоба и водоотводные стоки необходимо содержать в исправном состоянии; стены складских помещений должны быть гладкими, без щелей и выступов, которые могут служить убежищами для вредителей; в каменных складах стены штукатурят и белят известковым раствором; при хранении сырья в силосах необходимо следить за чистотой их дна и стенок перед загрузкой, а также за чистотой всех транспортных механизмов.

Неблагоприятные условия хранения сырья способствуют его слеживанию, самосогреванию, плесневению, в результате чего сырье становится непригодным для производства комбикормов. Сырье портится в результате активной жизнедеятельности микроорганизмов и развития ферментативных процессов. На скорость ферментативных реакций и активность микроорганизмов влияют: температура и влажность сырья, его физико-химические свойства, продолжительность и условия хранения.

Влажность и температура продукта — основные факторы, действующие на качество сырья при его хранении, с их повышением активность ферментов и микроорганизмов резко возрастает.

Химический состав сырья обуславливает питательную среду для микроорганизмов и активность действия ферментов; при этом продукты животного происхождения, содержащие значительное количество белковых веществ (мука кровяная, рыбная, мясо-костная), менее устойчивы при хранении, чем зерновые продукты.

При напольном хранении продуктов насыпью с увеличением относительной влажности воздуха увеличивается и влажность продукта. Например, продукты, обладающие высокой гигроскопичностью (солодовые ростки, сухие дрожжи), при хранении в сыром помещении быстро поглощают влагу и портятся (плесневеют, киснут). Все операции, связанные с приемом и хранением сырья, должны обеспечивать быструю загрузку и подачу его в складские помещения и на производство, что достигается соответствующей их механизацией. Устройство и механизация приемных сооружений зависят от типа складского помещения (силосный склад, элеватор и др.), вида внешнего транспорта (водный, железнодорожный, автомобильный) и расположения складских помещений по отношению к подъездным путям.

Основными типами складских помещений комбикормовых предприятий являются склады силосного и напольного хранения, а также склады специального назначения.

Сырье поступает на завод, главным образом, по железной дороге насыпью в вагонах и небольшое количество — в мешках.

При выгрузке трудносыпучих видов сырья его следует размещать в напольных складах при ЦПС или отдельно стоящих складах, или металлических бункерах небольшой емкости (силосах).

При организации хранения трудносыпучего сырья в силосах необходимо учитывать следующие факторы:

- ♦ продолжительность хранения;
- ♦ техническую характеристику силосов;
- ♦ размеры силосов (диаметр, ширина, высота);
- ♦ размеры выпускного отверстия;
- ♦ конструкцию выпускного механизма;
- ♦ угол наклона стенок выпускной воронки;
- ♦ состояние поверхности стенок силосов;
- ♦ физико-механические свойства продуктов (объемная масса, угол естественного откоса, коэффициенты внешнего и внутреннего трения, когезионные свойства);
- ♦ влажность;
- ♦ содержание жира.

В настоящее время рекомендованы следующие допустимые сроки непрерывного хранения сырья в бункерах и силосах:

- ♦ отруби, мучки — 12–15 суток;
- ♦ жмыхи, шроты — 5–8 суток;
- ♦ мука мясокостная, мясная — 5–7 суток;
- ♦ рыбная, дрожжи кормовые — 8–10 суток;
- ♦ мука известняковая — 15–18 суток;
- ♦ фосфаты кормовые — 17–20 суток.

Воронки и стенки силосов и бункеров должны иметь гладкую поверхность, угол наклона плоскостей днищ силосов должен быть не менее:

- для зернового сырья — 45 градусов;
- для мучнистого сырья и кормовых продуктов пищевых производств — 60–70 градусов.

Внутренние поверхности воронок, конусов силосов и бункеров целесообразно покрывать специальными составами (эпоксидной смолой и т. п.)

Силосы для трудносыпучего сырья оборудуют специальными побудительными и выпускными устройствами (например, виброразгрузчиком РЗ-БВА или др.)

Силосы для хранения жмыхов, шротов, гранулированной травяной муки, отрубей и другого мучнистого сырья должны быть оборудованы установками для контроля температуры продукта при хранении.

Жмыхи и шроты хранят в соответствии с положением «Инструкции по приему, размещению и хранению шротов и жмыхов на комбикормовых предприятиях».

Корма травяные, муку хвойную витаминную из древесной зелени, кормовую из виноградных выжимок в рассыпном виде размещать на хранение в бункерах и силосах существующих конструкций не рекомендуется. Эти виды сырья, поступающие в таре, хранят в ней в напольных складах до подачи в производство.

По истечении допустимых сроков хранения необходимо осуществлять перекачку сырья в другие силосы, для чего должны быть оборудованы специальные линии перекачки.

При хранении трудносыпучего сырья насыпью склад следует разделить на отдельные, изолированные друг от друга секции (отсеки).

Не допускается смешивание разных видов сырья при хранении, попадание в него влаги, стекла и других примесей.

Минеральное сырье (мел, соль) хранить в силосах не допускается. Мел и соль целесообразно перегружать в контейнеры и хранить в них. Мел гранулированный допускается хранить в силосах.

Известняковую муку рекомендуется хранить в бункерах. Подачу муки в производство предпочтительно осуществлять аэрозоль-транспортом.

Сырье, поступающее в мешках, размещают в напольном складе в этой же таре в штабелях. Возможно их растаривать, загружать и хранить в контейнерах. Возможно премиксы растаривать при приеме или по мере производственной необходимости и хранить в бункерах. С целью предотвращения самосортирования премиксов высота бункера не должна превышать 5 м.

Для механизации работ с сырьем, поступающим в контейнерах, на территории завода оборудуют контейнерную площадку, которую размещают в торце прирельсового склада тарных грузов перпендикулярно железнодорожным путям.

Мелассу, жир кормовой, бишофит, поступающие в цистернах, следует хранить в накопительных емкостях (резервуарах).

Жир кормовой, фосфатиды и другие виды жидкого сырья, поступающие в бочках, флягах, обогреваемых контейнерах или другой таре, возможно хранить в ней до подачи в производство.

За состоянием хранящегося сырья устанавливают систематический контроль. В складе силосного типа оформляют силосную доску; на сырье, хранящееся в таре, выписывают штабельные ярлыки.

Очередность использования и порядок хранения сырья должны осуществляться по плану-графику, составленному начальником производства и начальником ПТЛ и утвержденному директором или его заместителем.

§3. Особенности хранения отдельных видов сырья

Особенности хранения жмыхов и шротов. В комбикормовой промышленности жмыхи и шроты служат одним из основных видов сырья. Правильная организация хранения дает возможность не потерять их кормовые достоинства.

Получают жмыхи и шроты с повышенной температурой и пониженной влажностью. Повышенная температура и низкая влажность способствуют интенсивному поглощению влаги из окружающей среды, что приводит к еще большему повышению температуры продуктов, развитию процессов самосогревания и самовозгорания.

В жмыхах содержится от 5 до 9 % масел. Масло обладает большой способностью к окислению. Этот процесс протекает с выделением тепла, при этом происходит разложение жиров до ненасыщенных жирных кислот, что ведет к самосогреванию, а при интенсивном доступе кислорода может произойти и самовоспламенение.

При неудовлетворительном хранении жмыхи и шроты приобретают прогорклый вкус и затхлый запах. Плесень обычно появляется на наиболее увлажненных участках жмыхов и шрота.

На комбикормовые заводы должны отгружаться жмыхи, имеющие температуру не более 35 °С, влажность в пределах 6–10 %, температура шрота — не более 40 °С.

Повышенная влажность жмыхов и шротов (более 10 %) может привести к развитию микроорганизмов, выделяющих тепло, которое способствует развитию процессов самосогревания.

Низкая влажность (менее 6 %) приводит при транспортировке и переработке к образованию статического электричества, запыленности помещений, достигающей взрывоопасных кондиций, и к повышенным потерям продукта.

Для приведения жмыхов и шротов в стойкое при хранении и транспортировке состояние на маслозаводах их кондиционируют до оптимальной влажности и температуры.

Кондиционирование шрота снижает содержание в нем остатков экстракционного бензина, что уменьшает его взрывоопасные свойства. Наличие бензина в шроте после кондиционирования не должно превышать 0,1 %.

При хранении и отпуске в переработку не допускается смешивание жмыхов и шротов, а также различных видов этого сырья между собой. Не допускается в одном таком складе хранить жмыхи и шроты с другими видами сырья, а также с отходами, мешками и брезентом. Жмыхи и шроты можно хранить в складах напольного типа насыпью не более 5 м, а также в силосах высотой не более 18 м. Для обеспечения сыпучести шротов и жмыхов, хранящихся в силосах, рекомендуется перекачивать их в свободный силос через каждые 5–8 дней. Плиточные жмыхи хранят в складах напольного типа, в штабелях высотой не более 3 м, при этом должен быть обеспечен доступ к ним со всех сторон для осмотра.

Хранятся жмыхи и шроты затаренными в мешки, в штабелях высотой не более 3 м. Если на предприятие поступили жмыхи или шроты с отступлением от стандартов или технических условий, их разгружают на специально отведенную крытую площадку, после чего составляют акт-рекламацию.

При обнаружении запаха бензина в шроте его необходимо до загрузки в силосы пропустить для проветривания через цепочку транспортных механизмов и только после устранения запаха бензина загрузить в силосы.

Если температура хранящихся жмыхов и шротов повысилась, их необходимо охладить одно-двухкратной перекачкой. Эти работы можно производить только в том случае, если нет очагов самовозгорания.

При обнаружении очагов самовозгорания необходимо немедленно принять меры к их ликвидации, приостановить работу завода (цеха), эвакуировать обслуживающий персонал, срочно вызвать пожарную команду для принятия мер и поставить в известность вышестоящую организацию и правоохранительные органы (прокуратура).

Необходимо установить строгий контроль за очередностью переработки жмыхов и шротов в зависимости от сроков их поступления на завод.

Для обеспечения сохранности качества жмыхов и шротов в процессе их хранения складские помещения проветривают, открывая двери в сухую погоду, когда температура наружного воздуха ниже температуры жмыхов и шротов, а относительная влажность наружного воздуха значительно ниже относительной влажности внутрискладских помещений.

Во время проветривания хранилища в проемы необходимо вставлять рамы с металлическими сетками. Если в партии рассыпных жмыхов и шротов обнаружено гнездовое самосогревание, то гнездо подлежит немедленному изъятию и охлаждению. Штабели со жмыхами и шротами, имеющими повышенную температуру, немедленно разбирают, отбирают мешки с греющимися жмыхами и шротами и охлаждают проветриванием, при необходимости перетаривают.

Охлаждение жмыхов и шротов активным способом (механизированным и пр.) должно проводиться с соблюдением условий, обеспечивающих минимальный распыл.

Обрушивание слежавшихся насыпей жмыхов и шротов в складах напольного типа и в силосах необходимо проводить с соблюдением правил техники безопасности и охраны труда.

Загазованность и запыленность помещений взрывоопасными концентрациями при наличии искры, открытого огня, разряда статического электричества, частичек самовозгорающегося шрота и т. п. в присутствии достаточного количества кислорода воздуха могут привести к взрывам.

Шротовые пыли в состоянии взвеси относятся к взрывоопасным пылям. Осевшая из воздуха и отложившаяся на конструктивных элементах помещения и оборудования пыль (аэрогель) является особо опасной. При возникновении даже небольшой вспышки местного значения (хлопка) она переходит во взвешенное состояние, образуя более высокие концентрации с образованием вторичного, более мощного пылевого взрыва.

Нижний предел взрываемости пыли подсолнечникового шрота составляет $7,6 \text{ г/м}^3$, хлопкового — $10,1 \text{ г/м}^3$, кориандрового — $17,6 \text{ г/м}^3$, льняного — 25 г/м^3 .

Все пылящее транспортно-технологическое оборудование складов жмыхов и шротов максимально герметизируют и снабжают эффективной аспирацией. В хранилищах шротов и жмыхов устраивают естественную вентиляцию, а в подвальных, полуподвальных помещениях, в туннелях (галереях) — приточно-вытяжную принудительную вентиляцию. В хранилищах жмыхов и шротов необходимо осуществлять мероприятия по защите от возможных разрядов статического электричества, для чего проводится заземление всего транспортного и технологического оборудования.

Особенности хранения травяной кормовой муки. На размер потерь каротина при хранении травяной муки отрицательно влияют свет, температура и влажность воздуха. При неправильном хранении наблюдаются большие потери каротина.

Складские помещения для хранения муки должны быть темными, неотапливаемыми, с хорошей вентиляцией. Хранить муку в бунтах не разрешается.

Муку, упакованную в полиэтиленовые, бумажные или тканевые мешки надо укладывать на деревянные стеллажи в штабеля высотой 8–10 рядов. Влажность муки перед закладкой на хранение должна составлять 8–12 %, в гранулах — 8–13 %.

При хранении муки в гранулах потери каротина меньше, чем при хранении ее в рассыпном виде в мешках. Кроме того, гранулы занимают значительно меньше места, чем мука, затаренная в мешки.

Максимальное количество каротина в гранулированной травяной муке сохраняется при хранении ее в металлических герметизированных силосах, в среде нейтральных газов.

Нейтральная газовая смесь состоит из 86 % азота, 13% углекислого газа и не более 1 % кислорода. Получают ее при сжигании природного газа в газогенераторах. При хранении гранул травяной муки в газовой среде окисление каротина и его убыль прекращается или снижается до ничтожных размеров и травяная мука сохраняет свои природные достоинства.

Способ хранения гранулированной травяной муки в нейтральной газовой среде в герметизированных силосах признан прогрессивным и экономичным.

При применении способа хранения травяной муки в нейтральных газах необходимо соблюдать ряд специфических требований. Муку, предназначенную для хранения свыше 10–15 суток, загружают в силосы при наличии в ней не более 1,5 % пылевидных частиц и мелкой крошки диаметром 2 мм. Нарушение этого требования может привести к повышению аэродинамического сопротивления насыпи и неравномерному распределению газовой смеси, что влияет на качество муки.

Перед закладкой на хранение в травяной муке определяют содержание каротина, протеина и клетчатки и в зависимости от результатов анализов создают партии муки 1, 2, 3, 4 и 5 классов, используя для этого накопительные силосы.

1 и 2 классы закладывают на длительное, 3 — на краткосрочное хранение, 4 и 5 используют при текущей выработке комбикормов. Загружают силосы так, чтобы в них не оставалось свободных от продуктов участков. Газовая смесь подается в силос после загрузки. Общий период заполнения силосов продолжается около четырех-пяти суток.

Очередность отпуска в переработку травяной кормовой муки устанавливает начальник ПТЛ и утверждает директор предприятия с учетом содержания каротина, влажности, температуры и наличия антиокислителя.

Особенности хранения фосфатидного концентрата. Фосфатидный концентрат поступает на комбикормовые предприятия в смеси со шротом в различном соотношении, но он должен содержать фосфатидов не менее 8 %, жира и влаги — не более 14%.

Хранить фосфатидный концентрат надо в сухом и чистом месте, защищенном от воздействия прямых солнечных лучей и других источников тепла. Срок хранения фосфатидного концентрата зависит от содержания в нем жира. Чем больше жира, тем меньше срок хранения и наоборот. Средний срок хранения — один месяц, при более длительном хранении возможно быстрое окисление масла и самовозгорание продукта.

Особенности хранения рыбной муки. При хранении муки необходимо учитывать, что возможно ее самосогревание — обычное или внезапное.

Обычное самосогревание — это резкое повышение температуры вскоре после просушивания муки (в течение 6–12 ч.) Количество выделяющегося тепла зависит от вида сырья,

содержания в нем жира, метода производства и других причин. Чтобы не допустить самосогревания, муку охлаждают или выдерживают на воздухе до тех пор, пока процесс не прекращается.

Внезапное самосогревание наиболее опасно, оно наблюдается в муке, длительное время хранившейся в мешках при нормальной температуре. Высокая температура действует на муку разрушающе: мука желтеет, постепенно уплотняется и может спечься в темно-коричневую твердую массу, которая иногда полностью обугливается. Биологическая ценность такой муки сильно снижается, а процентное содержание неусвояемого азота возрастает.

Содержание жира в рыбной муке достигает 15–18 %. Длительное хранение такой муки не рекомендуется, оно ведет к окислению жира и снижению кормовых свойств муки.

Процесс окисления жира наиболее активно протекает в свежеприготовленной муке и при повышенной температуре. Рыбная мука может адсорбировать влагу из воздуха, при этом высвобождается тепло конденсации, которое может вызвать самосогревание.

Особенности хранения мясокостной муки. Качество муки зависит от свежести перерабатываемого сырья, способа вытапливания жира, длительности технологического процесса и степени порчи жира во время хранения.

Жир, содержащийся в муке, соприкасается с воздухом и окисляется, вследствие чего мука приобретает специфический прогорклый запах. Хранить кормовую муку необходимо в чистом, сухом, закрытом и прохладном помещении.

При укладе муки в штабеля в бумажных мешках высота штабеля не должна превышать 12–14 мешков.

Срок хранения мясокостной муки при температуре +18 °C — не более 3 месяцев.

Особенности хранения минерального сырья. Для хранения соли, мела выделяют небольшое помещение, расположенное вблизи от производственного корпуса, чтобы избежать распыла и увлажнения при передаче в производство.

Особое внимание уделяют хранению поваренной соли, так как она гигроскопична, слеживается и теряет сыпучесть, что затрудняет ее транспортирование и последующие процессы дозирования и смешивания.

Мел предохраняют от попадания влаги и загрязнения посторонними примесями.

Особенности хранения мелассы. Меласса поступает на предприятие зимой в железнодорожных цистернах вместимостью 60 т. При низкой температуре она густеет и теряет свойства текучести. Поэтому при приеме ее приходится подогревать паровыми змеевиками в местах слива. Мелассу хранят в металлических и железобетонных баках в наземном или подземном исполнении.

Внутренние поверхности мелассохранилищ покрывают щелочно-упорным лаком.

При наружном способе хранения мелассы требуется больше тепла для ее подогрева, чем при внутреннем, поэтому она применяется только в южных районах.

Особенности хранения сена. Сено поступает на завод спрессованным в тюки массой 30–35 кг. Запас сена должен обеспечить непрерывную работу завода в течение 6 месяцев. Прессованное сено хранят в штабелях размерами 12 × 8 × 8 м (масса штабелей — около 250 т), а непрессованное — в ометах.

При складировании отдельных партий прессованного сена на каждом штабеле должен быть указатель, характеризующий качество сена (сорт, влажность и т. д.).

При сенодобильном цехе необходимо иметь помещение для хранения сена в количестве не менее суточной производительности.

Особенности хранения жира. Жир на комбикормовые предприятия поступает в деревянных бочках вместимостью 100–200 л и автомобильных цистернах. Жиры легко подвергаются окислительному разрушению, особенно при хранении их на свету в открытой таре.

Процесс окислительной порчи ускоряется с повышением температуры и продолжительностью их нагрева. Для предохранения жиров от разрушения используют стабилизаторы: сантохин, дилудин, бутилоксианизол, которые вводятся в количестве 150–200 г на 1 т.

Хранить жир необходимо в закрытых, сухих, без постороннего запаха помещениях при возможно низкой температуре. В помещениях для хранения жира в таре необходимо предусмотреть соответствующую механизацию для перемещения бочек.

§4. Технологические свойства сырья

Основными показателями, характеризующими технологические свойства сырья, являются: крупность частиц, структурно-механические особенности, объемная масса, засоренность посторонними примесями, скважистость, состояние поверхности, углы трения и естественного откоса, аэродинамические свойства, самосортирование. При производстве комбикормов перечисленные свойства сырья имеют определенное значение.

Крупность частиц. Каждая сыпучая смесь состоит из различных по крупности и форме частиц основного продукта и посторонних примесей.

В комбикормовом производстве сортируют и очищают сыпучее сырье от примесей по размерам частиц. Процесс этот осуществляется на машинах, основными рабочими органами которых являются сита. Технолог должен правильно подобрать размеры отверстий сит для максимального отделения примесей без потери основного продукта. Чем равномернее по крупности сырье, тем больше возможности обеспечить одинаковое воздействие на каждую частицу сырья, что способствует поддержанию технологических параметров процесса на неизменном уровне.

Структурно-механические свойства зернового сырья: консистенция эндосперма, форма зерен, пленчатость, влажность и наличие микротрещин оказывают большое влияние на производительность машины и удельный расход энергии при измельчении.

Консистенция эндосперма обуславливает степень прочности, т. е. сопротивляемость зерна разрушению. Этот показатель определяют расходом энергии на единицу вновь образованной поверхности $\Pi = E : \Delta F$ кДж/м². Прочность оценивают также величиной разрушающего усилия или напряжения (пределы прочности). Прочность мелкого зерна на 30–60 % выше, чем крупного. Зерна округлой формы прочнее зерен ребристой формы одной и той же зерновой культуры. Пленки увеличивают удельный расход энергии на измельчение зерна, так как обладая большой вязкостью, труднее поддаются измельчению, чем эндосперм.

Наиболее важным фактором, понижающим прочность зерна, является его влажность. При увлажнении зерна твердость уменьшается. Однако при чрезмерном увлажнении зерна оно из упруго-хрупкого переходит в пластично-вязкое, т. е. теряет способность дробиться на мелкие частицы.

Микротрещины оболочек понижают прочность зерна и удельный расход энергии на его измельчение. Сравнительное соотношение удельного расхода энергии на измельчение некоторых зерновых культур характеризуется следующими показателями (%): пшеница — 100; рожь — 135; ячмень — 175; овес — 325.

Объемная масса характеризует плотность укладки сыпучего сырья и является физическим показателем, необходимым для определения емкости при его размещении. Объемная масса зависит от формы, величины, плотности и характера поверхности частиц, образующих данную смесь.

При объемном способе дозирования компонентов важно знать их объемную массу для регулирования работы дозаторов. С увеличением влажности объемная масса компонентов снижается.

Скважистость. В сыпучей смеси промежутки между частицами основного продукта заполняет воздух.

Суммарный объем воздушных промежутков, выраженный в процентах от общего объема, занимаемого сыпучей массой, называется скважистостью. Скважистость можно определить по формуле:

$$V_c = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

где V_1 — общий объем, занимаемый смесью, м³;

V_2 — объем, занимаемый частицами (без промежутков), м³.

Величина скважистости зависит от крупности, формы и поверхности частиц, составляющих сыпучую смесь.

Наибольшая скважистость пленчатых культур объясняется малой объемной массой, так как они содержат пленки, и промежутки между этими пленками и ядром заполнены воздухом. Скважистость оказывает большое влияние на теплопроводные и сорбционные свойства сыпучей смеси, что особенно важно при хранении сырья.

Аэродинамические свойства широко используют при очистке сырья от легких сорных примесей, которые не могут быть отделены на ситах. Такие примеси отделяются в результате воздействия на продукт воздушного потока.

Очистка зерна от примесей воздушным потоком основана на использовании парусности частиц. Парусность — свойство частиц сопротивляться воздушному потоку.

Скорость воздуха, при котором частица находится во взвешенном состоянии, называется скоростью витания. Скорость витания основных видов зернового сырья (пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы) колеблется в среднем от 8 до 13,5 м/с, а коэффициент парусности — от 0,043 до 0,118. Коэффициент парусности определяют по формуле (см²/г):

$$K_n = \frac{F}{G}, \quad (5.2)$$

где F — площадь наибольшего сечения частицы, см²;

G — масса частицы, г.

При скорости воздушного потока, превышающей скорость витания для данного вида сырья, основной продукт будет уноситься вместе с примесями.

Угол трения и угол естественного откоса имеют большое практическое значение, так как от угла трения зависит наклон самотечных труб при транспортировании сыпучих смесей, а от угла естественного откоса — коэффициент заполнения емкостей.

С увеличением угла трения, как при покое, так и при движении угол наклона самотечных труб увеличивается.

Коэффициент внутреннего трения сыпучих материалов. Коэффициент внутреннего трения существенно влияет на процесс смешивания разнородных материалов, следовательно, и на однородность смеси. Для большинства компонентов он равен 0,30–0,50. Заметное влияние на коэффициент внутреннего трения оказывает влажность. С увеличением влажности коэффициент внутреннего трения увеличивается.

Самосортирование сыпучих смесей происходит в результате нарушения равномерного распределения частиц сыпучей смеси, различающихся между собой по величине, форме и плотности.

Явление это наблюдается при встряхивании неоднородных смесей во время транспортирования насыпью в вагонах, автомобилях и состоит в том, что крупные и легкие частицы всплывают наверх, а мелкие проходят в промежутках между крупными, группируясь в нижних слоях смеси.

Неравномерное распределение в комбикорме компонентов нарушает процесс смешивания, проводимый на заводе, а комбикорм не дает необходимых результатов при скормлении животным.

Технологические свойства минерального сырья. На изменение сыпучих свойств мела и соли большое влияние оказывает содержание в них влаги. Соль и молотый мел в процессе хранения при повышении влажности слеживаются в сплошную массу, что приводит к дополнительным затратам на разрыхление и дробление перед подачей их в производство. С повышением содержания влаги соль и мел теряют свойства сыпучести, в результате чего забиваются сита, снижается производительность машин, увеличивается удельный расход энергии и нарушается точность дозирования.

Мел и особенно соль обладают высокими сорбционными свойствами, поэтому хранить их следует в закрытых и сухих помещениях. Для улучшения технологических свойств соль, если ее влажность превышает 0,5%, подвергают сушке. Мел подлежит сушке, если его влажность превышает 10 %.

Технологические свойства мелассы. Основным физическим свойством мелассы, влияющим на равномерность распределения ее в комбикормах, является вязкость.

С повышением температуры понижается вязкость.

Для определения вязкости пользуются понятием удельная вязкость $M_{уд}$. Это отношение вязкости данной жидкости $M_{ж}$ к вязкости воды $M_{в}$ при той же температуре:

$$M_{уд} = \frac{M_{ж}}{M_{в}} \quad (5.3)$$

Меласса имеет наименьшую вязкость при температуре нагрева 50 °С. При температуре выше 55 °С начинается процесс карамелизации и меласса переходит в твердую фазу. При снижении температуры вязкость мелассы постепенно повышается и при температуре 16 °С она утрачивает свойства текучести.

ГЛАВА 2

РЕЦЕПТУРА КОМБИКОРМОВ

§ 1. Применение рецептов

Комбикормовые предприятия вырабатывают продукцию по научно обоснованным рецептам, разработанным научными учреждениями, или по рецептам, рассчитанным самостоятельно в соответствии с нормами питательности и химического состава, а также по согласованным с заказчиком рецептам.

Расчет рецептов комбикормов и белково-витаминных добавок проводят, руководствуясь «Методическими указаниями по расчету рецептов комбикормовой продукции с применением электронно-вычислительных машин», утвержденными Минхлебопродуктом РСФСР 24.12.1990 г.

Место расчета, тип вычислительной техники не регламентируются. Комбикормовое предприятие представляет исходные данные для расчета и несет ответственность за правильность расчета.

Рецепты комбикормов и БВД рассчитывают на основании:

- ♦ количества и качества имеющегося в наличии сырья;
- ♦ требований по питательности и химическому составу вырабатываемой продукции для разных половозрастных групп животных и птиц;
- ♦ нормы ввода компонентов в комбикорма и БВД;
- ♦ питательности и химического состава сырья.

Качество продукции должно соответствовать показателям, установленным для каждого вида продукции действующей нормативной документацией.

Нормы максимального и минимального ввода компонентов в комбикорма разрабатываются научно-исследовательскими организациями системы сельского хозяйства.

Питательность и химический состав сырья принимают по фактическим данным химического анализа производственно-технологических лабораторий или по табличным данным, приведенным в «Методических указаниях по расчету рецептов комбикормовой продукции с применением ЭВМ».

Выработка продукции с отклонениями по питательности и химическому составу от требований государственных стандартов допускается только по согласованию ее рецепта с заказчиком (потребителем).

Каждый рецепт комбикорма имеет шифр, соответствующий виду, возрастной группе и продуктивной направленности животных, птицы, рыб. Нумерация рецептов комбикормов, рассчитанных на ЭВМ, ведется на предприятиях. Полное обозначение рецепта долж-

но содержать шифр продукции, оптовую цену одной тонны продукции в рублях и номер рецепта.

Рецепты белково-витаминных добавок имеют шифр, соответствующий комбикорму для данного вида животных, птицы, рыб, с добавлением в конце букв БВД.

Рассчитанный рецепт используется на предприятии в соответствии с «Методическими указаниями о порядке ведения цеховой документации на комбикормовых предприятиях».

Ответственность за правильность исполнения рецепта возлагается на лиц, ведущих производственный процесс.

Рецепты являются письменными предписаниями для приготовления комбикормов. На заводах комбикормовой промышленности выбор рецептов для назначения в производство в соответствии с планом выработки и наличием сырья возложен на начальников производственно-технических лабораторий ПТЛ или заведующих лабораториями.

В каждом отдельном случае при выборе для назначения в производство того или иного рецепта подсчитывают общую питательную ценность комбикорма по содержанию кормовых единиц (или обменной энергии), протеина, энерго-протеиновое отношение (ЭПО), жира и клетчатки. Минеральный состав подсчитывают по количеству натрия, калия, кальция, фосфора; аминокислотный состав — по количеству лизина, метионина, цистина, триптофана.

Рецептам комбикормов присваивают номера по видам животных в установленном десятике для:

кур	1-9
индеек	10-19
уток	20-29
гусей	30-39
для прочей птицы (цесарки, голуби)	40-49
свиней	50-59
для крупного рогатого скота	60-69
лошадей	70-79
овец	80-89
кроликов и нутрий	90-99
пушных зверей	100-109
рыбы	110-119
продуцентов и лабораторных животных	120-129

В пределах установленных десятков рецептам присваивают порядковые числа по производственным группам животных, а при недостатке чисел — буквенные литеры.

Куры

1. Куры несушки
2. Цыплята в возрасте 1-30 дней
3. Молодняк кур в возрасте 31-60 дней
4. Молодняк кур в возрасте 61-120 дней
5. Бройлеры (мясные цыплята) в возрасте 1-30 дней
6. Бройлеры (мясные цыплята) в возрасте 31-70 дней
7. Молодняк кур в возрасте 121-180 дней

Индейки

- 10. Индейки-несушки
- 11. Индюшата в возрасте 1–14 дней
- 12. Индюшата в возрасте 15–60 дней
- 13. Индюшата в возрасте 61–120 дней
- 14. Индюшата в возрасте 121–180 дней

Утки

- 20. Утки-несушки
- 21. Утята в возрасте 1–30 дней
- 22. Утята в возрасте 31–60 дней
- 23. Откорм утят

Гуси

- 30. Гусята в возрасте 1–20 дней
- 31. Гусята в возрасте 21–75 дней

Свиньи

- 50. Поросята-сосунки 1–40 дней
- 51. Поросята-отъемыши
- 52. Ремонтный молодняк в возрасте 4–8 мес.
- 53. Матки супоросные первого периода
- 54. Матки супоросные второго периода и подсосные
- 55. Мясной откорм свиней
- 56. Беконный откорм свиней
- 57. Хряки-производители

Крупный рогатый скот

- 60. Дойные коровы
- 61. Стельные и сухостойные коровы
- 62. Телята в возрасте 1–6 мес.
- 63. Молодняк в возрасте 12–18 мес.
- 64. Молодняк в возрасте 6–12 мес.
- 65. Откорм крупного рогатого скота
- 66. Быки-производители

Лошади

- 70. Рабочие лошади
- 71. Рысистые и спортивные лошади

Овцы

- 80. Матки суягные и подсосные
- 81. Молодняк овец
- 82. Откорм овец

Кролики и нутрии

- 90. Кролики и нутрии (взрослые)
- 91. Кролики и нутрии (молодняк)
- 92. Откорм кроликов

Пушные звери

- 100. Пушные звери (серебристо-черная лисица, голубой песец, соболь, норка)

Прудовые и карповые рыбы

- 110. Для сеголетков, ремонтного молодняка и производителей карпов, выращиваемых в прудах
- 111. Для товарных двухлеток и трехлеток карпа, выращиваемых в прудах

Продуценты и лабораторные животные

- 120. Лабораторные мыши и крысы (гранулированный комбикорм)
- 121. Молодняк лабораторных мышей и крыс (гранулированный комбикорм)
- 122. Лабораторные кролики и морские свинки (гранулированный комбикорм)
- 123. Мелкий рогатый скот (продуцент)
- 124. Лошади (продуцент)

§2. Подбор рецептов и расчет их питательной ценности

При определении питательной ценности назначенных в производство рецептов пользуются таблицами, характеризующими содержание кормовых единиц или обменной энергии, переваримого протеина, клетчатки, жира, минеральных веществ и аминокислотного состава в каждом продукте, входящем в состав данного комбикорма. Если полученные результаты удовлетворяют требованиям стандарта, то рецепт может быть допущен в производство.

Кроме указанных в рецепте компонентов, в комбикорма вводят премиксы (витамины, микроэлементы, антибиотики) для повышения их биологической ценности. Для рационального использования на комбикормовых заводах различного сырья при производстве комбикормов разрешается замена одного сырья другим в соотношении 1:1 с учетом норм введения отдельных компонентов.

Взаимозаменяются: по злаковым культурам — кукуруза-зерно, пшеница, ячмень, овес, просо, сорго; по бобовым — горох, соя, чечевица, кормовые (конские) бобы, люпин безалкалоидный.

Зерно злаковых и бобовых культур можно заменять сечками, дробленками одноименных культур в рецептах комбикормов для всех сельскохозяйственных животных, а также сухими кукурузными (маисовыми) кормами.

Отруби заменяются кормовыми мучками. Отруби ржаные взамен пшеничных можно вводить в комбикорма для крупного рогатого скота и овец (за исключением телят и ягнят).

Корма животного происхождения — рыбная, китовая, мясная, кровяная, крабовая мука, сухой обрат — взаимозаменяются при условии соблюдения общего количества протеина животного происхождения, заложенного в рецепте.

Кормовые дрожжи заменяются рыбной, мясокостной и кровяной мукой в соотношении, эквивалентном содержанию в них протеина. Мясокостную, мясную муку заменяют кормовыми дрожжами, кроме рецептов для птичьих комбикормов.

Подсолнечниковые, льняные, соевые, арахисовые жмыхи и шроты взаимозаменяются. Льняной жмых можно включать в комбикорма для птицы в количестве 5–7 %; хлопковый шрот с наличием свободного госсипола не более 0,02 % — в количестве 5 %. Жмых и шрот конопляный допускается вводить в комбикорма для молочных коров, откорма молодняка крупного рогатого скота, взрослых овец, прудовых рыб вместо других жмыхов и шротов, предусмотренных рецептами.

Жмых хлопковый с содержанием свободного госсипола свыше 0,1 до 0,2 % допускается вводить в рецепты комбикормов для молочных коров, откорма крупного рогатого скота и лошадей в следующих количествах (%):

Содержание свободного госсипола в жмыхе (включительно)	Допустимое количество жмыха в комбикормах
0,10	20
0,12	17
0,14	14
0,16	13
0,18	11
0,20	10

Шрот хлопковый с содержанием свободного госсипола не более 0,02 % и жмых хлопковый с содержанием свободного госсипола не более 0,06 % допускается вводить в комбикорма для откорма свиней не свыше 10 % взамен других жмыхов и шротов, предусмотренных в рецептах.

Норма включения в комбикорма хлопкового жмыха с наличием свободного госсипола свыше 0,06 % уменьшается в следующих размерах (%):

Содержание свободного госсипола в жмыхе (включительно)	Допустимое количество жмыха в кормах для откорма свиней
0,06	10,0
0,07	8,5
0,08	7,5
0,09	6,5
0,10	6,0

Обезвреженный клещевинный шрот вводят вместо других шротов только в корма для откорма крупного рогатого скота и рыб не свыше 10 %. Жмых и шроты крестоцветных взаимозаменяются, их можно вводить в комбикорма для рыб в пределах, предусмотренных рецептами.

Рыбную муку с содержанием протеина 59 %, мясокостную муку 42 %, мясную муку — 54 % вводят в комбикорма в количестве, указанном в рецепте. При более высоком содержании протеина эти компоненты вводят в комбикорма в меньшем коли-

честве, увеличивая процент ввода любого компонента, предусмотренного рецептом комбикорма.

Взаимозаменяются: мел, известняк, ракушечная мука (крупка), мука костная, обесфторенный фосфат.

При производстве гранулированных комбикормов, не содержащих мелассу, соленый гидрол можно вводить как связующее вещество в количестве 3–5 %, соблюдая установленные нормы поваренной соли в комбикормах. Общее содержание поваренной соли в комбикормах, определенное по химическому анализу, не должно превышать предельно допустимой нормы:

По полнорационным комбикормам, %

для молодняка, птицы в возрасте от 5 до 60 дней	0,3
для молодняка старше 60 дней и взрослой птицы	0,6
для поросят-сосунов до двух месяцев	0,3
для поросят-отъемышей	0,5
для ремонтного молодняка, свиней в возрасте от 4 до 8 месяцев	0,6
для взрослых свиней, в том числе племенных	0,8

По комбикормам-концентратам

для птицы	0,7
для взрослых групп свиней, молодняка крупного рогатого скота и овец	1

При исключении из рецептов поваренной соли или уменьшении процента ввода допускается замена ее любыми компонентами, но должны быть выдержаны максимальные и предельные нормы введения компонентов в комбикорма.

При замене одного компонента другим необходимо соблюдать инструкцию по применению рецептов комбикормов для сельскохозяйственных животных.

Каждый рецепт, оформленный для направления в производство, должен содержать: название комбикормового завода, год, месяц и число; принятое обозначение, наименование комбикорма; название НИИ, разработавшего рецепт; перечисление отдельных компонентов по данному рецепту и их содержание в процентах, содержание витаминов, микроэлементов и антибиотиков в граммах на 1 т комбикорма, содержание кормовых единиц, обменной энергии, перевариваемого протеина, жира, клетчатки; минеральный состав — калий, натрий, кальций, фосфор; аминокислотный состав — лизин, метионин, цистин, триптофан; подпись начальника ПТЛ. Рецепт согласовывается с плановым отделом и главным инженером. После утверждения директором рецепт передается в производство.

На комбикормовых заводах повседневно из имеющегося сырья подбирают компоненты для производства комбикормов. При этом рецепты комбикормов обязательно должны удовлетворять зоотехническим требованиям по уровню питательности, содержанию белка, жира, клетчатки, витаминов, аминокислот. Чтобы подобрать оптимальный вариант, необходимо проделать ряд вычислений, причем результаты бывают приближенными к тем расчетным вариантам комбикормов, которые удовлетворяли зоотехническим требованиям и являлись оптимальными по стоимости.

При расчетах питательной ценности комбикорма пользуются данными таблиц о содержании кормовых единиц (или обменной энергии), перевариваемого протеина, клетчатки и жира, минеральных веществ и аминокислот.

Пример. Рассчитать питательность, минеральный и аминокислотный баланс комбикорма по рецепту № ПК-1-П. (Полнорационный комбикорм для кур-несушек. Рецепт разработан Украинским научно-исследовательским институтом птицеводства). В этот рацион вводят следующие компоненты (%):

кукуруза	49
ячмень	2
просо	8
овес	5
жмых подсолнечниковый	15
дрожжи гидролизные	2
рыбная мука	2
мясокостная	3
травяная мука	5
костная мука	4,5
мел	4
соль	0,5

В 100 г комбикорма содержится:

обменной энергии, кДж	1167
перевариваемого протеина, %	16,1
энергопротеиновое отношение	724
клетчатки, %	5,7
жира, %	4,6
кальция, %	3,3
фосфора, %	1,3
натрия, %	0,5
лизина, мг	750
метионина + цистина, мг	460
триптофана, мг	190

На 1 т комбикорма добавляется, г:

витамина А стабилизированного, млн. МЕ	1
витамина Д, млн. МЕ	1
витамина Е, тыс. МЕ	5
витамина В ₁	2
метионина	600
витамина В ₂	4
витамина В ₃	10
витамина В ₄	100
витамина В ₅	15
витамина В ₁₂	10
MgSO ₄	100
ZnSO ₄	10
CuSO ₄	10
CoCo ₃	8
KJ	3

Определим содержание обменной энергии в каждом виде сырья, содержащегося в рецепте. По табличным данным 100 г кукурузы содержат 1428 кДж обменной энергии, а

49% от этого количества составляют $X = \frac{1428 \cdot 49}{100} = 699$ кДж.

Аналогично этому находим содержание обменной энергии:

в ячмене $X = \frac{1121 \cdot 2}{100} = 22$;

просе $X = \frac{1176 \cdot 8}{100} = 94$;

овсе $X = \frac{1239 \cdot 5}{100} = 61$;

жмыхе подсолнечниковом $X = \frac{1209 \cdot 15}{100} = 181$;

дрожжах гидролизных $X = \frac{1188 \cdot 2}{100} = 24$;

рыбной муке $X = \frac{1171 \cdot 2}{100} = 23$;

мясокостной муке $X = \frac{1205 \cdot 3}{100} = 36$;

травяной муке $X = \frac{701 \cdot 5}{100} = 35$.

Общее содержание обменной энергии в данном комбикорме будет $699 + 22 + 94 + 61 + 181 + 24 + 23 + 36 + 35 = 1175$ кДж. Так подсчитывают содержание протеина, клетчатки и жира. Содержание перевариваемого протеина: $4,6 + 0,2 + 0,9 + 0,6 + 5,9 + 0,9 + 1,2 + 1,6 + 0,8 = 16,7$ %. Энергопротеиновое отношение: $11750 : 16,7 = 704$.

Содержание клетчатки: $1,1 + 0,1 + 0,8 + 0,3 + 1,5 + 0,2 + 1,2 = 5,6$ %.

Содержание жира: $2,3 + 0,05 + 0,3 + 0,26 + 1,1 + 0,03 + 0,04 + 0,4 + 0,1 = 4,58$ %.

Расчет минерального состава сводится к определению содержания Na, K, Ca, P в каждом компоненте, входящем в данный комбикорм. Так, если в 1 кг кукурузы содержится Na — 0,28 г, K — 3,81, Ca — 0,41 и P — 3,1, тогда в 49 кг кукурузы минеральных веществ будет: Na = $0,28 \cdot 49 = 13,72$ г;

K = $3,81 \cdot 49 = 186,69$ г; Ca = $0,41 \cdot 49 = 20,09$ г; P = $3,1 \cdot 49 = 151,9$ г.

Аналогично этому подсчитывают содержание минеральных веществ во всех компонентах и полученные данные складывают. В результате получают: Na — 273,92 г, или 0,3 %; K — 458,38 г, или 0,4 %; Ca — 3325,84 г, или 3,3 %; P — 1298,72 г, или 1,3 %.

Таким путем определяют содержание в комбикорме аминокислот (лизина, метионина, цистина, триптофана).

Так, в 1 кг кукурузы согласно табличным данным содержится: лизина 2,9 мг, метионина 1,9 мг, цистина 1 мг, триптофана 0,8 мг. Тогда в 49 кг кукурузы содержится: лизина $2,9 \cdot 49 = 142,1$ мг, триптофана $0,8 \cdot 49 = 39,2$ мг, метионина $1,9 \cdot 49 = 93,1$ мг, цистина $1,0 \cdot 49$ мг.

Аналогично рассчитывают содержание аминокислот во всех компонентах, входящих в рецепт. Суммарное содержание в приведенном рецепте: лизина 992,5 мг, метионина 352,5 мг, цистина 196,5 мг, триптофана 188,7 мг. Если полученные результаты, характеризующие питательность комбикорма, удовлетворяют требованиям, записанным для данного рецепта, то рецепт составлен правильно и может быть пущен в производство.

После этого рассчитывают состав обогатительной смеси, в соответствии с нормами, приложенными к рецепту.

