

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

Положено Министерством высшего и
среднего специального образования
СССР в качестве учебника для студентов,
обучающихся по специальности «Хране-
ние и технология переработки зерна»

ИЗДАНИЕ 2-е, ДОПОЛНЕННОЕ
И ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Под редакцией
доктора технических наук
профессора Г. А. Егорова



МОСКВА «КОЛОС» 1977

— 1 —
— 7 (0-5.8)

Авторы:

[Я. Н. Куприц], Г. А. Егоров, М. Е. Гинзбург,
И. А. Наумов, В. М. Цепиновский, [А. Р. Демидов],
Е. М. Мельников, Б. М. Максимчук, К. В. Дрогалин.

Рецензенты:

Одесский технологический институт пищевой про-
мышленности им. М. В. Ломоносова; Московский
мелькомбинат им. А. Д. Цюрупы.

Технология переработки зерна. Под ред.
Т 38 Г. А. Егорова. Изд. 2-е, доп. и перераб. М., «Колос»,
1977.

376 с. с ил. (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб.
заведений).

На обороте тит. л. авт.: Я. Н. Куприц, Г. А. Егоров,
М. Е. Гинзбург [и др.].

В учебнике изложены общие сведения о производстве муки, кру-
пы и комбикормов, дана характеристика технологических процессов
на мукомольном, крупяном и комбикормовом заводах. Приведены фи-
зико-химические, структурно-механические, теплофизические свойства
зерна и ингредиентов комбикормов. Специальный раздел посвящен
теоретическим основам технологических процессов на мукомольном,
крупяном и комбикормовом заводах.

Т 40600—208
35(01)—77 234—77

6П8.1

ОТ АВТОРОВ

Со времени первого издания учебника в 1965 г. зерноперерабатывающая промышленность СССР претерпела значительные изменения. Хотя они и не затронули основ технологий, однако оборудование почти полностью заменено на новые модели, существенно изменились некоторые важные операции технологического процесса, широкое распространение получил пневматический транспорт зерна и продуктов его переработки, автоматические системы контроля, управления и т. п. Наука о зерне накопила много новых данных, теоретические представления и основанные на них практические приемы значительно усовершенствовались. Это определило необходимость значительной переработки учебника, так как материал некоторых глав устарел; одновременно с этим надо было дополнить его новыми данными теории и практики последних лет. При подготовке учебника авторы широко использовали периодические издания, техническую литературу, отчеты по научно-исследовательским работам, диссертационные работы, официальные материалы и т. п.

Построение книги соответствует новому учебному плану подготовки инженеров-технологов по специальности 1001. Авторы стремились возможно полнее изложить теоретические положения, на которых базируется современная технология выработки муки, крупы и комбикормов, что отвечает современным методическим положениям постановки преподавания специальных предметов в высшей школе.

В связи с этим объем теоретического раздела учебника существенно увеличился за счет более конкретного изложения материала по практической технологии муки, крупы и комбикормов. Учебник расченен на четыре раздела: в первом излагаются общие сведения о производстве муки, крупы и комбикормов, второй посвящен свойствам зерна и основных компонентов комбикормов, в третьем рассматриваются теоретические основы технологических процессов и в четвертом — частная технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. Это обеспечивает логическую последовательность изложения материала и позволяет продемонстрировать научную обоснованность современной технологии, а также преемственность ее по отношению к общенаучным и общепромышленным дисциплинам.

Главы 1—8, 11, 12, 15 и 20 разработал профессор Г. А. Егоров, главы 14, 17 и 22 — профессор М. Е. Гинзбург, 10 и 21 — профессор И. А. Наумов, 18, 19 и 23 — доцент Е. М. Мельников, 9 — профессор В. М. Цециновский, 13 —

старший научный сотрудник Б. М. Максимчук, 16 — старший научный сотрудник К. В. Дрогалин, § 2.3 и § 2.4 — доцент В. А. Бутковский.

В главе I сохранен текст краткого исторического очерка развития зерноперерабатывающей промышленности, автором которого в первом издании был профессор Я. Н. Куприц. Это же относится и к материалу главы 13, автором которой ранее был профессор А. Р. Демидов. Общее редактирование выполнил профессор Г. А. Егоров.

В работе над учебником авторы с благодарностью учили пожелания коллективов профилирующих кафедр Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова (ОТИПП), Краснодарского политехнического института (КПИ), Оренбургского политехнического института (ОПИ), Джамбулского технологического института легкой и пищевой промышленности (ДТИЛПП), Алтайского политехнического института (АПИ), Восточно-Сибирского технологического института (ВСТИ).

Авторы считают приятным долгом выразить благодарность коллективу кафедры технологии переработки зерна ОТИПП им. М. В. Ломоносова (заведующий кафедрой доктор технических наук И. Т. Мерко), а также кандидату технических наук Г. Н. Панкратову и инженерам В. И. Ефремову и Л. А. Бороховскому.

ВВЕДЕНИЕ

Производство муки, крупы и комбикормов способствует обеспечению высококачественными продуктами питания населения СССР, а животноводства — кормами высокой питательной ценности, содержащими все необходимое для нормального роста и развития животных, рыб и птиц.

Мука и крупа всегда занимали достойное место в рационе питания человека. В последние годы возросла потребность в муке высоких сортов, идущих на производство хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий. Высокими темпами развивается животноводство, в связи с чем постоянно увеличивается производство комбикормов и расширяется их ассортимент.

Утвержденные XXV съездом КПСС Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1978—80 годы определяют высокие темпы роста мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности в десятой пятилетке. Этот документ устанавливает для нашей отрасли следующие задачи: «Обеспечить рост производства продукции мукомольно-крупяной промышленности на 21—23 процента. Увеличить производство муки высоких сортов, выработку риса и гречневой крупы.

...Увеличить выпуск продукции комбикормовой промышленности не менее чем в 1,5 раза. Довести в 1980 году объем производства комбикормов на государственных промышленных предприятиях до 53 млн. тонн и белково-витаминных добавок — до 4 млн. тонн.

...Повысить производительность труда в мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности на 24—26 процентов*.

Особое внимание в решениях XXV съезда КПСС и Октябрьского (1976) Пленума ЦК КПСС обращено на дальнейшее повышение эффективности производства, качества готовой продукции и производительности труда.