Нормы питательности полнорационных комбикормов приведены в таблице 5.2, комбикормов-концентратов в таблице 5.3. Максимальные нормы ввода отдельных компонентов в комбикорма для сельскохозяйственной птицы приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.2

Нормы питательности полнорационных комбикормов

в процентах

Назначение комбикорма	Кормовых единиц в 100 кг	Обменная энергия кДж	Протеин		Клет- чатка (макс.)	Минеральные элементы						Аминокислоты (миним.)	
			мин.	макс.		кальций		фосфор		натрий		лизин	метион + цистин
						мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Куры несушки в возрасте													
7–10 мес. (181–300 дней)	–	1138	17	19	3,5	2,8	3,5	0,7	0,9	0,3	0,40	0,85	0,59
11–14 мес. (301–420 дней)	–	1131	16	18	6,0	2,8	3,3	0,7	0,9	0,35	0,40	0,80	0,56
15–18 мес. (421–540 дней)	–	1048	14	16	6,5	2,6	3,1	0,7	0,9	0,35	0,40	0,70	0,50
Цыплята в возрасте:													
1–4 дней	–	1215	18	20	3,5	0,1	0,5	0,3	0,7	0,20	0,25	–	–
5–30 дней	–	1173	20	22	5,5	1,0	1,2	0,8	0,9	0,35	0,40	1,0	0,75
31–90 дней	–	108	17	19	5,5	1,0	1,2	0,8	0,9	0,35	0,40	0,87	0,65
91–150 дней	–	1048	13,5	15,5	7,0	1,0	1,4	0,7	0,8	0,35	0,40	0,75	0,60
Бройлеры в возрасте:													
5–30 дней	–	1215	21	23	5,5	0,9	1,0	0,8	0,8	0,35	0,40	1,0	0,70
31–56 дней	–	1215	19	21	5,5	0,7	0,8	0,7	0,9	0,35	0,40	0,90	0,60
Утки-несушки	–	1110	16	18	7,0	2,2	2,5	0,7	0,9	0,35	0,40	0,64	0,52
Утята в возрасте:													
1–20 дней	–	1152	18	20	5,0	1,1	1,2	0,8	0,9	0,35	0,40	1,0	0,70
21–55 дней	–	1236	16	18	6,0	1,1	1,2	0,7	0,8	0,35	0,40	0,75	0,60
56–150 дней (ремонтные)	–	1048	14	16	10,0	1,4	1,5	0,7	0,8	0,35	0,40	0,65	0,53
Гуси взрослые и ремонтный молодняк	–	1048	14	16	10,0	1,8	2,0	0,7	0,8	0,35	0,40	0,70	0,53
Гусята в возрасте:													
1–20 дней	–	1173	20	22	5,5	1,5	1,6	0,8	0,9	0,35	0,40	1,10	0,77
21–65 дней	–	1152	18	20	7,0	1,5	1,6	0,7	0,8	0,35	0,40	0,99	0,70
Индейки взрослые:													
Индюшата в возрасте													
1–60 дней	–	1173	28	30	5,5	1,6	1,7	1,2	1,3	0,50	0,60	1,50	0,87
61–120 дней	–	1194	22	24	5,5	1,6	1,7	1,0	1,1	0,35	0,40	1,17	0,70
121–180 дней	–	1131	14,5	16,5	7,0	1,4	1,5	0,7	0,8	0,35	0,40	0,77	0,45

Окончание табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Мясной откорм свиней с живой массой (кг)													
от 35 до 70	112	—	14,5	16,5	6,5	0,6	—	0,5	—	—	0,6	0,60	0,40
св. 70 до 130	111	—	12,0	14,0	6,0	0,5	—	0,4	—	—	0,6	0,50	0,30
Беконный откорм свиней с живой массой (кг)													
от 35 до 70	109	—	15,0	17,0	6,5	0,6	—	0,5	—	—	0,6	0,70	0,50
св. 70 до 105	106	—	12,5	14,5	7,0	0,5	—	0,4	—	—	0,6	0,55	0,35

Таблица 5.3

Нормы питательности комбикормов-концентратов

в процентах

Назначение комбикорма	Кормовых единиц в 100 кг	Обменная энергия кДж	Протеин		Клет- чатка (макс.)	Минеральные элементы						Аминокислоты (миним.)	
			мин.	макс.		кальций		фосфор		натрий		лизин	метион + цистин
						мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Куры-несушки	—	1027	19	21	7,0	1,5	4,0	0,5	2,0	0,3	0,7	0,6	0,45
Цыплята в возрасте:													
1–60 дней	—	1048	24	26	5,5	0,8	2,5	0,7	1,5	0,3	0,7	0,90	0,65
61–100 дней	—	1006	18	20	7,0	0,8	2,5	0,7	1,5	0,3	0,7	0,90	0,65
Индейки-несушки	—	1027	20	22	7,0	1,5	4,0	0,8	1,5	0,3	0,7	0,90	0,65
Индюшата в возрасте:													
1–60 дней	—	1048	32	34	5,5	1,5	3,5	1,0	1,8	0,3	0,7	1,50	0,90
61–100 дней		1027	22	24	57,0	1,5	3,5	1,0	1,8	0,3	0,7	0,80	0,65
Утки-несушки		1006	18	20	58,0	1,5	3,5	0,8	2,5	0,3	0,7	1,65	0,52
Утята в возрасте													
1–30 дней		1048	22	24	6,0	1,0	2,5	0,8	1,5	0,3	0,7	0,85	0,62
31–150 дней		1027	18	20	7,0	1,0	2,5	0,7	1,5	0,3	0,7	0,70	0,50
Поросята-сосуны	105	—	17	20	5,0	0,9	1,5	0,7	1,2	0,2	0,3	0,80	0,65
Поросята-отъемыши	100	—	17	20	7,0	0,7	1,5	0,6	1,5	0,2	0,4	0,75	0,55
Ремонтный молодняк, 4–8 мес.	85	—	15	17	9,0	0,6	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	0,50	0,45
Матки супоросные 1 период	85	—	14,5	16,5	10,0	0,7	1,5	0,5	1,0	0,2	0,4	0,55	0,45
Матки супоросные 2 период и подсосные	85	—	16	18	10,0	0,7	1,5	0,5	1,0	0,2	0,4	0,60	0,50
Хряки-производители	90	—	18	22	9,0	0,8	1,5	0,6	1,2	0,2	0,4	0,65	0,50
Беконный откорм свиней	95	—	15	18	8,0	0,6	1,2	0,5	0,9	0,2	0,4	0,55	0,45
Мясной откорм свиней	85	—	15	17	9,0	0,5	1,0	0,4	0,8	0,2	0,4	0,45	0,40
Откорм до жирных кондиций	85	—	11	14	10,0	0,5	1,0	0,4	0,8	0,2	0,4	0,42	0,38
Телята в возрасте от 1 до 6 мес.	105	—	16	18	6,0	0,5	1,5	0,6	1,2	0,2	0,8	—	—
Телята в возрасте от 6 до 12 мес.	85	—	17	19	10,0	0,5	1,5	0,5	1,2	0,2	0,8	—	—
Откорм молодняка крупного рогатого скота	85	—	15	17	10,0	0,3	1,5	0,5	1,5	0,2	0,8	—	—
Откорм взрослого крупного рогатого скота	75	—	10	13	—	0,3	1,5	0,5	1,5	0,2	0,8	—	—

Окончание табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Коровы	80	—	15	17	—	0,3	1,5	0,5	2,0	0,3	0,8	—	—
Бык-производитель	90	—	17	19	—	0,3	1,5	0,6	2,0	0,3	0,8	—	—
Ягнята до 4 мес.	95	—	19	21	10,0	0,4	1,0	0,5	0,8	0,3	0,6	—	—
Молодняк овец старше 4 мес.	90	—	17	19	12,0	0,4	1,0	0,5	0,8	0,3	0,6	—	—
Суягные и подсосные матки	85	—	13,5	15,5	11	—	1,0	0,5	0,8	0,3	0,8	—	—
Лошади рабочие	85–105	—	14	17	11	—	1,0	0,5	0,8	0,2	0,6	—	—
Пушные звери	—	964	12	14	4,3	0,5	1,0	0,5	1,0	—	—	—	—
Молодняк кроликов и нутрий	—	—	14,3	17,3	5	—	0,4	0,7	0,5	0,7	0,2	0,4	—
Взрослые кролики	—	—	13	16	10	0,4	1,0	0,4	0,8	0,2	0,4	—	—
Молодняк рыб	—	—	20	22	9	—	0,3	1,0	0,4	0,8	0,2	0,6	—
Товарная прудовая карповая рыба	—	—	16	18	10	0,3	1,0	0,4	0,8	0,2	0,6	—	—

**Максимальные нормы ввода отдельных компонентов
в комбикорма для сельскохозяйственной птицы, %**

Корм	Взрослая птица	Молодняк
1	2	3
Кукуруза	70	60
Овес	40	30
Овес (без пленок)	60	50
Пшеница	70	60
Пшено	40	40
Просо, чумиза	40	30
Рис	40	30
Рожь	7	5
Сорго (при отсутствии тонина)	45	25
Ячмень	50	40
Ячмень (без пленок)	60	50
Бобы	15	20
Горох	25	15
Люпин сладкий	10	7
Соя (после гидротермической обработки)	20	15
Кукурузно-глютеиновая мука	20	10
Мучка овсяная	5	3
Мучка пшеничная	5	3
Мучка ячменная	5	3
Отруби рисовые	7	7
Отруби пшеничные	15	10
Сухой свекловичный жом	10	7
Солодовые ростки (сухие)	7	5
Меласса	7	5
Арахисовый шрот	20	15
Льняной жмых, шрот	8	4
Подсолнечный шрот	20	15
Подсолнечный жмых	20	12
Соевый шрот	30	30
Хлопковый шрот	18	12
Льняной шрот	15	7
Кормовые дрожжи	10	7
Дрожжи БВК	В соответствии с указаниями	
Казеин	4	4
Китовая мука	10	10
Кровяная мука	5	5
Мясокостная	10	7
Перьевая мука	4	4
Рыбная мука	10	10
Обрат сухой	3	4
Люцетенин	10	7
Рыбий жир	3	3
Фосфатиды подсолнечные (лецитин)	5	5
Жир животный кормовой	7	5

Окончание табл. 5.4

1	2	3
Костяная мука	3	2
Ракушка	7	5
Известняк кормовой	7	5
Мел	5	4
Фосфат обесфторенный	3	2
Поваренная соль	0,4	0,2

Глава 3

ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

§1. Основы организации и ведение технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности

Организации и предприятия, вырабатывающие корма, комбикорма, кормовые добавки и др. продукцию, используемую для кормления животных, должны руководствоваться «Правилами организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности», введенными в действие с 1 января 1997 г. и утвержденными в установленном порядке.

Рекомендованные Правила разработаны на основе изучения промышленного производства комбикормовой продукции, а также достижений науки, техники и технологии кормов и кормления животных.

«Правила организации и ведения технологических процессов» определяют основы производства продукции комбикормовой промышленности и способствуют обеспечению выработки продукции требуемого качества с наилучшими показателями использования сырья, оборудования, энергоресурсов.

На предприятиях на основе Правил могут разрабатываться технологические регламенты производства продукции, которые утверждаются в установленном порядке.

Правила содержат основные рекомендации по:

- ♦ приему, размещению поступающего сырья в хранилищах, контролю за качеством хранящегося сырья;
- ♦ рациональному использованию всех видов сырья;
- ♦ построению схем технологических процессов в целом и их отдельных этапов, обеспечивающих эффективное использование оборудования, наименьшие затраты энергоресурсов;
- ♦ организации схем технологических процессов на предприятиях;
- ♦ режимам обработки и параметрам работы отдельных машин по этапам с учетом технологических свойств перерабатываемого сырья;
- ♦ теххимическому контролю сырья, продукции и технологических процессов;
- ♦ основам учета сырья, вырабатываемой продукции и отходов;
- ♦ обеспечению взрывопожаробезопасности и технике безопасности на основе действующих правил и инструкций.

Знание Правил в полном объеме необходимо администрации и инженерно-техническому персоналу. Операторам производственных цехов, работникам ПТЛ, складов и др. цехов — знание Правил — в части, связанной с выполнением должностных обязанностей.

Технологические процессы производства комбикормовой продукции осуществляют на технологических линиях приема, подготовки и переработки сырья, функционирующих последовательно и параллельно до получения готовой продукции. При этом разделительными границами линий являются емкости оперативного хранения сырья, подготовленных компонентов.

Типовыми линиями являются:

- ♦ прием и складирование зернового сырья;
- ♦ прием и складирование гранулированного, мучнистого сырья и шротов;
- ♦ прием и складирование затаренного в мешки и контейнеры сырья;
- ♦ прием и складирование минерального сырья: мела, соли и т. п.;
- ♦ прием и складирование известняковой муки;
- ♦ подготовка зернового сырья к дозированию;
- ♦ подготовка шротов к дозированию;
- ♦ отделение пленок;
- ♦ подготовка отрубей и др. мучнистого сырья к дозированию;
- ♦ подготовка муки кормовой животного происхождения: из рыбы, кормовых дрожжей и др. к дозированию;
- ♦ подготовка шротов к дозированию;
- ♦ подготовка сырья, поступающего в таре, к дозированию;
- ♦ подготовка соли к дозированию;
- ♦ подготовка мела к дозированию;
- ♦ ввод премиксов;
- ♦ приготовление премиксов на комбикормовых предприятиях;
- ♦ дозирование и смешивание компонентов;
- ♦ переработка зернового, гранулированного сырья и шротов в составе смеси;
- ♦ переработка белково-минерального сырья в составе смеси;
- ♦ совместно порционной переработки зернового, гранулированного и др. сырья, требующего измельчения;
- ♦ совместная порционная переработка белково-минерального сырья;
- ♦ совместная переработка всех видов сырья;
- ♦ гранулирование комбикормов;
- ♦ прием, складирование и ввод жира и фосфатидного концентрата;
- ♦ прием, складирование и ввод мелассы.

Для снижения пылевыведения и механических потерь в процессе производства, оптимизации влажности продукции рекомендуется организовать на предприятиях линии ввода жидких нетрадиционных видов сырья (бишофита, раствора поваренной соли, жидких консервантов, жидких премиксов и т. п.), а также воды.

На отдельных заводах, на которых выполняются технологические процессы производства комбикормов для крупных животноводческих комплексов и молодняка животных, пушных зверей и собак, с целью повышения питательности и эффективности использова-

ния комбикормов устанавливают дополнительные линии для углубленной переработки зернового сырья:

- ♦ двойного гранулирования;
- ♦ экструдирования;
- ♦ плющения;
- ♦ микронизации;
- ♦ обжаривания.

Линия приема и складирования зернового сырья

Линия предназначена для оперативного приема, разгрузки и складирования зернового сырья, поступающего по железной дороге и автомобильным транспортом.

Прием зернового сырья может быть организован по следующим вариантам:

- ♦ разгрузка и складирование (основное);
- ♦ разгрузка — очистка — складирование (основное);
- ♦ разгрузка — оперативное складирование — очистка — основное складирование.

Линия приема и складирования гранулированного, мучнистого сырья и шротов

Линия предназначена для приема незернового сырья (гранулированного, отрубей, шротов и т. п.), поступающих насыпью в вагонах и автомобилях.

Прием незернового сыпучего сырья может быть организован по двум вариантам:

- ♦ прием и складирование;
- ♦ прием — очистка — складирование.

Линия приема и складирования затаренного в мешки и контейнеры сырья

Прием поступающего в таре сырья, в зависимости от его физико-механических и химических свойств, способности к хранению, количества ввода в комбикорма и др. организуют для конкретных условий по одному из следующих вариантов:

- ♦ прием, складирование и хранение в таре;
- ♦ растаривание при приеме, хранение в силосах или бункерах;
- ♦ растаривание при приеме, загрузка в контейнеры, хранение в контейнерах.

Линия приема и складирования минерального сырья

Линия предназначена для приема поваренной соли, мела и другого минерального сырья (кроме известняковой муки). Минеральное сырье складировается насыпью в напольных силосах. Возможно на предприятиях загружать сырье в контейнеры и хранить в них до подачи в производство.

Линия приема и складирования известняковой муки

Для известняковой муки как мелкодисперсного и хорошо сыпучего продукта на предприятии оборудуют отдельную линию. Известняковая мука поступает в железнодорожных и автомобильных цистернах.

Прием ее организуют на отдельной точке с применением:

- ♦ механического транспортирования;
- ♦ пневматического транспортирования;
- ♦ пневмомеханического транспортирования.

На линии с механическим транспортированием используют винтовые, цепные конвейеры, норрии.

Более прогрессивными являются линии пневматического транспортирования (аэрозоль-транспорта), когда мука из цистерны самотеком поступает в питатель и по пневмопроводу направляется в специальные силосы (бункеры) для хранения.

Из силосных емкостей мука также пневмотранспортом (аэрозоль-транспортом) передается в производство непосредственно в наддозаторные бункеры без какой-либо подготовки.

При пневмомеханическом транспортировании прием муки осуществляется пневмотранспортом, загрузка силосов и подача в производство — механическим.

Очистка и сортировка комбикормового сырья

Партии сырья, поступающего на комбикормовые предприятия, обязательно содержат некоторое количество посторонних примесей, которые должны быть удалены из него.

Кроме удаления примесей, сепарирование используют для выделения мелкой фракции, а также фракционирования по крупности для повышения выравненности.

При организации сепарирования используют различие исходной смеси по следующим признакам: геометрической характеристике частиц; аэродинамическим свойствам; плотности, упругости, коэффициенту трения; магнитным свойствам.

Например, при просеивании на ситах с круглыми отверстиями происходит разделение зерна по ширине, на ситах с продолговатыми отверстиями — по толщине зерна. Сепарирование зерна по длине осуществляется в триерах.

Очистка сырья должна обеспечивать максимальное отделение сорных и металломагнитных примесей. Сырье, содержащее целые и измельченные семена ядовитых сорняков в количестве, превышающем пределы, установленные стандартом, в переработку не допускаются. Сырье, в котором обнаружены частицы стекла и другие неотделяемые примеси, опасные для животных, запрещается принимать и перерабатывать.

Для обеспечения требуемой очистки и эффективного использования очистительных машин необходимо правильно подбирать и устанавливать сита, работать на соответствующих режимах.

Зерновое сырье, поступающее на комбикормовые заводы, содержит различные сорные примеси минерального и органического происхождения (песок, комочки земли, солому, полосу), семена сорных растений, вредных и ядовитых растений (куколь, вязель, плевел, донник и др.), случайные металломагнитные примеси (провода, гайки и т. д.). Очистка

зернового сырья должна обеспечивать отделение перечисленных примесей до норм, предусмотренных Правилами.

Для улавливания наиболее крупных примесей, которые могут привести к повреждению машин и транспортных механизмов, в приемных устройствах устанавливают металлические решетки размером 50 × 50 мм.

Зерновое сырье очищают на воздушно-ситовых сепараторах различных конструкций. В сепараторах устанавливают следующие сита: приемные — с круглыми отверстиями тип 1 № 200–300 или продолговатыми тип 2а № 12 × 35 или сетка проволочная № 18, на которых отбирают сходом наиболее крупные случайные примеси (обрывки веревок, куски тряпок и др.); сортировочные — с круглыми отверстиями тип 1 № 100–160 или продолговатыми тип 2а № 10 × 25 или сетка проволочная № 8–14, отбирают сходом крупные примеси; подсевные — с круглыми отверстиями тип 1 № 10–14 или продолговатыми тип 2а № 1,0–1,2 × 20 мм или сетка проволочная № 0,85–1. Они отбирают проходом песок и мелкие семена сорных растений.

При подготовке зерна к шелушению для отбора крупной фракции устанавливают сита с продолговатыми отверстиями тип 2а № 2,2 — 2,4 × 20, проход которого шелушению не подлежит.

При очистке мучнистого сырья удаляют случайные крупные примеси (обрывки веревок, тряпок, щепки, металломагнитные частицы, паклю).

Для очистки мучнистых продуктов на заводах производительностью свыше 600 т/сутки рекомендуется использование рассевов из расчета нагрузки до 60 т/сутки продукта на 1 м² поверхности сита. При этом используют сита с отверстиями Ø 20 мм (разгрузочные) Ø 10 мм (просеивающие).

Для очистки мучнистых продуктов на заводах производительностью менее 600 т/сутки применяют следующие устройства: плоские сита, двойные встряхиватели, бураты, просеивающие машины ДПМ, ДМК, БПК, центробежно-щеточные просеиватели А1-БЦП, ситовые сепараторы различных конструкций, крупносортировочные машины с установкой сит тип 1 № 80–100 или металлотканые с отверстиями 5 × 5 мм. На просеивателе А1-БЦП установлены сита: питателя тип 1 № 250, ситовая обечайка тип 1 № 50.

В просеивающих машинах для очистки от крупных примесей и сортирования на фракции барды сушеной, кукурузных сухих кормов, различных шротов, мясокостной, рыбной и китовой муки и других кормовых продуктов пищевых производств устанавливают: для очистки от примесей — штампованные сита тип 1 № 150–200; для сортирования на крупную и мелкую фракции — тип 1 № 30–60.

Отделение металломагнитных примесей

Металломагнитные примеси отделяют на магнитных заграждениях, состоящих из статических магнитов или электромагнитов. Простейшими магнитными заграждениями являются магнитные колонки со статическими подковообразными магнитами. Подъемная сила одного магнита должна быть не менее 12–15 кг.

Магнитные заграждения устанавливают на линиях: зернового сырья после сепаратора — перед каждым бункером над дробилками; отделения пленок — перед каждым бункером над дробилками и шелушительными машинами; мучнистых продуктов — после очистки

тельной машины; прессованных и крупнкусковых продуктов — перед дробилками; кормовых продуктов пищевых производств — после очистительной машины, перед бункером над дробилками; дозирования и смешивания, перед каждым дозатором или после него, после смесителя; подготовки сена — перед каждой сенодробилкой и после транспортера; гранулирования — после просеивающей машины перед каждым прессом; брикетирования — после транспортера перед делителем.

Перед каждым транспортным механизмом, распределяющим комбикорм по силосам для хранения готовой продукции, также предусматривается установка магнитных заграждений. Число магнитных подков в заграждениях зависит от вида продукта и производительности комбикормового завода и устанавливается в соответствии с рекомендациями Правил.

Все магниты устанавливают в местах, обеспечивающих свободный доступ к ним. В магнитных колонках предусматривают возможность кратковременного выключения продукта из потока на время очистки магнитов от примесей или временного перевода всего продукта за магнитное заграждение.

Аспирация очистительных машин должна быть тщательно отрегулирована. По сепараторам, например, это одно из главных условий хорошей работы их.

Технологическая эффективность работы очистительных машин для отрубей, мучек заключается в том, чтобы в мучнистом сырье не было крупных металломагнитных примесей.

§2. Измельчение комбикормового сырья

Измельчение — энергоемкая технологическая операция, выполняется в процессе подготовки исходного сырья к дозированию. Измельчают зерно, шроты, сырье минерального происхождения, другие компоненты. При производстве премиксов измельчают наполнители — отруби, соли микроэлементов.

В технологии производства комбикормов для ценных пород рыбы измельчают практически все сырье до высокой дисперсности помола, особенно это относится к стартовым комбикормам. Измельчению подвергают сырье, поступающее в гранулированном виде, а также гранулы комбикорма при выработке крупы. Производят пропаренные и плющеные хлопья. Для их изготовления применяют вальцовые плющильные станки.

Процесс измельчения в технологии комбикормов строится по-разному в зависимости от перерабатываемого сырья, назначения комбикормов, от вида (рассыпной, гранулированный) комбикорма.

В комбикормовом производстве однородность гранулометрического состава способствует лучшему усвоению питательных веществ, содержащихся в комбикормах. Наличие пылевидных частиц ухудшает кормление животных и может вызвать закупорку дыхательных путей, особенно у молодняка.

Компоненты, применяемые в комбикормовой промышленности, различаются между собой как по физическим свойствам, так и по степени готовности их к вводу в комбикорма. В зависимости от этого сырье подразделяют на две основные группы: мягкие компоненты, не подлежащие измельчению, и компоненты, подлежащие измельчению.

К первой группе компонентов относятся отруби, мучка, мясокостная, рыбная мука и т. д., ко второй — зерновые культуры, кукуруза в початках, жмыхи, минеральное сырье, крупные фракции кормовых продуктов пищевых производств. Измельчению подлежит также сено, вводимое в брикетированные комбикорма. Сыпучие смеси, состоящие из мелких и однородных частиц (зерновые смеси), измельчают на дробильных машинах за один проход, тогда как продукты, состоящие из крупных кусков (жмыхи), подвергают сначала предварительному дроблению, а затем окончательному измельчению. Цель предварительного дробления — получить продукт в таком виде, в котором он был бы легко доступен обработке на машинах, производящих дальнейшее измельчение.

Эффективное использование питательных веществ, находящихся в комбикорме, можно обеспечить, если его составные части измельчены до необходимой крупности. Измельчение сырья — важный этап в технологическом процессе комбикормового производства. От него во многом зависит качество готовой продукции.

Измельчаемые зерновые и бобовые культуры, кукуруза, жмыхи и шроты, жом и другие компоненты резко отличаются друг от друга по структурно-механическим свойствам и сопротивляемости измельчению.

Разнообразный ассортимент сырья в комбикормовом производстве определяет большую номенклатуру дробильно-размалывающих машин (молотковые дробилки, дезинтеграторы, вальцовые станки, жернова, плющильные станки, станки для предварительного дробления жмыхов). Машины используют как самостоятельно, так и в различных сочетаниях.

Измельчение кормов дает возможность равномерно их смешивать в смесителях. На разжевывание измельченных частиц животные затрачивают меньше энергии, чем на разжевывание крупных, при этом повышается перевариваемость корма.

Каждый вид сырья, если не установлены специальные нормы крупности продуктов, измельчают до степени норм крупности рассыпного комбикорма, за исключением соли поваренной, которая после измельчения должна полностью проходить через сито с отверстиями $\varnothing 0,8$ мм или проволочное сито № 08. Трудноизмельчаемое сырье рекомендуется просеивать и получаемые сходы повторно измельчать.

Овес и ячмень, являющиеся компонентами брикетированных полнорационных комбикормов для лошадей, подвергают плющению на специальных вальцовых станках.

Сено после развязывания тюков разрыхляют в сеноразрыхлителях и измельчают в молотковых дробилках. Над каждой измельчающей машиной предусматривается не менее двух бункеров, которые по своей вместимости соответствуют производительности машин на 2–4 ч.

Процесс деформации и измельчения твердых тел обязательно сопровождается затратой энергии. Она расходуется на образование упругих пластических деформаций и преодоление сил молекулярного сцепления, после чего тело разрушается и образуются новые тела с большей суммарной поверхностью.

Разрушения сопровождаются выделением тепла.

Под измельчением понимают процесс уменьшения размеров частиц комбикормового сырья под воздействием внешних условий до определенных размеров.

Если крупные куски твердого материала уменьшают на части большой величины, то этот процесс называется дроблением. Степень измельчения продукта определяется как

отношение суммарной поверхности частиц продукта после измельчения к суммарной поверхности частиц исходного продукта:

$$i = \frac{S_{\kappa}}{S_{\mu}},$$

где S_{κ} — конечная площадь, см²;

S_{μ} — исходная (начальная) площадь, см².

В комбикормовой промышленности степень измельчения для некоторых компонентов $i = 300-400$.

Суммарную поверхность частиц S_{μ} и S_{κ} определяют методом ситового или седиментационного анализа. Ситовой анализ проще седиментационного и требует меньше времени, а результаты его для практических целей достаточно точны.

В комбикормовой промышленности установлены три степени крупности размола со следующими числовыми показателями каждой степени, называемой модулем крупности размола M . Размол считается крупным, если величина частиц 2,6–1,8 мм, средним — 1,8–1,0 мм и мелким — 1,0–0,2 мм.

Работа, затраченная на измельчение продукта, резко возрастает с увеличением степени измельчения, поэтому не следует измельчать продукт более, чем это требуется по условиям стандарта. Иначе увеличивается расход энергии на измельчение и снижается производительность машины.

В комбикормовой промышленности для измельчения сырья наиболее широко применяются молотковые дробилки и вальцовые станки. Молотковые дробилки являются универсальными машинами, так как на них можно размалывать все виды сырья.

Все измельчающие машины, независимо от принципа и степени измельчения, а также физических свойств измельчаемого продукта, должны удовлетворять следующим требованиям: равномерное измельчение; быстрое удаление измельчаемого продукта из рабочей зоны машины; возможность регулирования степени измельчения; наименьшее пылевыведение; непрерывная и автоматическая разгрузка машины; легкая замена быстроизнашивающихся деталей машины; наименьший удельный расход энергии.

Измельчающие машины классифицируют по степени измельчения на машины для грубого дробления и для мелкого измельчения. В комбикормовой промышленности для мелкого измельчения наиболее широко применяют молотковые дробилки, а для грубого дробления — зубчатые и пальцевые валковые дробилки (ломачи).

Рабочий процесс дробилки проходит следующим образом: продукт, подлежащий измельчению, направляется в рабочую зону дробилки, где он дробится на части вследствие удара, излома и истирания между рабочими органами машины. На степень измельчения продукта влияет: размер зазора между молотками, неподвижными плитами и ситом; размер отверстий сита; окружная скорость молоткового ротора; форма и величина молотков и рифлей броневых плит.

Молотковые дробилки, применяемые в комбикормовой промышленности, различают между собой размерами ротора, типом питающего механизма, наличием вентилятора и другими техническими параметрами.

Процесс измельчения сырья по сравнению с другими процессами является наиболее энергоемким. Расход энергии на измельчение составляет 60–70 % общего расхода ее на все технологические процессы комбикормового завода.

Технологический эффект работы дробилок характеризуется степенью измельчения продукта, производительностью и расходом энергии. На технологический эффект работы влияют: физические свойства продукта (влажность, твердость, вязкость, крупность частиц); характеристика рабочих органов дробилки (окружная скорость молотков: форма, размеры и количество молотков; величина зазора между верхней кромкой молотков и ситовой поверхностью; форма отверстий сита и их размеры; наличие вентилятора для отсоса воздуха из рабочей зоны машины).

Для повышения технико-экономических показателей работы производства необходимо опытным путем определить оптимальный режим работы дробилки на каждом виде сырья, при котором получается максимальный технологический эффект.

С увеличением диаметра отверстий сита (следовательно, и коэффициента живого сечения сита) производительность дробилки возрастает, удельный расход энергии снижается, а крупность размола повышается.

Вальцовый станок в комбикормовой промышленности применяется как для плющения овса, так и для измельчения зернового сырья.

Основные технические показатели рабочих органов вальцового станка на комбикормовых заводах следующие: число рифлей на 1 см окружности вальцов 4–5, угол наклона рифлей — 6–8 %, окружная скорость вальцов — 6–9 м/с, соотношение окружных скоростей — 1 : 2,5 (при плющении 1 : 1). Удельная нагрузка вальцового станка при плющении овса — 750–800 кг/(см · сутки).

Построение процесса измельчения зависит от производительности завода и ассортимента вырабатываемых комбикормов. Поскольку молотковая дробилка является универсальной машиной, способной измельчать различные компоненты, то на заводах небольшой производительности на одной молотковой дробилке можно измельчать многие компоненты.

На крупных заводах измельчение производится несколькими дробилками. Рабочие органы этих дробилок подбирают в соответствии с физическими свойствами компонентов, подлежащих измельчению. Для получения максимального технологического эффекта работы дробилок, в зависимости от физических свойств продуктов применяют дополнительные процессы просеивания и различные способы транспортирования.

При измельчении с промежуточным просеиванием продуктов размер частиц уменьшается в 1,3–1,65 раза по сравнению с частицами, полученными при разовом измельчении. Удельный расход энергии при этом увеличивается в 1,09 раза.

С повышением влажности измельчаемого сырья крупность помола увеличивается, производительность дробилки уменьшается, а удельный расход энергии возрастает.

Наибольшая производительность и наименьший расход энергии отмечают при измельчении гороха. Горох имеет самый низкий модуль крупности. Наиболее энергоемкой культурой является ячмень. На гранулометрический состав продуктов измельчения влияют структурно-механические свойства зерна. Продукт измельчения ячменя имеет самую низкую дисперсность.

Измельченные продукты перемещают механическим и пневматическим транспортом. При механическом способе перемещения применяют воронки, ленточные транспортеры,

цепные транспортеры с погруженными скребками и самотечные устройства. Для перемещения продукта пневматическим транспортом применяют вентиляторы, находящиеся при дробилке или расположенные отдельно.

Скорость воздуха в воздухопроводе для транспортирования продуктов размола должна быть не менее 20 м/с, а количество воздуха — 25–30 м³/мин на 1 т измельченного продукта в час.

В процессе измельчения образуется много пыли, для удаления которой дробилки аспирируются. Дробилки аспирируют отсосом воздуха из башмака нории, принимающей измельченный продукт из дробилки. При применении пневматического транспорта необходимость аспирировать дробилки отпадает.

В комбикормовой промышленности для измельчения сырья применяют молотковые дробилки различных конструкций (А1-ДМР, ДДМ, ДМ-1, ДМ-440У, СМД-112, А1-ДПР, А1-ДДП, А1-ДДР). Молотковые дробилки состоят из следующих частей: корпуса с подшипниками для зала ротора и боковыми крышками; вращающегося молоткового ротора, представляющего собой вал с надетыми на него стальными дисками, сквозь которые по их окружности проходят стержни со свободно подвешенными молотками; неподвижной обечайки, состоящей из броневых плит рифленой поверхности (дек) и цилиндрического сита; питающего механизма, предназначенного для равномерной и непрерывной подачи продукта в рабочую зону дробилки.

Основными техническими параметрами дробилки являются: форма, размеры и качество молотков; величина радиального зазора между верхней кромкой молотков и ситовой поверхностью; применение вентилятора для отсасывания измельченного продукта через ситовую поверхность.

Основными физико-механическими свойствами продукта, влияющими на технологическую эффективность работы дробилок, являются: влажность, твердость, вязкость, упругость, крупность частиц.

Молотки в дробилках применяют пластинчатые с двумя отверстиями. Для изготовления молотков применяют специальную легировочную (износоустойчивую) сталь 30 ХГС. Толщина молотка 2–3 мм и 6–8 мм для измельчения минерального сырья.

Сита с круглыми отверстиями рекомендуется применять диаметром 2,5...5 мм при измельчении зерна, 7–10 мм при измельчении жмыхов, 3 мм при измельчении минерального сырья. Чешуйчатые сита при измельчении зернового сырья рекомендуется применять с отверстиями размером 2–2,5 × 14–15 мм.

Броневые плиты устанавливают в начале неподвижной обечайки, окружающей ротор дробилки. Для предохранения этой части обечайки от быстрого износа и для повышения эффективности измельчения ее делают съемной в виде броневых ребристых плит, расположенных параллельно от ротора, вершинами против вращения ротора.

Окружная скорость молотков — важнейший фактор, влияющий на эффективность работы молотковых дробилок. С повышением окружной скорости молотков возрастает эффективность измельчения, производительность дробилки увеличивается. В комбикормовой промышленности применяют окружную скорость молотков от 47 до 97 м/с.

Радиальный зазор между верхней кромкой молотков и ситовой поверхностью влияет на степень измельчения продукта и удельного расхода энергии. С уменьшением величины зазора степень измельчения продукта повышается. Величина зазора, в зависимости от вида измельчаемого сырья, колеблется от 4 до 10 мм.

Вентилятор, применяемый для отсасывания измельченного продукта через ситовую поверхность, способствует обеспыливанию и охлаждению продукта и рабочих органов дробилки, повышению ее производительности и снижению удельного расхода энергии. Дробилки, не имеющие вентилятора, аспирируют путем отсоса запыленного воздуха из башмака нории, принимающей измельченный продукт из дробилки.

Равномерное питание имеет важное значение при измельчении сырья на молотковых дробилках. Оно обеспечивает одинаковый износ рабочих органов, получение равномерно-го продукта по крупности измельчения и заданной производительности.

Физико-механические свойства сырья влияют на производительность молотковой дробилки, удельный расход энергии и степень измельчения. Различные виды сырья обладают неодинаковой сопротивляемостью измельчению, которая характеризуется удельным расходом энергии. Чем выше сопротивляемость продукта измельчению, тем ниже производительность дробилки и больше удельный расход энергии.

Степень дисперсности продуктов размола также зависит от структурно-механических свойств сырья.

С повышением влажности сырья производительность дробилки снижается, а удельный расход энергии возрастает.

§3. Технологические линии подготовки комбикормового сырья

Непрерывность процесса зависит от числа подготовительных линий сырья, наличия закомов над дробилками и дозаторами, а также от правильной организации работы линий.

Подготовительные линии конструируются для переработки сырья с близкими технологическими свойствами, однородными по способу очистки, измельчения и другим видам обработки.

Количество подготовительных линий обуславливается производительностью предприятия и ассортиментом вырабатываемой продукции и достигает 12–18 и более.

Пропускная способность каждой подготовительной технологической линии рассчитывается на подготовку максимально допускаемого рецептами количества перерабатываемого сырья.

Линия зернового сырья (рис. 5.1). Линия зернового сырья служит для последовательной очистки и измельчения зерна различных культур (овса, ячменя, проса, кукурузы, гороха, вики, чечевицы, ржи, пшеницы, сои, полбы, чумизы и т. д.), а также зерновых продуктов от первичной обработки зерна.

Для очистки применяют сепараторы различных конструкций, но обязательно ситовоздушные. В сепараторах, имеющих три ситовые рамы, устанавливают:

а) в приемных рамах — полотна решетные с круглыми отверстиями № 200 или сетки проволочные № 18;

б) в сортировочных рамах — полотна решетные с круглыми отверстиями № 100–160;

в) в подсевных рамах — полотна решетные с круглыми отверстиями № 10–14.

При переработке проса, чумизы рекомендуется применение ситовых рам с отверстиями нижних пределов. Допускается следующее содержание посторонних примесей в каж-

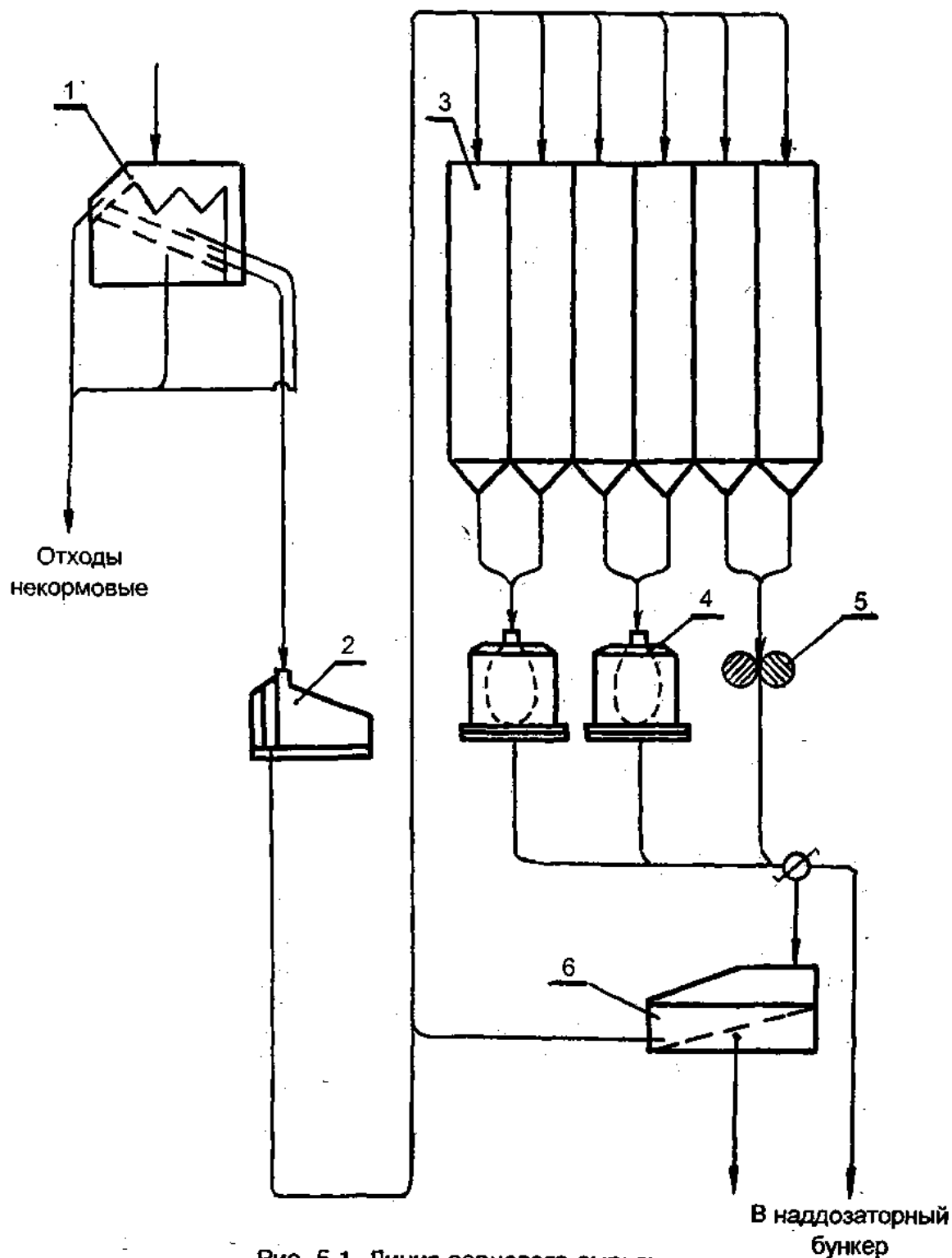


Рис. 5.1. Линия зернового сырья:

- 1 — воздушно-ситовой сепаратор; 2 — электромагнитный сепаратор;
 3 — наддробильные бункеры; 4 — дробилка; 5 — вальцовый станок;
 6 — ситовой сепаратор

дом виде очищенного зерна и побочных продуктов от первичной обработки зерна, направляемых на измельчающие машины:

- а) металломагнитных примесей от 10 до 20 мг/кг;
- б) крупных примесей (остаток на сите № 100-160) — не допускается;
- в) минеральной примеси во всех видах зерна — не более 0,25 %.

Сырье, поступающее из склада, очищают на воздушно-ситовых сепараторах 1 от органических и минеральных примесей. Отходы, полученные после очистки зернового сырья, не должны содержать более 2 % полезного зерна, учитываются и подлежат уничтожению как некроновые отходы.

Далее сырье поступает на электромагнитный сепаратор 2 для удаления из него металломагнитных примесей. Собранные металломагнитные примеси сдаются в лабораторию, учет их ведется в специальном журнале. Очищенное от примесей зерновое сырье поступает в наддросельные бункеры 3, из которых направляется на дробилки 4 или вальцовый станок 5 для измельчения.

Для равномерной загрузки дробилки рекомендуется устанавливать устройства для ее автоматического регулирования. Размеры отверстий сит в молотковых дробилках подбирают в зависимости от типа перерабатываемой культуры и назначения комбикорма; колеблются от 2 до 8 мм.

Продукты измельчения транспортируются в наддосаторную емкость или же (при необходимости) просеиваются на ситовом сепараторе или на другой просеивающей машине 6. Сход направляется на дробилку для повторного измельчения, проход — в наддосаторный бункер.

Линия шелушения пленчатых культур. Применяется несколько схем шелушения пленчатых культур, снятие пленок в которых осуществляется одним из следующих способов:

- а) измельчение ячменя и овса с последующим отсеиванием пленок;
- б) шелушение овса и ячменя на специальных машинах с отделением пленок.

Схема шелушения на обочных машинах (рис. 5.2). После взвешивания на автоматических весах 1 через подвесной бункер 2 зерно поступает на воздушно-ситовой сепаратор 3, на котором одновременно с очисткой отделяют мелкое и щуплое зерно. Очищенное зерно, пройдя через магнитное заграждение 4, поступает на обочную машину 5 (первый проход), а после нее на аспиратор 6, где выделяются легкие примеси (лузга и мучка). Смесь шелушенных и нешелушенных зерен на триере 7 разделяется на два потока: шелушенные — на автоматические весы 11 для взвешивания; нешелушенные, пройдя через магнитное заграждение 8, поступают на обочную машину 9 (второй проход) для окончательного шелушения. После второго обочного прохода продукты провеивают на аспираторе 10, шелушенное зерно направляется на автоматические весы 11. Эффективность шелушения должна быть не менее 85 %. В основном продукте шелушения допускается содержание клетчатки не более: в овсе — 5,3 %, в ячмене — 3,5 %.

Лузгу и мелкое зерно измельчают и складывают в отдельной емкости для использования при выработке кормовых смесей.

В зависимости от качества овса и ячменя выход основного продукта должен достигать по овсу не менее — 55 %, по ячменю — 80 %.