По Министерству заготовок СССР на десятую пятилетку намечено существенное увеличение объема производства. Пятилетний план определяет, что выработка сортовой муки должна возрасти на 7%, а муки высоких сортов на 15%. Производство крупы всех видов должно увеличиться на 26%, причем рисовой крупы на 38%, а гречневой на 131%. Прирост производства комбикормов намечен в размере 53%. Высокими темпами должна расти производительность труда, так чтобы было обеспечено не менее 80% прироста валовой продукции. Одновременно с ростом объема производства не-

* Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976, с. 197.

ообходимо обеспечить дальнейшее повышение качества готовой продукции.

Эти задачи могут быть решены только на основе постоянного повышения эффективности производства, путем совершенствования технологии, модернизации оборудования, внедрения результатов научных исследований в производство, обеспечения постоянного научно-технического прогресса. При этом инженеру-технологу принадлежит особо важная роль.

Современный технологический процесс производства муки, крупы и комбикормов относится к сложным многофакторным процессам со многими внутренними прямыми и обратными связями.

На мукомольном, крупоруком и комбикормовом заводах технологические свойства сырья оценивают прежде всего выходом и качеством готовой продукции. Эти свойства зависят в разной степени:

от характерных особенностей перерабатываемого сырья (тип и сорт зерна, крупность частиц, их выравненность по размерам, влажность, плотность, сыпучесть, объемная масса, содержание эндосперма в зерне, стекловидность, зольность и т. п.); эти показатели могут быть сгруппированы по принадлежности к структурно-механическим, физико-химическим, биохимическим, теплофизическим и другим свойствам;

от особенностей организации и ведения технологического процесса (количество систем, их коммуникационная взаимоувязка, режимы работы, состояние оборудования, методы и режимы гидротермической обработки и т. д.).

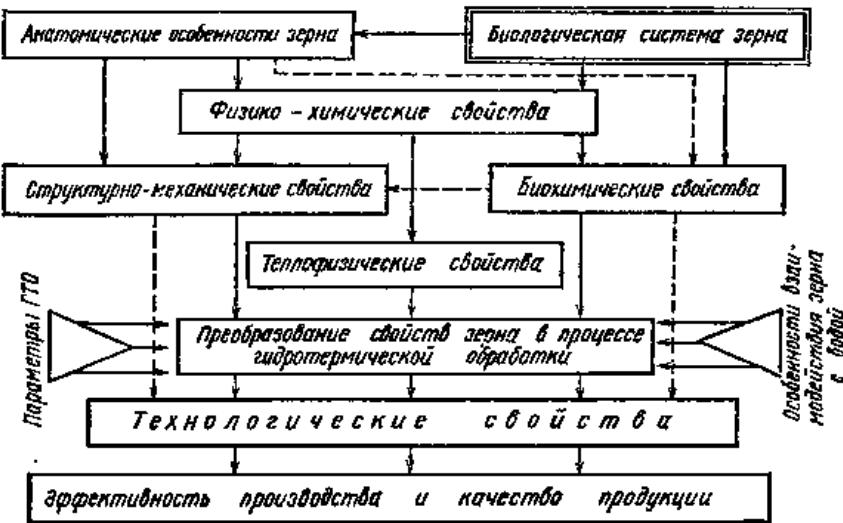
Этот краткий перечень основных факторов, определяющих конечный результат технологического процесса переработки зерна в муку, крупу и комбикорма, показывает, что технолог должен располагать сведениями из различных фундаментальных и прикладных наук.

Зерно представляет собой живой организм, располагающийся биологической системой, регулирующему воздействию которой подчиняются все протекающие в нем процессы как при хранении, так и при переработке. Особенно важное значение имеет реакция зерна на изменение влажности и температуры при гидротермической обработке (ГТО). Поэтому технология переработки зерна опирается на биохимию, а также органическую и неорганическую химию. Зерно как органическое образование построено из биополимеров, главным образом из углеводов и белков. Происходящие преобразования их свойств могут быть поняты только при условии привлечения аппарата физической и коллоидной химии.

В процессе производства муки и крупы зерно подвергают измельчению или же разрушают покрывающие его пленки, а поверхностные слои эндосперма удаляют шлифованием. Большинство ингредиентов* комбикормов также измельчают. Управление всеми этими процессами основано на физических и физико-химических закономерностях, используемых в учении о сопротивлении материалов.

Конкретное ведение технологического процесса на мукомольном или крупоруком заводе связано с организацией слож-

* По ГОСТ 21669—76 вместо термина ингредиенты комбикормов следует применять термин компоненты комбикормов.



ной системы внутризаводского транспорта зерна, промежуточных и конечных продуктов его переработки. В последние два десятилетия главными видами стали пневмотранспорт и аэрозольтранспорт, основанные на аэродинамике — важном разделе физики. Существенное значение в современном технологическом процессе имеют электрофизические, оптические и другие свойства зерна и ингредиентов комбикормов, а также промежуточных и конечных продуктов их переработки.

Схема взаимосвязи различных свойств зерна показывает, что эффективность мукомольного и крупорукого производства и качество готовой продукции (муки или крупы) определяются технологические свойства зерна, оптимизация которых обеспечивается посредством гидротермической обработки. В процессе ГТО происходит преобразование различных свойств зерна.

Технологические свойства зерна зависят от группы свойств, включающих структурно-механические, биохимические, физико-химические, теплофизические свойства, а также от особенностей анатомического строения зерна. Биологическая система зерна занимает главное положение, что определяет ее управляющую роль (см. схему).

Линиями и стрелками показаны основные взаимосвязи между группами свойств зерна, а пунктирными линиями — связи, дополнительные к основным. На схеме даны только прямые связи; на самом же деле существует множество и обратных связей, что присуще вообще всем живым организмам.

В связи с этой сложностью внутренних взаимосвязей в зерне технология мукомольного, крупорукого и комбикормового производства имеет в своей основе комплекс современных фундаментальных и прикладных наук. Поэтому знание их методов, владение их аппаратом для технолога обязательно. Дальнейшее развитие технологии может также идти только на основе использования новейших достижений биологической, органической, физико-коллоидной химии, различных

областей физики, учения о тепло-массообмене, физико-химической механики и т. п.

В настоящее время значительно повысились требования производства к образованию инженеров. Существенно возросла роль технологов, выступающих организаторами производства. Современные зерноперерабатывающие предприятия оснащены сложным высокопроизводительным оборудованием, точными приборами контроля и управления, автоматическими системами стабилизации технологического процесса, ученые интенсивно разрабатывают и внедряют в производство автоматизированные системы управления (АСУ, АСУТП и АСУК).

Главная задача инженера-технолога состоит в том, чтобы на основе глубокого овладения теорией и практикой технологии муки, крупы и комбикормов управлять технологическими свойствами сырья, обеспечивая его переработку в оптимальном варианте, т. е. с максимальным выходом, наивысшим качеством и наименьшими затратами на производство единицы массы готовой продукции. Важнейшая задача управления производством на современном этапе состоит в том, чтобы обеспечить оптимальное сочетание роста объема и неуклонного повышения качества продукции. Эта задача может быть решена только при условии глубокого инженерного овладения теорией и практикой современной технологии выработки муки, крупы и комбикормов.

Раздел первый

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

●

Глава 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

§ 1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА МУКОМОЛЬНОЙ, КРУПЯНОЙ И КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Муку и крупу человек с незапамятных времен использует для приготовления самых разнообразных продуктов питания: хлебобулочных, кондитерских изделий и т. п. Это обусловлено высокой питательностью и хорошей усвояемостью белков и углеводов зерна.

Необходимость увеличения производства муки и крупы по мере развития человеческого общества требовала совершенствования мельничного дела, а следовательно, постоянно вызывала внимание ученых и практических работников. Поэтому подавляющее большинство изобретений, в особенности в области машин и механизмов, было сделано прежде всего исходя из потребностей мельниц. Как указывал К. Маркс, вся история развития машин может быть прослежена на истории развития мукомольной мельницы. Многие столетия мельница была основным производством, и при появлении других производств на них автоматически перешло это название, например «лесопильные мельницы», «суконные мельницы» и т. п.

Производство комбикормов для животных, рыб и птицы получило широкое развитие в последнее столетие в связи с переводом животноводства на промышленную основу.

Современные мукомольные, крупяные и комбикормовые заводы представляют предприятия, на которых все операции механизированы, технологический процесс непрерывный (поточный), ручной труд отсутствует, а отдельные операции оснащены автоматическими устройствами, выполняющими функции контроля и управления. При этом общее управление технологическим процессом осуществляют с центрального пульта. По энергооборуженности зерноперерабатывающие предприятия занимают одно из первых мест — 10 кВт и более на одного рабочего.

Современные мукомольные, крупяные и комбикормовые заводы выполняют следующие функции:

принимают и кратковременно хранят зерно и ингредиенты комбикормов; если необходимо, обрабатывают их, т. е. предварительно очищают от примесей, выделяют мелкое зерно и т. п.;

подготавливают зерно и ингредиенты комбикормов к переработке: окончательно выделяют примеси, очищают поверхность зерна от пыли и т. п., проводят гидротермическую обработку;

вырабатывают готовую продукцию — муку, крупу или комбикорма (размалывают зерно и сортируют продукты размола с конечной целью получения муки на мукомольном заводе; шелушат зерно, шлифуют, полируют ядро на крупяном заводе; измельчают ингредиенты, дозируют их, смешивают, гранулируют, прессуют на комбикормовом заводе);

кратковременно хранят и отпускают готовую продукцию в таре или бестарным способом.

В связи с этим современные зерноперерабатывающие предприятия представляют собой в большинстве случаев комбинаты, объединяющие

мукомольный и крупорядной заводы, мукомольный и комбикормовый заводы и т. п. Производительность мукомольных заводов 100—2200 т/сутки зерна, крупорядных от 100 до 500 т/сутки, комбикормовых заводов от 100 до 1000 т/сутки.

§ 1.2. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МУКОМОЛЬНОЙ, КРУПЯНОЙ И КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Длинный путь развития прошла техника переработки зерна, прежде чем были созданы современные предприятия. Понадобилось много тысячелетий, чтобы от примитивных орудий первобытного человека в виде зернотерки и ступки перейти к современным крупным, полностью механизированным и электрифицированным предприятиям по переработке зерна.

История зерновой мельницы прекрасно иллюстрирует изменение способов производства при постоянном развитии машин. На истории мельницы можно проследить постепенное развитие использования всех видов энергии, которые применял человек, начиная от ручного привода и кончая современным электродвигателем. Энергия воды была впервые использована еще в рабовладельческом государстве Урарту в начале первого тысячелетия до новой эры на мельницах, оснащенных водяными колесами.

Нашла применение энергия ветра при размоле зерна на ветряных мельницах. Более совершенный источник энергии — пар также был впервые использован при эксплуатации мельниц. Двигатели внутреннего сгорания, как только появились, получили широкое распространение. И наконец, электродвигатели во всем их разнообразии, вплоть до индивидуального, расположенного на одном валу с рабочим органом машины, широко используют на мельницах.

Развитие передаточного механизма машин, начиная от шестеренчатой и кончая стальными лентами, а также современным гидроприводом, можно проследить на истории мельничной техники. Рабочий орган машины постепенно изменялся с переходом от преобладающего воздействия на зерно трением в зернотерке и ударного действия в ступке к работе путем скальвания в жернове и сложным деформациям при работе вальцового станка.

Эволюция предприятий по переработке зерна характерна еще и в том отношении, что она способствовала возникновению ряда научных представлений. Изучая, в частности, работу шестерен на водяных мельницах, М. В. Ломоносов пришел к выводу относительно роли трения при работе механизмов. Почти все великие математики начиная с середины XVII в., поскольку они занимались прикладной механикой, пользовались примером работы водяной мельницы.

Человек стал применять в пищу хлебные злаки несколько тысячелетий назад. Историки и археологи сходятся на том, что первые шаги по использованию зерна связаны с появлением в жизни человека огня, на котором начали поджаривать зерно, затем вместе с водой готовить похлебку, кашу, лепешки типа современного «лаваша» (Кавказ). И наконец, люди перешли к хлебу с использованием разрыхлителей.