Схема отделения пленок с использованием дробилок и вальцовых станков (рис. 5.3). Взвешенный на автоматических весах 1 ячмень или овес поступает на сепаратор 2. После

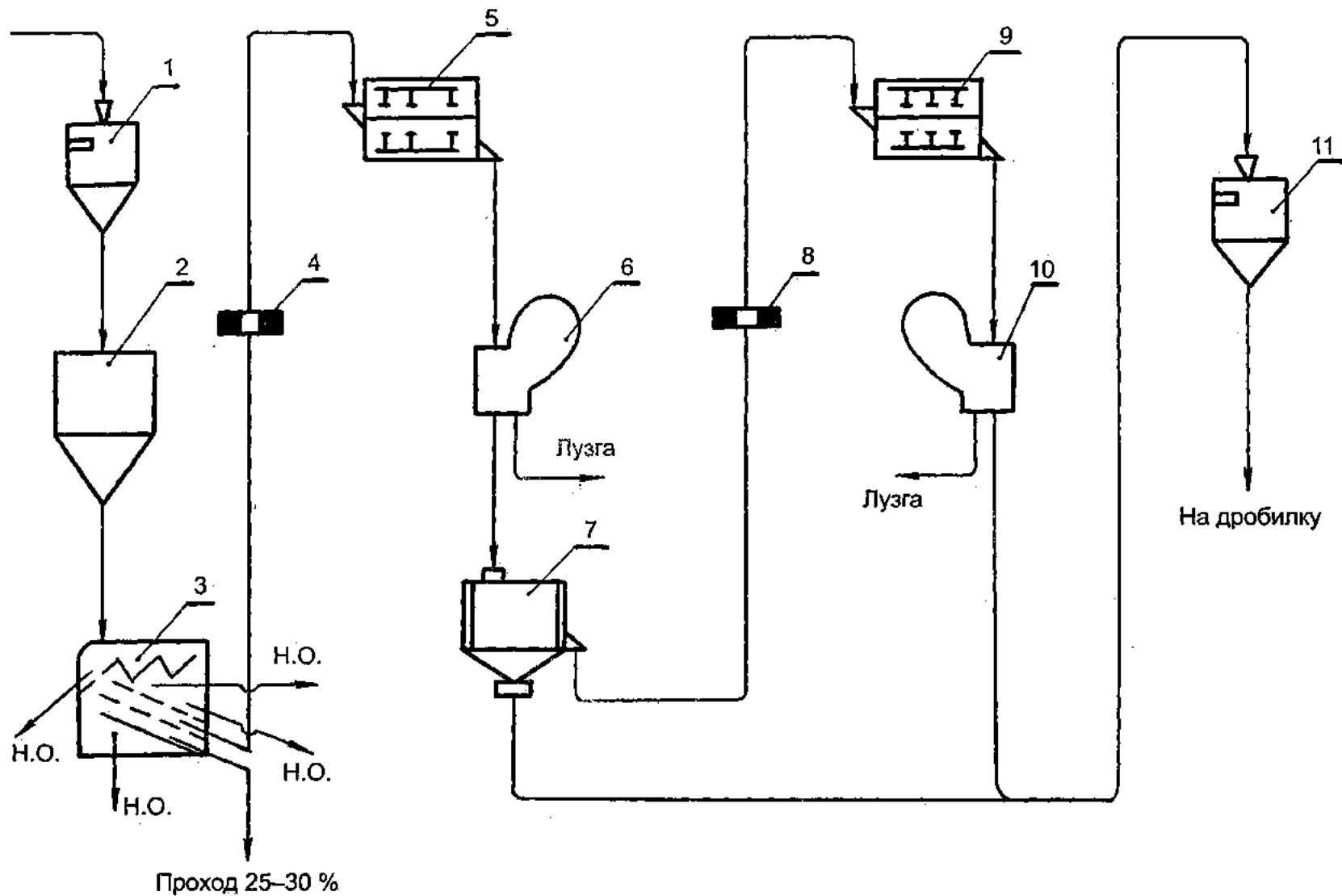


Рис. 5.2. Схема шелушения на обочных машинах:

1, 11 — автоматические весы; 2 — подвесной бункер; 3 — воздушно-ситовой сепаратор;
4, 8 — магнитное заграждение; 5, 9 — обочная машина; 6, 10 — аспиратор; 7 — триер

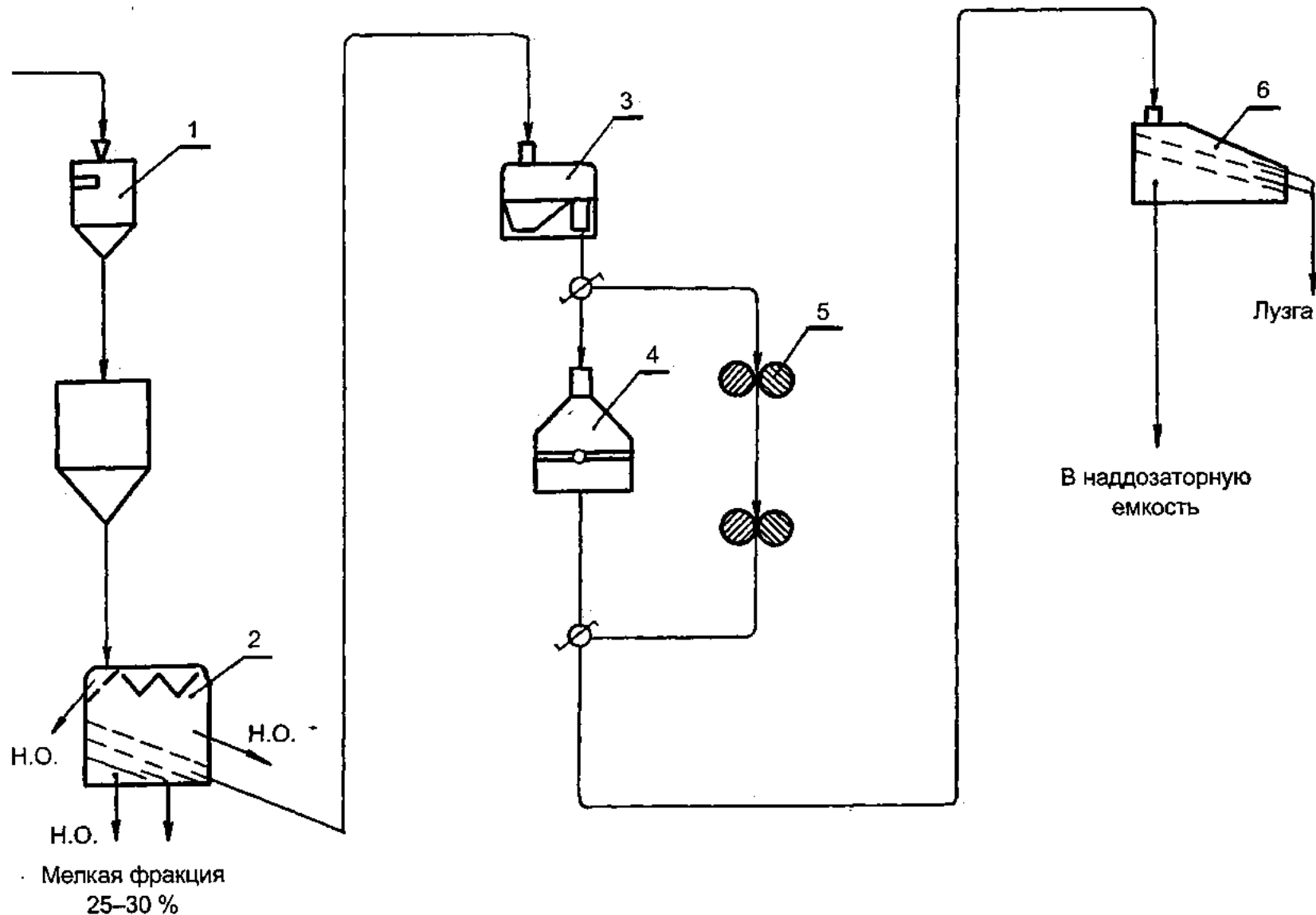


Рис. 5.3. Схема отделения пленок с использованием дробилок и вальцовых станков:
 1 — автоматические весы; 2 — воздушно-ситовой сепаратор; 3 — электромагнитный сепаратор;
 4 — молотковая дробилка; 5 — вальцовый станок; 6 — просеивающая машина

этого зерно, очищенное от посторонних примесей, контролируется на содержание металломагнитных примесей путем пропускания его через электромагнитный сепаратор 3. Очищенный ячмень или овес измельчают на молотковой дробилке 4 (в один проход) или вальцевом станке 5 (в два прохода), на валах которых на 1 см — 4–6 рифлей при угле рифлей 4–5 % и отношении окружных скоростей валков 1:2,5. Продукты измельчения просеивают на просеивающей машине 6, сход которой подают в аспирационную машину для отвеивания лузги от крупитчатых частиц эндосперма. Очищенную крупу направляют на вторичное измельчение. Лузгу используют в комбикормах с повышенным содержанием клетчатки. Проход просеивателя после взвешивания направляется в наддозаторный бункер.

Схема отделения пленок с использованием вальцевого станка и пропеллерных машин (рис. 5.4). После взвешивания на автоматических весах 1 зерно поступает для очистки на воздушно-ситовой сепаратор 2 и проходит через магнитное заграждение 3.

Очищенный овес или ячмень измельчают на вальцевом станке 4. Продукты измельчения просеивают на пропеллерных машинах 5 с ситами $\varnothing 1,5$ мм. Проход пропеллерных машин после взвешивания направляют в наддозаторный бункер 6. Сход машин (лузгу) собирают в бункер 7, из которого ее направляют через магнитное заграждение 8 на дробилку 9. Измельченная лузга по мере ее накопления в бункере 10 используется для выработки кормовых смесей.

Линия мучнистого сырья (рис. 5.5). Линия мучнистого сырья предназначена для очистки от примесей отрубей, мучек, а при необходимости травяной витаминной муки и других мучнистых продуктов, не требующих измельчения. На этой линии допускается производить очистку от примесей сухого жома и барды, маисовых кормов и продуктов пищевых производств. На заводах большой производительности рекомендуется выделять особую линию для очистки продуктов пищевых производств.

Для очистки мучнистого сырья применяются просеивающие машины различных конструкций с полотнами решетными или сетки проволоочной № 18. При выработке комбикормов для промышленных свинокомплексов отруби очищают на ситах, обеспечивающих заданную крупность, сход используют в комбикормах для других рецептов.

Мучнистое сырье из склада направляют для очистки на просеивающую машину 1. Сход — не кормовые отходы, проход — основное сырье — пропускают через электромагнитный сепаратор 2 для отделения металломагнитных примесей и направляют в наддозаторный бункер.

Линия травяной муки (рис. 5.6). Линия предназначена для растаривания, очистки от посторонних и металломагнитных примесей и подачи травяной муки в наддозаторные бункеры. Растаривание муки из мешков осуществляют в шкафах-пылеулавливателях или мешкорастарочных машинах.

Нории, ленточные и цепные транспортеры не приспособлены для подачи травяной муки, так как даже при хорошей герметизации оборудование пылит, и производственные помещения заполняются тонкой травяной пылью. Чтобы избежать этого повсеместно внедряют пневмотранспортные установки для травяной муки.

Подача травяной муки в производство из механизированного склада сырья осуществляется через питатель — горизонтальный приемник типа ОТИ — 1, продуктопровод ($\varnothing 300$ мм) — 2, разгрузитель — 3 (ЦОЛ-6) со шлюзовым затвором Ш-20-4.

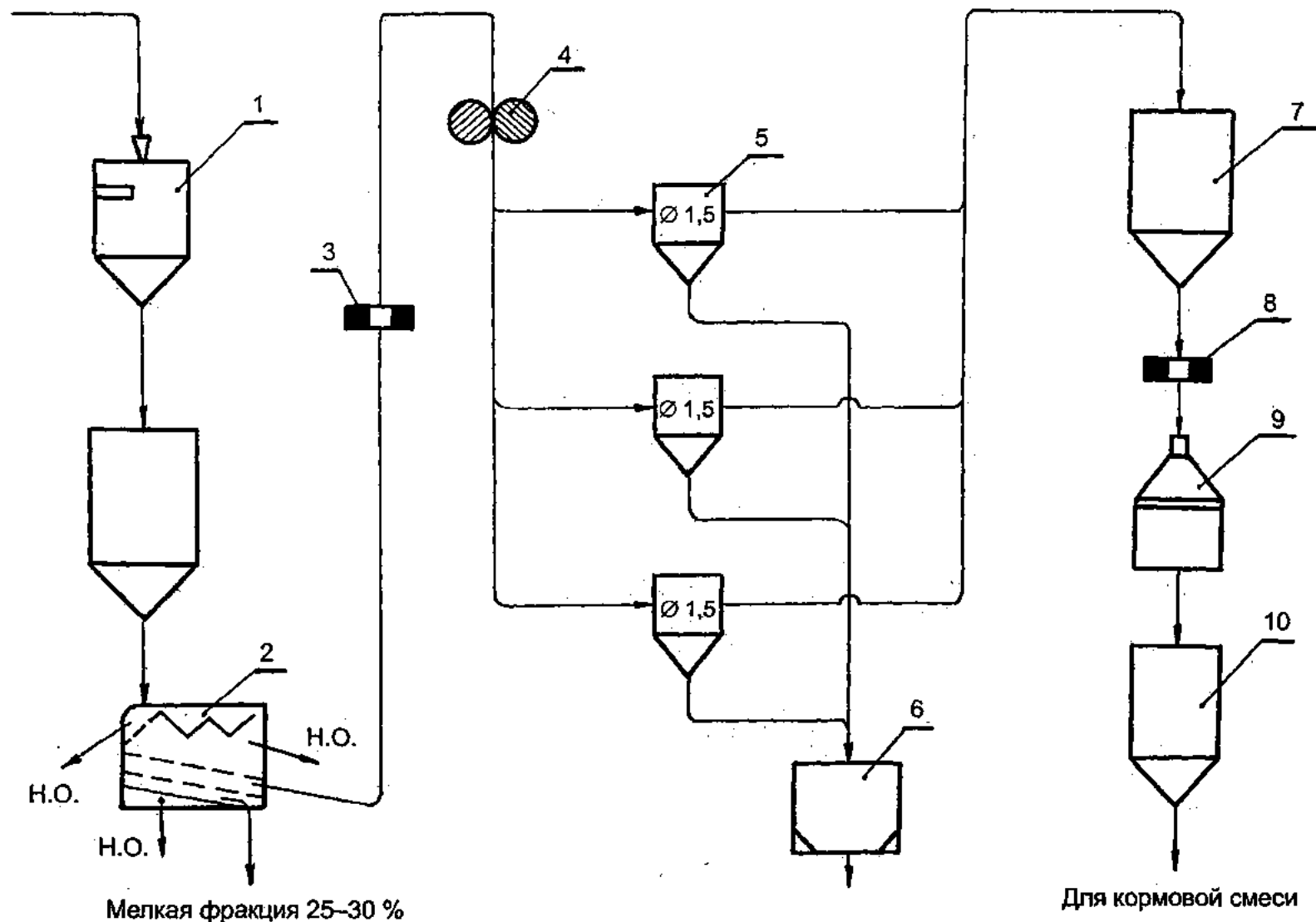


Рис. 5.4. Схема отделения пленок с использованием вальцового станка и пропеллерных машин:

1 — автоматические весы; 2 — воздушно-ситовой сепаратор; 3, 8 — магнитное заграждение;

4 — вальцовый станок; 5 — пропеллерная машина; 6 — наддозаторный бункер;

7 — бункер для лузги; 9 — дробилка; 10 — бункер для измельчения лузги

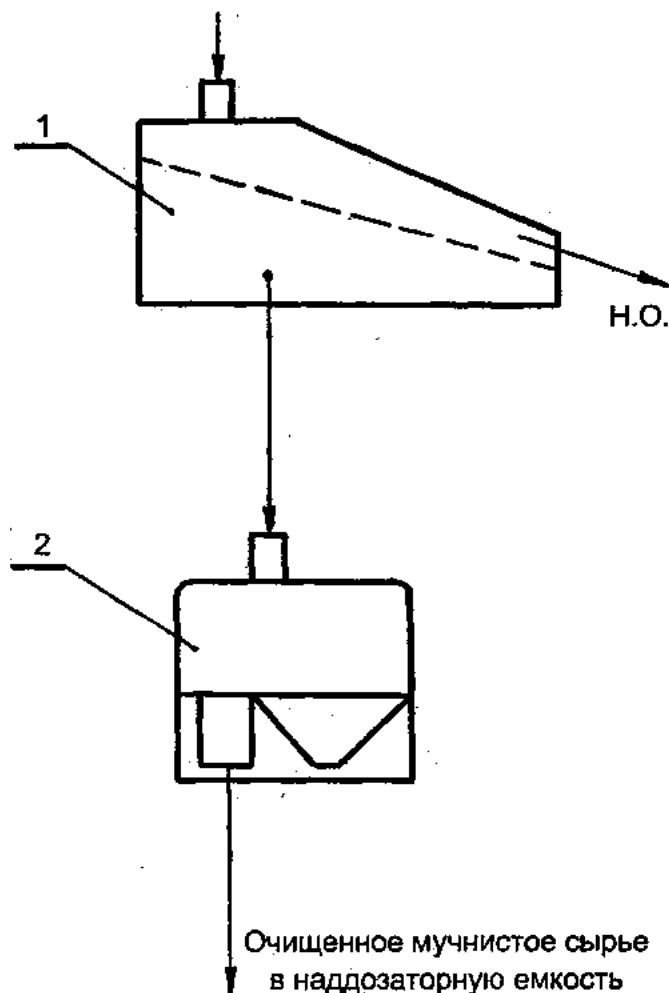


Рис. 5.5. Линия мучнистого сырья:
1 — просеивающая машина; 2 — электромагнитный сепаратор

Пневмотранспортная установка оборудуется вентилятором 7 высокого давления ЦВ-18 № 8 с частотой вращения 2500 об/мин, скоростью воздуха 18 м/с и напором 1400 кг/м². Травяная мука из разгрузителя направляется на очистку. Очистку травяной муки от случайных примесей производят на просеивающих машинах (типа А1-АКМ, А1-ДМП-20, А1-БПК, бурат и другие), в которых устанавливают полотна решетные — тип 1 № 100 или сетки проволочные № 8. Для выделения металломагнитных примесей применяют магнитные колонки или электромагнитные сепараторы 6.

Очистка воздуха после разгрузителей производится на батарейной установке циклонов 8 (УЦ-500 — 2 × 3).

Мука гранулированная из силосов может подаваться для подготовки в зависимости от производительности завода на линию зернового сырья; на линию предварительного дозирования и смешивания зернового, гранулированного и др. крупнокускового сырья, требующего измельчения; на линию мучнистого сырья, с установкой в линии дробилки; на линию кормовых продуктов пищевых производств.

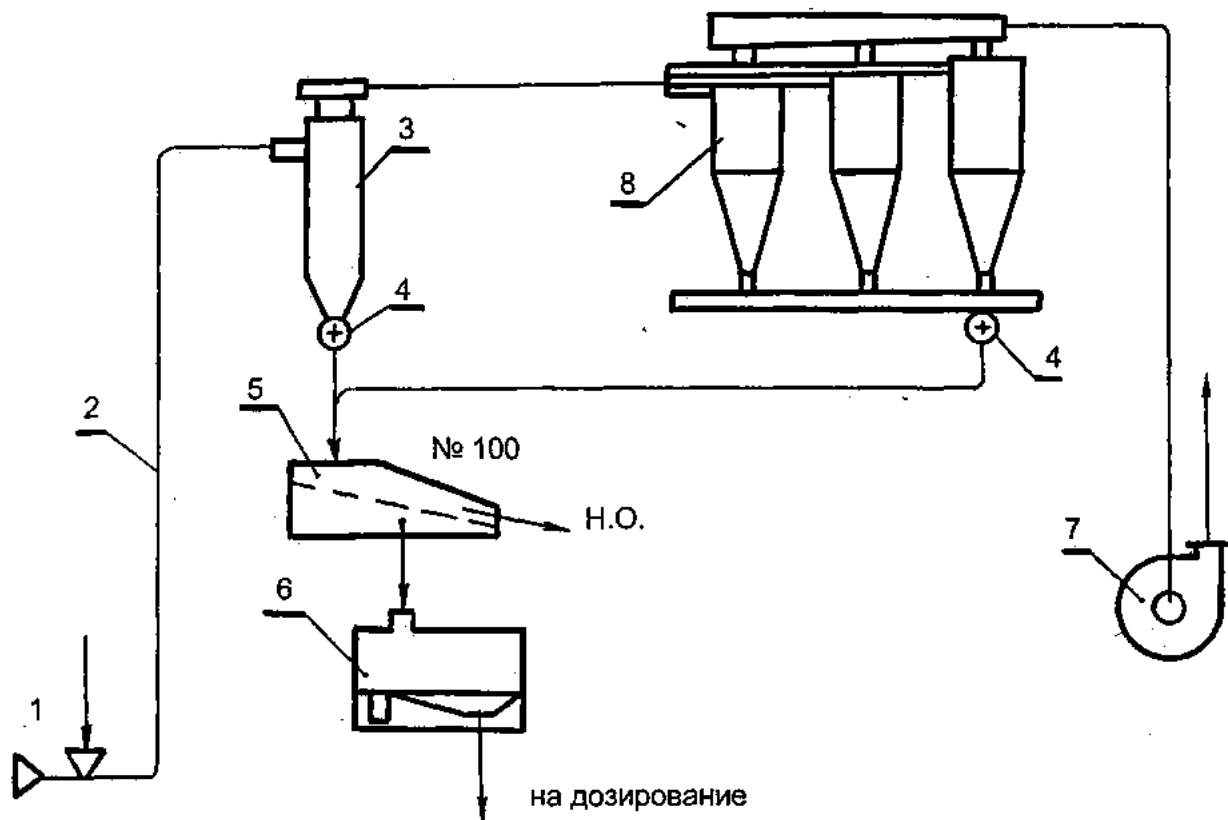


Рис. 5.6. Линия травяной муки:

- 1 — горизонтальный приемник типа ОТИ; 2 — продуктопровод; 3 — разгрузитель;
 4 — шлюзовый затвор; 5 — просеивающая машина; 6 — электромагнитный сепаратор;
 7 — вентилятор высокого давления; 8 — циклон

Линия кормовых продуктов пищевых производств — КППП (рис. 5.7). На линии кормовых продуктов пищевых производств и кормов животного происхождения очищают, сортируют и измельчают следующие виды сырья: жом сушеный, барду сушеную, кукурузные сухие корма, жмыхи, полученные на шнековых прессах, мясокостную, кровяную, мясную, рыбную и китовую муку, сухие кормовые дрожжи, а также сухие морские водоросли и др.

Сырье очищают и сортируют на ситовых сепараторах с двумя ситами, встряхивателях и других просеивающих машинах А1-ДМП-20, А1-ДМП-15 и др. Для отделения крупных примесей устанавливают полотна решетные № 150–200 или сетку № 14–18, сход с которых направляют в отходы. В них не должно быть более 2 % годного продукта. В сортировочные рамы устанавливают полотна решетные № 30–60 или сетку № 2,5–5. Проход через сито и измельченные сходы объединяют и направляют на дозирование. При сортировании жмыхов, полученных на шнековых прессах, сход направляют на дробилку.

Все исходные продукты просеивают на ситовом сепараторе 1. Крупную фракцию через электромагнитный сепаратор 2 направляют для измельчения на молотковую дробилку 3. Продукты измельчения вместе с проходом сита направляют в наддозаторный бункер.

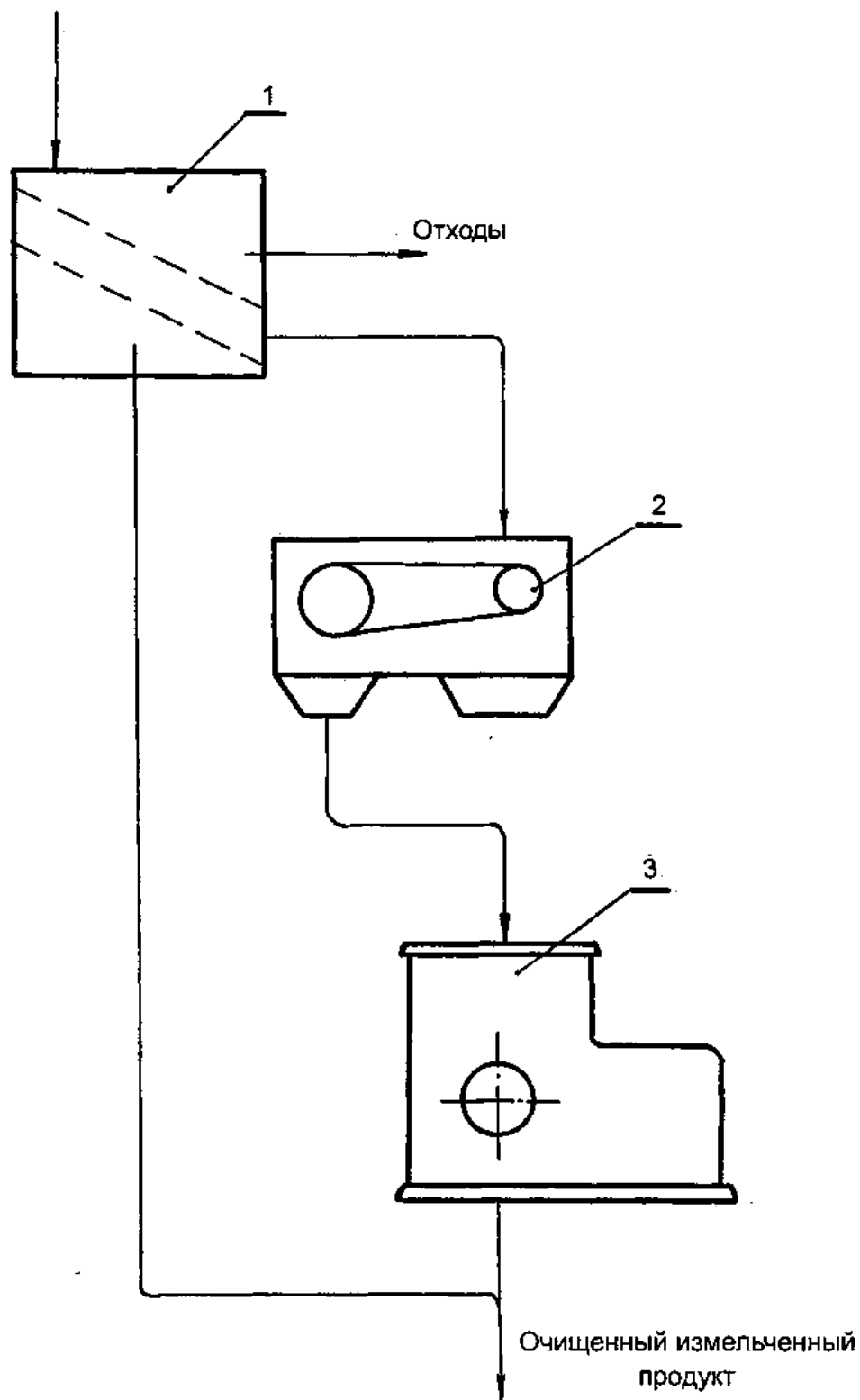


Рис. 5.7. Линия КППП:

1 — ситовой сепаратор; 2 — электромагнитный сепаратор; 3 — молотковая дробилка

Линия шротов (рис. 5.8). Линия предназначена для очистки от посторонних и металломагнитных примесей и измельчения шротов.

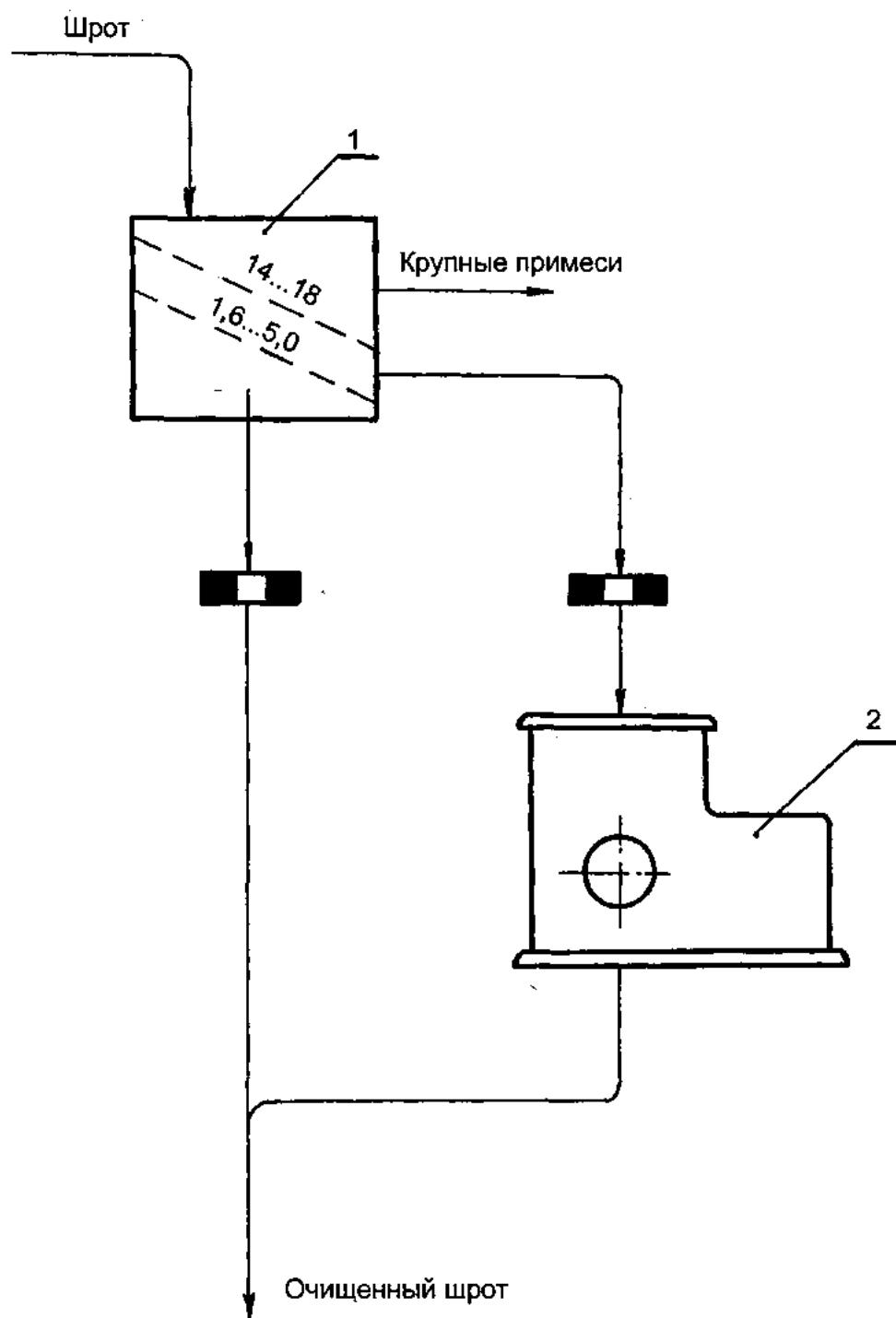


Рис. 5.8. Линия шротов:
1 — просеивающая машина; 2 — дробилка

Очистку и сортирование шротов производят на просеивающих машинах 1 типа Д1-ДМП-20, в которых устанавливают две ситовые рамы: верхняя с полотном решетным тип I № 150–200 или сеткой проволочной № 14–18, нижняя с полотном решетным № 20–60 или сеткой проволочной № 1,6–5. Сходовую фракцию верхних рам направляют в некормовые отходы. Сходовую фракцию сортировочных рам измельчают на молотковой дробилке 2, объединяют с проходом сит и направляют в наддозаторные бункеры. На молотковых дробилках устанавливают сита, обеспечивающие требуемую стандартом крупность размола на вырабатываемую продукцию.

Линия прессованных и крупнокусковых продуктов (рис. 5.9). Линия прессованных и крупнокусковых продуктов предназначена для дробления и очистки от металломагнитных примесей кукурузы в початках, жмыхов в виде плиток и других кормов, поступающих в гранулированном, брикетированном и кусковом виде. Эти продукты сначала дро-

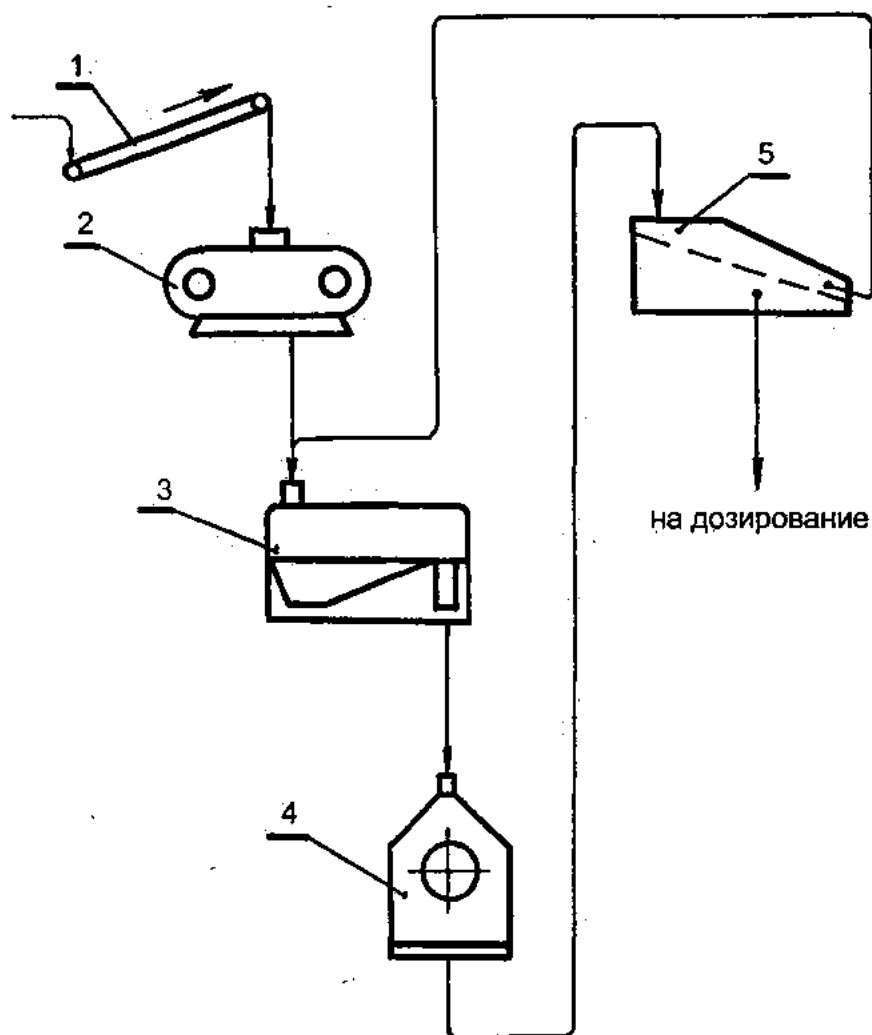


Рис. 5.9. Линия прессованных и крупнокусковых продуктов:

- 1 — наклонный транспортер; 2 — жмыхоломач; 3 — электромагнитный сепаратор;
4 — дробилка; 5 — просеивающая машина

бят в жмыхоломаче или камнедробилке до частиц размером не более 20–30 мм. Окончательно измельчают на молотковых дробилках.

Плитки жмыха по наклонному транспортеру 1 поступают в жмыхоломач 2, где подвергаются грубому дроблению. Металломагнитные примеси улавливают электромагнитом 3. Пройдя электромагнит, дробленный жмых подвергается мелкому измельчению на молотковой дробилке 4.

Измельченный жмых после дробилки просеивают на просеивающей установке 5, на которой устанавливают полотна решетчатые тип 1 № 20–60 или сетки проволочные № 1,6–5. Проход направляют в наддозаторные бункеры, сход возвращается на дробилку 4 для измельчения. Сырье, поступающее в гранулированном виде, очищают от металломагнитных примесей и для измельчения направляют непосредственно на молотковые дробилки, в т. ч. на дробилки зерновой линии.

Линия обработки затаренного сырья (рис. 5.10). На линии производят растаривание сырья, поступающего в мешках (сухого молока, кормового фосфата, костной муки, кормовых аминокислот — кермолизина, метионина) и другого мелкодисперсного сырья, не требующего измельчения, очистку от посторонних и металломагнитных примесей и подачу в наддозаторные бункеры. Для транспортирования сырья рекомендуется применять пневматический транспорт.

Растаривание сырья из мешков осуществляется в растарочных машинах типа У1-ДРМ, У21-ДЛР или шкафах-пылеуловителях 1 типа А1-БПС, А1-БПСШ. Очистку от посторонних примесей производят на просеивающей машине 2, А1-ДМП, А1-ДМП-20, А1-ДОМ, бурат и др., в которых устанавливают полотно решетчатое тип 1 № 100 или сетку проволочную № 8. Выделение металломагнитных примесей производят на магнитных колонках со статическими магнитами или электромагнитных сепараторах 3.

Линия подготовки поваренной соли (рис. 5.11). Линия предназначена для сушки, измельчения и просеивания соли. Сушку проводят для улучшения технологических свойств соли, если ее влажность превышает 0,5 %. Для сушки соли применяют специальные сушилки барабанного типа, пневмотрубу и др. Выделение металломагнитных примесей осуществляют на магнитных колонках со статическими магнитами. Просеивание соли осуществляется на просеивающей машине 1 (тип А1-ДСМ) с сеткой проволочной № 1. Сходовую фракцию соли измельчают на молотковой дробилке 2 на ситах с отверстиями Ø 2–3 мм.

При сушке соли в пневмотрубе с одновременным измельчением просеивание соли не требуется.

Линия подготовки мела и другого минерального сырья. Линия предназначена для подсушивания, измельчения и просеивания мела и других минеральных кормовых средств. Сушке подлежит мел, если его влажность превышает 10 %.

Минеральные корма сушат на барабанных, шнековых сушилках или пневмотрубах, установленных в отдельных помещениях или складах (рис. 5.12).

Минеральное сырье (поочередно) ленточным транспортером 1 подается на камнедробилку 2 (С-218) для дробления до размеров частиц около 10 мм. Дробленный продукт поступает в бункер 3, из которого при необходимости направляется в сушилку 4. Затем сырье взвешивают на ковшовых весах 5 и направляют в бункер 6, из него на просеиватель — 7.

Мел, ракушечную крупу, имеющие крупность выше допустимых нормативно-технической документацией норм, подвергают измельчению на молотковых дробилках, в кото-

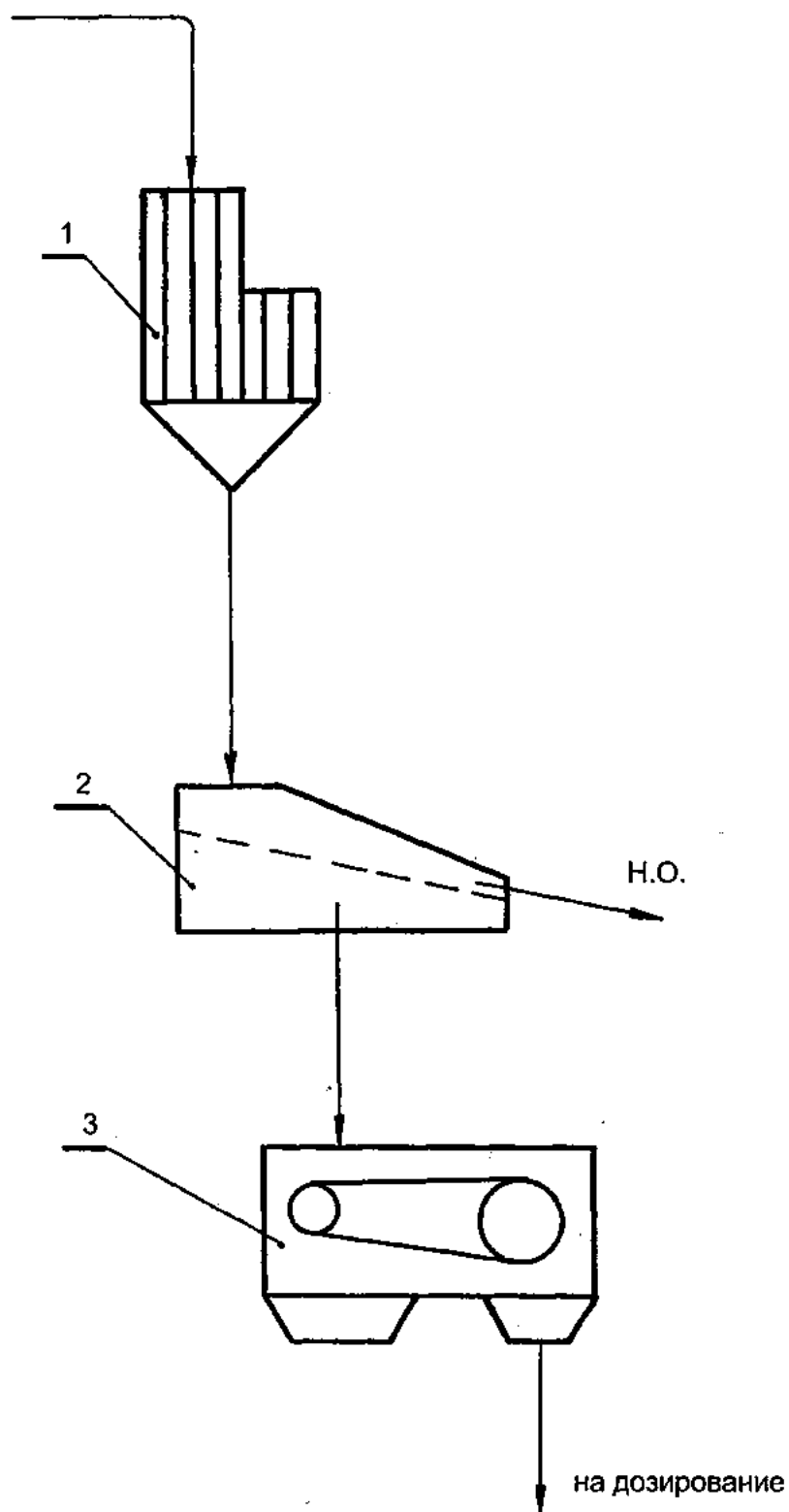


Рис. 5.10. Линия обработки затаренного сыря:
 1 — пылеуловитель; 2 — просеивающая машина; 3 — магнитное заграждение

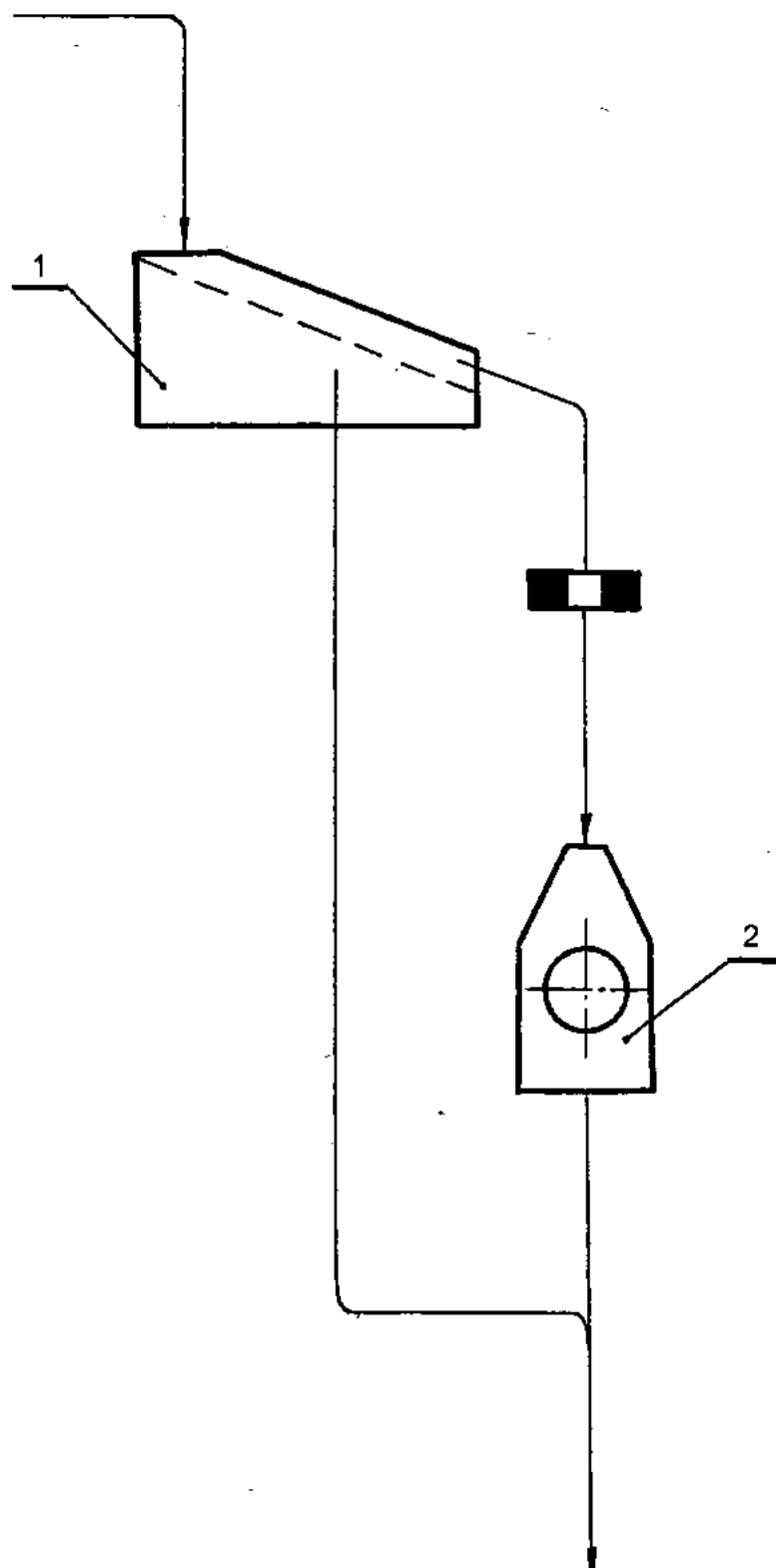


Рис. 5.11. Линия подготовки соли:
1 — просеивающая машина; 2 — дробилка

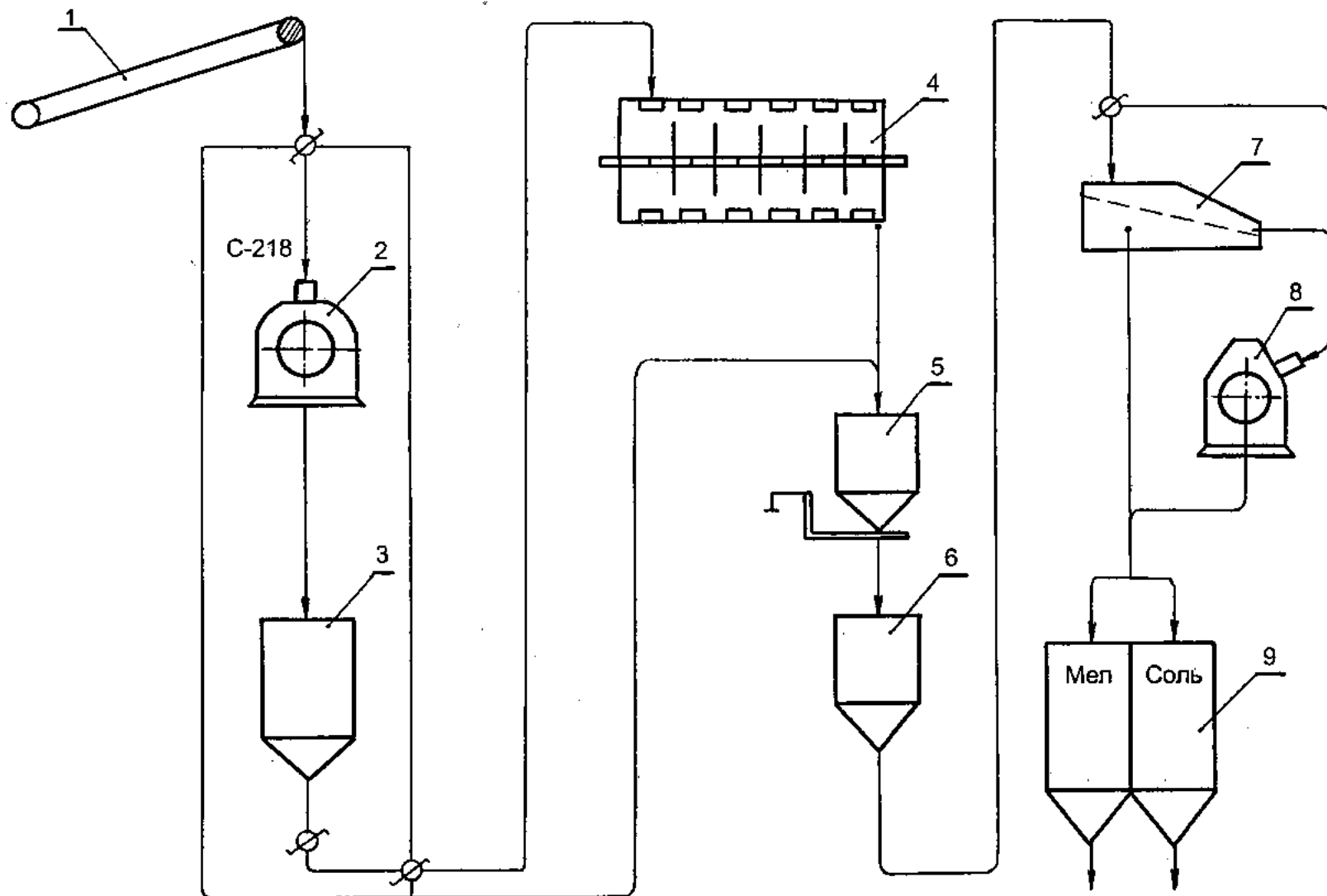


Рис. 5.12. Линия подготовки мела и другого минерального сырья:

- 1 — ленточный транспортер; 2 — камнедробилка; 3 — бункер для дробленого продукта; 4 — сушилка;
 5 — ковшовые весы; 6 — бункер для просушенного продукта; 7 — просеивающая машина; 8 — дробилка;
 9 — бункеры для подготовленных соли и мела

рых устанавливают сита с отверстиями диаметром 6–8 мм. Минеральное сырье просеивают на машине типа А1-ДСМ с сеткой проволочной № 3,5 или полотном решетным — тип 1 № 40. Проходовую фракцию направляют в наддозаторные бункеры, сходовую — в измельчающую машину 8, а затем объединяют с проходовой фракцией и направляют в бункеры. При производстве комбикормов для крупных животноводческих комплексов применяют полотно решетное № 20 или сетку проволочную № 1,6. Известняковую муку, удовлетворяющую требованиям и нормам по крупности (остаток на сите с отверстием \varnothing 1 мм — не более 5 %) и влажности (не более 1,5 %) подвергают контрольному просеиванию на машине с сеткой проволочной № 3,5 или полотном решетным тип 1 № 40 и очистке от металломагнитных примесей.