Одновременно с зернотеркой применяли другое орудие производства — ступку (рис. 1.1), которую можно было использовать с различным приводом. И зернотерка, и ступка предшествовали появлению более совершенного по тому времени орудия — жернова, который сначала приводили в движение вручную. Конструкция жернова постепенно совершенствовалась, особенно когда начали применять железо. Появились также ремесленники — специалисты по насечке жерновов. Примерно в X в. в Европе появились ветряные мельницы, заимствованные с Востока, где они были известны с очень древних времен.

Высокое искусство обработки камня, получившее распространение в русских городах в XI—XII вв., обусловило широкую возможность применения жерновов.

Параллельно с усовершенствованием конструкции жерновов улучшался и процесс производства муки. Зерно перед размолом начали подвергать очистке от примесей, а влажное — по возможности и сушке. Для отсева лучшей муки и продуктов, получившихся после размола на жерновах, стали применять сита и пеклевальный рукав.

На следующей ступени развития процесса переработки зерна потребность в лучшей муке привела к ступенчатому способу размола пшеницы, который можно по существу считать прототипом более совершенного повторительного помола. Расширение зернового хозяйства обусловило возникновение «товарного» мукомолья, которое стало развиваться с ростом городов.

Развитие производительных сил феодального общества привело к созданию новой общественной формации — капиталистического общества. Вместо кустарных появляются фабрики и заводы, оснащенные машинами.

В нашей стране процесс перехода к капитализму проходил медленнее, чем в Западной Европе.

Крепостной строй тормозил развитие промышленности, в частности отечественного мукомолья.

В начале XIX в. в области переработки зерна большую роль сыграли следующие факторы: появление пара как нового источника двигательной силы на мельнице, усовершенствование орудий производства, улучшение методов помола и возникновение науки о зерне.

Очень важным фактором в развитии процесса переработки зерна является введение на мельницах так называемого повторительного помола с выделением промежуточных продуктов. В процессе подготовки зерна к размолу приобрела большое значение обработка пшеницы водой, ее увлажнение, или «мочение». Есть основание предполагать, что увлажнение зерна применяли еще в конце XVIII в. Особенно широкое распространение получил этот прием в начале XIX в., когда увеличился спрос на лучшую сортовую муку и появилась более твердая, по терминологии того времени «склянковая» (высокостекловидная), пшеница, особенно ценная в хлебопечении. Одновременно стали применять первые машины для очистки зерна: бурат и тарарап. На наших мельницах начали выделять специальное зерноочистительное отделение, появились транспортные приспособления в виде норий и шинеков.

Мукомольная техника начала играть более прогрессивную роль. К переходу к машинной индустрии сыграли методы переработки на мельницах, в которых появилась поточность производства.

Первая паровая мельница в России была построена в Нижегородской губернии (ныне Горьковская область) в селе Воротынцево еще в 1818 г., т. е. раньше, чем в Германии и в других странах Западной Европы, кроме Англии.

Несколько позднее, в 1824 г., талантливые крепостные отец и сын Черепановы построили паровой двигатель «силы против четырех лошадей», который приводил в движение жернова, перерабатывавшие до 90 пудов (около 1,5 т) зерна в сутки.

Вскоре развернулось интенсивное строительство паровых мельниц в разных городах России. В 1892 г. в 56 губерниях европейской части



Рис. 1.1. Ступка для кустарного производ-
ства крупы.

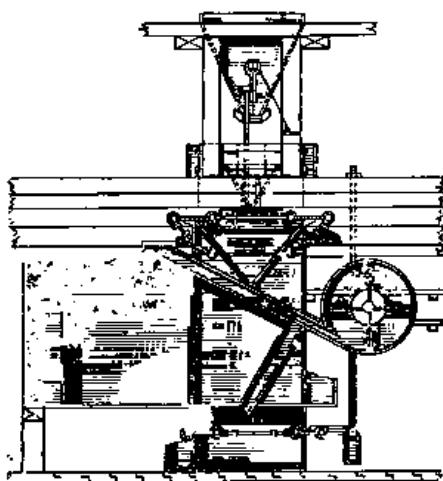


Рис. 1.2. Схема веичної установки конструкции Ушкова.

значительно усовершенствовать крупчатный размол на жерновах, осуществить трехсортный помол с общим выходом 72%, в том числе крупчатки 23%, «кулишной» муки 36 и «баламутки» 13%.

К середине XIX в. относится замечательное предложение А. Курбтова, получившего привилегию на «новый способ и снаряд для приготовления пшеничного зерна к помолу». Этот способ заключался в обработке зерна паром. Таким образом, впервые в истории технологии мукомольного производства пар был использован для предварительной обработки зерна перед измельчением. Как и многие другие, это изобретение вскоре было забыто. И лишь спустя 100 лет вернулись к предложению использовать пар для непосредственного воздействия на зерно. Этот метод в настоящее время широко используют.

Промышленное оживление после отмены крепостного права в России, связанное с ростом городов, вызвало усиление спроса на сортовую белую муку. Мельницы получили дальнейшее развитие, появились специальные «хлебные районы», а мукомольные предприятия стали строить с непрерывным процессом производства, при котором промежуточные продукты распределяли не вручную при помощи мешков, а «самотеком» с использованием норий и шнеков. Постепенно старинные «мешковые» мельницы уступили место «полуавтоматизированным». Это был большой шаг вперед в развитии мельничной техники.

Русские мукомолы охотно шли на всякого рода новшества в области технологического процесса, и вскоре на русских мельницах появляются первые моющие машины, первые двухкорпусные рассевы самобалансной конструкции.

Параллельно с совершенствованием технологических приемов шла и разработка теоретических основ переработки зерна. М. В. Ломоносов первым из русских ученых еще в середине XVIII в. занимался теоретическими изысканиями в области гидравлики, связанными с работой водяных двигателей на мельницах.

В 1811 г. вышла в свет в Москве работа В. Левшина по вопросам мукомолья, в которой автор говорит о необходимости «мочения» зерна, т. е. его увлажнения перед помолом, о выборе смесей хлебных зерен и других актуальных вопросах технологического процесса.

В 1862 г. Д. И. Менделеев написал «Технологию», где он рассматривает, в частности, конструкции мельничных машин и типы помолов.

России насчитывалось уже свыше 800 паровых мельниц, на которых было занято 12 тыс. рабочих.

Паровая мельница сыграла исключительную роль в развитии мукомолья, вызвав к жизни новые машины, в первую очередь вальцовый станок. Характерно, что первые вальцовые станки появились в России еще в 1822 г. Изобретателем этого станка был Марк Миллер.

В XIX в. в России появилось много изобретателей-самоучек в области мельничной техники. Так, в 1843 г. Красноперову была выдана привилегия на изобретенную им «самовейку», приспособленную к работе на круглчатных мельницах. Веичная установка конструкции Ушкова (рис. 1.2) в сочетании с жерновым поставом позволяла зна-

Автор в то время уже предвидел победу вальцового станка над жерновом.

В 1876 г. Вольное экономическое общество выпустило книгу профессора П. А. Афанасьева «Курс мукомольных мельниц», в которой приводятся теоретические соображения в области работы мельничных машин. Эта работа до сих пор не потеряла своего значения особенно в вопросах измельчения зерна в вальцовом станке.

Профессор Харьковского технологического института К. А. Зворыкин в 1894 г. выпустил книгу «Курс по мукомольному производству» и дал теоретическое и практическое обоснование различным типам помола.

В 1912 г. профессор П. А. Козьмин подробно рассмотрел технологический процесс на мельнице, дав и теоретическое, и практическое обоснование работы вальцового станка и других мельничных машин.

Отец русской авиации профессор Н. Е. Жуковский впервые в истории техники в 1897 г. исследовал движение материальной частицы на сите, а академик В. П. Горячкин в 1936 г. опубликовал книгу, посвященную теории работы сит.

Одновременно шли исследования в области биохимии зерна, непрменной спутницы технологических процессов на зерноперерабатывающих предприятиях. Работы в Институте биохимии им. А. Н. Баха Академии наук СССР (А. И. Опарин, В. Л. Кретович), во ВНИИЗ (Н. П. Козьмина, Н. И. Соседов, Б. М. Максимчук и др.), в Московском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте пищевой промышленности (МТИПП), ОТИПП им. М. В. Ломоносова и в других исследовательских организациях привели науку о зерне в общую семью научных дисциплин, опирающихся не только на механику, теплотехнику, физику, но и на химию.

Большое внимание советские ученые уделяли и уделяют всестороннему изучению свойств зерна. В широком масштабе эта работа началась в 1923 г., когда созданная государственная хлебная инспекция занялась разработкой методики определения качества зерна, установленением его товарной классификации. Благоприятные условия для развития науки о зерне были созданы после организации в 1929 г. Все-союзного научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ) в Москве, а затем УкрНИИЗ и Азовско-Черноморского института.

Теория современного технологического процесса переработки зерна в муку и крупу является результатом коллективного творчества специалистов на протяжении последних 150—170 лет. Основные принципы ведения технологического процесса были заложены в конце XIX и начале XX в. Однако в советское время эти принципы получили особое развитие.

Можно выделить четыре периода начиная с 1917 г., в течение которых в нашей стране происходили качественные преобразования мукомольного, крупяного и комбикормового производства.

Первый период продолжался с момента установления советской власти до 1929—1930 гг., основным его содержанием было решение организационных вопросов.

В результате империалистической и гражданской войн и связанный с ними разрухи народного хозяйства большинство мукомольных заводов, и в первую очередь крупные, прекратило свое существование, например переработка зерна в 1917 г. составляла всего 20% от уровня 1913 г. Производство муки и крупы осуществлялось на мелких предприятиях, оборудование и силовое хозяйство были сильно изношены, практически все предприятия требовали срочной реконструкции. Необходимо было восстановить разрушенные мукомольные и крупяные заводы, оснастить их оборудованием и наладить его производство. Но

одновременно была осуществлена модернизация производства и совершенствование технологического процесса. В то время только 2% мукомольных заводов было оснащено вальцовыми станками, а на остальных зерно в основном размалывали на жерновах.

В первые годы Советской власти пришлось преодолевать тяжелый продовольственный кризис. В своей работе «Успехи и трудности Советской власти» В. И. Ленин писал: «Решить задачу снабжения населения хлебом в громадной стране с худыми средствами сообщения, с разъединенным крестьянством было неимоверно трудно, и эта задача больше всего причинила нам хлопот. Вспоминая все заседания Совета Народных Комиссаров, скажу: не было ни одной задачи, над которой бы так упорно работала Советская власть, как над этой задачей»*.

Декретом Совета Народных Комиссаров, подписанным В. И. Лениным 28 июня 1918 г., были национализированы все крупные мукомольные и крупынные заводы, а в декабре 1921 г. они были подчинены специально организованному Мельотделу.

Все это создало необходимые условия для совершенствования технологического процесса и контроля производства. В течение 1921—1925 гг. на мукомольных заводах широко внедряют лабораторный анализ зерна и готовой продукции. В 1922 г. были впервые установлены ограничительные показатели качества зерна по влажности, содержанию сорной примеси и объемной массе (натурному весу). В 1923 г. для оценки качества муки были введены показатели зольности, содержания сырой клейковины, а также пробные выпечки хлеба. В 1924—1925 гг. разработали и приняли в РСФСР первые стандарты на муку ржаную и пшеничную хлебопекарную, а в 1927 г. они, после некоторых дополнений, стали всесоюзными. Эти мероприятия позволили наладить систематический контроль технологического процесса помола зерна. В 1923 г. при Московском химико-технологическом институте им. Д. И. Менделеева была организована подготовка инженеров для мукомольно-крупяной промышленности. Кроме того, в Одессе был создан институт зерна и муки.

В 1925—1926 гг. объем производства муки достиг уровня 1913 г., в 1924—1928 гг. были построены первые советские крупяные заводы, а в 1928 г. начато промышленное производство комбикормов.

Второй период продолжался с 1929—1930 по 1940—1941 гг. К началу этого периода зерноперерабатывающая промышленность получила прочную базу, была в достаточной мере оснащена оборудованием, сырьем и материалами. Поэтому специалисты могли сосредоточить свое внимание на совершенствовании технологического процесса, для чего было создано в 1931 г. Бюро реконструкции. Большой вклад в это внес коллектив ВНИИЗ, который в 1932 г. возглавил профессор П. А. Коэзмин.