Линия ввода премиксов. Обогащение комбикормов и БВД производится введением в их состав премиксов. Премиксы растаривают, подают по отдельной линии в наддозаторный бункер и вводят в состав комбикормов согласно рецепту. Ввод премикса в белково-витаминные добавки осуществляют с учетом будущего соотношения БВД и зерна при производстве комбикормов в хозяйствах. Например, для производства комбикормов используется 20 % БВД, что составляет одну пятую часть, следовательно, в БВД необходимо вводить 5 % премикса однопроцентной концентрации, или 50 кг на 1 т БВД.

Ввод жидких видов сырья. Одним из путей увеличения биологической эффективности комбикормов является применение в комбикормах жидких видов сырья: мелассы, жиров, гидрола, кукурузного экстракта, фосфатидов, рыбного экстракта. Использование жидкого сырья в производстве комбикормов обусловлено их высокой питательностью, хорошей усвояемостью и наличием биологически активных веществ.

При производстве комбикормов наиболее широко применяются меласса и жир. Они повышают вкусовые и питательные качества комбикормов. В брикетированных комбикормах меласса является, кроме того, веществом, связывающим частицы при прессовании.

Мелассные установки состоят из приемного устройства, мелассохранилища 200; 200 × 2; 500; 500 × 2 м³, насосной станции, трубопроводов и котельной установки.

Линию жидких видов сырья оборудуют устройствами для подогрева, перекачивания, очистки, учета расхода, дозирования и ввода в комбикорма. Дозирование жидких компонентов осуществляется насосами, установленными в комплекте с расходомерами.

При наружном способе хранения мелассохранилище представляет собой металлические баки цилиндрической формы, расположенные поблизости от приемного устройства (рис. 5.13). Цистерны, подлежащие разгрузке, подают к эстакаде, меласса из цистерны сливается в подземный резервуар вместимостью 50 т.

При подземном способе хранения мелассу помещают в железобетонные резервуары, расположенные под землей или в подвале складского помещения (рис. 5.14). Слив мелассы из цистерн осуществляется самотеком по желобам непосредственно в резервуары для хранения. Из этих резервуаров меласса перекачивается в производственный корпус при помощи насосов.

При использовании мелассы в производстве комбикормов создаются определенные трудности в связи с тем, что ее температура застывания +16 °С. Будучи вязкой, труднотекучей жидкостью, меласса свободно течет по трубопроводам при температуре +50–60 °С. Эта температура является оптимальной, при ней меласса сохраняет свои качества и хорошо поддается как транспортированию по трубопроводам, так и разбрызгиванию через форсунки в

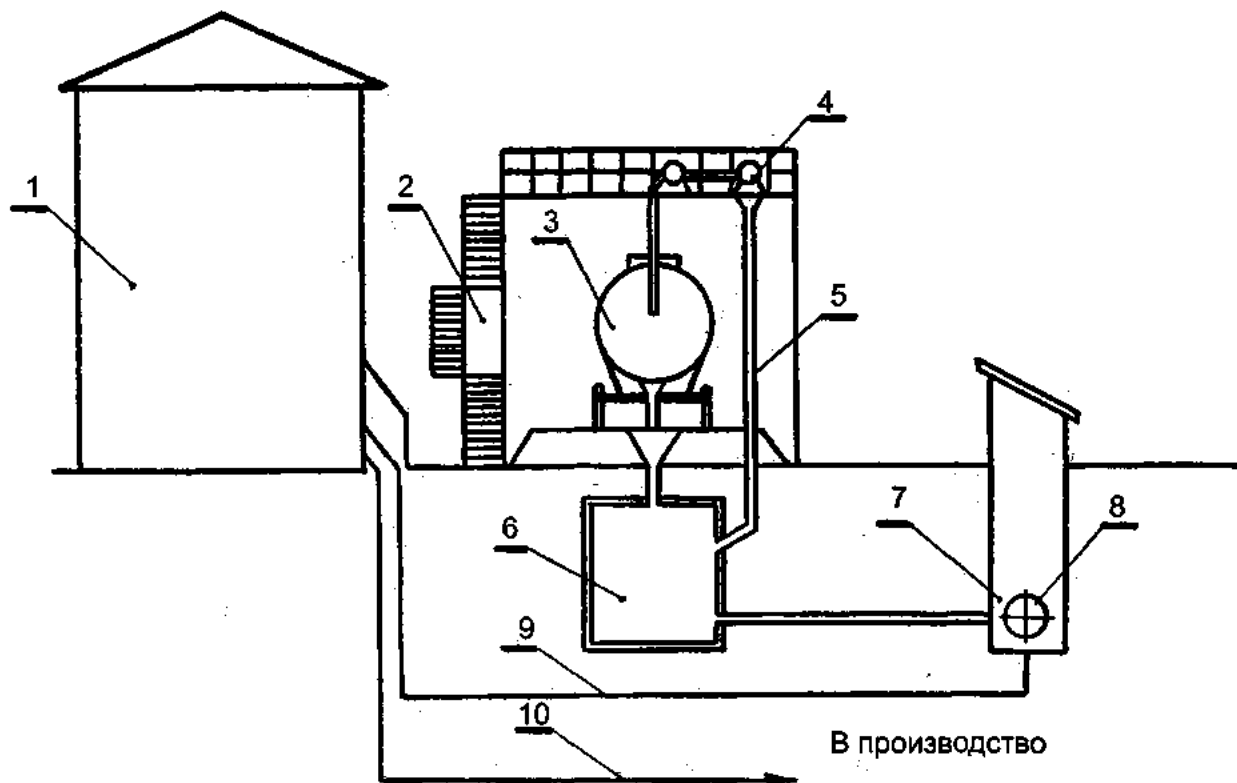


Рисунок 5.13 – Наружный способ хранения мелассы:

1 — мелассохранилище; 2 — эстакада; 3 — железнодорожная цистерна; 4, 8 — насос; 5 — слив мелассы; 6 — приемный резервуар; 7 — насосная станция; 9, 10 — мелассопровод

смеситель. Повышение температуры ведет к нежелательным последствиям: при температуре больше $+60-70^{\circ}\text{C}$ начинается карамелизация сахара, находящегося в мелассе, в результате чего забиваются фильтры, форсунки и трубопроводы. Приемные устройства для мелассы, хранилища и линии подачи в производство должны быть оборудованы подогревом. Для подогрева используют пар давлением до $3 \cdot 10^3$ Па. Оборудование для мелассирования комбикормов находится в производственных помещениях (рис. 5.15).

Мелассу, поступающую на предприятие, сливают в приемный бак 1. В производственном корпусе перед расходным баком устанавливают решетку с отверстиями диаметром 4–6 мм для улавливания крупных случайных примесей. Из приемного бака мелассу насосом 2 подают в подогреватель 3. Для подогрева бак оборудуют змеевиками, в которых должна циркулировать горячая вода. Подогретая меласса насосом-дозатором НД-4 нагнетается в смеситель 11 через распылитель 9. Перед подачей в смеситель жидкие компоненты повторно очищают в фильтрах-ловушках 6 на сетках проволочных с ячейками $0,8 \times 0,8$ мм или $1,0 \times 1,0$ мм. Излишек возвращается по сливному трубопроводу 5 в подогреватель. Меласса, поступающая в смеситель, фиксируется расходомером 8 и регулируется вентилем 7. Количество комбикорма, поступающего в смеситель, регулируют питателем 10, который заблокирован с насосом 4.

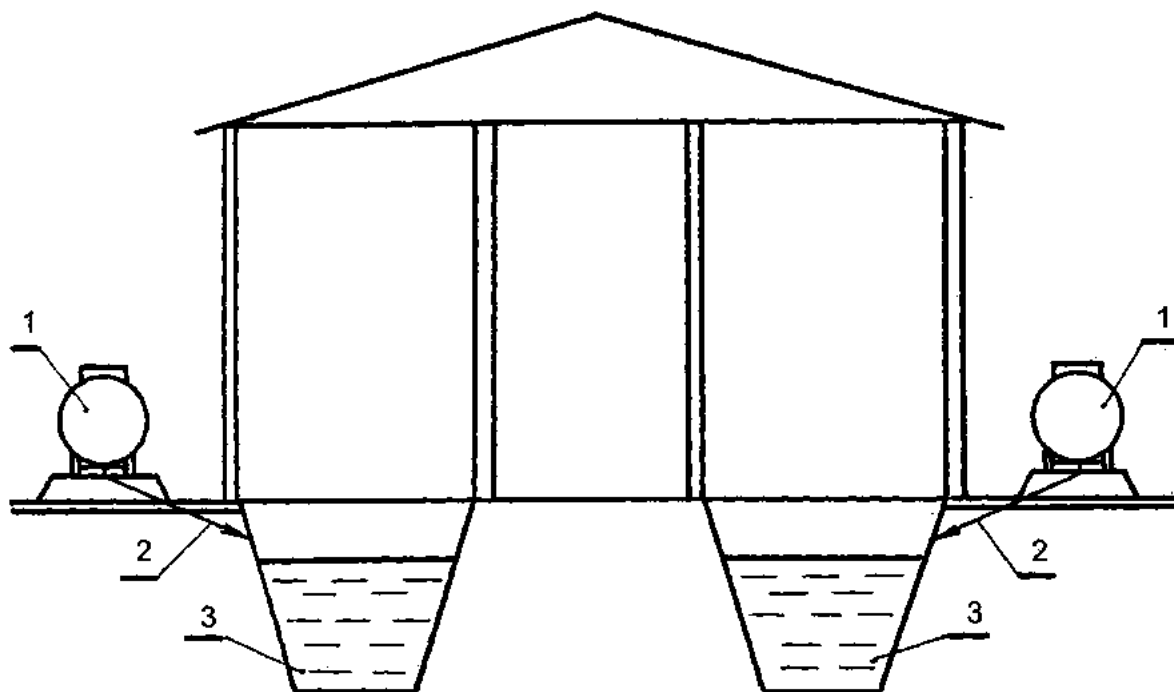


Рис. 5.14. Подземный способ хранения мелассы:

1 — железнодорожная цистерна; 2 — сливные желоба; 3 — резервуары для хранения

При весовом дозировании и порционном смешивании для дозирования мелассы можно устанавливать мерные бачки, при помощи которых взвешивается или отмеривается порция мелассы на 1 порцию смешиваемых компонентов комбикормов.

Для мелассирования рассыпных комбикормов широко используется агрегат ДАЖ.

Линия приема, складирования и ввода в комбикорма жира и фосфатидного концентрата. Фосфатидный концентрат во флягах перед использованием помещают в тепловую ванну или загружают в ванну с горячей водой. При нагреве до температуры 50–60 °С он разжижается, после чего выливают в расходный бак с жиром и перемешивают.

В расходном баке жир или смесь жира с фосфатидным концентратом нагреваются до температуры 70–80 °С.

Для предотвращения засорения насосов, контролирующих приборов и форсунок в линии рекомендуется устанавливать фильтры грубой и тонкой очистки.

Дозирование жира, смеси жира с фосфатидным концентратом осуществляют насосами, установленными в комплекте с расходомерами.

При весовом дозировании, порционном смешивании для дозирования жидких компонентов возможно устанавливать весы с емкостью или мерные бачки, при помощи которых взвешивается или отмеривается порция жидкого компонента на одну порцию смешиваемых компонентов комбикорма. Жир кормовой, фосфатидный концентрат вводят в основной смеситель при смешивании всех компонентов комбикорма, в готовый комбикорм с применением специальных агрегатов (например, Б6-ДСЖ), в пресс-гранулятор при гранулировании и путем нанесения их на поверхность гранулированного комбикорма в специальных установках (рис. 5.16).

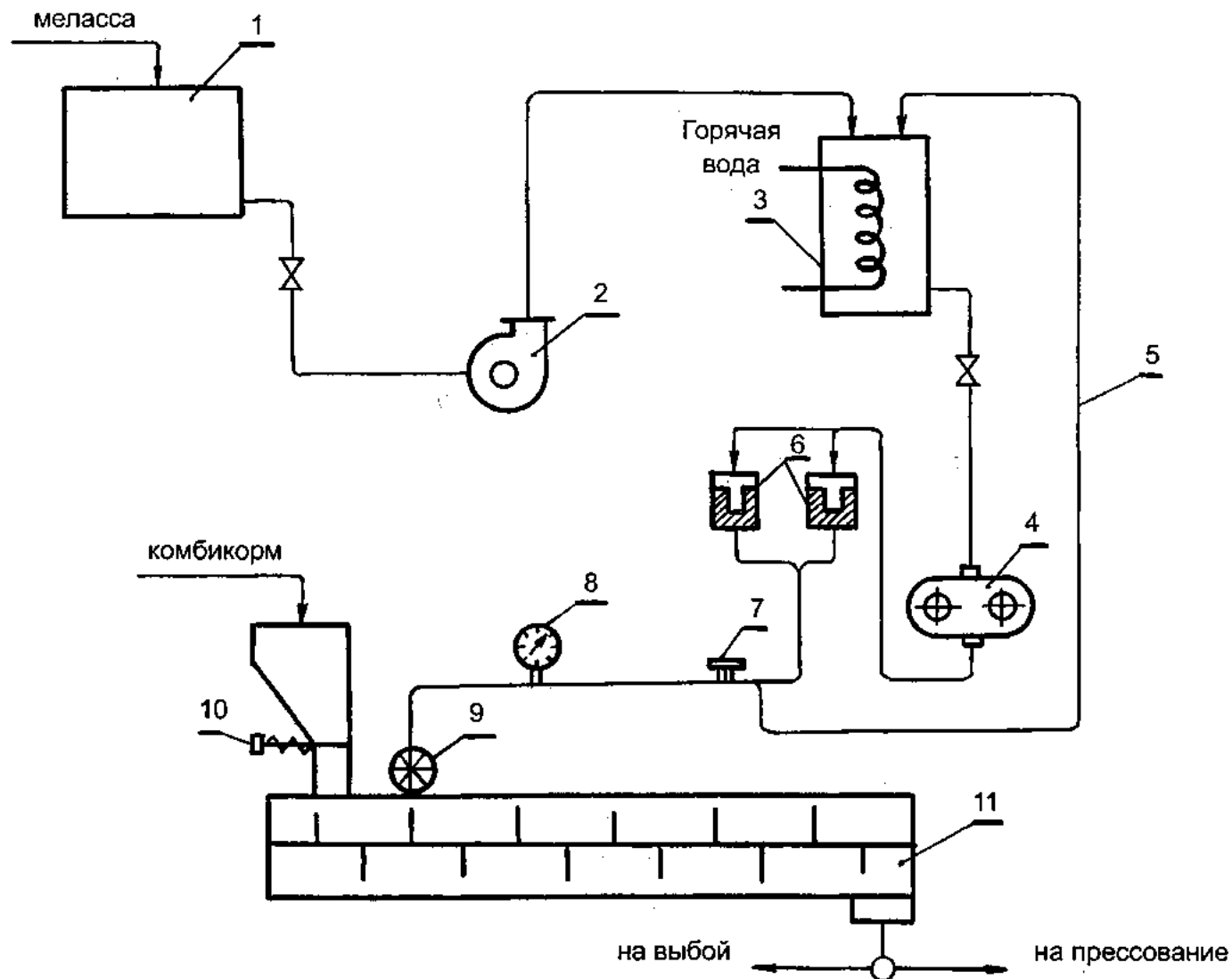


Рис. 5.15. Линия мелассирования комбикормов:

- 1 — приемный бак; 2 — насос; 3 — подогреватель; 4 — насос-дозатор НД; 5 — сливной патрубок;
 6 — фильтр-ловушка; 7 — регулировочный вентиль; 8 — расходомер; 9 — распылитель;
 10 — питатель комбикормов; 11 — смеситель

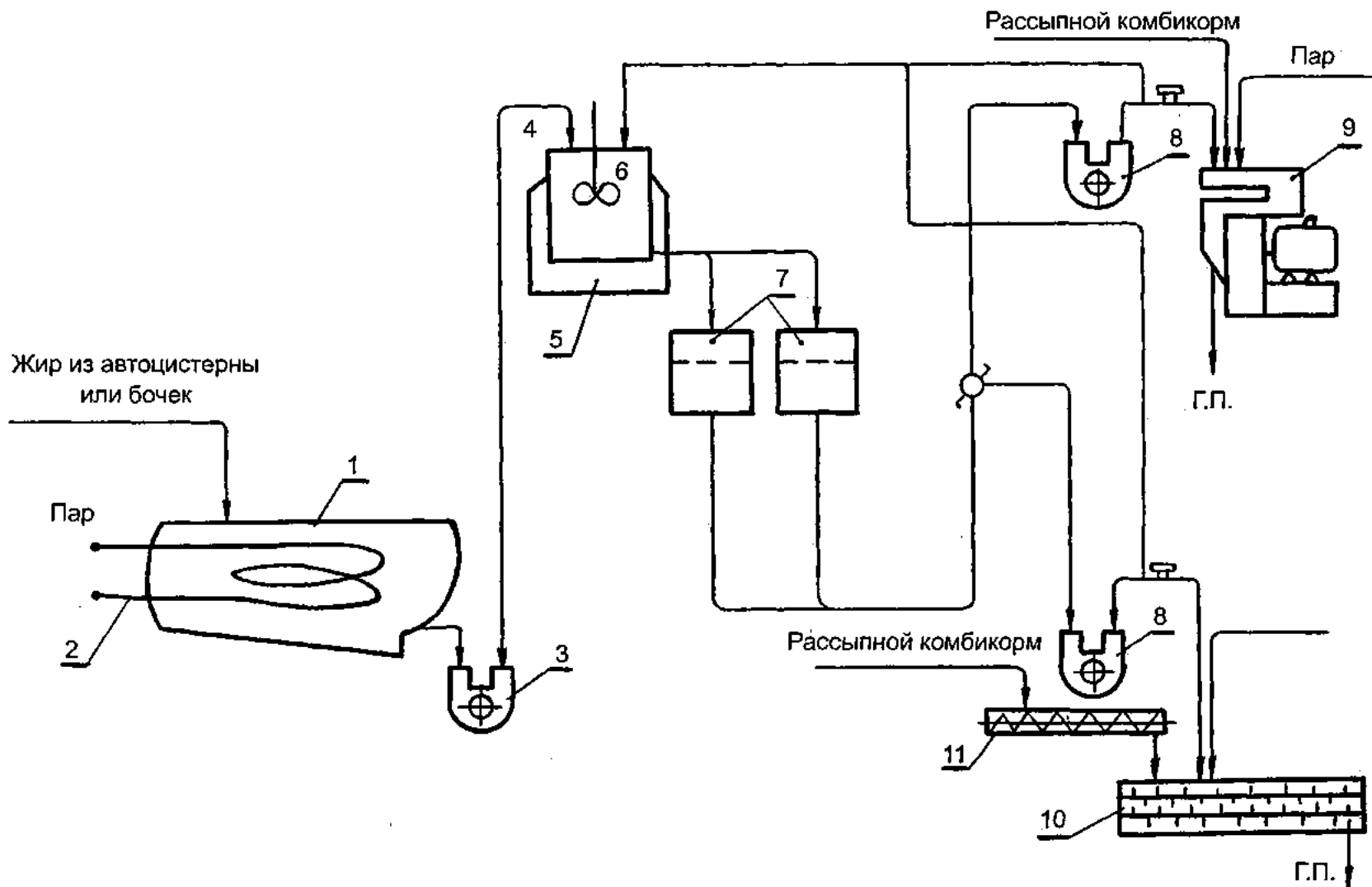


Рис. 5.16. Установка Б6-ДСЖ

1 — накопительный бак; 2 — трубчатый подогреватель; 3, 8 — насос-дозатор; 4 — расходный бак; 5 — паровая рубашка; 6 — мешалка; 7 — фильтр-ловушка; 9 — пресс-гранулятор; 10 — смеситель;

Жир из автоцистерны или бочек заливают в накопительную емкость, оборудованную подогревателем 2, насос-дозатором 3 жир подается в расходный бак 4, имеющий паровую рубашку 5 и мешалку 6.

Жир можно также подавать в пресс для обогащения гранулированных комбикормов. Введение жира в количестве до 3 % позволяет снизить расход электроэнергии в среднем на 2 % и увеличить производительность пресса в среднем на 30 %.

Жидкие компоненты вводят при выработке комбикормов в производственном цехе или при отпуске готовой продукции на транспорт. Для этой цели на заводе должны быть отдельные линии.

Линию жидких видов сырья оборудуют устройствами для приема, резервуарами для хранения, устройствами для подогрева, перекачивания, очистки, учета расхода, дозирования и ввода в комбикорма.

Подогрев мелассы производят до температуры не выше 70 °С. При перегреве произойдет карамелизация — необратимый процесс. Подогрев кормового животного жира и фосфатида производится до температуры 50–70 °С. Гидрол и лизин не требуют подогрева.

Линия ввода нетрадиционных жидких добавок и воды в комбикорма. К нетрадиционным жидким добавкам можно отнести бишофит, растворы солей и др. Кормовой бишофит представляет собой маслянистую жидкость желтоватого цвета без определенного запаха. Содержание сухих веществ в продукте составляет 37,8 %. Основная часть сухих веществ приходится на хлорид магния (94,1 %). Содержание кальция в растворе составляет 12,0 г/л, или 2,4 % от сухих веществ. Плотность при температуре +20 °С составляет 1,314 г/см³, вязкость при температуре 0 °С — 0,02 Пас, температура замерзания — -20–30 °С.

Количество бишофита, вводимого в комбикорма, колеблется в интервале 0,1–3,0 %.

При вводе малых доз (0,1–0,3 %) предварительно готовится водный раствор бишофита, при этом количество добавляемой воды составляет 0,5–0,9 %, в зависимости от величины процента ввода бишофита. Ввод бишофита в количестве 1,0 % и более осуществляется в чистом виде, без предварительного смешивания с водой.

Технологическая схема линии предусматривает выполнение следующих операций:

- ♦ прием и хранение бишофита;
- ♦ приготовление водного раствора бишофита;
- ♦ дозирование бишофита или его водного раствора и ввода в комбикорма.

Доставка бишофита на комбикормовые заводы может осуществляться в железнодорожных, автомобильных цистернах и цистернах-прицепах.

Поступивший на завод бишофит сливают в резервуар приема жидких добавок.

Из емкости для хранения бишофит насосом подают в расходную емкость производственного корпуса, оборудованную мешалкой, используют при приготовлении водных растворов бишофита.

Дозирование бишофита или его водных растворов осуществляется насос-дозатором или насосом с электромагнитными или поплавковыми расходомерами.

Для удаления примесей в трубопроводах бишофита и воды устанавливают сетчатые фильтры и грязевики.

Ввод бишофита в комбикорм осуществляют в пресс-грануляторе или смесителе.

Распыление бишофита в смесителях осуществляется с помощью центробежных форсунок для равномерного распределения бишофита в комбикорме.

Технология ввода воды обеспечивает увлажнение комбикорма до максимальных по ГОСТу значений, сокращение потерь за счет снижения пылевывделений и увеличение выхода готовой продукции без снижения качества.

Линия включает расходный бак емкостью 400 л, оборудование для подвода воды к смесителю, грязевики и сетчатые фильтры для удаления примесей, а также насос с расходом или насос-дозатор.

Ввод воды в смеситель осуществляется с помощью центробежных форсунок.

§4. Технологический процесс производства комбикормовой продукции

В зависимости от вида вырабатываемой продукции, которая, в свою очередь, предназначена для определенных видов и половозрастных групп животных, на предприятиях, производящих комбикормовую продукцию, применяются следующие технологические процессы:

1. Технологический процесс производства рассыпных комбикормов для основного взрослого поголовья сельскохозяйственной птицы, свиней, крупного рогатого скота, овец, лошадей, кроликов, рыб, дичи.

2. Технологический процесс производства гранулированных комбикормов для основного взрослого поголовья скота и птицы.

3. Технологический процесс производства комбикормов для поросят 9–42 дней, телят 10–75 дней, содержащихся в крупных животноводческих комплексах.

4. Технологический процесс производства комбикормов для цыплят в возрасте 1–4 дней.

5. Технологический процесс производства комбикормов для пушных зверей.

6. Технологический процесс производства комбикормов для собак.

7. Технологический процесс производства комбикормов для ценных пород рыб.

8. Технологический процесс производства комбикормов для лабораторных животных.

9. Технологический процесс производства белково-витаминных добавок для сельскохозяйственных животных.

10. Технологический процесс производства премиксов.

Технологический процесс производства рассыпных комбикормов для основного взрослого поголовья скота и птицы наиболее распространен и реализован на большинстве комбикормовых предприятий с применением оборудования, выполняющего основные технологические операции: очистку сырья, измельчение, дозирование, смешивание.

Технологический процесс производства гранулированных комбикормов осуществляется при наличии на предприятии линии гранулирования.

Технологический процесс производства комбикормов для поросят 9–42 дней и телят 10–75 дней, содержащегося в крупных животноводческих комплексах, выполняется на предприятиях, имеющих линию шелушения и углубленной переработки зернового сырья (двойного гранулирования, обжаривания, экструдирования, пропаривания с плющением, микронизации и др.).

Комбикорма для молодняка сельскохозяйственной птицы (цыплята в возрасте 1–4 дней) должны содержать меньшее количество клетчатки и повышенное количество ис-

ходного молока и вырабатываться в виде мелкой крупки по отдельному технологическому процессу.

Технологический процесс производства комбикормов для пушных зверей (норок, песцов, чернобурых лисиц), относящихся к плотоядным животным, также предусматривает глубокую переработку зернового сырья с целью клейстеризации крахмала и денатурации белка с применением экструдирования или других способов гидротермической обработки (варки), наряду с этим необходимо вводить до 20 % жира. Технологический процесс производства комбикормов для собак включает углубленную переработку зернового сырья, ввод повышенного количества мясокостной муки и жира, формирование продукции.

Технологический процесс производства комбикормов для ценных пород рыб, особенно молоди, включает наряду с общепринятыми приемами ряд специфических операций: тонкое измельчение, ввод нетрадиционных видов сырья, выработку крупки малых размеров от 0,2 мм, микрогранулирование, поэтому он реализован на специализированных заводах.

Технологический процесс производства белково-витаминных добавок выполняется на заводах по выработке комбикормов для основного поголовья скота и птицы, так как отличается только повышенным вводом белкового и минерального сырья, пониженным содержанием зерна.

На конкретном предприятии технологический процесс производства комбикормов может быть реализован по различным вариантам построения:

1. Технологический процесс производства комбикормов с отдельной подготовкой сырья к дозированию (однокомпонентное измельчение — одноэтапное дозирование).

2. Технологический процесс производства комбикормов с отдельной подготовкой зернового, гранулированного сырья и шротов, совместной переработкой белково-минерального сырья в составе смеси, двухэтапным дозированием.

3. Технологический процесс производства комбикормов с переработкой зернового, гранулированного сырья и шротов в составе смеси, переработкой белково-минерального сырья в составе смеси, двухэтапным дозированием.

4. Технологический процесс производства комбикормов с совместной порционной переработкой зернового, гранулированного сырья и шротов, совместной порционной переработкой белково-минерального сырья, одноэтапным дозированием.

5. Технологический процесс производства комбикормов с совместной порционной переработкой всех видов сырья, одноэтапным дозированием.

Организация технологических процессов производства комбикормов, белково-витаминных добавок, премиксов на всех его этапах должна обеспечить прием и рациональное использование сырья, оперативную подачу его в производство, требуемую технологическую подготовку и ввод всех компонентов в соответствии с рецептом, соблюдение режимов работы технологического оборудования, эффективную переработку сырья и выпуск продукции, по качеству отвечающей требованиям стандарта.

Все операции по приему, складированию сырья, подаче его в производство, в процессе переработки и на отпуске готовой продукции должны быть механизированы, а также, где это целесообразно, автоматизированы.

Магнитную защиту комбикормового предприятия осуществляют путем установки магнитных заграждений в линиях в соответствии с рекомендациями «Правил».

На каждом предприятии на основании «Правил» должен быть разработан «Технологический регламент производства продукции», включающий изложение всего производственного процесса от поступления сырья до выпуска продукции:

- ♦ характеристику вырабатываемой продукции;
- ♦ характеристику сырья и материалов для производства продукции;
- ♦ технологическую схему;
- ♦ спецификацию оборудования;
- ♦ описание технологического процесса с указанием параметров и режимов работы машин;
- ♦ нормы выхода продукции (материальный баланс);
- ♦ контроль технологического процесса, сырья и продукции;
- ♦ технику безопасности, охрану труда, противопожарные и противозрывные мероприятия и др.

Технологическая схема производства продукции изображается графически с указанием:

- ♦ приемных устройств сырья, их производительности и способов разгрузки;
- ♦ количества и емкости всех силосов;
- ♦ транспортно-технологических линий подачи сырья в производство;
- ♦ технологических линий подготовки и переработки сырья;
- ♦ количества технологического и вспомогательного оборудования, его марки, характеристики рабочих органов;
- ♦ направления всех потоков сырья, продукции и отходов с отдельных машин;
- ♦ магнитных средств защиты;
- ♦ точек погрузки, их производительности и способов погрузки;
- ♦ аспирационных сетей.

Технологический регламент и технологическая схема процесса производства продукции на каждом предприятии утверждается директором (главным инженером) предприятия.

§5. Углубленная технологическая переработка зернового сырья при производстве комбикормов

Двойное гранулирование зернового сырья. С целью повышения питательной ценности и доброкачественности зернового сырья при производстве комбикормов для молодняка животных проводят его обработку методом двойного гранулирования. Под действием сил трения зерно нагревается до 55–65 °С.

Диаметр гранул 4,7 мм (не более). Вторично \varnothing 3,5–4,7 мм, $P = 0,5$ МПа.

Экструдирование зернового сырья. Экструдирование зернового сырья организуют в отдельных цехах на специально оборудованной линии. На экструдирование направляется зерновое сырье (как отдельные виды зерна, так и их смесь).

Технология производства включает следующие операции:

- ♦ подготовка зерна к экструдированию;
- ♦ обработка в экструдерах;
- ♦ охлаждение и измельчение экструдированного продукта. Подготовка зерна к экструдированию включает очистку от сорных примесей (минеральных и металломагнит-

ных), измельчение. Измельчение осуществляют на дробилках с отверстиями сит \varnothing 3–4 мм. Экструдирование производят на экструдерах КМЗ-2У, КМЗ-2М, ПЭК-125 × 3, КМЗ-2 модернизированный с установкой пропаривателя.

Перед экструдированием проводят увлажнение зерна водой или паром до влажности 17–18 %. Процесс экструдирования проводят при следующем режиме:

- температура продукта на выходе 120–130 °С;
- давление пара 1–3 кг/см² (0,1–0,3 МПа);
- расход пара 50–75 кг/т;
- температура пропаренной смеси на выходе из пропаривателя 70–80 °С.

Охлаждение экструдата проводят в горизонтальных охладителях Б6-ДПБ. Измельчение охлажденных гранул осуществляют на молотковых дробилках с применением сит, обеспечивающих требуемую стандартом крупность. Экструдированные зерновые компоненты используют при выработке комбикормов для молодняка животных.

Плющение зернового сырья (производство хлопьев). Зерно увлажняют водой на 4–5 %, отволаживают 3–4 ч., пропаривают $P = 0,2–0,4$ МПа. Влажность зерна 20–25 %, $t = 100$ °С. Плющение на плющильной машине при зазоре 0,2–0,5 мм, хлопья охлаждают до t , не превышающей более чем на 10° температуру окружающей среды. Высушенные хлопья измельчают на дробилке.

Микронизация (обработка инфракрасными лучами) зерна. Линия микронизации предусматривает пропаривание в течение 6–15 мин при расходе пара 50–100 кг/т.

Влажность пропаренного зерна 19–25 %. Нагрев ИК-лучами 40–180 сек при $t = 90–98$ °С, охлаждение, измельчение.

Обжаривание зернового сырья (рис. 5.17). Обжарочный аппарат представляет собой цилиндрическую камеру вместимостью 700 л. Обжарочная камера аппарата обогревается теплоносителем — маслом АМТ-300 с температурой до 250 °С.

Ячмень дозируют на дозаторах 1 и после очистки на сепараторе 2 подвергают шелушению на шелушителе 3, затем пропускают через аспирационное устройство для отделения пленок 4 и направляют в наполнительный бункер вместимостью 12 т. Из бункера через дозатор 1 зерно поступает в пропаривательный шнек 5 и из него в обжарочный аппарат 6.

В результате обжаривания зерна приобретают коричневый цвет, вспучиваются и частично растрескиваются. Содержание декстринов в зерне после термообработки увеличивается от 1–1,5 до 10–12 %.

Процесс обжаривания протекает циклично. В аппарат загружают порцию ячменя (примерно 200–300 кг), происходит обжаривание зерна и затем оно выгружается из аппарата и направляется в охладитель 7, из которого охлажденный ячмень поступает в накопительный бункер вместимостью 12 т.

Цикл обработки ячменя, включающий загрузку, обжаривание и выгрузку его из аппарата, продолжается около 60–90 минут. Подготовленный ячмень измельчается и поступает в наддозаторные бункеры главной линии дозирования и смешивания.

Экспандирование. «Экспандированным структурированным комбикормом» называют такой комбикорм, который проходит гидротермическую обработку с помощью экспандера и может непосредственно скормливаться в виде крупок без гранулирования.

Экспандат свободен от патогенных микроорганизмов, хорошо растворяется в воде и очень хорошо вытекает из силосов. Экспандированным структурированным кормом мо-

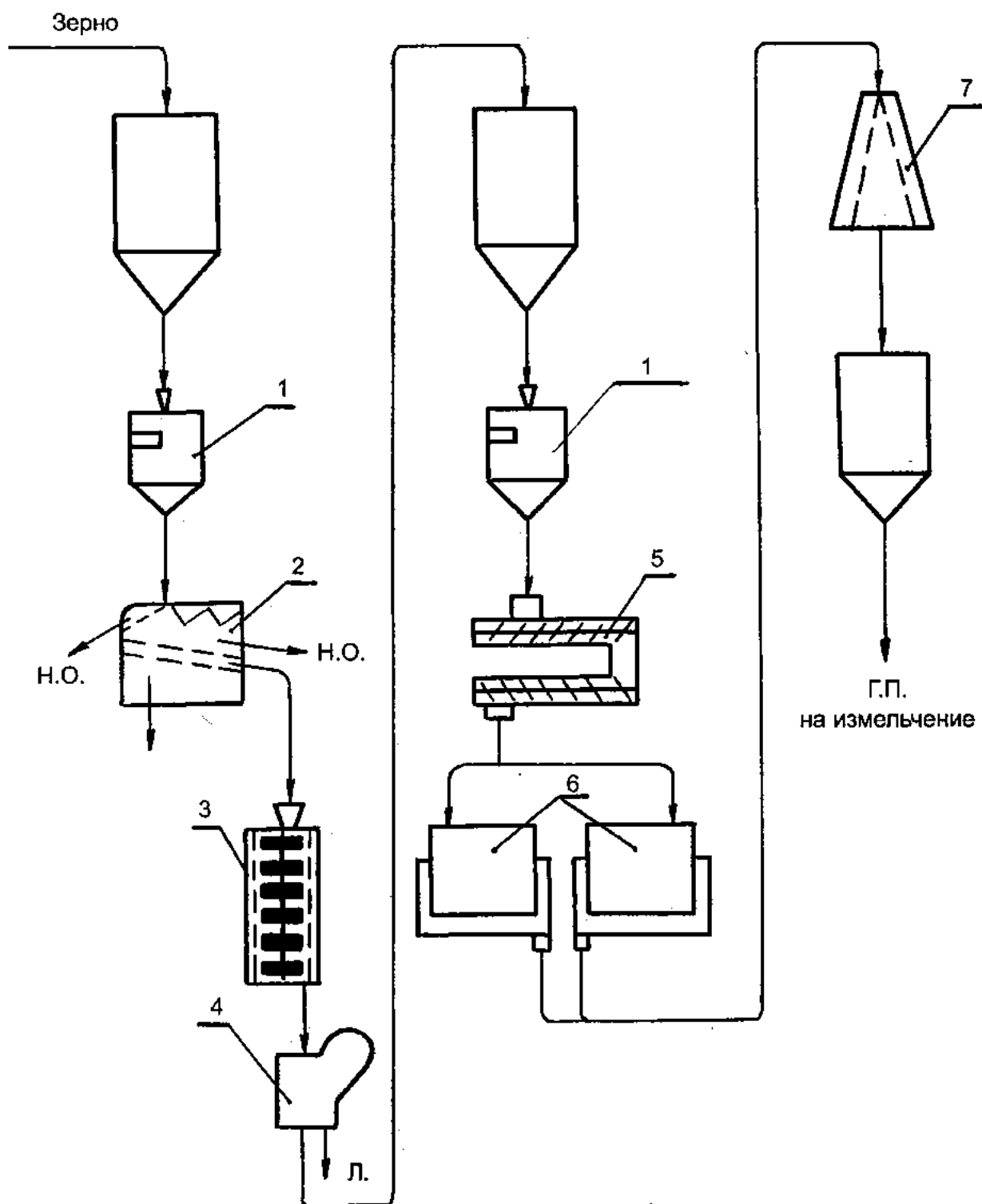


Рис. 5.17. Обжаривание зернового сырья:

1 — дозатор; 2 — сепаратор; 3 — шелушитель; 4 — аспиратор; 5 — шнек-пропариватель;
6 — обжарочный аппарат; 7 — охладитель

жет быть любая монокомпонентная зерновая культура, концентрат с высоким содержанием обменной энергии, белковый концентрат или готовый к употреблению комбикорм.

Создана новая технология для глубокой встречноструйной термообработки зерна и зернобобовых до 2 т/ч.

Основные характеристики процесса:

- время термоэкспандирования зерна — 3–5 сек.;
- средняя температура теплоносителя — 300–450 °C;
- степень взорванности зерна — 1,5–2,2;
- степень декстринизации — 35–50 %;
- степень снижения ингибиторов трипсина в бобовых и ржи — 85–100 %;
- затраты электроэнергии на 1 т обработанной продукции — 70–90 кВт/час.

ГЛАВА 4

ЛИНИЯ ДОЗИРОВАНИЯ И СМЕШИВАНИЯ

Цель дозирования — производить подачу компонентов в количестве, установленном рецептом. Сущность процесса заключается в том, что подготовленные к смешиванию компоненты поступают в бункеры, из которых дозирующие машины подают компоненты в определенном процентном соотношении. При неправильном дозировании нарушается установленное рецептом процентное соотношение компонентов в комбикормах и качество их понижается. Таким образом, процесс дозирования является главной технологической операцией производства комбикормов.

Применяют два способа дозирования компонентов: объемный и весовой. Машины, дозирующие по объему, подают продукт равными объемами в определенные промежутки времени, а машины, дозирующие по массе, отweighивают продукт равными количествами.

В комбикормовой промышленности имеют еще применение машины, дозирующие продукт по объему (барабанные, тарельчатые, шнековые, ленточные и вибрационные дозаторы).

В настоящее время на новых комбикормовых предприятиях применяют только многокомпонентное весовое дозирование.

Выпускают комплекты автоматического весового дозирования компонентов комбикормов КДК-1, КДК-2, КДК-3, состоящие соответственно из одного, двух и трех весовых дозаторов, шнековых питателей и систем управления.