По рекомендациям ученых на мукомольных заводах была сокращена протяженность чрезмерно развитого технологического процесса. Вальцовые станки в течение 1934—1938 гг. были переведены на повышенные скорости (с 3—3,5 до 5—6 м/с). Это не только повысило их производительность, но и изменило сам характер измельчения зерна.

В 1933—1934 гг. на мукомольных заводах ввели расчет выходов готовой продукции в зависимости от качества поступающего зерна. В эти же годы впервые были установлены единые нормы удельных нагрузок на основное технологическое оборудование.

Значительное развитие получили научные исследования, в частности, в области гидротермической обработки зерна, измельчения, сортирования и обогащения промежуточных продуктов. На новую ступень

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 38, с. 63.

был поднят контроль технологического процесса помола: в 1938—1940 гг. стали снимать и анализировать балансы помола.

Завершением довоенных разработок ученых и практиков явилось принятие в 1940 г. временных правил организации и ведения технологического процесса на мельницах Главмук. Эти правила регламентировали: нормы удельных нагрузок на основное технологическое оборудование; нормы выхода и качества муки; режимы ведения процесса помола; схемы технологического процесса подготовки и размола зерна в муку.

К 1940 г. мукомольные заводы были оснащены новым отечественным оборудованием, более 50% предприятий электрифицированы и начали внедрять индивидуальный электропривод машин. В 1940 г. муки было выработано в четыре раза больше, чем в 1929 г., причем производство сортовой муки в общем ее объеме достигло 52,3%, в то время как в 1929 г. оно составляло только 17,5%.

Особенностью второго периода явилось становление и развитие комбикормовой промышленности. В 1940 г. в СССР насчитывалось 19 комбикормовых заводов с годовым производством более 1 млн. т кормов.

Третий период занимает отрезок времени с 1940—1941 по 1965—1970 гг. Первые десять лет этого периода были тяжелыми в связи с войной и необходимостью восстановительных работ. За годы Великой Отечественной войны было разрушено 56% мукомольных заводов, в том числе 60% всех сортовых, 60% комбикормовых заводов и более 50% крупяных. Однако в это время было построено более 100 новых мукомольных заводов, причем в большинстве в освобожденных районах. Интенсивно восстанавливались также крупяные и комбикормовые заводы.

Продолжалось и совершенствование технологии. Существенно возросли удельные нагрузки на оборудование мукомольных заводов: до 100—120 кг на 1 см вальцовой линии и до 1000—1400 кг на 1 м² просящающей поверхности сит в рассевах.

Интенсивность научных исследований и практических разработок в области мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности особенно заметно повысилась начиная с 1950 г. Широко стали внедрять внутрицеховой пневмотранспорт, индивидуальный электропривод машин. Важное развитие получили исследования в области теоретических основ процессов подготовки и переработки зерна, изучению подверглись разнообразные свойства зерна и основных ингредиентов комбикормов. Определенное продвижение в теории и практике переработки зерна обусловлено прежде всего трудами таких ученых, как Я. Н. Куприц, В. Л. Кретович, И. А. Наумов, М. Е. Гинзбург, Е. Д. Казаков, Н. П. Козьмина, Е. П. Козьмина, Н. И. Соседов, А. Р. Демидов, В. В. Гортинский, В. Я. Гиршсон, А. М. Дзядзио, П. Г. Демидов, И. Т. Мерко и др.

В это время заводы крупяной промышленности оснащают новыми образцами отечественного оборудования, вводят взаимозаменяемые схемы технологических процессов. В процессе производства крупы стали использовать гидротермическую обработку, оказавшую положительное влияние на выход и качество крупы.

Особенностью послевоенного периода были большие масштабы и высокие темпы насыщения зерноперерабатывающих предприятий новой техникой, а также усиление механизации трудоемких процессов. Были сооружены новые предприятия в районах севера, северо-запада, центральной части страны и Дальнего Востока. При этом нужно отметить, что на новостройках и при реконструкции существующих предприятий в последние 20—25 лет стали внедрять пневматический транспорт промежуточных и конечных продуктов.

Переход от обычного, механического транспорта, к пневматическому характерен тем, что изменилось и внутреннее устройство предприятий. Исчезли громоздкие якори и шнеки, технологические цеха стали более просторными, что создало лучшие условия работы. Применение пневматического транспорта оказало влияние и на некоторые этапы технологического процесса. Взаимосвязь пневматического транспорта с технологическими приемами вызвала необходимость создания новых конструкций зерноочистительных машин, смесительных приспособлений и т. п.

В послевоенный период была проведена значительная реконструкция комбикормовых заводов, особенно зернодробильных отделений, тормозивших увеличение производительности предприятий.

С 1953 г. развернулось строительство складов для сырья и комбикормов. В 1954 г. были определены основные типы комбикормовых заводов: малой производительности 30—100 т/сутки, средней 110—200 и большой выше 280 т/сутки. Интенсивное развитие комбикормовая промышленность получает благодаря строительству при мукомольных заводах комбикормовых цехов производительностью 75, 100 и 150 т/сутки. В это время совершаются технологические процессы производства комбикормов, организуется выпуск брикетированных кормов, налаживается производство гранулированных комбикормов для птиц, разрабатываются и внедряются новые, более совершенные образцы оборудования, используется обогащение комбикормов микрэлементами, витаминами, антибиотиками и другими препаратами, значительно повышающими продуктивность животных.

В 1952 г. комбикормовая промышленность была передана из Министерства мясо-молочной промышленности СССР в Министерство заготовок СССР, что способствовало ее интенсивному развитию. В 1959 г. производство комбикормов достигло 7 млн. т, а в 1965 г. превысило 15 млн. т. В течение третьего периода значительно усовершенствовали технологию выработки комбикормов, освоили производство белково-витаминных добавок и гранулированных комбикормов, на специализированных заводах начали выпускать премиксы. В 1961 г. в Воронеже основан Всесоюзный научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности (ВНИИКП) с филиалами в Алма-Ате, Киеве, Тбилиси, Риге.

Последние годы третьего периода ознаменовались применением на мукомольных заводах скоростного кондиционирования, а также внедрением автоматизированных систем управления отдельными этапами технологического процесса. Многие предприятия получили лабораторные мельничные установки для предварительного выбора оптимальных режимов гидротермической обработки и режимов работы основных систем процесса размола зерна. Появились установки автоматического контроля белизны муки в потоке. Парк технологического оборудования пополнился новыми моделями вальцовых стакнов, рассевов, сито-веечных, шелушильных и шлифовальных машин, многокомпонентных весовых дозаторов, смесителей, грануляторов и т. д.

В комбикормовой промышленности начали применять ЭЦВМ для расчета оптимальных по питательности и себестоимости рецептов комбикормов, а на зерноперерабатывающих предприятиях — управление всем технологическим процессом или же его отдельными этапами с центрального пульта. Широкое распространение получили автоматические системы контроля и управления технологическими операциями.

С 1970 г. начался четвертый период развития зерноперерабатывающей промышленности. На 1970—1980 гг. поставлена задача — завершить разработку предприятий будущего. На них должна быть обеспечена автоматическая стабилизация всех этапов производственного процесса, а технолог будет иметь в своем распоряжении средства управле-

ния свойствами сырья в процессе подготовки, с тем чтобы обеспечить максимальную эффективность его переработки, а также выработку муки, крупы и комбикормов высокого качества, в объемах, полностью обеспечивающих потребности народного хозяйства и советского народа.

За годы девятой пятилетки объем производства сортовой муки увеличился на 18% (рис. 1.3), муки высшего сорта на 27% по отношению к производству ее в 1970 г. На передовых предприятиях выход муки высшего сорта достиг 40%, а в сумме с первым сортом 72%.

Перед зерноперерабатывающей промышленностью в десятой пятилетке поставлены новые задачи. Необходимо обеспечить всемерное повышение эффективности производства и улучшение качества готовой продукции.

Поэтому необходимо постоянно совершенствовать технологию, разрабатывать новые виды машин, широко внедрять автоматизированные системы контроля и управления (АСУПП, АСУК). Большую роль должно сыграть всемерное развитие исследований технологических свойств зерна и различных ингредиентов комбикормов, а также их физико-химических, биохимических, структурно-механических и др. По-прежнему важное значение имеет совершенствование процесса подготовки зерна к переработке, в особенности процесса гидротермической обработки, с тем чтобы обеспечить направленное изменение технологических свойств зерна с доведением их до оптимального уровня.

Глава 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 2.1. ПОНЯТИЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Технологический процесс представляет собой совокупность научно обоснованных и проверенных на практике приемов переработки сырья в высококачественные конечные продукты.

На мукомольном и крупоруком заводах сырьем является зерно, конечными продуктами — мука или крупа. На комбикормовых заводах используют, кроме зерна, отруби, мучку, зерновые отходы, технические жиры, мел, мясо-костную муку, антибиотики, соль и другие вещества животного, растительного или минерального происхождения, сочетание которых в заданном соотношении определяет питательную ценность комбикорма и пригодность его для употребления в корм определенному виду и возрастной группе животных, птиц или рыбы.

Индивидуальные операции в технологическом процессе выполняют технологические системы, представляющие собой отдельные машины или комплекс разнородных машин, объединенных для совместного выполнения одной операции.

Технологический процесс производства муки, крупы и комбикормов расчленяется на логические взаимосвязанные этапы. Можно предложить следующие схемы процесса.

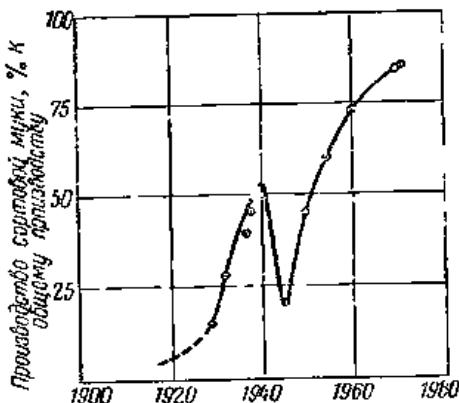


Рис. 1.3. Диаграмма роста производства сортовой муки в ССР.

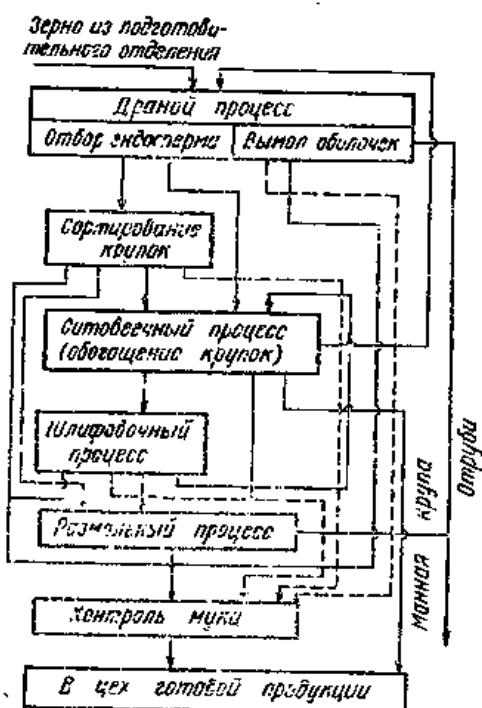


Рис. 2.1. Принципиальная схема сортового помола пшеницы современного мукомольного завода.

получения муки (размолочный процесс); контрольное просеивание муки в рассевах (контроль муки); обогащение муки синтетическими витаминами (витаминизация муки);

в выбойном отделении (в цехе готовой продукции) — выбой муки в мешки; фасовка муки в пакеты для розничной продажи.

В настоящее время все в больших размерах на мукомольных заводах применяют бестарное хранение и отпуск муки; в ближайшие годы этот метод станет основным.

Для крупяного завода:

в подготовительном отделении — очистка зерновой массы от примесей; разделение ее на фракции по кругности (фракционирование зерна); гидротермическая обработка;

в шелушильном отделении — шелущение зерна; сортирование продуктов шелущения (крупоотделение); шлифование крупы; полирование; контроль (сортирование).

Следует иметь в виду, что наличие тех или иных этапов в технологическом процессе крупяного завода, а также их последовательность существенно зависят от перерабатываемой культуры и получаемой крупы; так, например, при производстве дробленой крупы появляется этап дробления (резания) ядра, при производстве хлопьев — этапы варки, плющения и т. п.