В зависимости от требуемой производительности системы, комплексы могут набираться в любом сочетании из весовых дозаторов: 6ДК-100, 5ДК-200, 5ДК-500, 16ДК-1000 и 10ДК-2500 с соответствующим набором питателей для многокомпонентного дозирования и пультов управления. Все весовые дозаторы работают совместно со смесителями периодического действия необходимой вместимости и управляются с общего пульта управления. Выпускают также горизонтальные автоматические, тензометрические весовые дозаторы АД-3000ГК грузоподъемностью до 3 т. Дозаторы имеют удлиненную в горизонтальном направлении форму. Весовые дозаторы бывают однокомпонентные. Однокомпонентные дозаторы, сблокированные в батарею, имеют различную вместимость весового бункера (от 2 до 100 кг). Число весовых дозаторов для комбикормового завода производительностью 300 т/сут — 14, в том числе ДК-100 — 1, ДК-70 — 3, ДК-40 — 4, ДК-20 — 3, ДК-10 — 1, ДКМ-10 — 1, ДК-2 — 1. Над каждым дозатором монтируют накопительный бункер. Дозирование происходит одновременно, цикл дозирования около 1 м. Продолжительность смешивания — 5–6 м. Поэтому устанавливают 2 смесителя, параллельно или последовательно. Применяются весовые автоматические двухдиапазонные дозаторы АД-500-2К и АД-200-2К, а также весовые дозаторы непрерывного действия 4273ДН и 4488ДН. Независимо от принципа действия дозирующие машины должны удовлетворять следующим технологи-

ческим требованиям: степень точности дозирования должна быть постоянной и мало изменяться в зависимости от производительности машины; должна быть возможность регулирования производительности машины в широких пределах на ходу и возможность одновременного отбора проб из всей группы дозирующих машин для контроля точности дозирования.

Жидкие компоненты дозируют насосами-дозаторами (НД). Контроль и настройку осуществляют расходомерами. Стенки и наклонные днища силосов и бункеров должны быть гладкими, без выступов и других препятствий, задерживающих свободный выпуск труднотекучих компонентов; угол наклона днищ в наддозаторных бункерах рекомендуется 60–70 °С.

При объемном дозировании составных частей комбикорма допустимые отклонения для каждого компонента определяются путем умножения расчетной массы компонента (кг/мин) на установленные коэффициенты.

Устанавливаются следующие коэффициенты в зависимости от процентного содержания компонента в рецепте:

- ♦ 0,3 для компонентов, входящих в рецепт менее 1 %;
- ♦ 0,2 для компонентов, входящих в рецепт от 1 до 10 %;
- ♦ 0,1 для компонентов, входящих в рецепт более 10 %.

Определенная с учетом коэффициента масса (кг/мин) составит для данного рецепта норму отклонений дозируемого компонента как в сторону увеличения (+), так и в сторону уменьшения (–).

Например:

1. При вводе 0,5 % компонента в рецепт требуется установить дозатор на производительность 2 кг/мин. Тогда отклонение в дозировании данного компонента допускается $\pm 0,6$ кг/мин ($2 \text{ кг/мин} \times 0,3 = 0,6 \text{ кг/мин}$), т. е. дозировать данный компонент можно в пределах не менее $2 - 0,6 = 1,4$ кг/мин, и не более $2 + 0,6 = 2,6$ кг/мин.

2. При вводе 5 % компонента в рецепт требуется установить дозатор на производительность 20 кг/мин. Тогда отклонения в дозировании данного компонента допускается ± 4 кг/мин ($20 \text{ кг/мин} \times 0,2 = 4 \text{ кг/мин}$), т. е. дозировать данный компонент можно в пределах не более $20 + 4 = 24$ кг/мин и не менее $20 - 4 = 16$ кг/мин.

3. При вводе 15 % компонента в рецепт требуется по расчету установить дозатор на производительность 60 кг/мин. Отклонение в дозировании данного компонента допускается ± 6 кг/мин ($60 \text{ кг/мин} \times 0,1 = 6 \text{ кг/мин}$), т. е. дозировать данный компонент можно в пределах не более $60 + 6 = 66$ кг/мин и не менее $60 - 6 = 54$ кг/мин. Аналогично приведенным примерам определяются допустимые отклонения по каждому дозатору.

При дозировании микродобавок и их смесей отдельными микродозаторами допускается отклонение ± 3 % от их производительности.

После установки каждого дозатора на заданную по рецепту производительность включают всю систему и проводят проверку работы всех дозаторов. Дозаторы, имеющие отклонения сверх допустимых норм, регулируют. Для удобства проверки дозаторов на доске рецептов рядом с расчетной массой компонента записывают допустимые отклонения для каждого дозатора.

На точность дозирования влияют следующие факторы:

- ♦ самосортирование продуктов при поступлении в закрома над дозаторами, вызывающее изменение объемной массы;
- ♦ различная степень уплотнения продуктов в закромах над дозаторами, зависящая от высоты заполнения их и времени нахождения продуктов в закромах;

- ♦ повышенная влажность продуктов, способствующая слеживанию и комкованию в закромах плохо сыпучих продуктов (измельченный овес, мучка, мел, соль);
- ♦ наличие в днищах и стенках наддозаторных бункеров, выступов и других препятствий, тормозящих свободный выход продуктов;
- ♦ неисправность дозаторов.

Весовое дозирование лишено тех недостатков, которые свойственны объемному дозированию, и обеспечивает более точное выполнение рецепта при производстве комбикормов. Кроме того, весовое дозирование дает возможность полностью автоматизировать процесс, что значительно повышает производительность труда и увеличивает выпуск продукции. Погрешность взвешивания многокомпонентных весов $\pm 0,5\%$ от грузоподъемности весов.

Подготовленные к дозированию компоненты поступают в бункеры, установленные над дозаторами. Вместимость бункеров должна обеспечивать непрерывную работу дозаторов в течение 8 часов. Количество бункеров над дозаторами обычно несколько больше, чем число дозируемых компонентов, что облегчает переход с одного рецепта на другой. Под дозаторами устанавливают цепной транспортер или шнек, в который поступают из всех дозаторов компоненты. Дозаторы выгружаются после открытия ковша с помощью пневмопривода в общий смеситель СГК-2,5, управляемый вместе с дозаторами с общего пульта. Конструктивно дозаторы представляют собой ковшовые весы, которые состоят из станины, рычажной системы, ковша, патрубка, питателей, подставки, циферблатного указательного прибора, пневмопривода, электрооборудования, системы программного управления дозаторами и смесителями.

Смешивание компонентов. Процесс смешивания компонентов является конечным при производстве рассыпных комбикормов. В результате смешивания получают комбикорма однородного состава.

Все конструкции смесителей можно разделить на следующие классы: барабанные, лопастные, центробежные, пневматические, вибрационные.

Барабанные смесители встречаются в комбикормовой промышленности редко, так как процесс смешивания медленный.

Лопастные смесители. Получили наибольшее распространение те, в которых используются ленточные рабочие органы и комбинированные (шнек-лента, лента-лопатка).

Центробежные смесители используются для смешивания карбамида с мелассой.

Пневматические и вибрационные смесители не нашли в отечественной промышленности широкого применения. В то же время эти смесители обладают рядом преимуществ перед лопастными смесителями (короткий цикл смешивания, простота конструктивного исполнения).

По характеру работы смесители бывают двух типов: непрерывного и периодического действия, а по расположению основных рабочих органов — горизонтальные и вертикальные.

Схемы дозирования и смешивания компонентов.

На современных комбикормовых заводах встречаются три различных варианта дозирования — 1, 2 и 3.

1 вариант — дозирование осуществляется объемными дозаторами (рис. 5.18) (барабанные, шнековые, тарельчатые). Процесс дозирования непрерывный. Компоненты после дозирования поступают на сборный шнек или цепной транспортер, из которого норийей смесь транспортируется на смеситель непрерывного действия.

2 вариант (рис. 5.19) — одноконтонентные дозаторы сблокированы в батарею, имеют различную вместимость весового бункера (от 2 до 100 кг).

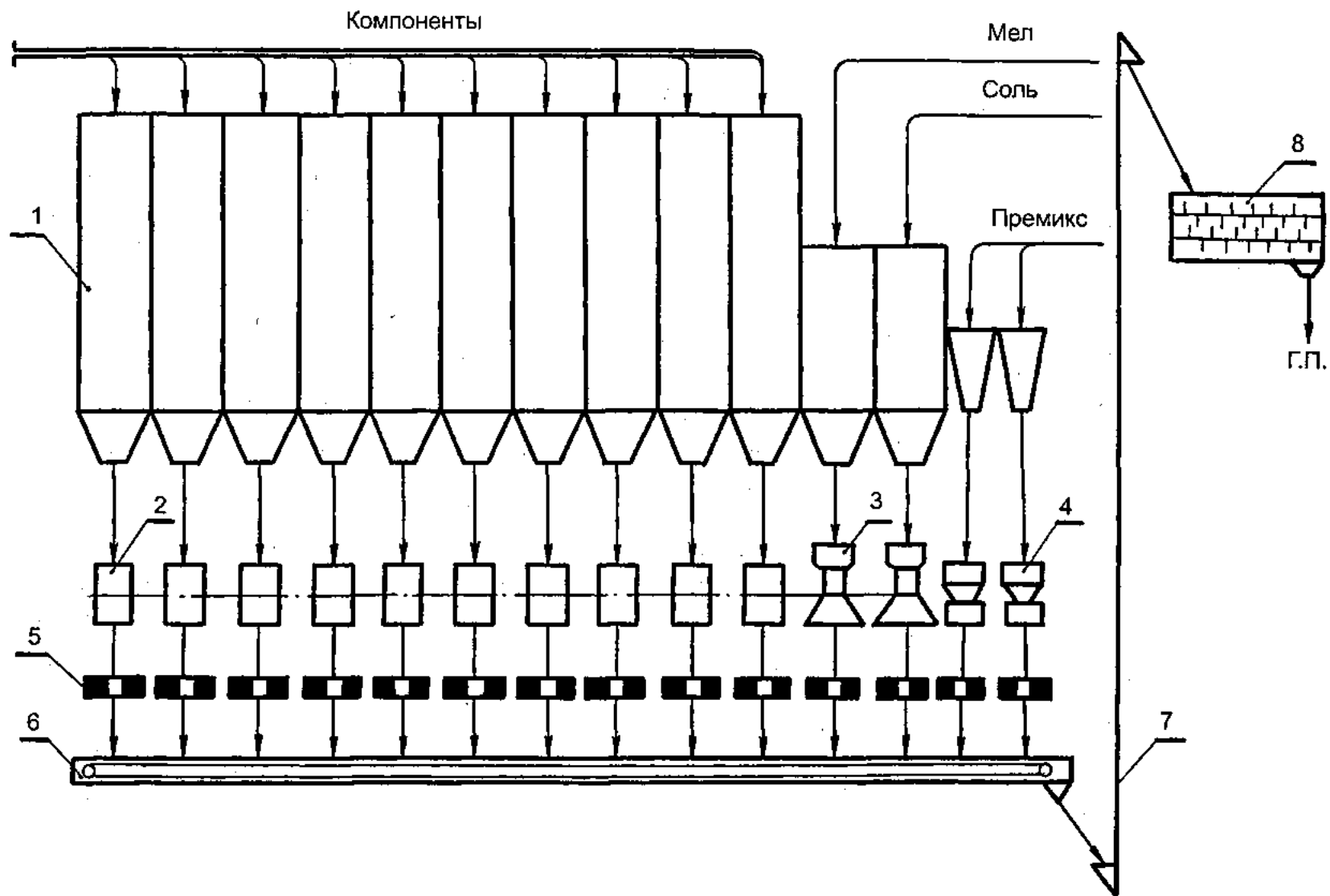


Рис. 5.18. Дозирование (1-й вариант)

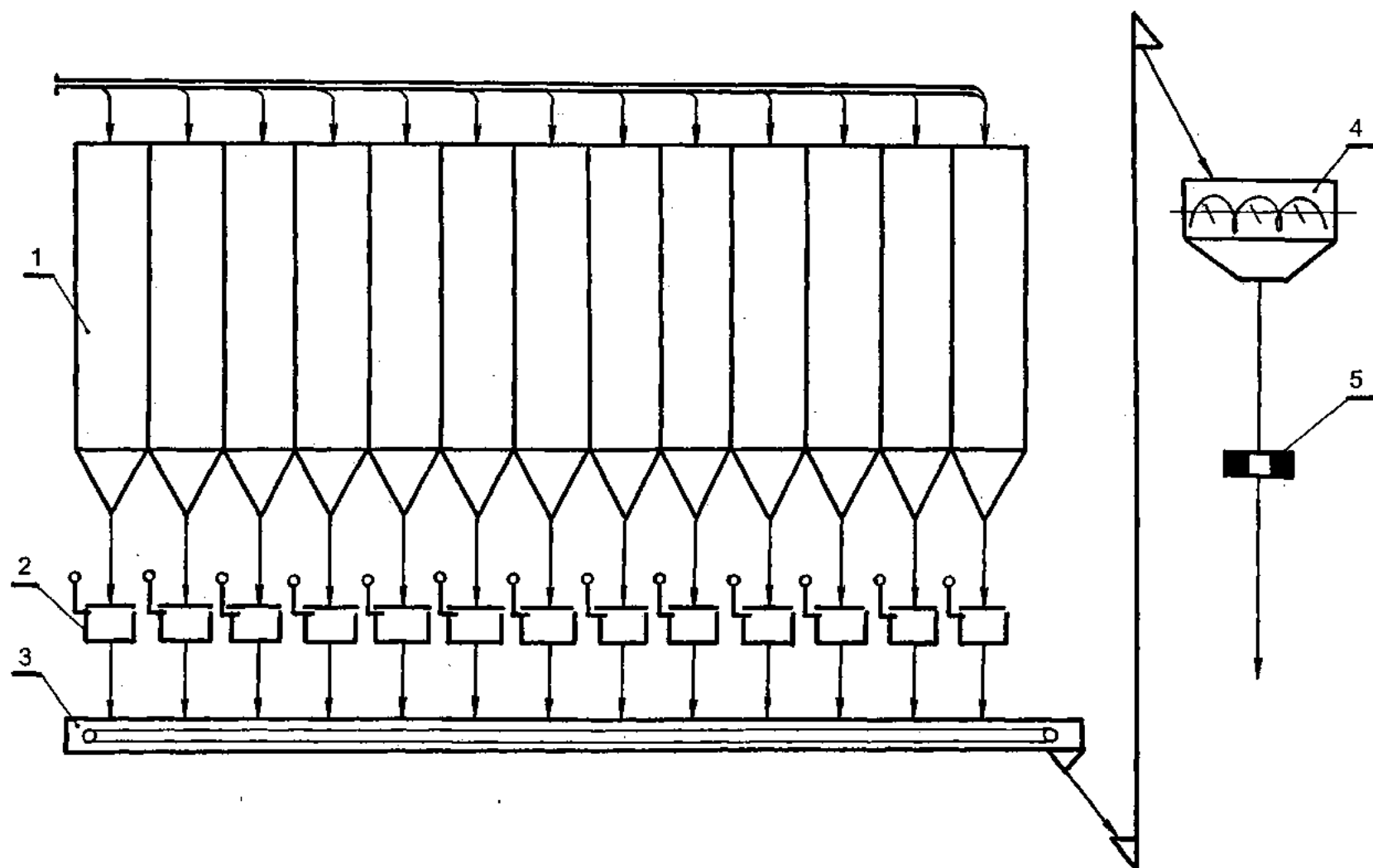


Рис. 5.19. Дозирование (2-й вариант)

3 вариант (рис. 5.20) — параллельно или последовательно подготовленные компоненты подаются в наддозаторные бункеры (1). Управление заполнением наддозаторных бункеров осуществляется дистанционно автоматически с пульта управления. При помощи питателей (2) происходит подача компонентов в три автоматических программных многокомпонентных дозатора (3) № 1, 2 и 3 грузоподъемностью 2500 (2000,1000) и 500 (200,100) кг, из которых компоненты поступают в смеситель (5), самотеком (дозатор № 1, 2) и шнеком (4) (дозатор № 3).

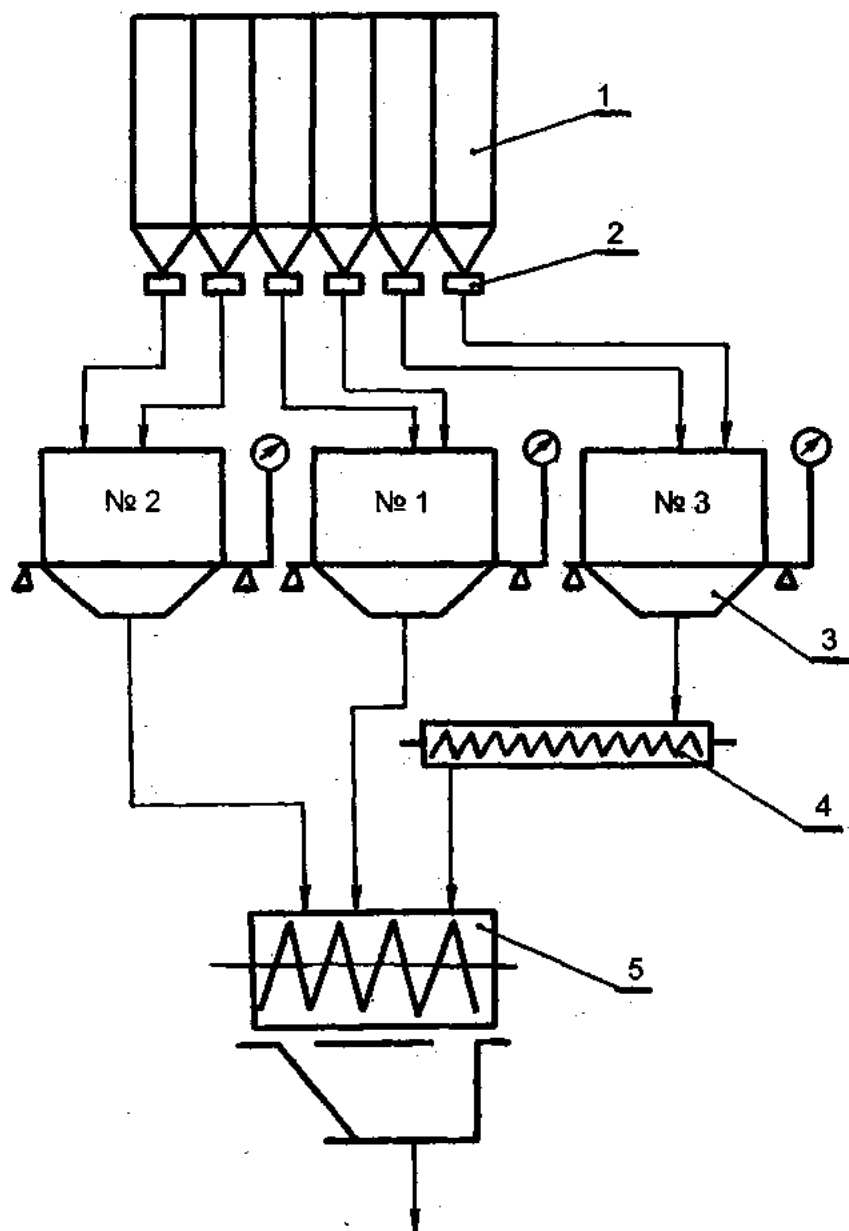


Рис. 5.20. Дозирование (3-й вариант):

1 — наддозаторные бункеры; 2 — шнековые питатели; 3 — весовые дозаторы;
4 — шнек; 5 — смеситель

На весовом дозаторе большей грузоподъемности дозируются основные компоненты, а на дозаторе меньшей грузоподъемности — обогатительная смесь микродобавок и компоненты, вводимые в небольших дозах.

Технологическая схема, например, весового дозирования и смешивания комплекса КДК-3 состоит из многокомпонентных дозаторов: 1ОДК-2500, на который питателями подаются основные компоненты (ячмень, кукуруза, овес, пшеница, и др.) в количестве более 10 %, 5ДК-500, на который одношнековыми питателями подаются белковые компоненты (мясокостная мука, рыбная и травяная мука, кормовые дрожжи) в количестве от 3 до 10 %, и 5ДК-200, на который одношнековыми питателями подаются минеральные добавки и биологически активные вещества (микродобавки, соль, аминокислоты, фосфатиды, мел) в количестве до 3 %. Дозаторы разгружаются после открытия ковша с помощью пневмопривода в общий смеситель СГК-2,5, управляемый вместе с дозаторами с общего пульта. Конструктивно дозаторы представляют собой ковшовые весы, которые состоят из станины, рычажной системы, ковша, патрубка, питателей, подставки, циферблатного указательного прибора, пневмопривода, электрооборудования, системы программного управления дозаторами и смесителями.

Циферблатно-указательный прибор представляет собой литую головку плоско-круглой формы. Внутри головки помещен уравновешивающий механизм с весовой стрелкой и циферблатом для визуального считывания результатов взвешивания. Кроме того, циферблатно-указательный прибор снабжен фотоэлектрическим преобразователем, с помощью которого осуществляется автоматическая работа дозатора.

Класс точности дозаторов — 0,5. Цикл взвешивания порций — до 5 мин. Количество делений шкалы циферблатно-указательного прибора — 1000, чувствительность ± 1 деление. Управление дозаторами электропневматическое, осуществляемое с пульта местного управления вручную. Напряжение электросети 220/380 В, давление воздуха в пневмосети $4 \text{ кгс/м}^2 \pm 10 \%$; циферблатно-указательный прибор снабжен фотоэлектрическим устройством, обеспечивающим работу дозатора.

ГЛАВА 5

ГРАНУЛИРОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ, КОРМОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ И БВД

Рассыпные корма и кормовые смеси, особенно содержащие много грубых компонентов, имеют ряд недостатков, отрицательно влияющих на их качество при хранении и перевозках. К ним относятся гигроскопичность, малая объемная масса и склонность к расслоению при перемещении. Самый эффективный способ устранения перечисленных недостатков — это прессование продуктов, гранулирование и брикетирование. Прессованные корма по сравнению с рассыпными обладают большей устойчивостью при хранении, сохраняют однородность смеси. Гранулированные комбикорма имеют следующие преимущества перед рассыпными: животные не всегда охотно поедают весь корм, чаще выбирают отдельные частицы. Состав же каждой гранулы одинаков, и при кормлении ими животные получают максимум питательных веществ; птицы затрачивают меньше энергии при поедании гранулированного комбикорма, чем рассыпного; потерь гранулированного комбикорма не бывает; кормушки меньше загрязняются, что повышает санитарное состояние животноводческих помещений и снижает заболеваемость животных; значительно повышается производительность труда рабочих, занятых в раздаче корма.

Гранулированные комбикорма более транспортабельны, меньше подвергаются влиянию внешней среды и занимают меньший объем, чем одноименные рассыпные корма. Поэтому можно загружать ими вагоны и автомобильный транспорт до полной грузоподъемности.

Использование в животноводстве гранулированных комбикормов позволяет увеличить привесы животных на 8–10 %, снизить расход комбикормов не менее чем на 6 %. На 85–90 % уменьшается бактериальная обсемененность комбикормов.

Гранулированные комбикорма и БВД изготавливают для всех видов сельскохозяйственных животных и рыб. Линия гранулирования предназначена для последовательного выполнения следующих операций:

- ♦ контроля рассыпных комбикормов и БВД по содержанию металломагнитных примесей;
- ♦ прессования в гранулы;
- ♦ охлаждения гранул;
- ♦ измельчения гранул при выработки крупки;
- ♦ просеивания гранул для отделения мелких частиц или сортирования мелкой крупки;
- ♦ взвешивания гранулированного комбикорма.

На предприятиях, где передача рассыпных комбикормов или БВД на гранулирование производится не в потоке, а из склада готовой продукции, рекомендуется, во избежание повреждения пресса от попадания случайных примесей, устанавливать просеивающие ма-

шины, в которых применяют полотна решетные типа 1 № 60–80 или проволочные сетки № 5–7 и дополнительные весы для взвешивания рассыпного комбикорма.

Гранулирование комбикормов производится двумя способами — влажным и сухим. При влажном способе комбикорм перед прессованием увлажняют до 30–35 % горячей водой, температурой 70–80 °С. Гранулы получаются плотными и менее разбухаемыми в воде, что важно при вскармливании их рыбам. Однако необходимость применения сушки гранул усложняет и сдерживает их производство, поэтому в настоящее время гранулированные комбикорма вырабатывают главным образом сухим способом на агрегатах с вальцовыми прессами. Эффективной установкой для гранулирования комбикормов является пресс ДГ.

Схема гранулирования комбикормов и производство крупки из гранул сухим способом приведена на рис. 5.21. Рассыпной комбикорм после взвешивания на весах 1 поступает в бункер 2, а затем, пройдя через ситовой сепаратор 3 и магнитное заграждение 4, — в надпрессовый бункер 5. Рассыпной комбикорм гранулируют в пресс-грануляторе 6. По выходе из него гранулы охлаждаются в охлаждающей колонке 7. По зависимости — $y = 13,1 + 0,81x$ можно осуществить контроль за эффективностью работы охлаждающей колонки. Если температура охлажденных гранул вписывается в уравнение, то можно считать работу охлаждающей колонки удовлетворительной. В противном случае необходимо принять меры к улучшению ее работы:

y — температура гранул после охлаждающей колонки;

x — температура наружного воздуха.

После охлаждающей колонки гранулы просеиваются на просеивателе 9, где отделяют мучнистые частицы и крошки.

При выработке гранулированных комбикормов для цыплят гранулы по выходе из охлаждающей колонки дробят на специальных вальцах 8, а затем просеивают на сепараторе.

Схема установки ДГ для гранулирования комбикормов (рис. 5.22) состоит из: 1 — питателя; 2 — смесителя; 3 — пресс-гранулятора. Комбикорм поступает в питатель 1, являющийся регулятором производительности пресс-установки, которая зависит от частоты вращения шнека-питателя. Затем комбикорм подвергается обработке в смесителе 2 сухим паром при температуре 120–140 °С.

Паровая система, обслуживающая установку, состоит из паропровода с аппаратурой, регулирующей рабочие параметры пара. При сухом гранулировании рассыпной комбикорм обрабатывают сухим паром, подаваемым в смеситель пресса, давлением 0,35–0,40 МПа.

После перемешивания пропаренный комбикорм направляется в прессующую камеру. Влажность гранул при выходе из нее — 16–17 %, температура гранул — 50–80 °С. После охлаждения в охлаждающей колонке влажность гранул должна быть не более 14 %, а температура не более чем на 5–10 °С выше температуры окружающей среды.

Выработка гранулированных комбикормов и БВД возможна без применения пара при использовании соленого гидрола, мелассы, кукурузного экстракта и других жидких связующих добавок. После охлаждения гранулы просеивают на машинах с установкой полотна решетного типа 1 № 20–25 или сетки проволочной № 1,6–2 для отделения крошки и мучнистых частиц и подают в склад готовой продукции по массе.

Гранулы вырабатывают диаметром: 2,5; 3; 5; 8; 10; 12; 17 и 19 мм.

Наиболее выгодно производство крупных гранул Ø 10–19 мм. При изготовлении гранул меньшего размера значительно снижается производительность прессов и увеличива-

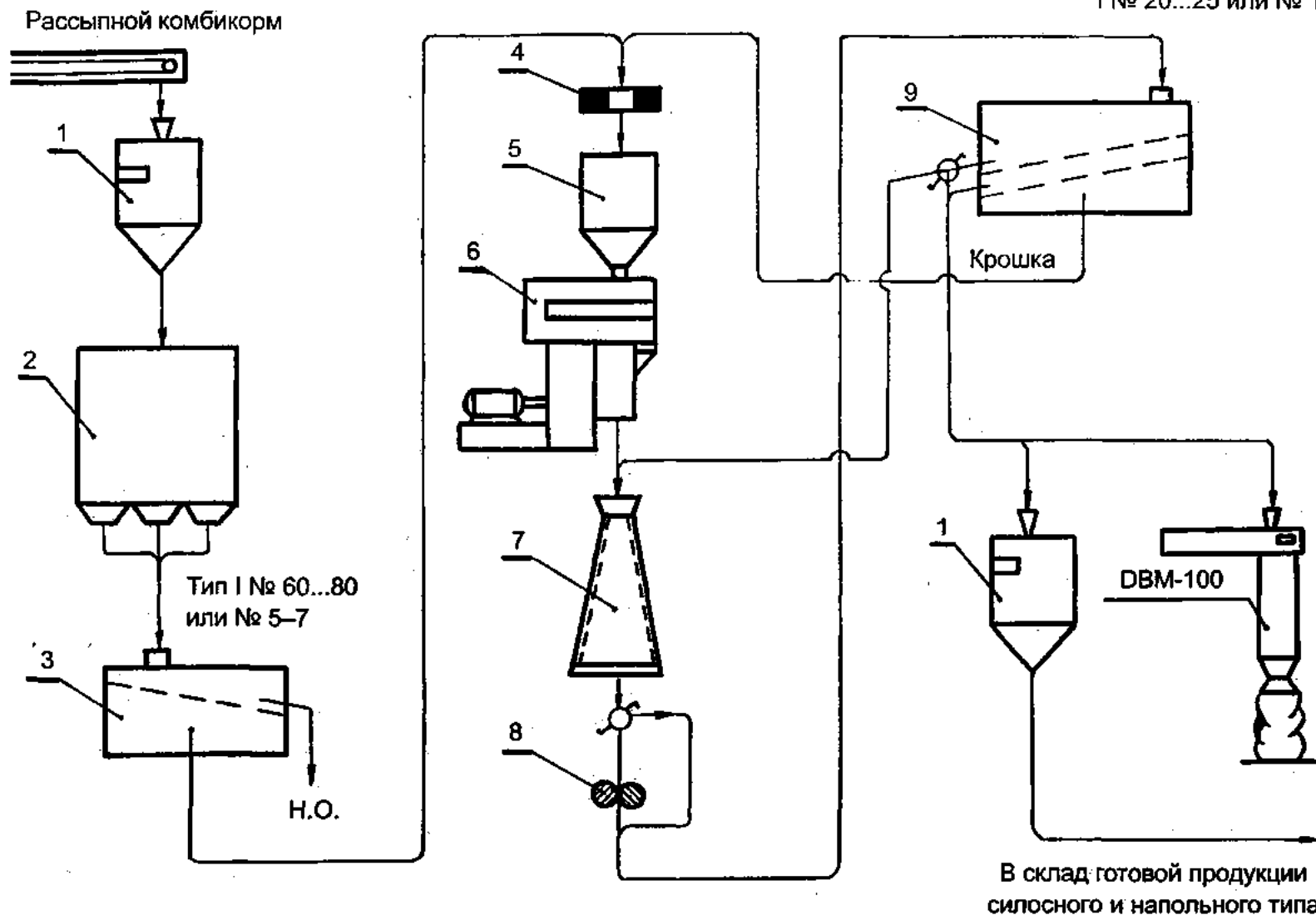


Рис. 5.21. Схема гранулирования комбикормов сухим способом:

- 1 — автоматические весы; 2 — бункер; 3 — сепаратор; 4 — магнитное заграждение; 5 — надпрессовый бункер;
6 — пресс-гранулятор; 7 — охлаждающая колонка; 8 — измельчитель гранул; 9 — просеиватель гранул

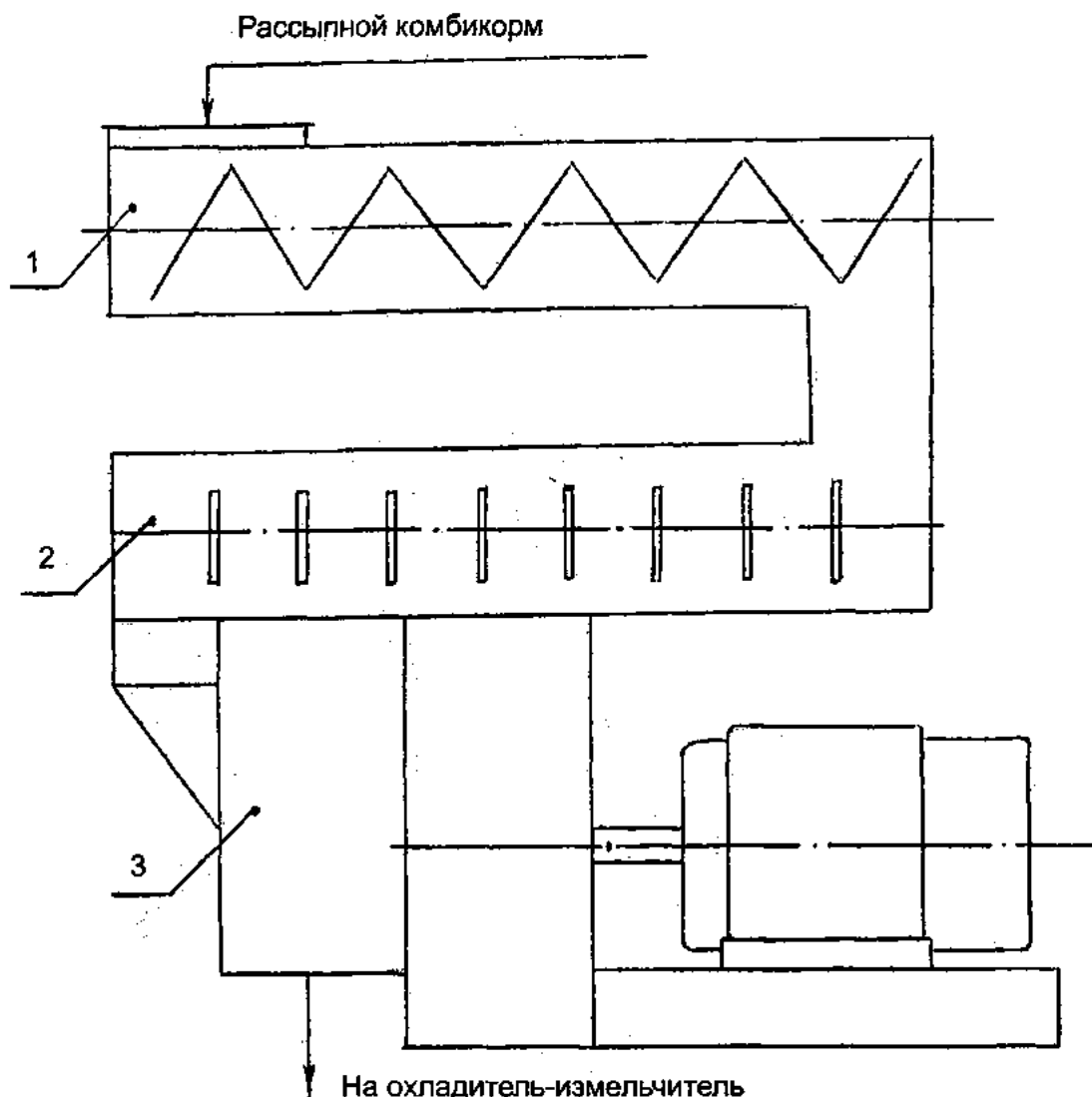


Рис. 5.22. Схема установки ДГ-1:
1 — питатель; 2 — смеситель; 3 — пресс-гранулятора

ется расход энергии. Для кормления птиц и особенно цыплят необходимы мелкие гранулы. Использование дробленых гранул при выращивании цыплят способствует большому потреблению корма, лучшему его усвоению, поэтому их производство имеет важное значение.

Измельчают гранулы на вальцовых измельчителях специальных конструкций, а иногда применяют обычные мельничные вальцовые станки.

При производстве комбикорма для гранулирования компоненты должны быть хорошо очищены от посторонних примесей, особенно от металломагнитных, пленок овса и ячменя, забивающих отверстия матрицы.

Обработка комбикормов паром перед прессованием повышает температуру комбикорма и его влажность, понижает вязкость мелассы — все это способствует улучшению качества гранул, повышению производительности пресса и снижению расхода электроэнергии.

Влияние пропаривания на питательные свойства комбикорма зависит от природных свойств компонентов и от степени пропаривания. На эффективность процесса охлаждения гранул влияет ряд факторов: первоначальная температура гранул и их размер, климатические условия, способ подачи холодного воздуха и его количество, скорость движения гранул в охладительной колонке. Неправильный режим процесса охлаждения гранул приводит к их порче при хранении.

На интенсивность процесса гидротермической обработки комбикорма основное влияние оказывают температура, давление пара, а также время. Установлены оптимальные температуры нагрева комбикорма — до 70–80 °С и увлажнение — на 1,5–3 %. Эти параметры зависят от состава компонентов и назначения рецепта комбикорма. В гранулированных комбикормах для свиней, например, преобладают углеводы и клетчатка, поэтому температура нагрева и влажность должны быть невысокими.

Более сильные режимы гидротермической обработки, более высокий нагрев и увлажнение следует применять при гранулировании комбикормов, содержащих высокое количество белков и незначительное количество клетчатки. К таким комбикормам относятся комбикорма для птиц, обладающие большой водопоглощательной способностью. Пар применяется с минимальным влагосодержанием и давлением не ниже $3 \cdot 10^5$ Па.

Для повышений прочности гранул применяются вспомогательные связующие вещества, которые одновременно способствуют снижению расхода пара и значительному улучшению работы пресса.

Глава 6

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ КОМБИКОРМОВ

Обогащение всех видов выпускаемой продукции на комбикормовых предприятиях производится введением микродобавок в виде порошков (сухим способом) или раствором (жидким способом).

Установлено, что наиболее равномерное распределение микродобавок в комбикорме достигается при предварительном приготовлении обогатительных смесей, которые составляют из наполнителей и микродобавок, с последующим микродозированием таких смесей в комбикорм.

1. Приготовление обогатительных смесей. Обогатительные смеси вырабатываются по мере производственной необходимости и передаются непосредственно в основной цех производства комбикормов и БВД. Технологический процесс производства обогатительных смесей (рис. 5.23) состоит из следующих этапов:

- ♦ подготовки наполнителя;
- ♦ подготовки солей микроэлементов, требующих измельчения;
- ♦ подготовки микродобавок, не требующих измельчения;
- ♦ смешивания компонентов.

Подготовка наполнителя. Подготовка наполнителя заключается в контроле его крупности на просеивающей машине (1) с сеткой проволочной № 1,2 или полотном решетным типа 1 № 14. Проход через сито поступает в бункер над весами (3), сход измельчается на дробилке (4) и снова направляется на просеивание.

Подготовленный наполнитель отвешивают на весах (5) согласно расчету и направляют для приготовления предварительной смеси солей микроэлементов, для приготовления предварительных смесей микродобавок в малых дозах и в смеситель окончательного смешивания (6).

Подготовка солей микроэлементов, требующих измельчения. Соли микроэлементов, предварительно измельченные, отвешиваются на весах (2), смешиваются с наполнителем в соотношении 1:1 в смесителе предварительного смешивания (6). Смесь измельчается на дробилке (4) и контролируется на просеивающей машине (7), в которой устанавливают сетки проволочные № 1, 2.

Сходовая фракция доизмельчается на этой же дробилке (4). Измельченная смесь направляется в смеситель окончательного смешивания (6).

Подготовка микродобавок, не требующих измельчения. Углекислые соли микродобавок, витамины фармакопейные, ферментные препараты, антибиотики не подвергаются измельчению. Эти вещества смешиваются в смесителе предварительного смешивания (6) с наполнителем в соотношении 1:2 или 1:3. В качестве наполнителя при этом могут также использоваться кормовые препараты витаминов, антибиотиков. Приготовленная предварительная смесь подается в смеситель окончательного смешивания.

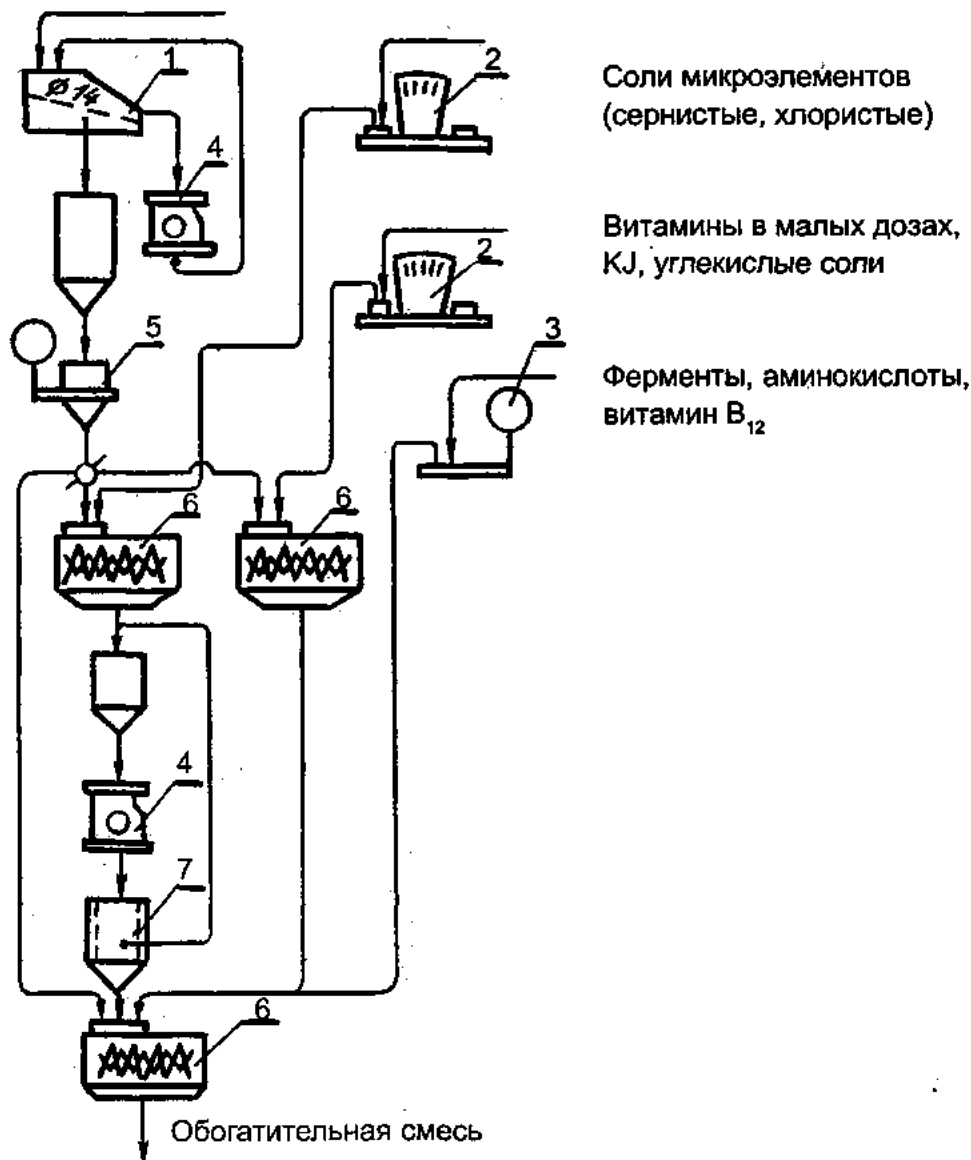


Рис. 5.23. Технологический процесс производства обогащительных смесей:

- 1 — просеивающая машина; 2 — весы для микроэлементов;
3 — весы для компонентов, не требующих измельчения; 4 — дробилка;
5 — весы для отвешивания наполнителя; 6 — смеситель; 7 — просеивающая машина

Кормовые препараты некоторых микродобавок (витамины B₂, B₁₂, метионин, кристаллический лизин, биовит, кормогризин и др.) без предварительной подготовки отвешивают на весах (3) и подают в смеситель окончательного смешивания (6).

Смешивание компонентов. Подготовленная порция предварительной смеси солей микроэлементов и витаминов, кормовые препараты микродобавок и наполнитель подаются в порционный смеситель окончательного смешивания.

Смешивание компонентов производят в течение времени, указанного в характеристике смесителя.

Готовую обогатительную смесь транспортируют в бункер над дозаторами главной линии дозирования компонентов комбикормов или ВВД.

В зависимости от рецепта комбикорма, производительности завода, применяемого оборудования производят расчет приготовления обогатительной смеси.

2. Производство премиксов. Технологический процесс производства премиксов осуществляется на линиях (рис. 5.24):

- подготовки наполнителя;
- подготовки предсмесей солей микроэлементов;
- подготовки холин-хлорида;
- подачи макрокомпонентов;
- подготовки предварительных смесей микроэлементов;
- подготовки йодистого калия;
- подготовки и ввода жира;
- дозирования и смешивания компонентов;
- упаковки продукции в мешки;
- упаковки продукции в контейнеры;
- бестарного хранения и отпуска продукции.

Линия подготовки наполнителя. Линия предназначена для подготовки наполнителя: очистки от посторонних примесей, металломагнитных примесей, сушки и измельчения.

В качестве наполнителя в специализированных цехах применяют отруби и зерно пшеницы или ячменя. Зерно с влажностью свыше 13 % сушат в зерновых сушилках.

Выделение металломагнитной примеси производят на электромагнитных сепараторах или колонках со статистическим магнитом.

Очистку отрубей от посторонних примесей осуществляют на просеивающих машинах, в которых устанавливают решетные полотна тип 1 № 100.

Измельчение зерна производят в два этапа с промежуточным просеиванием. На первом этапе измельчение зерна осуществляют на молотковой дробилке с установкой сит с отверстиями диаметром 3 мм. Измельченное зерно разделяют на фракции на просеивающей машине с применением сетки проволочной № 1,2. Сходовую фракцию измельчают на молотковой дробилке или вальцовом станке до крупности частиц, характеризующейся проходом через сетку проволочную № 1,2 на 99 % и объединяют с проходовой. Измельчение отрубей производят на молотковой дробилке в один этап до крупности, характеризующейся проходом через сетку проволочную № 1,2 на 99 %.

Отруби высушивают до влажности 7–10 %. Высушенный и измельченный наполнитель направляют на обработку жиром или подают непосредственно в производство.

Ввод жира в наполнитель осуществляют на агрегате непрерывного действия. Количество вводимого жира составляет для отрубей до 3 %, измельченной пшеницы — до 2 %. Жир, стабилизированный антиоксидантом, распыляется форсункой по всей массе поступающего в машину продукта.

Обработанный жиром наполнитель направляют в наддозаторные бункеры, а также на линии подготовки солей микроэлементов и для приготовления предварительных смесей.

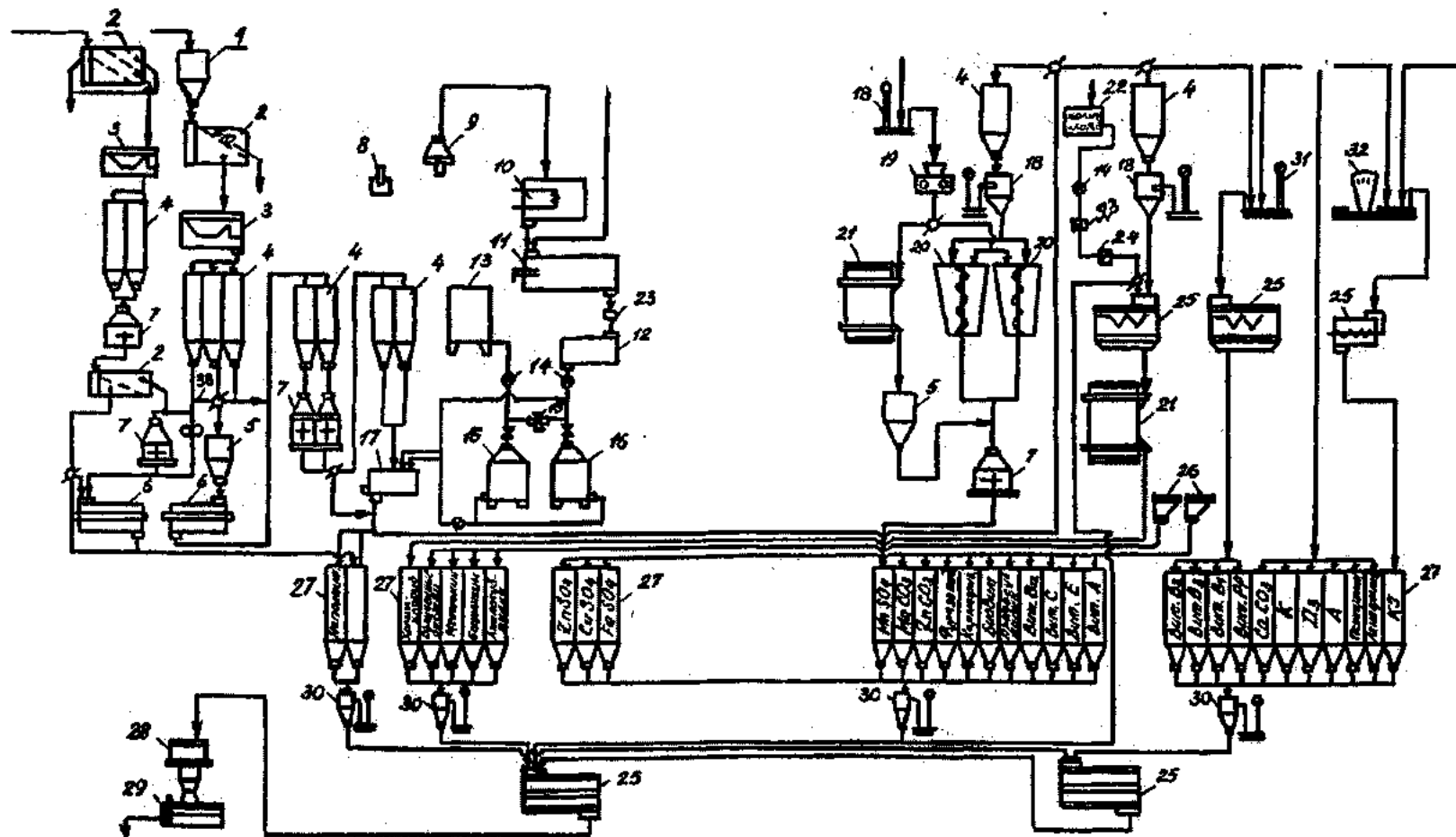


Рис. 5.24. Технологический процесс производства премиксов:

- 1 — приемный бункер; 2 — просеивающая машина; 3 — электромагнитный сепаратор; 4 — бункер;
 5 — промежуточная емкость; 6 — сушилка; 7 — дробилка; 8 — бочки с жиром; 9 — подвижное устройство;
 10 — разогреватель; 11 — емкость для жира; 12 — оперативная емкость; 13 — емкость для антиоксидантов;
 14 — насос; 15 — переключатель; 16 — смеситель-эмульсификатор; 17 — установка для ввода жира; 18 — весы;
 19 — вальцовая дробилка; 20 — вертикальный смеситель; 21 — сушилка; 22 — накопительная емкость;
 23 — фильтр; 24 — расходомер; 25 — смеситель; 26 — приемный бункер; 27 — наддозаторные бункеры;
 28 — весовыбойный аппарат; 29 — зашивочная машина; 30 — весы многокомплектные;
 31 — весы платформенные; 32 — весы циферблатные грузоподъемностью 10 кг

Линия подготовки предсмесей микроэлементов (средних компонентов). Соли микроэлементов, поступающие в хорошо сыпучей форме, растаривают и направляют в наддозаторные бункеры.

Подготовка солей микроэлементов, обладающих повышенной гигроскопичностью и слеживаемостью и требующих измельчения, осуществляется двумя способами: сушкой и измельчением солей; смешиванием с высушенным наполнителем.

По первому способу соли микроэлементов предварительно измельчают в валковой дробилке, высушивают в сушилке, окончательно измельчают в молотковой дробилке и направляют на дозирование.

При втором способе используется сорбционный метод, при котором измельченные на валковой дробилке соли микроэлементов дозируют с высушенным наполнителем в соотношении 1:1.

Смешиваемую в смесителях периодического действия смесь измельчают на молотковой дробилке и направляют на дозирование в бункеры для средних компонентов.

Крупность частиц подготовленной смеси характеризуется следующим показателем: остаток на сите с сеткой № 1,2 — не более 0,5 %.

Линия подготовки холин хлорида. Холин хлорид поставляется в виде 70 %-го водного раствора и представляет собой сиропообразную жидкость.

Ввод холин хлорида в состав премиксов осуществляется двумя способами — непосредственно в премикс в жидком виде и предварительным смешиванием с наполнителем и высушиванием смеси.

При вводе непосредственно в состав премиксов холин хлорид добавляется в смеситель в количестве, соответствующем рецептуре.

При втором способе процесс подготовки заключается в смешивании холин хлорида с наполнителем (отрубями и др.) и последующем высушивании смеси.

Дозирование наполнителя осуществляют автоматическими весами, холин хлорида — насосом дозатором или насосом в комплекте с расходомером. Соотношение холин хлорида с наполнителем рекомендуется 1:3. Смешивание производят в смесителе периодического действия в течение 10 мин, высушивание до влажности 10 % осуществляется в сушилке периодического действия. Высушенный продукт направляют в наддозаторные бункеры.

Линия подачи макрокомпонентов. Кормовые формы витаминов, ферментов, антибиотиков, кристаллические аминокислоты, лекарственные и другие препараты, не требующие предварительной подготовки, растаривают и подают непосредственно в наддозаторные бункеры над многокомпонентными весами для макрокомпонентов.

Линия подготовки йодистого калия. Подготовка йодистого калия заключается в стабилизации его для предотвращения разложения при контакте с солями микроэлементов.

В качестве стабилизирующих веществ используют стеарат кальция в количестве 10 % от массы йодистого калия или смесь тиосульфита и бикарбоната натрия в количестве 2 и 6 % от массы йодистого калия, соответственно.

Калий йодистый и стабилизирующие вещества отвешивают на весах в указанной пропорции и смешивают в смесителе периодического действия в течение 10 мин. Полученную смесь направляют в бункеры над дозаторами для микроэлементов.

Линия подготовки предварительных смесей микроэлементов. Добавки в микродозах, которые не требуют предварительной подготовки, — фармакопейные витамины,

антибиотики, углекислые соли микроэлементов и др. — подают непосредственно в бункеры для микроэлементов над многокомпонентными весами малой грузоподъемности. Каждый компонент отвешивают поочередно и загружают в смеситель второй стадии смешивания. Приготовление предварительных смесей с наполнителем производят в соотношении от 1:3 до 1:20.

Линия подготовки и ввода жира. Линия предназначена для подготовки и ввода в наполнитель жира стабилизированного кормового.

Линию оборудуют накопительными и оперативными емкостями, устройствами для подогрева, перекачивания, очистки и дозирования жира. Емкости для жира должны иметь рубашки, в которые подают горячую воду (95 °C) для поддержания жира в расплавленном состоянии. Ввод жира в наполнитель производят на установке непрерывного действия в количестве 1–3 %.

Линия дозирования и смешивания компонентов. Дозирование компонентов осуществляется по массе с применением многокомпонентных весовых дозаторов различной грузоподъемности: для наполнителя, макрокомпонентов, средних компонентов и микрокомпонентов. Весы должны работать в автоматическом режиме с применением перфокарт. Разгрузка весов осуществляется после набора заданного на перфокарте количества компонентов.

Смешивание компонентов премиксов производится в несколько стадий в целях наилучшего распределения микродобавок смеси.

За один производственный цикл осуществляют два взвешивания наполнителя: в смеситель предварительного смешивания компонентов и смеситель окончательного смешивания.

Линия упаковки продукции в мешки. Премиксы расфасовывают по 20–25 кг в четырехслойные бумажные мешки с помощью весовых аппаратов. Возможна упаковка в контейнеры разового использования МКР-1М или МКР-1С. При объеме контейнера в 1 м³ производят упаковку с применением установки УЗ-УЗК. Допускается бестарное хранение и отпуск премиксов по специальной технологической линии.

Линия бестарного хранения и отпуска продукции. Бестарное хранение и отпуск премиксов производят по специальной технологической линии, включающей механический вертикальный и горизонтальный внутрицеховой транспорт, силосы для складирования, кольцевой распределитель, самотечный транспорт. В каждый силос загружают премикс одного рецепта, при загрузке силоса высота свободного падения премикса не должна превышать 5 м.

Место загрузки премиксов в машину или вагон оборудуют ограждениями для предотвращения распыла при загрузке и навесом, предохраняющим продукцию от атмосферных осадков.

Нормы ввода обогатителей и расчет обогатительной смеси. В зависимости от рецепта комбикорма, производительности завода и применяемого оборудования производят расчет приготовления обогатительной смеси.

Пример 1.

Для примерного расчета приготовления обогатительных смесей на линиях комбикормовых заводов выбран рецепт № К-55–66 комбикорма-концентрата для мясного откорма свиней.

Расчет ведем применительно к заводу производительностью 300 т/сутки.

В рецепт входят следующие микродобавки (г на 1 т комбикорма):

<i>Витамины:</i>		<i>Микроэлементы:</i>	
А млн МЕ	2,7	Кобальт углекислый	1,9
B ₂	1,25	Железо сернокислое	50
РР	12	Медь сернокислая	9
Холин хлорид	500	Цинк сернокислый	13
B ₁₂	0,01	Калий йодистый	1
D ₂ млн МЕ	0,72		
<i>Антибиотики</i>			
Биомицин	15		

Примечание. 1 г препарата витамина А содержит 325 тыс. МЕ витамина А.

1 г сухих облученных дрожжей содержит 20000 МЕ витамина D₂, 1 г биомассы пропионово-кислых бактерий содержит 430 грамм витамина B₁₂.

На 300 т комбикорма потребуется следующее количество микродобавок:

- витамин А (стабилизированный) — $2700000 : 325000 = 8,3 \cdot 300 = 2490$ г;
- витамин А вводится в виде люцерновой муки, которая содержит 0,012 г витамина А в 1 кг муки;
- $2490 : 0,012 = 207500$ г;
- витамин B₂ — $1,25 \times 300 = 375$ г;
- витамин РР — $12 \times 300 = 3600$ г;

- холин хлорид (70 %-й раствор) $\frac{500 \times 300}{0,7} = 214286$ г;

- витамин D₂ вводят в виде облученных дрожжей, 1 г которых эквивалентен 20 тыс. МЕ.

Тогда облученных дрожжей необходимо ввести $\frac{720000 \times 300}{20000} = 10800$ г.

Витамин B₁₂ — $0,01 \times 300 = 3$ г. Витамин B₁₂ вводится в комбикорма в виде биомассы пропионово-кислых бактерий, активностью 430 г в 1 кг. Тогда биомассы необходимо ввести $3 : 0,000430 = 6977$ г.

Микроэлементы, г

Кобальт углекислый	$1,9 \times 300 = 570$
Железо сернокислое	$50 \times 300 = 15000$
Медь сернокислая	$9 \times 300 = 2700$
Цинк сернокислый	$13 \times 300 = 3900$
Калий йодистый	$1 \times 300 = 300$

Биомицин $15 \times 300 = 450$ г. 1 г биомицина содержит 850000 ЕД.

Биомицин вводят в виде кормового препарата с активностью 400 ЕД в 1 г, что состав-

вит: $\frac{850000 \times 450}{400} = 9562000$ г.

Общее количество микродобавок (за вычетом микродобавок холин хлорида, который вводят в жидком виде, люцерновой муки, которую вводят в качестве наполнителя, и кормового биомидина, который вводят отдельным дозатором), г:

B ₂	375
PP	3600
B ₁₂	6977
D ₂	10800
Co	570
Fe	15000
Cu	2700
Zn	3900
KI	300
Итого:	44222

Всего для смеси предполагается использовать девятикратное количество наполнителя (люцерновая мука и др.), что составляет: $44,22 \times 9 = 398$ кг.

Общее количество обогатительной смеси с микродобавками составляет $398 + 44,22 = 442,22$ кг.

Учитывая, что вместимость смесителя ВПС-2-80 кг, необходимо произвести $442,22 : 80 = 5,52 - 6$ смешиваний.

Процесс смешивания производят в два приема: для первого смешивания отвешивают порции микродобавок, составляющие $1/6$ расчетного количества $44,222 : 6 = 7,37$ кг.

Наполнителем будет люцерновая мука $207,5 : 6 = 34,58$ кг.

Тогда предварительная порция смеси составит: $34,58 + 7,37 = 41,95$ кг.

Это количество смешивают в смесителе, затем дробят, просеивают и направляют во второй смеситель.

Для второго смешивания к полученной порции 41,95 кг добавляют $398 - 207,5 = 190 : 6 = 31,75$ кг молотого жмыха или шрота. Это количество смешивают в смесителе 15-20 мин, после чего смесь готова.

Пример 2.

Рецепт № К 50-2

На 1 т комбикорма добавляют, г:

витамина А, млн МЕ	6
витамина Д ₂ , млн МЕ	4
биомидина	50
железа сернокислого	120
меди сернокислой	15
марганца сернокислого	30
цинка сернокислого	30
кобальта углекислого	4
калия йодистого	0,5

Примечание. 1 г препарата витамина А содержит 325 тыс. МЕ витамина А. 1 г сухих облученных дрожжей содержит 4000 МЕ витамина Д₂.

Следовательно, на 1 т комбикорма добавляют, г:

$$\bullet \text{ препарата витамина А } - \frac{6 \text{ млн МЕ}}{325 \text{ тыс. МЕ}} = 18,5;$$

$$\bullet \text{ сухих облученных дрожжей } - \frac{4 \text{ млн МЕ}}{4 \text{ тыс. МЕ}} = 1000.$$

Расчет ведем применительно к заводу производительностью 300 т/сут, т. е. 100 т комбикорма в смену. Для обогащения комбикормов используют обогатительную смесь концентрации 0,3 %. На смену потребуется $100 \times 0,003 = 300$ кг обогатительной смеси.

При использовании на окончательной стадии смешивания А 9-ДСГ-0,1 (емкостью 100 кг) на смену необходимо приготовить три порции обогатительной смеси по 100 кг каждая. Отвешивание солей микроэлементов, подлежащих измельчению, производят на сменную выработку комбикорма. Остальные микродобавки отвешивают на каждую порцию обогатительной смеси (на 100 кг). На 100 т комбикорма (т. е. на 300 кг обогатительной смеси) необходимо, г:

железа сернокислого	$(120 \text{ г} \times 100) = 12000$
меди сернокислой	$(15 \text{ г} \times 100) = 1500$
марганца сернокислого	$(30 \text{ г} \times 100) = 3000$
цинка сернокислого	$(30 \text{ г} \times 100) = 3000$

Итого: 19,5 кг

На каждую партию обогатительной смеси в количестве 100 кг необходимо следующее количество остальных микродобавок, г:

$$\text{биомицина } \frac{50 \times 100}{3} = 1667;$$

$$\text{витамина А } \frac{18,5 \times 100}{3} = 617;$$

$$\text{витамина Д}_2 \frac{1000 \times 100}{3} = 33,333;$$

$$\text{кобальта углекислого } \frac{4,0 \times 100}{3} = 133;$$

$$\text{калия йодистого } \frac{0,5 \times 100}{3} = 17.$$

Итого: 35,767 кг

На первой стадии смешивания к солям микроэлементов, подлежащим измельчению, добавляют одну часть наполнителя, т. е. 19,5 кг, и тогда общая масса предварительной смеси составит 39 кг. Для приготовления смеси используют смеситель ВНС-2.

После измельчения и просеивания смесь солей микроэлементов с наполнителем развешивают на три части, т. е. для окончательного смешивания на каждую порцию в смесителе А9-ДСГ-01 приходится следующее количество предварительной смеси солей микроэлементов — $39 \text{ кг} : 3 = 13,0 \text{ кг}$.

Таким образом, в смеситель окончательного смешивания обогатительной смеси на каждую порцию в 100-кг подается, кг:

предварительной смеси микроэлементов	13,00
витаминов, биомидина, калия йодистого, кобальта углекислого	35,77
наполнителя	51,23
Итого:	100,00

3. Выработку БВД производят на комбикормовых предприятиях по технологии, принятой на этом заводе для производства комбикормов. Организация производства БВД аналогична организации производства комбикормов. Производительность каждой подготовительной технологической линии цеха должна быть рассчитана на переработку максимального предусмотренного рецептами для различных видов животных и птицы количества сырья.

Глава 7

НЕТРАДИЦИОННАЯ ПРОДУКЦИЯ КОМБИКОРМОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 1. Карбамидный концентрат

Одним из основных факторов, сдерживающих широкое применение мочевины, является ее быстрый гидролиз в преджелудках. При этом происходят значительные потери азота и возможны отравления животных. Поэтому для эффективного использования синтетической мочевины в качестве протеиновой добавки необходимо обеспечить равномерное поступление ее с кормом или замедлить скорость гидролиза мочевины в рубце. Это достигается соединением карбамида с углеводными компонентами. В комбикормовой промышленности производится карбамидный концентрат, представляющий собой смесь зерновых компонентов, карбамида и бентонита натрия. На комбикормовых заводах он вырабатывается по рецептам, разработанными для крупного рогатого скота и овец.

Компоненты	Номер рецепта												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ячмень	80	75	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Овес	—	—	—	80	75	70	—	—	—	—	—	—	—
Кукуруза	—	—	—	—	—	—	80	75	70	—	—	—	—
Пшеница	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	75	70	—
Сорго	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80
Бентонит	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Карбамид	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Задача карбамидного концентрата — обеспечение замедленного гидролиза карбамида и его лучшее использование жвачными животными. При этом исключается отравление животных, так как под действием желудочного сока расщепление аммиака замедлено и азотистые соединения усваиваются равномерно.

Карбамидный концентрат содержит 40–80 % сырого протеина (протеинового эквивалента) и включается в состав комбикормов, кормосмесей и рационов для жвачных животных в качестве заменителя натуральных белковых компонентов.

Карбамидный концентрат, получаемый методом экструзии смеси измельченного зерна, карбамида и бентонита, является кормовым продуктом для жвачных животных.

Готовый концентрат имеет вид крупки или гранул. В результате обработки в экструдере карбамид в составе концентрата находится в физически связанном состоянии с зерновыми компонентами и бентонитом. Такой продукт характеризуется отсутствием самосортирования (расслоения) карбамида, более медленной скоростью высвобождения аммиака в желудке животного, пониженной токсичностью по сравнению с обычными кормовыми смесями, содержащими карбамид.

В качестве сырья для производства карбамидного концентрата используется зерно злаковых культур (ячмень, кукуруза, пшеница, сорго, просо), карбамид и бентонитовый порошок (глинопорошок). Количественное содержание компонентов в концентрате устанавливается в соответствии с рецептурой.

Зерно вводится в состав концентрата как сырье, содержащее крахмал, который в процессе экструдирования клейстеризуется и вступает в физическую связь с расплавленным карбамидом и бентонитом. Это способствует замедлению высвобождения аммиака в рубце, а также обеспечивает получение требуемой энергии для развития микроорганизмов рубца жвачных животных.

Карбамид является небелковым азотосодержащим компонентом, из которого после ряда превращений в рубце жвачных животных образуется бактериальный белок.

Бентонитовый порошок применяется как адсорбент влаги, выделяемой при экструдировании, а также для улучшения процесса экструзии.

Зерновое сырье, предназначенное для выработки карбамидного концентрата, должно иметь влажность не более 14 %. По остальным показателям удовлетворять требованиям ограничительных кондиций на зерно, поставляемое комбикормовой промышленности.

Карбамид должен соответствовать фракции 1 «для сельского хозяйства»:

- внешний вид — белые слабоокрашенные шарообразные гранулы;
- вкус — солоновато-горький;
- влажность — не более 0,3 %;
- азота в сухом продукте — не менее 46 %;
- биурета — не более 1,0 %;
- температура плавления — 132 °С.

Гранулированный карбамид поступает упакованным в полиэтиленовые или бумажные мешки. Вес нетто — не более 50 кг. На каждом мешке должна быть этикетка с обозначением завода-поставщика, наименованием продукта, номером партии, массой и номером ГОСТа.

Карбамид гигроскопичен. При повышении его влажности выше 0,5 % карбамид становится трудносыпучим, при этом может разлагаться с выделением аммиака. Хранить карбамид следует в таре в сухих, хорошо проветриваемых помещениях.

Бентонитовые порошки, применяемые при производстве карбамидного концентрата методом экструзии, должны быть натриевой формы.

Для производства карбамидного концентрата, бентонитовые порошки поставляются: влажность — 5–8 %, содержание частиц диаметром 60 мкм — не более 15 %.

Хранение бентонитовых порошков осуществляется в таре при условиях, аналогичных для хранения карбамида.

§2. Технология производства карбамидного концентрата

Технологический процесс производства карбамидного концентрата включает следующие операции:

- 1) подготовку зернового сырья, карбамида и бентонита;
- 2) дозирование компонентов смеси;
- 3) смешивание компонентов для получения однородной смеси;
- 4) экструдирование смеси;
- 5) охлаждение полученного концентрата;
- 6) измельчение концентрата;
- 7) затаривание и отпуск продукции.

Принципиальная схема технологического процесса производства карбамидного концентрата (рис. 5.25).

Подготовка зернового сырья включает очистку от сорных примесей, металломагнитных примесей и измельчение.

Очистка зерна производится на зерноочистительных машинах. Для отделения металломагнитных примесей используются электромагнитные сепараторы или магнитные колонки. Установка этого оборудования осуществляется согласно норм для комбикормовых предприятий.

Очистка зернового сырья производится до следующих кондиций:

- ♦ содержание крупной примеси (сход сита с отверстиями $\varnothing 10-16$ мм не допускается);
- ♦ содержание минеральной примеси — не более 0,25 %;
- ♦ содержание металломагнитной примеси — следы.

Очищенное от посторонних примесей зерновое сырье измельчается на молотковых дробилках.

Измельченное зерновое сырье должно удовлетворять следующим требованиям по крупности: остаток на сите диаметром отверстий 3 мм не более 10 %.

Подготовка карбамида предусматривает растаривание его в пылеуловителе Д1-БПУ и разрыхление, если он слежался, на решетке этого аппарата. После растаривания карбамид транспортными средствами подают в наддозаторные бункеры.

Бентонит, поступающий в мешках, растаривается в пылеуловителе А1-БПУ и подается в наддозаторный бункер.

Дозирование подготовленных компонентов карбамидного концентрата осуществляется системой автоматического многокомпонентного весового дозирования.

Подбор дозаторов производится в соответствии с требуемой производительностью цеха (линии).

Для получения концентрата хорошего качества и устойчивой работы экструдеров смесь измельченного зерна, карбамида и бентонита должна быть однородной.

Смешивание компонентов производится на горизонтальных смесителях периодического действия. Необходимая однородность смеси достигается при работе смесителей в паспортном режиме.

Экструдирование подготовленной смеси измельченного зерна, карбамида и бентонита производится на экструдерах, где под действием сил сжатия и трения смесь разогревается до температуры, при которой обеспечивается клейстеризация крахмала, плавление карба-

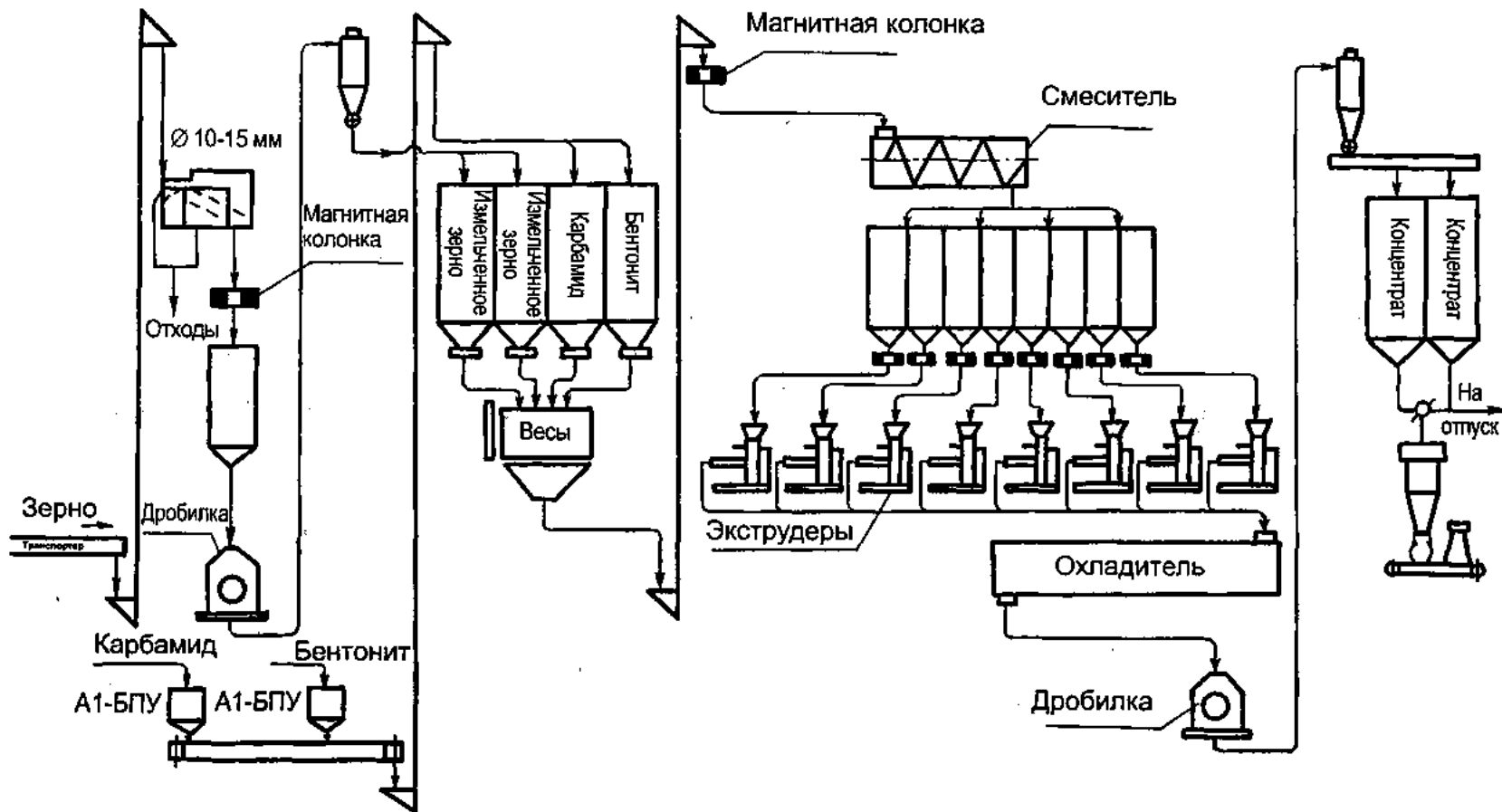


Рис. 5.25. Принципиальная схема технологического процесса производства карбамидного концентрата

мида, абсорбция расплавленного карбамида бентонитом и диффузия карбамида с бентонитом в массу клейстеризованного крахмала.

Для производства карбамидного концентрата применяются экструдеры отечественного производства и импортные.

Экструдер представляет собой шнековый пресс. Шнек экструдера КМЗ состоит из нескольких секций. Секции разделены парозапорными шайбами, которые создают сопротивление движущейся под действием винтов шнека смеси и способствуют ее постепенному разогреву. Давление в экструдере достигает 10 МПа и выше, температура смеси 130–135 °С. В этих условиях карбамид расплавляется, так как температура его плавления составляет 132 °С. Разогретый продукт приобретает тестообразную консистенцию и на выходе из экструдера вспучивается вследствие резкого снижения давления до атмосферного.

На концевой части шнека экструдера установлена гранулирующая головка, при выходе из которой концентрат отрезается специальным вращающимся устройством, в результате получаются гранулы овальной формы.

Для устранения самосортирования карбамида при подаче смеси от смесителя к экструдерам рекомендуется использовать вместо бункеров самотечные трубы диаметром 300–350 мм.

Охлаждение экструдированного продукта производится в устройствах, принцип действия которых основан на однократном перемещении продукта в потоке охлаждающего воздуха со скоростью, обеспечивающей охлаждение горячих гранул карбамидного концентрата.

Недостаточно охлажденный продукт плохо поддается измельчению и может вызвать «замазывание» сит молотковых дробилок.

Температура продукта после охлаждения не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 18 °С. Охлажденный экструдированный продукт измельчается на молотковых дробилках с установкой сита, обеспечивающего крупность концентрата согласно ТУ.

Карбамидный концентрат может затариваться в мешки или отпускаться насыпью. Для затаривания используются весовыбойные аппараты ДВ-50П или ДВК-50П и зашивочная машина ЗЗЕМ.

§3. Технология производства АВД

Амидно-витаминные добавки на основе карбамидного концентрата вырабатываются с использованием линий:

- ♦ подачи карбамидного концентрата;
- ♦ подготовки отрубей;
- ♦ подготовки соли;
- ♦ подготовки другого минерального сырья;
- ♦ подачи премикса;
- ♦ дозирования и смешивания компонентов;
- ♦ затаривания.

Карбамидный концентрат растаривают и без дополнительной подготовки подают в наддозаторные бункеры.

Подготовка отрубей заключается в отделении некроновых отходов и металломагнитных примесей, для чего используют просеивающие машины с сеткой проволоочной № 8 или полотно решетное типа 1 № 100 и постоянные магниты или электромагнитные сепараторы.

Подготовка соли, другого минерального сырья, подача премикса, дозирование, смешивание и затаривание выполняются идентично вышеприведенным технологическим линиям производства комбикормов.

§4. Технологическая схема производства ЗЦМ

Концентрат — частичный заменитель молока для телят — ЗЦМ, отличается высоким содержанием питательных веществ и тонким измельчением компонентов. В состав концентрата входят следующие компоненты (%): мука гороховая — 36; мука пшеничная обойная — 31; жмых льняной — 16; дрожжи кормовые — 10,09; мел — 3,8; соль поваренная йодированная — 3; микродобавки (БВК и кобальт хлористый) — 0,11. Кобальт хлористый добавляют в концентрат из расчета 0,6 г на 100 кг концентрата.

Кроме приведенного состава применяется рецепт № 62-1 ЗЦМ — заменитель цельного молока для телят 20-дневного возраста, состоящий из следующих компонентов (%): молоко сухое обезжиренное — 80,0; саломас растительный — 15,0; фосфатидный концентрат — 5,0.

В 1 кг заменителя содержится, г: сырого протеина — 250; кормовых единиц — 2,3; сырого жира — 200; перевариваемого протеина — 225; кальция — 10; фосфора — 7,2.

На 1 т заменителя добавляется, г: биомитина — 50; витамина А, млн МЕ — 30; витамина Д, млн МЕ — 10.

1 т сухого заменителя позволяет высвободить 4 т цельного молока.

Технологическая схема производства концентрата — частичного заменителя молока для телят (рис. 5.26). По этой схеме сыпучее сырье (горох) после взвешивания поступает в бункер 1, а затем последовательно измельчается в дробилке 3 и в вальцовом станке 4, предварительно пройдя через магнитное ограждение 2. Измельченный горох после вальцового станка просеивают на бичевой машине 5, на которой установлено сито с отверстиями Ø 1,5 мм. Проход сита поступает в бункеры 8 над дозаторами, а сход — в отдельный закрыв и используется затем в производстве других видов комбикормов.

После дробилки 3 продукты размола целесообразно просеивать для отделения мучнистого продукта, который направляют в наддозаторные емкости, а крупные сходовые частицы — в вальцовый станок.

Дрожжи измельчают в молотковой дробилке и направляют в бункеры над дозаторами.

Кусковое сырье (жмых, мел) после дробления на жмыхоломаче 6 измельчают на дробилке 3а; размолотые продукты транспортируют в бункеры над дозаторами. В дробилках установлены сита с отверстиями Ø 4,2 мм. Пшеничную муку подают непосредственно с мельницы или склада в бункер над дозатором.

Подготовленные компоненты дозируют на многокомпонентном весовом дозаторе 9, из которого они поступают в смеситель 10. Готовая продукция поступает на выбор для затаривания.

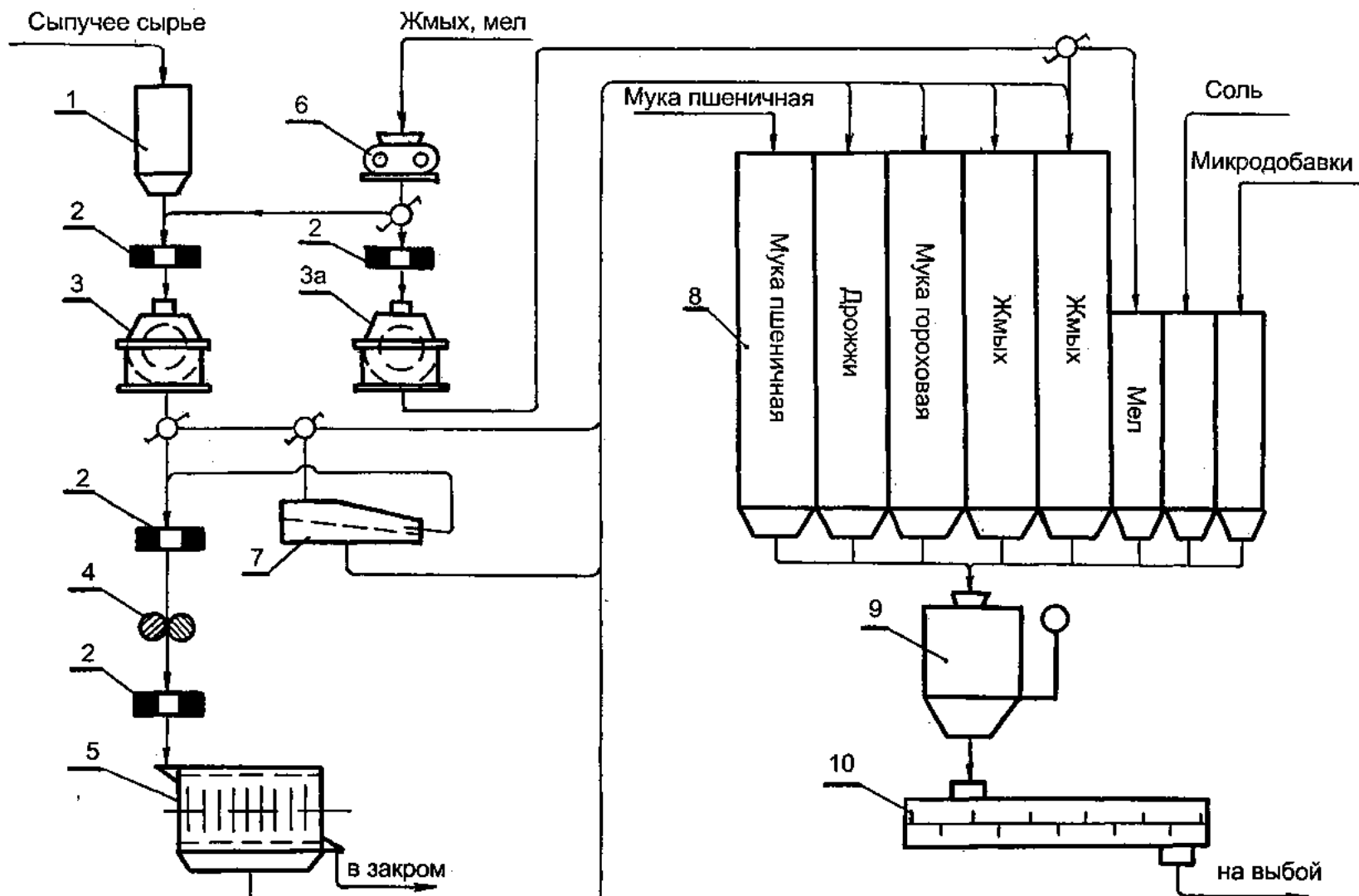


Рис. 5.26. Схема технологического процесса производства ЗЦМ

ГЛАВА 8

КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

§1. Нормы выхода готовой продукции на комбикормовых предприятиях

Предварительный расчет выхода готовой продукции на комбикормовых предприятиях не производят.

В настоящее время установлены следующие нормы выхода комбикорма, БВД и премикса.

Наименование	Норма выхода готовой продукции, % от массы сырья не менее	Некормовые отходы от массы сырья, не более	Усушка, не более	Увлажнение, не более	Механические потери, не более
Рассыпные комбикорма	99,0	0,40	0,30	—	0,30
Гранулированные комбикорма	99,6	0,40	—	0,50	0,50
Белково-витаминные добавки	99,4	0,10	0,25	—	0,25
Премиксы с сушкой наполнителя	94,0	—	—	—	—
Премиксы без сушки наполнителя	99,0	—	—	—	—
Экструдированное зерно	95,0	0,40	4,30	—	0,30

Указанные величины механических потерь являются предельно допустимыми.

При гранулировании комбикормов, поступающих из склада готовой продукции, выход гранул ориентировочно может составлять 100,58 %, некормовые отходы — 0,02 %, механические потери — 1,2 %, увлажнение — 0,80 %.

В производственных актах-отчетах, составляемых при зачистке, использовании зерна и выработке готовой продукции указывают:

- а) расход сырья (Q) и выход продукции (Q_{np}), определяемые по фактической массе в кг;
- б) фактическую усушку, определяемую по формулам:

$$g_{yc} = \frac{(W_c - W_{np})}{(100 - W_{np})} \times 100\%; \quad Q_{yc} = \frac{g_{yc} \cdot Q_{np}}{100} \text{ кг}; \quad (5.4)$$

Фактическое увлажнение, определяемое по формулам:

$$g_{yc} = \frac{(W_{np} - W_c) \cdot 100}{(100 - W_{np})} \% ; \quad Q_{yc} = \frac{g_{yc} \cdot Q_{np}}{100} \text{ кг};$$

где: W_c — средневзвешенная влажность израсходованного сырья, %;

W_{np} — средневзвешенная влажность выработанной продукции, %;

в) некормовые отходы ($Q_{но}$) — по фактической массе, установленной в актах на списание и вывоз их с территории предприятия, кг;

г) механические потери (распыл) ($Q_{мех.}$), определяемые по разности между массой переработанного сырья и сумарной массой готовой продукции, некормовых отходов и усушки, кг:

$$Q_{мех.} = Q_c - (Q_{np} + Q_{н.о.} + Q_{ус.}).$$

Некормовыми отходами производства считаются крупные посторонние примеси в сырье (сход с приемных и сортировочных сит), а также проход через подсевные сита сепараторов, получаемые при очистке зерновых продуктов, с содержанием полезного зерна не более 2 %, черная пыль из аспирационных устройств и металлопримеси.

Некормовые отходы учитывают по массе и после заключения начальника ПТЛ о качестве их уничтожают в соответствии с пунктом 68 «Инструкции о порядке ведения учета и оформления операций с зерном и продуктами на предприятиях хлебопродуктов Министерства заготовок СССР» № 9-1, утвержденной приказом Минзага СССР от 15.02.78 г. № 55.

§2. Учет сырья и продукции

Учет сырья и готовой продукции на предприятиях по производству комбикормов, БВД и премиксов осуществляется в соответствии с положением «Инструкции ...» № 55 и дополнений к ней.

Каждая партия сырья, поступающего на предприятие, принимается материально-ответственным лицом по количеству, установленному на исправных с действующим клеймом весах или по числу мест при стандартной массе и по качеству. Эти данные служат для составления отчета по форме № 121.

Определение качества сырья производится сотрудниками ПТЛ предприятия, ветлабораторией по методикам и показателям, установленным государственными стандартами и действующими инструкциями.

Учет сырья в целом по предприятию включает оформление поступления сырья, внутривозовских операций и отпуска готовой продукции; при этом оформление поступления сырья и отпуска готовой продукции для всех предприятий является общим.

Оформление учета по передаче сырья со склада в производственный цех, переработке сырья и подаче готовой продукции в склад внутри предприятия осуществляется по одной из систем учета, устанавливаемой в зависимости от способа дозирования (объемное, на многокомпонентных весовых дозаторах или на весовых дозаторах непрерывного действия) и утвержденного порядка материальной ответственности.

На предприятиях, ведущих учет по многокомпонентным весам, склады сырья, производственный корпус и склады готовой продукции являются единым комплексом произ-

водства, возглавляемым начальником производства комбикормового завода (цеха) — единым материально-ответственным лицом.

Заместители начальника (начальники смен, помощники, старшие и сменные мастера) производства комбикормового завода (цеха) несут материальную ответственность за количественно-качественную сохранность сырья и готовой продукции в установленном порядке.

В производственном цехе количество выработанной продукции устанавливается по показателям счетчиков весового дозатора главной линии дозирования с добавлением массы жидких компонентов. Расход сырья на выработку продукции определяется путем пересчета количества выработанной продукции на процентное содержание данного вида сырья по рецепту с учетом фактически сложившихся потерь.

На предприятиях, оснащенных объемными дозаторами, для взвешивания всех видов сырья, направляемых из склада в производство, выработанной продукции из производства в склад, в схеме технологического процесса должны быть предусмотрены весы соответствующей грузоподъемности.

В целях проверки работы производственных цехов и выявления результатов использования сырья по окончании месяца должна производиться плановая зачистка производственного корпуса.

В актах зачистки указывается количество и качество переработанного сырья с учетом остатков на начало и конец отчетного месяца, количество выработанной продукции и показатели выполнения норм выхода продукции (баланс использования сырья в производстве).

Некормовые отходы, получаемые за смену при очистке сырья, направляют в специально отведенное помещение (или емкость) и после определения качества и массы вывозят с территории в установленном порядке.

Инвентаризация всех видов сырья и продукции производится, как правило, ежегодно по решению администрации с учетом запаса сырья. После проведения инвентаризации составляется производственный акт-отчет, в котором определяются все убыли и потери.

§3. Размещение, хранение и отпуск готовой продукции

Готовую продукцию хранят в корпусах силосного типа и складах напольного хранения. Емкость для хранения готовой продукции определяется предприятием (примерно на 5 суток работы завода).

При хранении рассыпных комбикормов рекомендуется оставлять свободными 1–2 силоса, чтобы иметь возможность перемещать продукцию с целью проведения профилактических мероприятий.

При выпуске продукции в таре предприятия оборудуют весовыми аппаратами и зашивочными машинами для упаковки.

Перед загрузкой продукции работники склада проверяют пригодность и соответствие транспортных средств (вагонов, барж, автомобилей) требованиям санитарных правил для перевозки кормовых продуктов.

Не допускается погрузка насыпью в один и тот же вагон, отсек судна или автомобиль продукции, выработанной по различным рецептам.

Силосы и склады для хранения готовой продукции должны быть оборудованы устройствами и механизмами для погрузки готовой продукции в вагоны, автомобили и специализированный транспорт. Применение для погрузки продукции крыльчаток или других механизмов, вызывающих самосортирование рассыпных комбикормов, БВД и премиксов и дробление гранул, запрещается.

Каждая партия комбикормов, БВД, премиксов, отправляемая с предприятий, должна сопровождаться удостоверением о качестве.

Удостоверение о качестве продукции выдается ПТЛ по установленной форме. Один экземпляр удостоверения вручается получателю, второй экземпляр прилагается к счету на оплату, третий хранится на предприятии.

§4. Технологический контроль комбикормового производства

Технохимическому контролю подлежат все стадии комбикормового производства, начиная от приема сырья и кончая отпуском готовой продукции. Технохимический контроль должен обеспечивать выработку только качественных кормовых концентратов, комбикормов, БВД, премиксов, карбамидного концентрата и АВД на его основе, строго соответствующих рецептам и отвечающих действующим стандартам и техническим условиям. Он осуществляется производственной технологической лабораторией (ПТЛ), самостоятельным отделом комбикормовых предприятий.

В комбикормовых цехах, входящих в состав хлебоприемного предприятия, мельничного или крупяного предприятия, организуют цеховые лаборатории. В таких случаях руководит лабораторией заместитель начальника ПТЛ, заведующий лабораторией или старший лаборант.

На ПТЛ возлагаются следующие обязанности:

- организация приема и оценка поступающего сырья;
- контроль за размещением сырья и готовой продукции в складах;
- проверка хранения сырья и готовой продукции;
- выбор рецепта для производства комбикормов в зависимости от наличия сырья и плана выработки. Проверка его качества (расчетным путем) на соответствие показателям ГОСТ или ТУ;
- контроль за постановкой учета сырья при передаче в производство и получением от него продукции с составлением производственного акта зачистки;
- определение качества готовой продукции и отходов;
- выдача удостоверений о качестве на отгружаемую или отпускаемую продукцию;
- ведение лабораторных журналов и документации по установленной форме;
- контроль за очисткой сырья от примесей;
- контроль за размолот зерновых продуктов и дроблением крупных компонентов;
- контроль за работой и правильностью дозирования компонентов в соответствии с утвержденным рецептом;
- контроль за санитарным состоянием завода (цеха), его территории, складских помещений и тары;
- разработка и проведение мероприятий по борьбе с зараженностью предприятия и складов вредителями хлебных запасов.

Начальник наделен большими правами вплоть до запрещения выпуска продукции при отсутствии утвержденных на нее стандартов или технических условий.

Начальник ПТЛ комбикормовых заводов руководствуется утвержденными положениями о работе отделов ПТЛ, Правилами организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности.

При проведении анализов необходимо строго придерживаться действующих ГОСТов на каждый вид сырья. После отбора средней пробы в лаборатории проверяют цвет, запах, влажность. Затем проводят те анализы, которые характеризуют качество данного сырья. Для зернового сырья определяют наличие сорной примеси, в том числе степень засоренности плодами и семенами вредных растений, минеральной примесью и вредителями хлебных запасов. В мясокостной, кровяной, рыбной муке и кормовых дрожжах определяют общий протеин, в хлопчатниковом шроте — госсипол, в травяной муке — каротин и т. д.

На каждом комбикормовом предприятии обязателен систематический контроль технологического процесса, осуществляемый лабораториями комбикормовых цехов в соответствии с инструкцией о работе лабораторий системы хлебопродуктов.

Контроль технологического процесса осуществляется производственный и лабораторный.

Производственный — персоналом, ведущим технологический процесс (сменным мастером и рабочими), на своих рабочих местах.

При этом производственный персонал контролирует работу машин и внутризаводского транспортного оборудования путем:

а) по очистительным машинам — периодической проверки исправности сит, отсутствия (просмотром) грубых примесей в промежуточных продуктах после машин;

б) по дробилкам — специальных наблюдений за плавностью работы дробилок, отсутствием вибрации, а также периодическим просмотром дробленого продукта и проверкой отсутствия в нем целых зерен;

в) по магнитным установкам — проверки тщательности отбора (просмотром) крупных металломагнитных примесей из очищаемого продукта;

г) по дозаторам — периодической проверки точности дозирования в соответствии с заданным рецептом;

д) по прессам для гранулирования — проверки работы очистительных машин, контролирующих комбикорм, идущий на прессы, качества гранул (путем периодического отбора гранул и осмотром их);

е) по операциям с жидкими компонентами — периодической проверки и очистки фильтров-ловушек, наблюдения за температурой подогрева жидких компонентов.

Лабораторный — персоналом лаборатории с отбором образцов на рабочих местах и анализом их в лаборатории.

ПТЛ комбикормовых предприятий для определения качества сырья и готовой продукции должны производить минимум следующих технических и химических анализов.

Технические:

- ♦ внешний вид, цвет, запах;
- ♦ крупность размолла каждого вида сырья и готовой продукции;
- ♦ определение металлопримеси в сырье и комбикормах;
- ♦ наличие целых зерен в комбикормах.

Определение производится от каждой партии комбикормов и сырья через каждые 2 часа.

- ♦ влажность сырья и готовой продукции;
- ♦ засоренность зернового сырья;
- ♦ разбухаемость гранул;
- ♦ крошимость гранул.

Определение по каждой партии ежемесячно по среднесменному образцу, составленному из образцов, отбираемых через каждые 2 часа.

- ♦ крупность гранул.

Химические:

- ♦ количество песка в комбикорме;
- ♦ количество соли в комбикорме;
- ♦ количество клетчатки в комбикорме. Определяется от каждой партии не реже одного раза в смену по среднесменному образцу, составленному из образцов, отбираемых через каждые 2 часа.
- ♦ определение общего протеина в рыбной муке;
- ♦ определение каротина в травяной (сенной) витаминной муке;
- ♦ определение госсипола в хлопчатниковом шроте, жмыхе при поступлении сырья на завод.

Кроме перечисленных обязательных для всех предприятий анализов, в настоящее время на многих предприятиях определяют наличие некоторых микроэлементов и витаминов в обогащенных комбикормах, определение токсичных и антипитательных веществ.

§5. Контроль процесса дозирования и других этапов производства

К дозаторам в комбикормовом производстве предъявляются самые высокие требования, так как от точности дозирования в большей степени зависит качество комбикормов.

Работу всех видов объемных дозаторов проверяют не менее двух раз в смену, не считая первоначальной проверки при переходе на другой рецепт, дозаторщик, в т. ч. один раз совместно с работником лаборатории.

Контрольную проверку дозаторов проводит начальник производственного цеха и сменный мастер периодически в сроки, установленные главным инженером предприятия.

После записи рецепта приступают к установке дозаторов, руководствуясь имеющимися над каждым из них таблицами производительности.

После установки каждого дозатора на заданную по рецепту производительность включают всю систему и проводят выборочную проверку работы отдельных дозаторов. В случае выявления отклонений сверх допустимых норм регулируют все дозаторы.

Дозаторы проверяют путем отбора дозируемого продукта от каждого дозатора в течение 15 сек. (в зависимости от производительности). Отобранные компоненты взвешивают, полученные результаты записывают в журнал работы и контроля дозаторов.

Точность работы дозаторов лаборатория должна проверять не реже 1 раза в смену. На всех предприятиях должны вести журналы контроля работы дозаторов.

Контроль смешивания в процессе работы осуществляется органолептическим методом.

Контроль качества смешивания в каждом конкретном случае устанавливается особо.

Если испытывается смеситель при окончательном смешивании комбикорма с премиксом, то чаще всего определяют распределение в смеси марганца или витамина В₂ и по нему судят о распределении соли или карбамида.

Качество мелассирования комбикормов определяется систематически путем проверки количества мелассы, подаваемой в смеситель за определенный промежуток времени.

Правилами рекомендуется контрольное просеивание рассыпного комбикорма, направляемого на гранулирование. Предусматривается также установка перед прессами магнитных заграждений, причем за работой просеивающей машины и магнитов необходимо вести систематическое наблюдение.

Определение качества готовых комбикормов производится лабораторией ПТЛ при отпуске потребителю и в процессе хранения. Качество микроэлементов, витаминов и антибиотиков определяется по различным руководствам. Часть показателей качества определяется по табличным данным (содержание кормовых единиц в 100 кг комбикорма, содержание перевариваемого протеина, аминокислот, натрия, калия, фосфора и кальция). Другие показатели получают при анализе средних образцов.

Для предотвращения заражения комбикормов различными вредителями систематически обследуют производственные корпуса цехов, складов и территории заводов, принимая повседневно требуемые профилактические меры.

Технологический процесс контролируется по определенному графику, разработанному начальником ПТЛ с участием начальников производственных цехов, и утверждается директором завода. График характеризует объем контроля, место отбора образцов, продолжительность и периодичность контроля.

Лаборатория ПТЛ назначает рецептуру вырабатываемых комбикормов, определяет качество сырья и готовой продукции, контролирует технологический процесс по этапам и в целом, проверяет выполнение норм выходов готовой продукции, следит за размещением и хранением сырья и готовой продукции в складах, а также за санитарным состоянием производственного корпуса и территории предприятия.

При отпуске комбикормов потребителю ПТЛ оформляет качественное удостоверение на каждую партию продукции, в котором указано наименование завода, дата и смена, вид животных, рецепт и его качество.

Контроль работы предприятия за правильным использованием сырья требует ежедневного учета при приеме сырья на склад, подработке нестандартного сырья, передаче сырья в производственный корпус и отпуске готовой продукции на склад и потребителю. Кроме того, необходимо учитывать также и отходы как годные, так и не годные. Сырье и продукцию взвешивают на железнодорожных или автомобильных весах, устанавливаемых при въезде на территорию завода.

Сырье и готовую продукцию взвешивают на весах, включенных в линию технологического процесса. При весовом дозировании учет сырья и готовой продукции осуществляется по показаниям весовых дозаторов.

Для внутрицехового оперативного учета на начало и на конец каждой смены должны быть определены остатки сырья и полуфабрикатов в производственном корпусе.

Результаты определения весовых остатков сырья и всех полуфабрикатов на конец и начало смены записываются в специальную ведомость.

Для более точной проверки работы завода по количеству переработанного сырья и выработанной из него продукции производят зачистку производственного корпуса не реже одного раза в месяц.

При ведении технологического процесса и эксплуатации оборудования выполняются мероприятия, предусмотренные:

а) правилами техники безопасности и производственной санитарии на предприятиях по хранению и переработке зерна;

б) инструкцией по проектированию и эксплуатации взрыворазрядителей, устанавливаемых к технологическому оборудованию комбикормовых предприятий.

В производственных помещениях необходимо поддерживать наиболее благоприятную в противопожарном отношении влажность воздуха (60–70 %).

В случае снижения относительной влажности ниже 60 % принимаются меры к увлажнению воздуха доступными способами.

Для контроля относительной влажности воздуха в производственных помещениях предусмотреть установку психрометров.

Оборудование линий цеха производства премиксов должно быть в пыленепроницаемом исполнении.

При работе с карбамидом рабочие должны быть обеспечены спецодеждой в соответствии с санитарными нормами.

Глава 9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Помимо крупных комбикормовых заводов промышленного типа для производства комбикормов в сельскохозяйственном секторе используется установка МУКЗ-35 производительностью 35 т/сутки.

Комбикормовые агрегаты МУКЗ-35, которых промышленность выпустила 777 штук, постепенно выбыли из баланса мощностей комбикормовой промышленности. Вместо них для оснащения ферм промышленность наладила выпуск комбикормовых агрегатов ОКЦ-15, ОКЦ-30 и ОКЦ-50.

Комплект оборудования ОКЦ-15 предназначен для приготовления комбикорма из зернофуража собственного производства с добавлением к нему белково-витаминных добавок.

Все оборудование, входящее в комплект ОКЦ-15, по своему назначению объединено в три технологические линии: приема и очистки компонентов; дробления зерновых компонентов; смешивания и выдачи готовых комбикормов. В комплекте оборудования имеется пульт управления всеми механизмами.

Оборудование дистанционного управления и автоблокировки обеспечивают последовательный автоматический запуск и отключение машин и механизмов всех технологических линий и их защиту от перегрузок.

Достоинством комплекта оборудования типа ОКЦ является применение в нем сравнительно несложного и надежного в работе унифицированного технологического оборудования, которое позволяет для увеличения производительности переоборудовать ОКЦ-15 в ОКЦ-30 и ОКЦ-50, производительность которых соответственно в 2–3 раза выше.

Кроме того, комплекты оборудования типа ОКЦ можно использовать на животноводческих фермах в качестве приставок к другим технологическим линиям. Так, комплектуя ОКЦ с агрегатами типа ДВМ-1,5, получается цех для приготовления комбикормов с максимальным использованием в них травяной муки. При необходимости можно установить гранулятор, тогда комбикорма можно вырабатывать в гранулах.

Комбикормовый цех можно соединить с линией для приготовления и раздачи жидких кормов по трубам насосами.

Совмещая комбикормовый цех с кормоцехом для сочных кормов, можно получить комбикорма-концентраты с любым соотношением сочных, грубых и концентрированных кормов. На смену ОКЦ пришла установка «Харьковчанка».

Завод по приготовлению гранулированных комбикормов «Дон-7»

Донским ГАУ и проектным институтом разработан проект завода «Дон-7» производительностью 8 т/час травяной муки и 12–16 т/час готовых монобрикетов, предназначенных для крупного рогатого скота и овец.

Завод «Дон-7» имеет две автономно работающие технологические поточные линии: одна с гранулированием, а другая с брикетированием кормосмеси, что позволяет производить полнорационный гранулированный и брикетированный монокорм по двум рецептам одновременно. Каждая поточная линия включает в себя сушильный агрегат пневмобарабанного типа для производства травяной муки или сечки, а также подсушки соломы в зимнее время, линию ввода соломы, состоящую из питателя КТУ-10, двух мощных дробилок и дозатора-питателя измельченной соломы ПСМ-10, линию ввода БВД и премиксов.

Универсальный цех по производству гранулированных кормовых смесей

Всероссийским научно-исследовательским и проектно-технологическим институтом механизации и электрификации сельского хозяйства разработан проект и введен в эксплуатацию универсальный цех по производству гранулированных кормовых смесей. За основу приняты высокотемпературные сушилки М-804/0-1,5 и оборудование для гранулирования травяной муки ОГМ-0,8.

В цехе приготавливают и хранят белково-витаминную травяную муку как составную часть сырья для приготовления гранулированных кормов крупному рогатому скоту, свиньям и овцам.

Технологические схемы использования грубых кормов (стержни кукурузных початков, лузга, солома и т. п.)

Комбикормовый цех для приготовления гранулированной травяной муки в чистом виде и комбикормов с использованием сена и соломы состоит из линий приготовления травяной муки, переработки грубых кормов, приготовления кормовых смесей и гранулирования.

Линия приготовления травяной муки содержит эстакаду для разгрузки автотранспорта, два установленных на стационаре кормораздатчика и два сдвоенных агрегата АВМ-0,4 с циклоном-разгрузителем.

Линия переработки грубых кормов содержит кормораздатчик типа КТУ, измельчитель грубых кормов ИГК-30, питатели сенной муки ПСО-10 и дробилки.

Линия приготовления кормовых смесей содержит шнек-смеситель, магнитную колонку и бункер-накопитель.

Линия гранулированных комбикормов состоит из пресса-гранулятора ОГМ-0,8 с охлаждающей колонкой, нории, транспортеров и бункеров готовой продукции.

Когда прекращаются заготовки травяной муки, цех переключается на производство комбикормов. Наибольший эффект от использования соломы в составе полнорационных кормов получается в том случае, когда она обработана химическими препаратами, в частности, каустической содой.

Комбикормовый агрегат АКН-1М предназначен для дробления всех видов зерна, жмыха, початков кукурузы, предварительно измельченного сена, минеральных добавок и приготовления из них комбикормов-концентратов.

Агрегат АКН-1М состоит из дробилки с вентилятором, расположенным между смесителями загрузочного ковша, двух смесителей, турбопроводов, привода и рамы. Вентилятор дробилки своим нагнетательным турбопроводом соединен с обоими смесителями.

На агрегате АКН-1М установлено два одинаковых по конструкции шнековых смесителя вертикального типа. Каждый смеситель состоит из бункера, шнека и редуктора.

Работает агрегат следующим образом. Предназначенные для измельчения и смешивания компоненты предварительно взвешивают. Общая масса компонентов для выработки одной порции комбикорма должна быть равной 350–400 кг (емкость одного бункера смесителя). Компоненты загружают в дробилку последовательно. Там они измельчаются и отсасываются вентилятором и по нагнетательному турбопроводу передаются в один из смесителей. Смешивание в смесителе продолжается в течение 10 мин, после чего открывается задвижка выгрузочного люка и готовый комбикорм выгружают в мешки.

Создано предприятие для производства полнорационных гранулированных кормов. Завод состоит из следующих технологических линий: 1 — линия обработки початков кукурузы на базе молотилки початков МКП-12; 2 — зерноочистительная линия на базе агрегата ЗАВ-20; 3 — механизированный склад зернофуража, травяной муки и минеральных добавок; 4 — комбикормовая линия на базе агрегата ОКЦ-15 со складами силосного типа; 5 — цех сушки и гранулирования кормов на базе агрегата СБ-1,5, оборудования ОГМ-1,5 и ОГМ-0,8 с линией измельчения грубых кормов и бункерами-дозаторами компонентов полнорационной смеси.

Технологический процесс осуществляется следующим образом. Скошенную и измельченную косилкой КИК-1,4 зеленую массу трав доставляют к сушилке кормораздатчика КТУ-10, из которой измельченная масса подается с помощью горизонтального и наклонного транспортеров ТС-40М в питатель-агрегат СБ-1,5. Зеленая масса крупностебельных культур (кукуруза, подсолнечник, сорго и др.) из кормораздатчиков поступает в измельчители «Волгарь-5» для дополнительного измельчения.

Травяная мука и искусственно высушенная сечка от агрегата СБ-1,5

Комбикорм заданной рецептуры, приготовленный на агрегате ОКЦ-15, шнеком подается в бункер дозатор.

Грубые корма (солома, корзинки подсолнечника, стержни початков кукурузы и др.) доставляют к цеху в кормораздатчике. Из кормораздатчика корм поступает в одну или две дробилки КДУ-2. Измельченная масса загружается пневмотранспортом дробилки в соответствующий бункер-дозатор. Все компоненты полнорационной кормосмеси дозируются и смешиваются шнековым смесителем. Смесь пневмотранспортом подается в бункеры грануляторов. Перед гранулированием смесь увлажняется в смесителях грануляторов горячей водой или раствором мелассы. Гранулы из охладительных колонок поступают на сборный ленточный транспортер, затем с помощью нории НЦГ-10 и верхнего ленточного транспортера загружаются в бункер готовой продукции. Проектная производительность цеха 1,5 т/ч травяной муки, 2,0 т/ч комбикормов и 2,5 т/ч полнорационных гранулированных кормов.

Получила распространение схема технологического процесса безмелассного гранулирования кормовых смесей, содержащих солому и сено. Сено и солому измельчают в два прохода. В дробилке первого прохода рекомендуется применять сита с отверстиями Ø 20–25 мм, толщиной листа 8 мм; в дробилке второго прохода сита с отверстиями Ø 5–8 мм, толщиной листа 5 мм. Измельченное сено и солому пневматический транспорт подает из сенодробильного отделения в производственный корпус. Скорость транспортирования продуктов измельчения составляет 8–15 м/с. Гранулирование осуществляется на установке ДГ с матрицами с отверстиями 8,7 и 9,7 мм.

Применяется в животноводческих хозяйствах технологическая схема производства гранулированных кормовых смесей. Гранулированную кормовую смесь для жвачных животных вырабатывают по рецепту, содержащему 47 % лузги, 46 % ячменной и овсяной муки, 3,5 % мелассы, 2 % карбамида, 1 % мела, 0,5 % поваренной соли.

Производство гранулированных кормовых смесей, содержащих лузгу и муку риса, осуществляют по схеме: лузгу измельчают в два этапа — вначале на вальцовом станке, затем на дробилке. Пар и воду в смеситель пресса подают в распыленном состоянии из расчета на 1 т гранул 140–150 кг пара и 30 кг воды. Давление пара — 0,15–0,20 МПа. Обработка рисовой лузги 10 % раствором щелочи натрия в соотношении 1:1 изменяют ее химический состав в сторону повышения кормовой ценности. При производстве гранулированных кормовых смесей на прессах ДГ следует поддерживать следующие режимы прессования: влажность исходной лузги — 10 %, температура кормовой смеси при гранулировании — 70–90 °С.

В настоящее время получает распространение гранулирование отрубей. Это обусловлено снижением оплаты за их перевозку, уменьшением потерь при транспортных операциях и хранении. Установлено, что при соотношении длины и диаметра гранул, равном 2:1, обеспечивается максимальная объемная масса гранул. При гранулировании отрубей рекомендуется подавать сухой пар и поддерживать температуру продукта равной 75 °С. В качестве связующего вещества рекомендуют применять порошкообразный лигносульфат кальция в количестве не более 4 % от массы продукта. Охлаждают гранулы до температуры наружного воздуха и доводят их влажность до нормальной. Расход пара равен 6,4 кг на 1 т отрубей.

Объемная масса отрубей увеличивается на 40 %. Производительность пресса при этом составляет 4,5 т/ч. В вагон вмещается 50 т гранулированных отрубей (рассыпных отрубей 34–36 т).

Использование стеблей и стержней кукурузы

Стебли кукурузы являются хорошими грубыми кормами для жвачных животных и лошадей. В 100 кг сухих стеблей кукурузы содержится 35–37 к.е., 1,5–2,1 кг перевариваемого протеина, 0,6 кг кальция, 0,13 кг фосфора, 510 мг каротина. Во многих хозяйствах для кормления скота используют кукурузные стержни. В них содержится в %: сырого протеина — 4–4,5; жира — 0,3–0,4; клетчатки — 30–32; безазотистых экстрактивных веществ — 47–50; золы — 1–1,5. При влажности стержней 10–15 % их измельчают зерновым комбайном размером частиц до 2–4 см, подсушивают и дальше дробят до муки на кормоизмельчительных машинах ДКУ-1,2; ИКБ-1 размером частиц 1–4 мм. Муку из стер-

жней кукурузы скармливают крупному рогатому скоту в смеси с корнеклубнеплодами, жомом, силосом, мелассой, концентрированными и другими кормами. Животные охотно поедают запаренную муку из стержней кукурузы, смоченную раствором мелассы с мочевиной. Измельченные стержни используют также в составе кормовых смесей.

Использование корзинок подсолнечника

Корзинки подсолнечника — источник корма для жвачных животных. В них содержится, %: протеина — 7,3; жира — 3,5–6; золы — 10, безазотистых экстрактивных веществ — 45–50 и относительно мало клетчатки — до 16 %. В 100 кг половы подсолнечника содержится 50–60 к. е., 7–15 кг перевариваемого протеина, 0,4–0,5 кальция; 0,6–0,8 кг фосфора и 1,6 г каротина.

Наиболее целесообразно обмолоченные корзинки подсолнечника перерабатывать в муку. В 1 кг такой муки содержится 0,44 к.е., 35 г протеина, 23 г жира, 257 г клетчатки, 434 г безазотистых экстрактивных веществ и до 120 г золы. Муку из корзинок подсолнечника целесообразно использовать в качестве компонента при производстве комбикормов для крупного рогатого скота и овец на межхозяйственных комбикормовых заводах.

При очистке семян подсолнечника получают отходы, которые также используют на корм. Их перерабатывают на агрегате АВМ-0,4 на муку, в 1 кг которой содержится 0,8 к. е., 120–150 г перевариваемого протеина, 100–130 г жира. Это хороший компонент полнорационных кормосмесей. Для крупного рогатого скота производят гранулы, в состав которых входят: мука из отходов семян подсолнечника — 20 %, мука соломенная — 60 %, ячменная дерть — 18 %, премиксы — 2 %. Питательность 1 кг гранул — 0,45 к. е., содержание протеина — 42 г. Подсолнечниковую лузгу можно перерабатывать в муку и использовать при откорме крупного рогатого скота, особенно на барде или жоме.

Производство кормовых смесей из стержней кукурузных початков осуществляется различными путями. При обмолоте кукурузы получается около 20 % стержней. Разработаны рецепты и технологические схемы их ввода в кормовые смеси. Состав комбикорма, %: измельченные стержни кукурузных початков — 80, отруби, мучки, зерновые отходы — 8,5, жмыхи (шроты) хлопчатниковые, подсолнечные, льняные, соевые, конопляные — 5, меласса — 5, мел — 1, соль — 0,5. В схеме предусмотрены следующие линии: подготовки стержней кукурузных початков; подготовки мелассы и карбамида, минерального сырья, зерноотходов и мягких продуктов; дозирования и смешивания компонентов.

Получает развитие производство кормовых смесей в рассыпном и брикетированном виде, состоящих из грубых кормов (80–85 %), добавок концентратов и минералов. В качестве грубых кормов для кормовых смесей используют солому, стержни кукурузных початков, лузгу овсяную, ячменную, гороховую, рисовую, подсолнечниковую, хлопчатниковую и т. п., а в качестве добавок-концентратов — отруби, мучки, жмыхи, шроты, зерноотходы, мелассу. Вводят в смеси также соль, мел и карбамид. Организация этого производства способствует увеличению баланса грубых кормов, позволяет в значительных количествах использовать стержни кукурузных початков, солому и отходы крупяного производства. Кормовые смеси из грубых кормов с добавками хорошо поедаются животными. Особенно ценны кормовые брикеты, которые удобны для транспортирования и длительного хранения.

Солому, предназначенную для приготовления брикетов, необходимо в период уборки урожая запрессовать в тюки при влажности соломы не более 17 %.

Приготовление комбикормов в малогабаритных цехах

Серийно выпускается малогабаритная установка УМК-Ф-2 для приготовления на животноводческих фермах рассыпных комбикормов из зерна, гранулированной травяной муки и белково-витаминных добавок.

Установка состоит из смонтированных на одном корпусе бункера для пяти компонентов, шнековых дозаторов, дробилки-смесителя с кольцевым ситом, нижнего шнека-смесителя и системы автоматического управления. В состав комплекса входят также ситовой сепаратор, магнитная колонка, распределительный шнек, нория, бункеры для хранения БВД и готовой продукции.

Для дозирования компонентов предусмотрено пять дозаторов, измельчают компоненты в дробильной камере. После измельчения и смешивания полученный комбикорм шнеком подают в бункер готовой продукции.

Опыт работы межхозяйственных комбикормовых предприятий показывает, что в перспективе необходимо иметь такую схему их размещения:

- в основных зерносеющих районах для обслуживания всех хозяйств района;
- головные предприятия по производству стартерных и других сложных комбикормов и БВД, вырабатываемых преимущественно из местных сырьевых ресурсов;
- в отдаленных от комбикормового завода более чем на 35 км хозяйствах цехи или филиалы по выработке комбикормов из собственного зернофуража и БВД, полученного из головных предприятий.

Достигнутый уровень производства комбикормов не удовлетворяет потребностей животноводства. В составе комбикормовой промышленности сельского хозяйства России 2300 межхозяйственных предприятий мощностью 14 млн т продукции в год, при ежегодном использовании собственного зернофуража 50–70 млн т. Чтобы его полностью переработать не хватает 500 комбикормовых заводов средней мощностью 50–100 т в смену и более 8000 малогабаритных комбикормовых установок типа УМК-Ф-2, КА-4, АКП-4 и линий ЛПК-2.

ГЛАВА 10

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДОВ

§1. Технологическая схема процесса производства комбикормов

Технологический процесс на комбикормовом предприятии имеет принципиальное отличие от технологического процесса, применяемого на мукомольном или крупяном предприятии.

На комбикормовом предприятии при выработке готовой продукции по заданному рецепту одновременно перерабатывают несколько видов зерновых культур и отходов пищевых производств. В комбикорма входят также минеральные вещества и обогатители: витамины, микроэлементы и антибиотики. Всего в состав комбикормов могут входить в разном процентном соотношении 15 и более различных наименований компонентов и обогатителей.

Эта особенность, несмотря на простой способ подготовки сырья к переработке и его измельчение, усложняет технологический процесс получения комбикормов.

Правила организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности предусматривают следующие операции:

- ♦ очистку сырья от органических, минеральных и металломагнитных примесей;
- ♦ измельчение очищенного сырья до установленных норм крупности;
- ♦ подготовку мела и соли;
- ♦ обогащение комбикормов микродобавками;
- ♦ дозирование компонентов в соответствии с рецептом;
- ♦ смешивание сдозированных компонентов до равномерного распределения их в массе рассыпного комбикорма;
- ♦ гранулирование комбикормов.

В связи с применением на комбикормовых заводах одновременно различных видов сырья технологический процесс состоит из отдельных самостоятельных линий: зерновой, шелушения овса и ячменя, отрубей и мучнистых продуктов, жмыхов и шротов, подготовки мелассы, обогащения: дозирования и смешивания, гранулирования комбикормов.

Совокупность технологических линий подготовки и обработки сырья, организованных в единый процесс, представляет собой принципиальную схему технологического процесса производства комбикормов.

Правильное построение схемы технологического процесса обеспечивает высокие технико-экономические показатели работы предприятия. Схема технологического процесса

современного комбикормового завода базируется на внедрении достижений передовой науки и техники и применении передовых технологических методов производства.

Схема технологического процесса производства комбикормов графически характеризует коммуникацию машин и механизмов, осуществляющих операции переработки сырья, дозирования и смешивания компонентов, и является основой для проектирования завода.

Особенностью технологии производства комбикормов является разнообразие рецептов комбикормов и физических свойств сырья (влажности, объемной массы, сыпучести и пр.), что вызывает периодические выключения некоторых машин и переменную производительность технологического и транспортного оборудования.

Непрерывность и поточность производства достигается благодаря наличию необходимых емкостей, позволяющих максимально использовать технологическое и транспортное оборудование, и транспортных линий, подающих сырье в переработку.

На рисунке 5.27 показана схема технологического процесса комбикормового завода промышленного типа. Схема предусматривает производство рассыпных сыпучих и мелассированных комбикормов, гранулированных комбикормов. Подача сырья в производственный корпус осуществляется несколькими линиями, транспортирующими: А — зерновое сырье, В — мягкое (мучнистое), В — жмых и кукурузу, Г — кормовые продукты пищевых производств, Д — минералы и обогатители, Е — мелассу.

В схеме предусмотрена сушка сырья на специальных сушилках для доведения его до кондиционной влажности. Зерно, направляемое на шелушение для отделения пленок, предварительно сортируется на сепараторе с выделением мелкой фракции.

Продукты размола после дробилок направляются на рассев для сортировки на крупную и мелкую фракции, что дает возможность более целесообразно использовать сырье.

Наличие развитой системы транспортных линий подачи сырья, соответствующей производительности дозаторов и емкостей над ними обеспечивает непрерывность и поточность производства при одновременной выработке рассыпных и гранулированных комбикормов.

На отдельных участках технологического процесса для внутрицехового перемещения отдельных компонентов используется пневматический транспорт.

В производственном цехе предусмотрены блокировка электродвигателей и светозвуковая сигнализация.

На заводах, построенных по такой схеме, применяется весовое дозирование на многокомпонентных ковшовых весах, смешивание на горизонтальном смесителе порционного действия, мелассирование комбикормов, обогащение продукции микродобавками (витаминами, микроэлементами, антибиотиками), гранулирование комбикормов, выбой комбикормов в мешки, бестарное хранение продукции и отпуск на автомобильный транспорт и в железнодорожные вагоны. Возможно изготовление комбикормов для всех видов животных и птиц, в том числе для молодняка.

Такие заводы могут быть построены при действующих предприятиях или в составе мелькомбинатов, крупозаводов и других пищевых предприятий, где имеются побочные кормовые продукты, которые могут быть использованы для производства рассыпных и гранулированных комбикормов.

В состав комбикормового завода входят: склад сырья, производственный корпус, склад готовой продукции, устройства для отпуска готовой продукции, компрессорная станция с

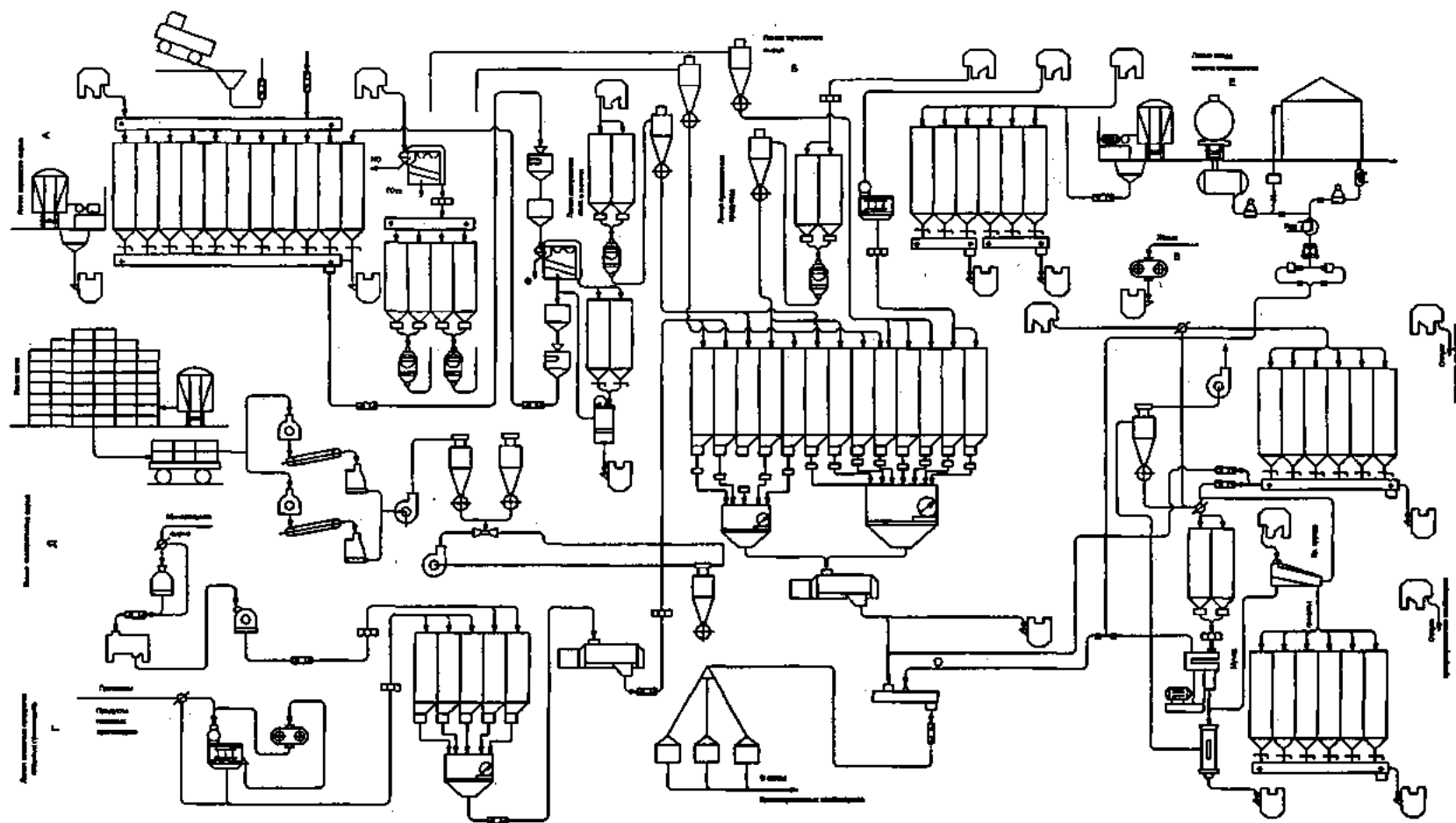


Рис. 5.27. Схема технологического процесса комбикормового завода промышленного типа

воздухосборниками, меласная установка и бункер для отходов производства. Основные здания сблокированы и соединены между собой нижними и верхними галереями.

Силосная часть складов сырья и готовой продукции сооружается из сборных железобетонных силосов размером 3×3 , высота силосов — 24 м. Размеры производственного корпуса составляют в плане 18×12 м. Здание восьмиэтажное, каркасного типа, высотой 39,6–44,4 м.

На первом и втором этажах производственного корпуса предусмотрены бытовые помещения, комната для приема пищи и комната начальника цеха. Размеры склада готовой продукции в плане 18×12 с сеткой колонн 6×3 .

Плиты междуэтажных перекрытий из-за большого количества технологических отверстий выполнены из монолитного железобетона.

Предусматриваются две пневматические установки транспортирования отрубей и побочных продуктов первичной обработки зерна.

Трансформаторная подстанция устанавливается на первом этаже склада готовой продукции.

В здании производственного корпуса предусматривается отопление, водоснабжение и канализация.

Сырье при поступлении и готовую продукцию при отпуске взвешивают на автомобильных или вагонных весах.

Зерно и мучнистое сырье, поступающее по железной дороге, разгружают механическими лопатами в приемное устройство, снабженное предохранительной решеткой, откуда норийей НЦ-1-100 и цепным транспортом ТСЦ-100 подают на транспортные механизмы склада сырья и распределяют по силосам.

Для приема сырья с автомобильного транспорта устанавливают автомобилеразгрузчики с приемным устройством. Сырье норийей НЦ-11-50 и транспортером ТСЦ-50/25 передается на транспортные механизмы склада сырья.

Для разгрузки жмыха, жома из железнодорожных вагонов и автомобильного транспорта применяют ленточные транспортеры — стационарные и передвижные.

Из склада сырье передается в производство ленточными транспортерами и нориями, а из силосов — скребковыми транспортерами и нориями. Учет поступающего в производство сырья, а также готовой продукции осуществляют по показаниям весовых дозаторов. Затаренную продукцию учитывают по счетчику весовыбойного аппарата.

Для утилизации лузги и кормовых продуктов, полученных после шелушения овса и ячменя, предусматривается специальная технологическая линия приготовления кормовых смесей — обогащенных концентрированными и минеральными кормами.

Назначение меласной установки — прием мелассы с железной дороги, ее хранение и подача на производство в расходный бак комбикормового завода.

Меласная установка состоит из резервуара и примыкающей к нему насосной станции. Насосная станция размещается перпендикулярно к сливочному железнодорожному пути и как можно ближе к комбикормовому заводу.

В связи с высокой вязкостью мелассы при низких температурах предусматривается ее подогрев при сливе и транспортировании по трубам в холодное время года. Во избежание карамелизации сахара и его пригорания к трубам применяют пар с давлением не более 0,2 МПа.

При сливе мелассы из железнодорожных цистерн обогревают патрубок сливного прибора цистерны, к которому подводится пар от нижнего штуцера парового стояка при помощи гибкого шланга. Разогрев мелассы в цистерне путем подачи «открытого» пара не

рекомендуется, так как дополнительная несвязанная влага в мелассе вызывает брожение при последующем хранении.

Важная задача технологического процесса — это переход предприятий на непрерывно-поточные технологические процессы.

§2. Схема технологического процесса комбикормового завода производительностью 130 т/сутки

На рисунке 5.28 показана схема комбикормового завода производительностью 130 т/сутки рассыпных и гранулированных комбикормов. Схема предусматривает производство полнорационных гранулированных комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы в соответствии с утвержденной рецептурой. В схеме предусмотрено дозирование на многокомпонентных весовых дозаторах, смешивание на смесителях периодического действия, гранулирование комбикормов в потоке на пресс-грануляторах; обогащение комбикормов микродобавками, дистанционное управление, автоблокировка, производственная сигнализация, повышенная очистка воздуха фильтрами и ряд других мероприятий, направленных на улучшение условий труда. В схеме предусмотрены транспортные линии для инвентаризации зернового и мучнистого сырья.

Прием сырья и отпуск готовой продукции механизированы. Обработка жмыхов и кукурузы в початках производится на линии зернового сырья, для чего на этой линии дополнительно установлен жмыхоломач или другая дробильная машина, а сухого жома, шротов и других компонентов на линии мучнистого сырья с установкой на этой линии дробилки.

Производственный корпус состоит из очистительного, дробильного, дозирочно-смесительного отделений, отделения по производству гранулированных комбикормов и силосов для сырья и готовой продукции.

Комбикормовый цех с силосами для сырья и готовой продукции размещен в огнестойком блок-здании размером в плане 30 × 18 м, в том числе производственный корпус с лестничной клеткой размером в плане 24 × 6 м. Высота комбикормового цеха и силосных складов для сырья и готовой продукции — 34,8 м, число этажей — 7. Здание комбикормового цеха разработано в сборных железобетонных конструкциях.

В состав комбикормового предприятия входят склад соли и мела, бункер для некормовых отходов, компрессорная станция и мелассная установка, расположенная снаружи здания. Внутри производственного здания находятся: трансформаторная подстанция, цеховая лаборатория, тепловой пункт, помещение пульта управления, бытовое помещение, комната для цехового собрания и комната мастера цеха.

Склад соли и мела запроектирован в виде отдельностоящего одноэтажного здания с размерами в плане 18 × 18 м. Вместимость силосов для сырья составляет 3325 т и готовой продукции на 600 т.

Весовой учет сырья и готовой продукции (рассыпных комбикормов) ведется по многокомпонентным весам.

Карбамид вводится в комбикорма вместе с мелассой.

Проектом предусмотрено частичное затаривание гранулированных комбикормов на весовыбойном аппарате с зашивочной машиной.

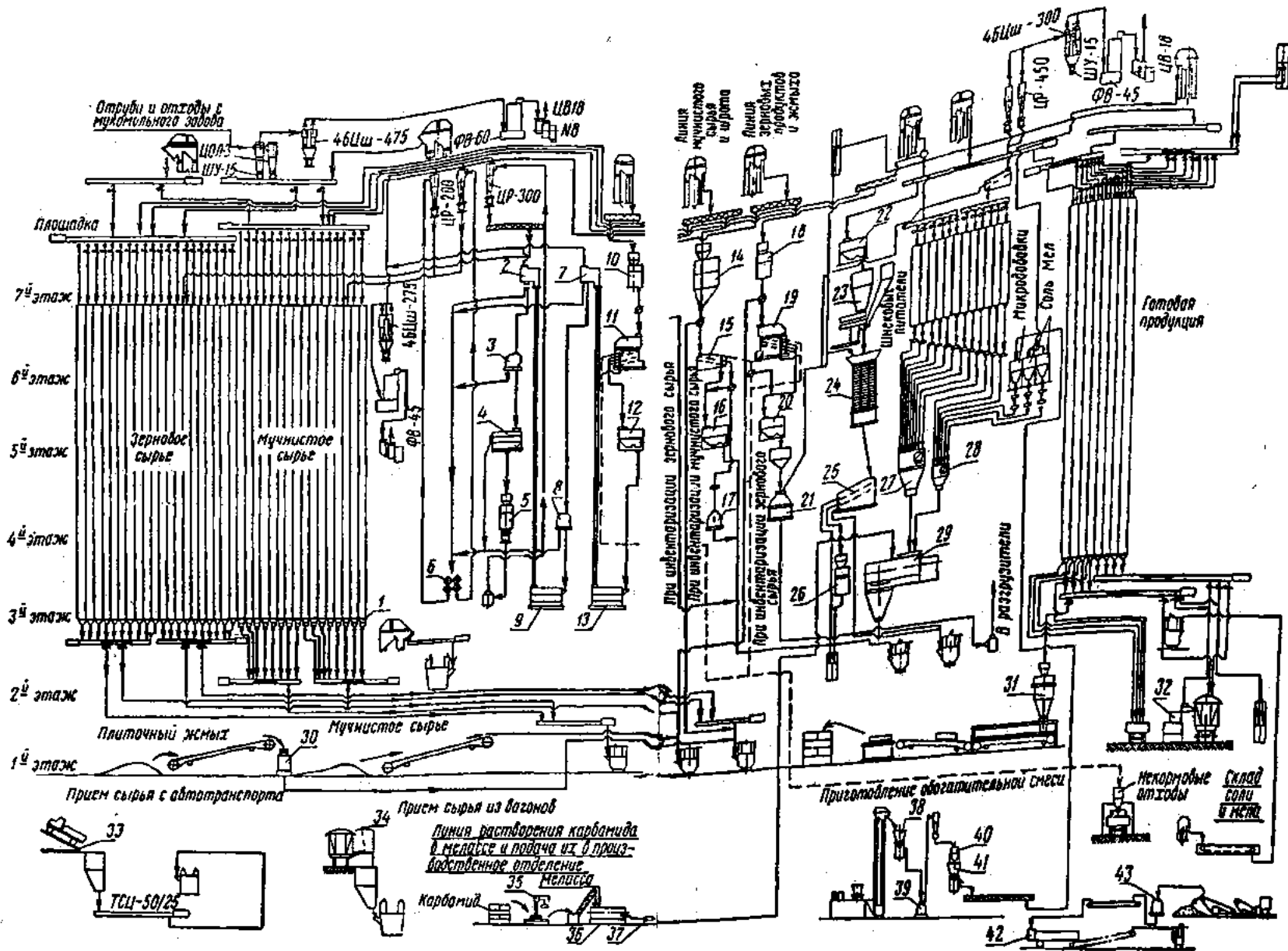


Рис. 5.28. Схема технологического процесса комбикормового завода производительностью 130 т/сут.

§3. Комбикормовый завод производительностью 200 т/сутки

На рисунке 5.29 показаны производственный корпус, силосный склад для сырья, силосный склад для готовой продукции комбикормового завода производительностью 200 т/сутки рассыпных или гранулированных комбикормов.

В технологической схеме предусмотрено: дозирование на многокомпонентных весах, порционное смешивание компонентов, возможность ввода в комбикорм готовых премиксов. Компоненты комбикормов дозируются многокомпонентными весами, смешиваются в смесителе периодического действия. Предусмотрено мелассирование комбикормов, обогащение продукции микродобавками, гранулирование комбикормов на специальной установке, выбой комбикормов в мешки, бестарное хранение продукции и отпуск на автомобильный транспорт и в железнодорожные вагоны.

Предусмотрено изготовление комбикормов для всех видов животных и птиц, в том числе комбикормов для молодняка.

Для строительства здания комбикормового завода использованы унифицированные сборные железобетонные конструкции.

Завод состоит из двух блоков. В первый блок входят производственный корпус 6, силосные склады сырья 5 и готовой продукции 7, устройства для приема сырья с железной дороги 9 и автотранспорта 4, устройства для отпуска готовой продукции на железную дорогу 8 и автотранспорт. Во второй блок — склад соли и мела с сушилкой 2 и склад сырья, поступающего на предприятие в таре 1. Блоки соединены надземным транспортным мостом 3.

В производственном корпусе размещено оборудование следующих технологических линий: очистки и измельчения зернового сырья, отделения пленки овса и ячменя, очистки мучнистых продуктов, очистки и измельчения прессованных и крупнокусковых продуктов, очистки и подготовки кормовых продуктов пищевых производств, приготовления обогатительных смесей, гранулирования, ввода мелассы, возврата комбикорма из склада готовой продукции, выбоя гранулированных комбикормов. Линия по обработке жмыхов и шротов проектируется отдельно от линии обработки кукурузы.

Вместимость силосного склада сырья — 6450 т, общая вместимость склада для рассыпных (гранулированных) комбикормов — 1020 (1280) т.

Основные здания сблокированы и соединены между собой нижними и верхними галереями. Склад соли и мела вмещает 380 т, склад сырья в таре — 420 т.

Силосная часть складов сырья и готовой продукции сооружается из сборных железобетонных силосов размером 3 × 3 м, высота силосов — 24 м. Размеры производственного корпуса составляют в плане 18 × 12 м. Здание восьмизэтажное, каркасного типа, высотой 39,6 м.

На первом и втором этажах предусмотрены бытовые помещения. Проектом предусмотрены две пневматические установки для транспортирования отрубей и побочных продуктов первичной обработки зерна. Все технологическое и транспортное оборудование аспируется. Технологическое оборудование защищено взрыворазрядными трубами. Пуск оборудования осуществляется дистанционно с пульта управления.

В комбикормовый завод поступает сырье: отруби, мучка, побочные продукты первичной переработки зерна с мельницы, крупозавода — наружным пневмотранспортом, железнодорожным и автомобильным транспортом; зерновое сырье, шроты и другие кормо-

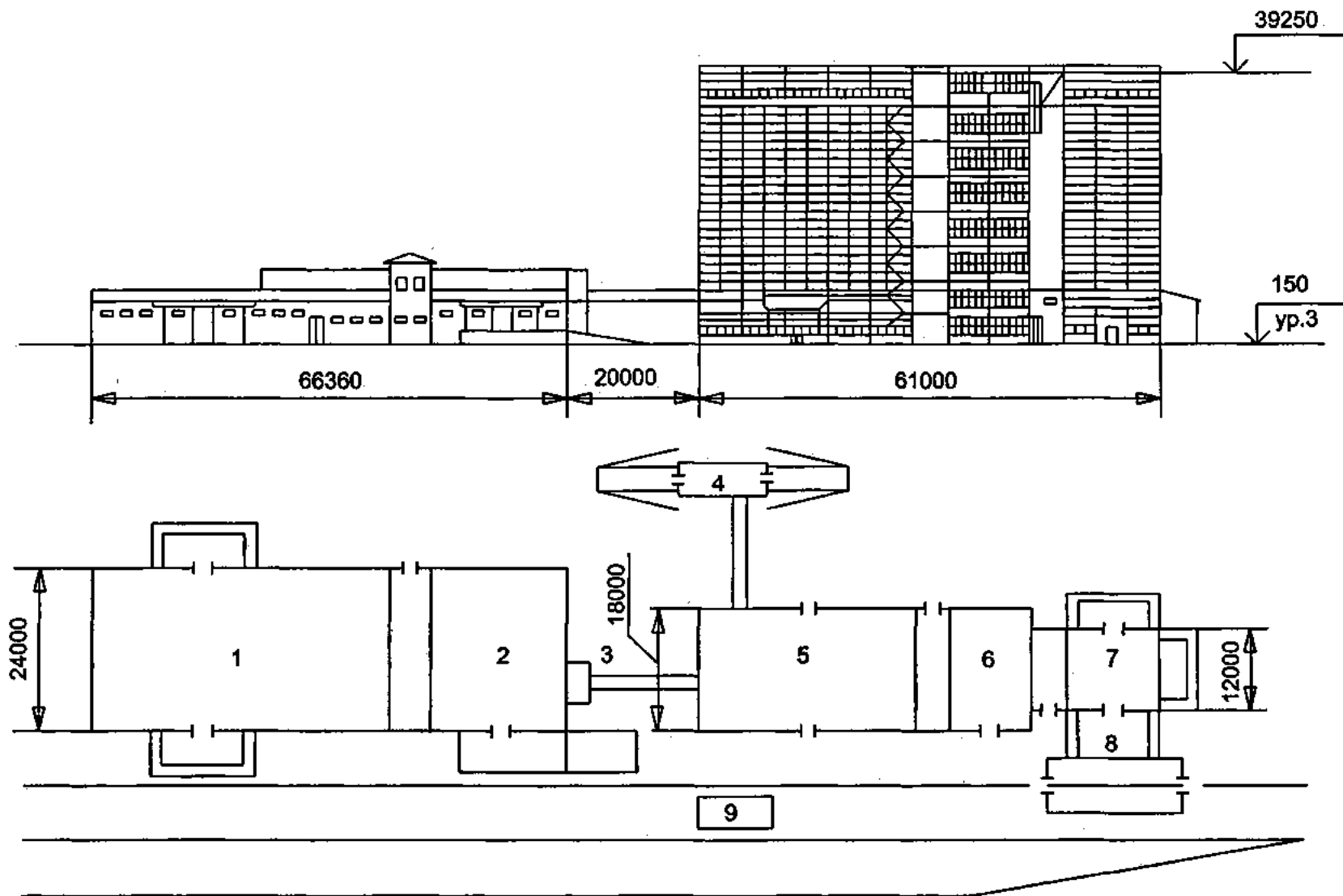


Рис. 5.29. Здание комбикормового завода производительностью 200 т/сут.

вые продукты пищевых производств, соль, мел и прочее сырье автомобильным и железнодорожным транспортом. Сырье при поступлении и готовую продукцию при отпуске взвешивают на автомобильных или вагонных весах.

Зерно и мучнистое сырье, поступающее по железной дороге, разгружают механическими лопатами, а для приема сырья с автомобильного транспорта установлены автомобильные разгрузчики.

§4. Комбикормовый завод производительностью 315 т/сутки рассыпных и гранулированных комбикормов

Принципиальная схема технологического процесса комбикормового завода производительностью 315 т/сут показана на рисунке 5.30. В схеме учтены новые решения, способствующие улучшению технологии комбикормового производства.

К особенностям этой схемы следует отнести следующее: использование рассевов для контроля работы дробилок, сходы рассева направляют на повторное измельчение. На линии шелушения овса и ячменя предусмотрена подача шелушенных продуктов после обоечных машин в склад сырья, откуда по мере надобности эти продукты могут быть направлены на вальцовые станки. Это позволяет использовать станки для измельчения других продуктов, а также улучшает условия вытекания продуктов из силосов (шелушенные овес и ячмень до измельчения выходят из силосов лучше, чем после измельчения).

Оборудование для дозирования состоит из шести шнеков, питающих двадцать наддозаторных бункеров, под которыми расположено три многокомпонентных весовых дозатора — 16 ДК-1000, 5ДК-500 и 5ДК-200, подача компонентов на которые осуществляется шнековыми питателями. Для смешивания сдозированных продуктов предусмотрен смеситель вместимостью 1500 кг. Возможен ввод в комбикорм готовых премиксов.

На рисунке 5.31 приведена схема подготовки и дозирования трудносыпучих компонентов и минерального сырья.

Линия подготовки минерального сырья состоит из разгрузчика, передвижных транспортеров, платформенных весов, дробилки для крупного сырья, сушилки, дробилки для мелкого сырья, нории и сепаратора.

Рыбную и мясокостную муку поднимают норией, взвешивают на автоматических весах, очищают на электромагнитных сепараторах, просеивают и направляют в закрома над многокомпонентными весами.

Костная мука поступает в норию, которая подает минеральное сырье в перерывах между подачей соли и мела. Сходы просеивателей подвергаются повторному измельчению на дробилке.

Для дозирования подготовленных компонентов предусмотрены многокомпонентные весы, под которыми установлен смеситель. Полученную смесь компонентов передают в производственный корпус норией и транспортером на узел основного дозирования.

В производственном корпусе осуществляются: очистка зернового сырья от сорных примесей, его размол, дробление крупнокускового сырья, ввод микродобавок, мелассы, дозирование и смешивание, гранулирование и выбой комбикормов.

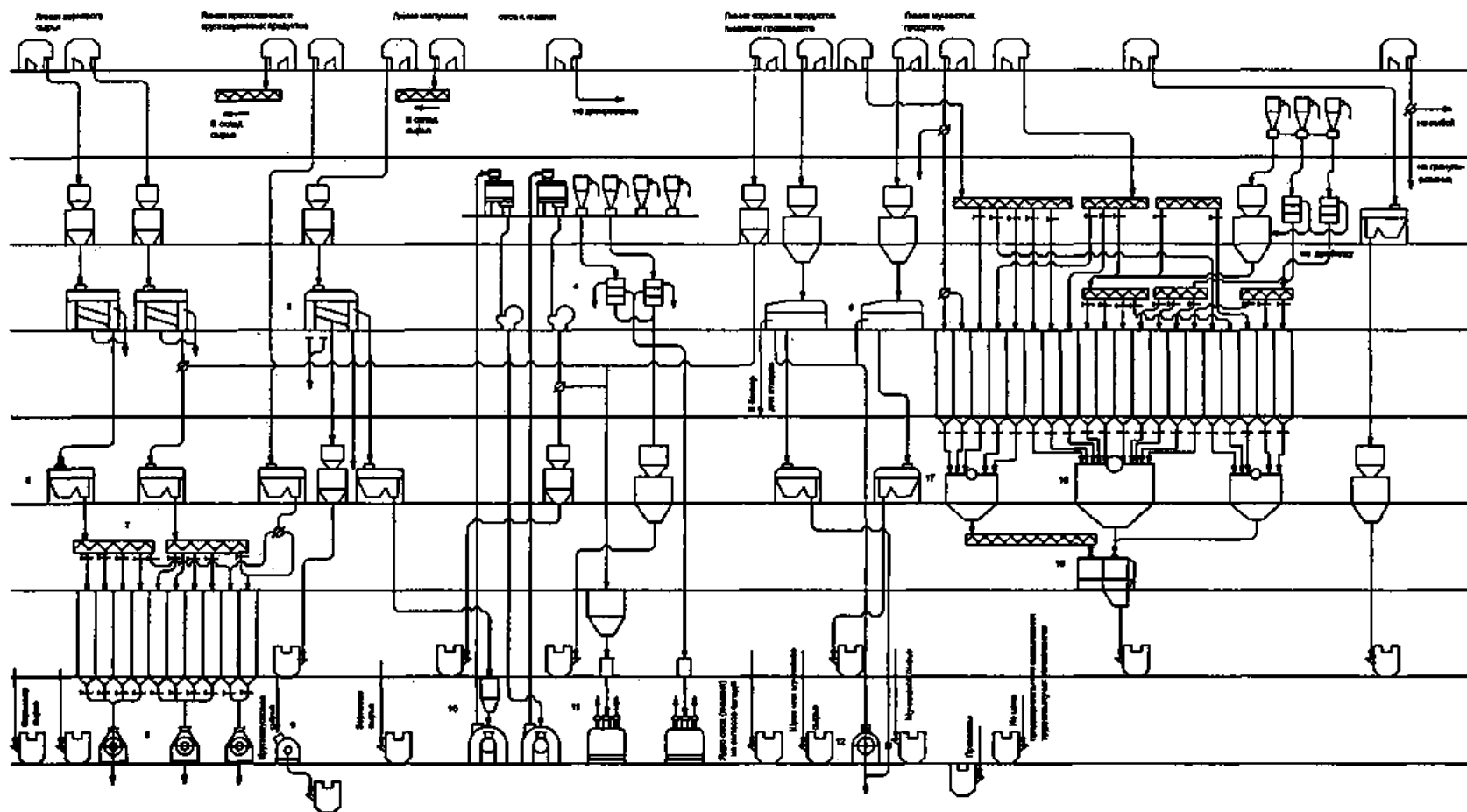


Рис. 5.30. Принципиальная схема технологического процесса комбикормового завода производительностью 315 т/сут.

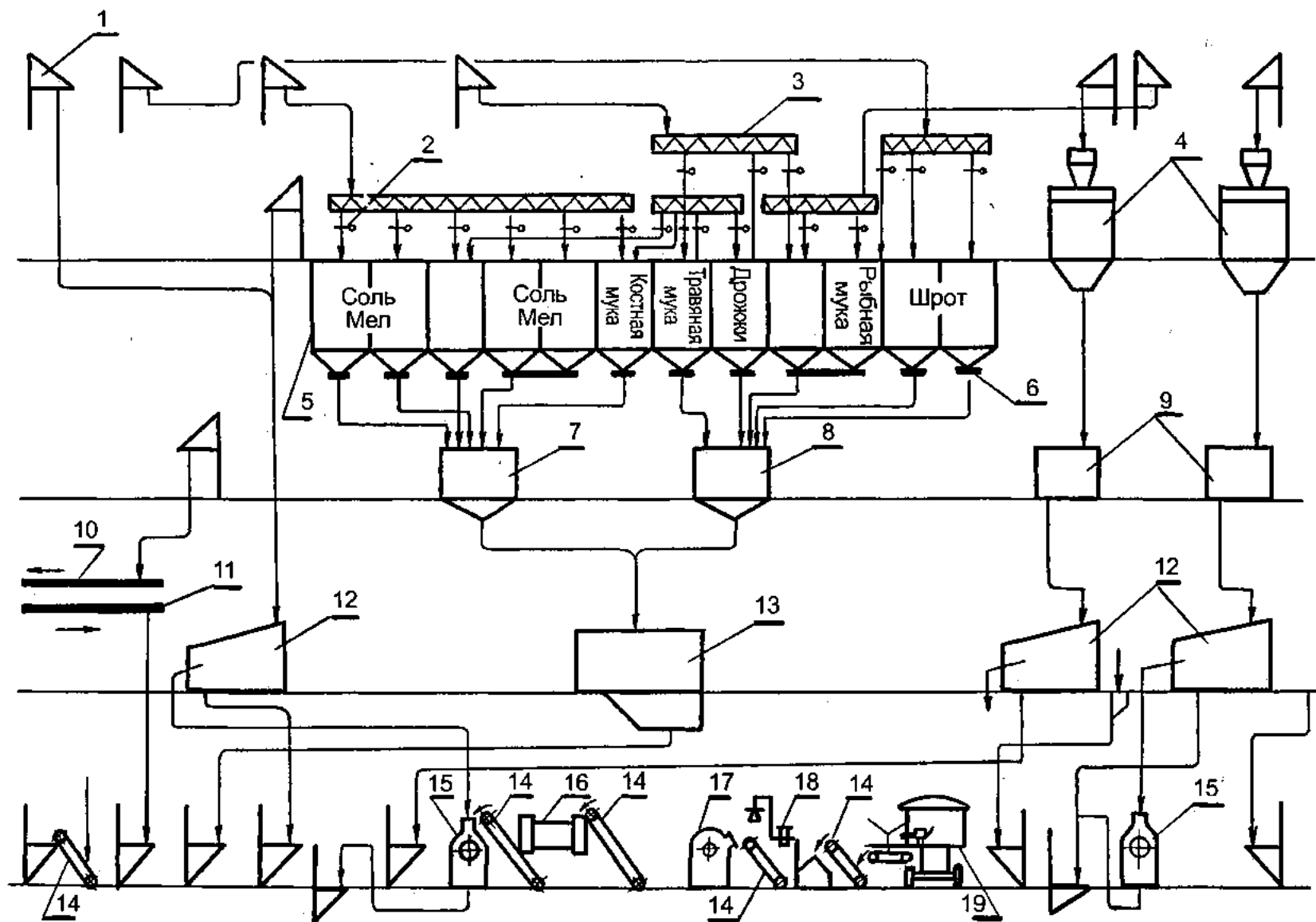


Рис. 5.31. Схема подготовки и дозирования труднораспыляемых компонентов и минерального сырья

Комбикорм из склада готовой продукции отпускается бестарно или в таре в железнодорожные вагоны и на автотранспорт.

Завод оснащен средствами дистанционного автоматического управления машинами с автоблокировкой их электродвигателей. Кроме того, предусмотрено местное управление для опробирования и наладки оборудования, а также световая и звуковая сигнализации.

Для строительства здания комбикормового завода используются унифицированные сборные железобетонные конструкции.

В состав комбикормового завода входят: производственный корпус, цех предварительного смешивания труднотекучих компонентов, силосные склады для сырья и комбикормов, трехэтажный склад минерального сырья и сырья в таре, бытовой корпус и приемные устройства.

§5. Комбикормовый завод производительностью 600 т/сутки гранулированных комбикормов

Схема технологического процесса комбикормового завода производительностью 600 т/сутки гранулированных комбикормов состоит из 10 технологических линий:

- ♦ линия очистки зернового сырья;
- ♦ линия шелушения овса и ячменя;
- ♦ линия очистки мучнистых продуктов;
- ♦ линия переработки шрота и жмыха;
- ♦ линия дробления зернового сырья;
- ♦ линия обработки минеральных компонентов;
- ♦ линия мелассы;
- ♦ линия приготовления обогатительной смеси;
- ♦ линия дозирования и смешивания;
- ♦ линия гранулирования.

Наряду с механическим транспортом для транспортирования мучнистых компонентов и продуктов шелушения применяется пневматический транспорт.

Вырабатываемые комбикорма обогащаются микродобавками. Обогащенную смесь составляют в специальном помещении на 5 этаже, откуда ее подают на главную линию дозирования.

Для утилизации лузги и отходов, получаемых после шелушения овса и ячменя, предусмотрена специальная технологическая линия по приготовлению кормовых смесей, обогащенных концентрированными и минеральными кормами, производительностью 45 т/сутки, работающая параллельно с выработкой гранулированных комбикормов.

В комбикорма для цыплят и индюшат (10 % от суточной выработки) вводят овес и ячмень, освобожденные от пленок. Для этого предусмотрена специальная технологическая линия шелушения.

Компоненты дозируют на двух многокомпонентных весах 16 ДК-1000 и двух 6 ДК-100.

Компоненты смешивают на двух смесителях периодического действия СГК-2,5. Около 25 % гранулированных комбикормов затаривают на весовыбойном аппарате.

Технологическое оборудование аспирируют при помощи аспирационных сетей. В отопительный период воздух аспирационных сетей рециркулируют. Для бесперебойного вытекания мучнистого сырья и готовой продукции из силосов предусмотрена аспирационная установка.

Проектом предусмотрено диспетчерское дистанционное автоматизированное управление машинами и механизмами, дистанционное и местное управление электродвигателями, производственная и пожарная сигнализация, дистанционный контроль уровня продуктов в силосах, дистанционный учет сырья и готовой продукции и т. д.

Завод расположен в блок-здании, состоящем из четырех секций, в которых размещаются силосный и напольный склады сырья, производственный корпус, силосный и напольный склады готовой продукции, трансформаторная подстанция, диспетчерская, лаборатория, бытовые и другие подсобные помещения.

Все складские и производственные цехи комбикормового завода заблокированы в одном здании. Производственный корпус с подсобными помещениями имеет размеры в плане 24×24 м, а силосы для сырья и готовой продукции — 24×18 м. Сетка колонн принята в производственном корпусе 6×6 м, а в силосных — 3×3 м. Лестничная клетка с лифтом на три пассажира расположена в производственном корпусе.

Основное оборудование комбикормового завода расположено в пределах пяти этажей. Остальные этажи предназначены для силосов, транспортных механизмов приема сырья, подъема его на верхний этаж и распределения по силосам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологический процесс производства муки, крупы и комбикормов представляет собой сложную, многофакторную систему научно обоснованных и проверенных на практике приемов переработки сырья в высококачественную продукцию.

Индивидуальные операции в технологическом процессе выполняют технологические системы, представляющие собой комплекс разнородных машин, объединенных для совместного выполнения данной технологической операции. Эффективность технологического процесса определяется степенью реализации его целевой задачи. Основными показателями эффективности являются выход и качество готовой продукции, а также удельные эксплуатационные затраты. Для мукомольных и крупяных заводов особо важное значение при этом имеет соотношение в выходах муки и крупы наиболее ценных высоких сортов. На конечный результат или на эффективность ведения технологического процесса влияет ряд факторов, основными из которых являются: качество сырья, построение технологического процесса, совершенство и качество технологического оборудования, а также мастерство технолога.

Качество сырья изначально несет информацию о его способности дать продукцию заданного выхода и качества, что оценивается технологическими свойствами.

Требования к качеству сырья подробно изложены в части первой настоящего издания.

Построение технологического процесса должно быть рациональным, что обеспечивает его максимальную эффективность. Это значит, что для ведения технологии необходим определенный набор связанных между собой систем, работающих в строго определенном режиме в соответствии с регламентом технологического процесса.

В оптимальном режиме необходимо вести подготовку сырья, его измельчение, сортирование по крупности и добротности, формирование сортов и видов готовой продукции и другие технологические операции.

Для эффективного ведения процесса в течение длительного времени необходимо оснащать предприятие новым, наиболее свершенным оборудованием, а также автоматизированными системами контроля и управления.

Известно, что общая эффективность при производстве муки, крупы и комбикормов в значительной степени определяется организацией и управлением технологического процесса. Здесь особое место занимает искусство мастера-технолога, который органолептически по косвенным признакам определяет неполадки в технологическом процессе, анализирует их и принимает управляющее решение. Ценность такого способа управления состоит в том, что время от обнаружения неполадок до их устранения сведено к минимуму.

Таким образом, управление технологическим процессом включает комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих:

- ♦ контроль технологического процесса с целью получения необходимой информации о качестве сырья, состоянии оборудования, технологических систем и в целом технологического процесса;
- ♦ анализ полученной информации;

- ♦ принятие оптимального решения по управлению технологическим процессом;
- ♦ получение необходимой информации о результатах управляющего решения.

Традиционно в отрасли хлебопродуктов осуществляют следующие виды контроля технологического процесса:

- ♦ периодический контроль, который осуществляет персонал заводской лаборатории за работой технологического оборудования цеха. Периодичность контроля устанавливается техническим руководством предприятия. Возможен внеплановый контроль по производственной необходимости;
- ♦ текущий контроль, который также осуществляет персонал заводской лаборатории. При проведении текущего контроля ежемесячно определяется качество сырья, продукции и отходов. При этом отбор проб, проведение анализов осуществляется в соответствии с государственными стандартами или технологическими условиями, принятыми в отрасли;
- ♦ оперативный контроль осуществляет персонал технологического цеха. Оперативный контроль включает контроль качества сырья, выделения примесей в процессе сепарирования, эффективности сухой и влажной обработки поверхности зерна, режимов гидротермической обработки, измельчения, сортирования по крупности и добротности и т. п.

Кроме этого к специфическим формам контроля и управления технологическим процессом относят определение расчетного выхода продукции, проведение лабораторных помолов, оценка качества муки по пробным выпечкам и крупы по качеству каши, снятие полных и частичных материальных количественно-качественных балансов.

Управление технологическим процессом может осуществляться непосредственно технологическим персоналом цеха по органолептической оценке работы оборудования, систем технологического процесса и в целом предприятия, по данным инструментальных методов анализа и показаниям приборов, а также в автоматическом режиме.

В первом случае требуется определенный опыт эксплуатации и управления технологическим процессом по органолептической оценке. Преимущество данного метода состоит в том, что при правильно поставленном диагнозе и правильно выбранном решении результаты управляющего действия сказываются почти мгновенно.

При управлении технологическим процессом по данным инструментальных (лабораторных) методов анализа из-за их некоторой длительности приходится регулировать уже не тот процесс, в котором выявлены недостатки. Поэтому по данным лабораторных анализов настраивают технологический процесс по определенной программе при кардинальных изменениях (например, при резком изменении качества зерна, после капитального ремонта или реконструкции, приводящим к изменениям в технологической схеме и т. п.).

Управление технологическим процессом в автоматическом режиме — наиболее эффективная форма управления. Однако в технологии муки, крупы и комбикормов из-за многофакторности процессов, постоянного колебания качества сырья, несовершенства технологического оборудования (его неадаптивность к автоматизации) не удается до настоящего времени осуществить полностью управление технологическим процессом в автоматическом режиме. Удастся автоматизировать лишь отдельные звенья технологического процесса, например, контроль и управление степенью увлажнения зерна, заполнения и опорожнения емкостей, белизны продукции в потоке, блокировку оборудования и процесса в

целом при внештатных ситуациях, контроль информации о производительности предприятия в течение рабочего периода и т. п.

Наиболее полную информацию о состоянии технологического процесса в целом и его отдельных этапов удастся получить при анализе материальных количественно-качественных балансов технологического процесса. Баланс (фр. *balance*) означает весы, уравнивание, равновесие — это равенство масс продуктов, поступивших на оборудование, на системы, в целом в технологический процесс с массами продуктов, полученных в результате работы оборудования, систем и процессов в целом. Это так называемый количественный баланс, который можно представить в виде уравнения материального баланса:

$$\sum_1^n K_i = \sum_1^n C_i,$$

где K_i — массовая доля i -го продукта, поступившего на систему, в процесс, %;

C_i — массовая доля i -го продукта, полученная в результате работы системы, процесса, %.

Кроме количественного баланса для анализа технологического процесса используют количественно-качественные материальные балансы. В качестве показателя качества используется зольность, которая косвенно характеризует содержание в продуктах высокозольных оболочек зерна. Количественно-качественный баланс предусматривает равенство золопроцентов или золоединиц (произведения массы продуктов на его зольность).

Таким образом, уравнение количественно-качественного баланса в общем виде может быть представлено следующим образом:

$$\sum_1^n K_i \cdot Z_i = \sum_1^n C_i \cdot Z_i,$$

где Z_i — зольность продукта, поступившего на систему, процесс или полученного в результате работ системы, процесса, %.

Так как материальный баланс отражает количественные и качественные изменения с продуктами в результате ведения технологического процесса, то его используют как наиболее эффективный инструмент контроля режимов работы оборудования и технологических процессов в целом. С помощью материальных балансов можно рассчитать и подобрать оборудование, системы пневмотранспорта, сформировать технологические потоки по массе и качеству, определить производительность предприятия и выход продукции заданного качества, контролировать работу технологического оборудования и т. п.

Количественные и количественно-качественные материальные балансы снимают при стабильной и эффективной работе предприятия и при неизменном качестве сырья. Учитывая трудоемкость работы по снятию балансов, рекомендуется выполнять этот вид работы квалифицированным персоналом и по мере производственной необходимости (после капитального ремонта и реконструкции предприятия, при низкой эффективности работы предприятия с систематическими низкими выходами и неудовлетворительным качеством продукции и т. п.).

Снимают данные и обрабатывают результаты по методике, которая должна быть предметом специального рассмотрения при изучении способов управления технологическими процессами на мельницах, крупяных и комбикормовых заводах.

Таким образом, управление и организация технологическими процессами на зерноперерабатывающих предприятиях — самостоятельная технологическая дисциплина, изучение которой должно опираться на знание технологии муки крупы и комбикормов.

Авторы надеются, что изложенный материал будет полезен студентам и преподавателям вузов, работникам отрасли хлебопродуктов, посвятивших себя такой сложной технологии, какой является технология муки, крупы и комбикормов.

СОКРАЩЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ И ТЕКСТЕ

Сокращения	Полное написание
1	2
АВД	амидо-витаминная добавка на основе карбамидного концентрата
АК	аспирационная колонка
БАВ	биологически активные вещества
БВД	белково-витаминная добавка
БВМД	белково-витаминная минеральная добавка
БМ1, БМ2 ...	бичевая машина первая, вторая
в/с	высший сорт
ВМ	вымольная машина
гто	гидротермическая обработка
гл	грубая примесь
д	дифференция
Др.Я.	дробленое ядро
Д1, Д2,.....	дуоаспиратор первый, второй...
з	зерно
ЗМФ	зерно мелкой фракции
ЗКФ	зерно крупной фракции
зто	зерновой триер овсяногоотборник
зкт	зерновой триер куколеотборник
зцм	заменитель цельного молока
КБК	карбамидный концентрат
кзп	кормовые зернопродукты
ккзп	контроль кормовых зернопродуктов
кк	комбикорм концентрат
К. КУК	контроль куколя
К. л.	контроль лузги
км.в.	контроль моечных вод
км	контроль мучки
К. прод.	контроль продела
К. оvs.	контроль овсюга
Контр. о.	контроль отходов
ко.	контроль отходов
кд	контроль дробленки
кл	крупная примесь
К.ф.	крупная фракция
М.ф.	мелкая фракция
Кук	куколь
гл	легкая примесь
мв.	моечная вода
МКр.	манная крупа
мл	мелкая примесь
Мн.	минеральная примесь
М	мука (мука в технологии крупы)
М.в/с	мука высшего сорта
М. I с.	мука первого сорта
М. II с.	мука второго сорта

1	2
М.сеян.	мука сеяная
М.обд.	мука обдирная
Муч.	мучка
нд	насос-дозатор
овс.	овсюг
ОпоО	острие по острию
ОпоСп	острие по спинке
СппоСп	спинка по спинке
СппоО	спинка по острию
С/С	спинка по спинке
о/о	острие по острию
о/с	острие по спинке
с/о	спинка по острию
Отр.	отруби
О	отходы
ОIIIк	отходы III категории
ОIIк	отходы I-II категорий
ПМ1, ПМ2...	падди-машина первая, вторая...
ПС	предварительное сортирование
II др.м	вторая драная система мелкая (третья...)
II др.кр	вторая драная система крупная (третья...)
I др.с, II др.с...	первая драная система, вторая драная система...
1 пл.с, 2 пл.с...	первая полировальная система, вторая полировальная система ...
1 п, 2 п...	первый проход, второй проход...
1 р.с, 2 р.с...	первая размольная система, вторая размольная система...
1 сл, 2 сл...	первый сепараторный проход, второй сепараторный проход...
1 с.с, 2 с.с...	первая сортировочная система, вторая сортировочная система...
Сорт 1, Сорт 2	сортировочная система первая, вторая ...
1 ех, 2 ех...	первый сход, второй сход...
1 ш.с, 2 ш.с...	первая шелушильная система, вторая шелушильная система...
1 ш.ск	первая шелушильная система крупная (то же вторая...)
1 ш.с.м.	первая шелушильная система мелкая (то же вторая...)
1 ш.л.с, 2 ш.л.с...	первая шлифовальная система, вторая шлифовальная система...
2 ш.л.м	вторая шлифовочная система мелкая...
1с	первый сорт
Пл.с.	плющильная система
ПК	полнорационный комбикорм
ПКр	пересев крупки
п	премикс
пл	производственно-технологическая лаборатория
СВ1, СВ2...	ситовечная система первая, вторая
Уб	скорость быстровращающегося вала
СппоО	спинка по острию
СппоСп	спинка по спинке
СК	стартовый комбикорм
СХ № 1 (2...)	схема посева № 1 (два...)
1 ТЛ, 2 ТЛ...	первая технологическая линия, вторая...
III С	третий сорт
У, %	уклон рифли
я	ядро
R, 1/см	количество рифлей на сантиметр длины окружности
R, 1/см	количество рифлей на сантиметр длины окружности
1ф, 2ф...	первая фракция, вторая ...

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
§1. Общие сведения о технологическом процессе и готовой продукции	5
§2. Физическая сущность операций при производстве муки, крупы и комбикормов	11
Часть 1	
Технологическая оценка сырья мельниц, крупа-ных и комбикормовых заводов	15
Глава 1	
Общие сведения о сырье	15
§1. Сырье мукомольных мельниц	15
§2. Общие сведения о сырье для производства крупы	20
§3. Сырье для производства комбикормов	23
Глава 2	
Свойства зерна как объекта переработки	49
§1. Технологические свойства зерна	49
§2. Анатомическое строение зерна и ведение технологии	57
§3. Физико-химические свойства зерна	62
§4. Биохимическая оценка зерна	66
§5. Структурно-механические свойства зерна	71
§6. Гидротермические свойства зерна	74
Часть 2	
Процессы при производстве муки, крупы и комбикормов	77
Глава 1	
Сепарирование в технологии муки, крупы и комбикормов	78
§1. Общие положения	78
§2. Понятие о делимости смесей	81
Глава 2	
Сита в технологии муки, крупы и комбикормов	89
§1. Разновидности применяемых сит	89
§2. Рабочие параметры сита	90
§3. Техническая характеристика сит	91
Глава 3	
Сепарирование при выделении примесей из зерна (сырья)	108
§1. Классификация примесей в зерне	108
§2. Рабочие процессы при выделении примесей	110
§3. Технологические схемы ситовых сепараторов	114
§4. Подбор сит для сепарирования	126
§5. Показатели эффективности сепарирования при выделении примесей	129
Глава 4	
Сепарирование в размольном отделении мельниц	136
§1. Общая характеристика продуктов измельчения	136
§2. Технологические схемы сортирования и техническая характеристика рас-сеев	139
§3. Подбор сит при сортировании продуктов измельчения	154

§4. Технологическая эффективность сортирования по крупности с использованием сит	156
§5. Сепарирование промежуточных продуктов измельчения в технологии муки по качеству	158
Глава 5	
<i>Сепарирование в рушальном отделении крупозавода</i>	173
§1. Общие вопросы и характеристика сепарируемых продуктов	173
§2. Технологические схемы рассевов для крупяной промышленности	177
§3. Крупоотделение как сепарирование по качеству	179
§4. Оценка эффективности крупоотделения	185
Глава 6	
<i>Обработка поверхности зерна и ядра</i>	188
§1. Общие положения	188
§2. Обработка поверхности зерна при его подготовке к переработке	191
§3. Шелушение в технологии крупы	197
§4. Шелушение пленчатых культур в комбикормовом производстве	209
§5. Шлифование и полирование ядра в технологии крупы	210
Глава 7	
<i>Гидротермическая обработка</i>	216
§1. Общие сведения о гидротермической обработке	216
§2. Характеристика процессов при гидротермической обработке	218
§3. Методы гидротермической обработки	229
§4. «Холодные» способы гидротермической обработки	231
§5. Гидротермическая обработка с использованием тепловых факторов воздействия	235
§6. Специфические приемы гидротермической обработки в технологии комбикормов	242
Глава 8	
<i>Измельчение зерна и компонентов комбикормов</i>	246
§1. Общие положения	246
§2. Оценочные критерии процесса измельчения	248
§3. Измельчение в вальцовом станке	254
§4. Измельчение в машинах ударного действия	260
§5. Особенности измельчения сырья для производства комбикормов	262
Глава 9	
<i>Дозирование и смешивание в технологии муки, крупы и комбикормов</i>	267
§1. Дозирование компонентов комбикормов	268
§2. Смешивание компонентов	270
§3. Схемы дозирования и смешивания компонентов	272
Глава 10	
<i>Прессование сыпучих материалов</i>	274

Часть 3

Частная технология муки	281
Глава 1	
<i>Общие сведения</i>	281
§1. Мельзавод как основной объект мельничного комплекса	281
§2. Продукция мукомольных заводов	285
§3. Классификация помолов пшеницы и ржи	290
§4. Общие сведения о выходе продукции	295
§5. Подготовка помольной партии	297

Глава 2	
<i>Подготовка зерна к помолу</i>	302
§1. Задача процесса и требования к качеству зерна	302
§2. Общие принципы построения технологического процесса подготовки зерна к помолу	304
§3. Подбор сит, размеров ячеек триеров, скорости воздушных потоков при пневмосепарировании	306
§4. Технологический процесс подготовки пшеницы к сортовому хлебопекарному помолу	310
§5. Особенности подготовки зерна пшеницы к хлебопекарному сортовому помолу на мукомольных заводах, оснащенных комплектным оборудованием	320
§6. Особенности подготовки твердых и высокостекловидных мягких пшениц к макаронным помолу	323
§7. Особенности подготовки ржи к сортам помолу	325
§8. Особенности подготовки пшеницы и ржи к обойным помолу	327
§9. Контроль отходов в подготовительном (зерноочистительном) отделении мукомольного завода	327
§10. Эффективность подготовки зерна к помолу	330
Глава 3	
<i>Принципы построения технологического процесса производства муки</i>	332
Глава 4	
<i>Сложные хлебопекарные помолы пшеницы с развитым процессом обогащения</i>	343
§1. Драной или крупобразующий процесс	345
§2. Процесс обогащения круп и дунстов	358
§3. Шлифовочный процесс сложного хлебопекарного помола пшеницы	366
§4. Размольный процесс сложного хлебопекарного помола пшеницы	372
§5. Формирование сорта и контроль муки	378
Глава 5	
<i>Макаронные помолы и хлебопекарные с отбором макаронной крупки</i>	383
§1. Сырье, готовая продукция и виды макаронных помолов	383
§2. Хлебопекарный помол пшеницы с отбором макаронной крупки	386
§3. Особенности макаронных помолов твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в макаронную муку	390
Глава 6	
<i>Сортные помолы пшеницы с сокращенным процессом обогащения. Обойные помолы пшеницы</i>	402
§1. Особенности сокращенных помолов пшеницы в хлебопекарную муку первого и второго сортов	403
§2. Технология 85 % помола пшеницы в хлебопекарную муку второго сорта	408
§3. Обойный помол пшеницы с выходом муки 96 %	411
Глава 7	
<i>Помолы ржи</i>	415
§1. Технология сеяной муки с выходом 63 %	416
§2. Технология 80 % помола ржи в сеяную и обдирную муку	421
§3. Технология 87 % помола ржи в обдирную муку	424
§4. Обойные помолы ржи и смесей ржи и пшеницы	428
Глава 8	
<i>Специальные технологии</i>	429
§1. Технология муки из кукурузы	429

§2. Технология муки-крупчатки	430
§3. Технология высокобелковой муки	432
§4. Витаминизация муки	434
§5. Выделение зародыша при хлебопекарных помолах пшеницы	436
Часть 4	
Частная технология крупы	440
<i>Глава 1</i>	
<i>Общие сведения о сырье, продукции и процессах в технологиях крупы</i>	<i>440</i>
§1. Ассортимент продукции крупозаводов	441
§2. Выход продукции крупозаводов	443
§3. Общие принципы технологии подготовки крупяного сырья	446
§4. Общие принципы переработки зерна в крупу	450
<i>Глава 2</i>	
<i>Технология недробленых круп</i>	<i>465</i>
§1. Технология пшеницы	465
§2. Технология крупы из гречихи	472
§3. Технология крупы из риса	481
§4. Технология крупы из овса	489
§5. Технология крупы из гороха	495
<i>Глава 3</i>	
<i>Технология дробленых круп</i>	<i>501</i>
§1. Технология перловой крупы	501
§2. Технология ячневой крупы	508
§3. Технология круп «Полтавской» и «Артек»	510
§4. Технология круп из кукурузы	518
<i>Глава 4</i>	
<i>Технологии специальных видов крупяных продуктов</i>	<i>531</i>
§1. Специальные технологии из овса	531
§2. Технология быстрорастворимых круп	538
§3. Технология круп, не требующих варки	541
§4. Технология круп повышенной питательной ценности	544
Часть 5	
Технология комбикормов	550
<i>Глава 1</i>	
<i>Операции с комбикормовым сырьем</i>	<i>550</i>
§1. Общие сведения о кормах	550
§2. Приемка и размещение сырья	555
§3. Особенности хранения отдельных видов сырья	560
§4. Технологические свойства сырья	564
<i>Глава 2</i>	
<i>Рецептура комбикормов</i>	<i>567</i>
§1. Применение рецептов	567
§2. Подбор рецептов и расчет их питательной ценности	570
<i>Глава 3</i>	
<i>Ведение технологического процесса</i>	<i>582</i>
§1. Основы организации и ведение технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности	582
§2. Измельчение комбикормового сырья	587
§3. Технологические линии подготовки комбикормового сырья	592

§4. Технологический процесс производства комбикормовой продукции	614
§5. Углубленная технологическая переработка зернового сырья при производстве комбикормов	616
Глава 4	
Линия дозирования и смешивания	620
Глава 5	
Гранулирование комбикормов, кормовых концентратов и БВД	627
Глава 6	
Технология обогащения комбикормов	632
Глава 7	
Нетрадиционная продукция комбикормовых предприятий	642
§1. Карбамидный концентрат	642
§2. Технология производства карбамидного концентрата	644
§3. Технология производства АВД	646
§4. Технологическая схема производства ЗЦМ	647
Глава 8	
Контроль производства	649
§1. Нормы выхода готовой продукции на комбикормовых предприятиях	649
§2. Учет сырья и продукции	650
§3. Размещение, хранение и отпуск готовой продукции	651
§4. Технологический контроль комбикормового производства	652
§5. Контроль процесса дозирования и других этапов производства	654
Глава 9	
Технологические схемы предприятий малой мощности	657
Глава 10	
Построение и анализ технологических схем комбикормовых заводов	663
§1. Технологическая схема процесса производства комбикормов	663
§2. Схема технологического процесса комбикормового завода производительностью 130 т/сутки	667
§3. Комбикормовый завод производительностью 200 т/сутки	669
§4. Комбикормовый завод производительностью 315 т/сутки рассыпных и гранулированных комбикормов	671
§5. Комбикормовый завод производительностью 600 т/сутки гранулированных комбикормов	674
Заключение	676
Сокращения в технологических схемах и тексте	680
Литература	682

О. Н. Чеботарев, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко

ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением (УМО)
технологии пищевых производств в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по специальности «Технологии хранения и переработки зерна»



Издательский центр «МарТ»
Москва — Ростов-на-Дону

2004

О. Н. Чеботарев, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко

ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Художественное оформление,
разработка серии: В. Николаев
Корректоры: Л. Михайлова, Ю. Перина

Подписано в печать 04.06.04.
Формат 60х88 1/16. Бумага газетная.
Гарнитура SchollBook. Печать офсетная.
Тираж 3000 экз. Заказ № 1818

Издательский центр «МарТ»
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Темерницкая, 78
тел. (8632) 69-80-13, 40-86-48, 40-90-22
E-mail: mart@martdon.ru
Web: www.martdon.ru

Издательско-книготорговый центр «МарТ»
121059, г. Москва, ул. Брянская, д. 7, оф. 312.
тел. (095) 241-56-91, 244-78-05, 243-51-58
E-mail: mart.m@astelit.ru

Изготовлено с готовых диапозитивов в АПП «Джангар»
358000, г. Элиста, ул. Ленина, 245