Для комбикормового завода:

подготовка отдельных ингредиентов к дозированию и смешиванию, измельчение, просеивание, сушка, обжаривание; дозирование отдельных ингредиентов в заданном по рецепту соотношении; смешивание ингредиентов, т. е. производство гомогенного рассыпного комбикорма.

Дополнительно к этим могут выполняться также следующие опе-

Для мукомольного завода:
в подготовительном отделении — предварительная очистка зерновой массы от примесей; гидротермическая обработка зерна; смешивание разножачественных партий (составление помольной смеси); обработка (очистка) поверхности зерна в щеточных и обоечных машинах; окончательная очистка зерновой массы от примесей;

в размольном отделении (рис. 2.1) — относительно грубое дробление зерна и отбор эндосперма в виде крулок и дунстов (драной процесс); сортирование продуктов дробления зерна в драном процессе по крупности (сортировочный процесс); вымолов оболочек зерна на конечных системах драного процесса; сортирование крулок по крупности и добротности в ситовееских машинах (ситовеесочный процесс, процесс обогащения крупок); обработка крупок на шлифовочных системах (шлифовочный процесс); размол чистых (обогащенных) крупок и дунстов с целью

вымолов оболочечных частиц на конечных системах размольного процесса; контрольное просеивание муки в рассевах (контроль муки); обогащение муки синтетическими витаминами (витаминизация муки);

в выбойном отделении (в цехе готовой продукции) — выбой муки в мешки; фасовка муки в пакеты для розничной продажи.

В настоящее время все в больших размерах на мукомольных заводах применяют бестарное хранение и отпуск муки; в ближайшие годы этот метод станет основным.

Для крупяного завода:

в подготовительном отделении — очистка зерновой массы от примесей; разделение ее на фракции по кругности (фракционирование зерна); гидротермическая обработка;

в шелушильном отделении — шелущение зерна; сортирование продуктов шелущения (крупоотделение); шлифование крупы; полирование; контроль (сортирование).

Следует иметь в виду, что наличие тех или иных этапов в технологическом процессе крупяного завода, а также их последовательность существенно зависят от перерабатываемой культуры и получаемой крупы; так, например, при производстве дробленой крупы появляется этап дробления (резания) ядра, при производстве хлопьев — этапы варки, плющения и т. п.

Для комбикормового завода:

подготовка отдельных ингредиентов к дозированию и смешиванию, измельчение, просеивание, сушка, обжаривание; дозирование отдельных ингредиентов в заданном по рецепту соотношении; смешивание ингредиентов, т. е. производство гомогенного рассыпного комбикорма.

Дополнительно к этим могут выполняться также следующие опе-

рации: прессование брикетов; выпечка галет; гранулирование распыленного комбикорма; измельчение гранул, т. е. производство крошки, и т. п.

Характер построения всех процессов на мукомольном, крупяном и комбикормовом заводах, а также технологические режимы их ведения определяются целевой задачей процесса и свойствами зерна, а в комбикормовом производстве, кроме того, и свойствами различных незерновых ингредиентов.

§ 2.2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС

Основными факторами, определяющими конечный результат производственного процесса, являются качество сырья, построение схемы процесса и технологическое оборудование.

Требования к качеству сырья совпадают с требованием наличия в зерне хороших технологических свойств. Это значит, что при наименьших эксплуатационных затратах (расход энергии, рабочей силы и т. п.) сырье должно обеспечивать высокий выход готовой продукции и высокое ее качество. Поэтому в предназначенных к переработке партиях зерна необходимо контролировать показатели, косвенно определяющие эти свойства, т. е. стекловидность, выравненность, зольность и т. д., значения их должны быть на некоторых оптимальных уровнях.

Установлены предельные показатели качественной характеристики поступающего зерна (ограничительные кондиции), определяющие возможность направления его в переработку на мукомольные, крупяные или же комбикормовые заводы (табл. 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4).

Таблица 2.1. Ограничительные кондиции на зерно, поставляемое мукомольным заводам

Показатели	Пшеница	Ржь
Влажность, %	15,5	15,5
Количество сорной примеси, %	2,0	2,0
в том числе:		
всех видов минеральной примеси	0,3	0,3
вредной примеси	0,2	0,2
В числе вредной примеси:		
горчака, язеля (вместе или в отдельности)	0,1	0,1
спорыни, головни (вместе или в отдельности)	0,15	0,15
кукуля	0,5	0,5
Количество зерновой примеси, %:	5,0	4,0
в том числе проросших зерен	3,0	3,0
Количество клейковины на помол (не менее), %:		
сортовой	25,0	—
обойный	20,0	—
Качество клейковины (не ниже)	Второй группы	

Зерно должно иметь нормальные запах и вкус, а зараженность клешом допускается не выше второй степени.

Регламентируется также качество поставляемых на комбикормовые заводы побочных продуктов переработки зерна в муку и крупу. Влажность пшеничных и ржаных отрубей, пшеничной, ячменной, гороховой, гречневой, рисовой, ржаной мучки, просянной и овсяной дробленки должна быть не более 15,0%, а овсяной и кукурузной мучки — не более 14,5%. Содержание металломагнитных примесей во всех этих продуктах не должно превышать 5 мг на 1 кг, головни и спорыни 0,05%, а кукуля 0,25%.

Таблица 2.2. Ограничительные кондиции на зерно крупяных культур

Культура	Влажность (не более), %	Количество (не более), %			Содержание ядра (не менее), %
		сорной примеси	мелких и щуплых зерен	зерновой примеси	
Прямо	15,5 ^{1*} и 13,5 ^{2*}	3	—	6	74
Гречиха	16,5 ^{1*} и 14,5 ^{3**}	3	—	3	71
Овес	15,5 ^{1*} и 13,5 ^{2*}	2,5	—	3	62
Рис-зерно	15,5 ^{4**} и 14,5 ^{3*}	2	—	2	74
Ячмень	14,5	2	5 ^{4**}	3	60,5 ^{2*}
Пшеница твердая II типа	14,5	1	—	1	—
Горох	15,0	1	—	3	—
Кукуруза в зерне	15,5	2	—	2	—

^{1*} При наличии сушилок.^{2*} При отсутствии сушилок, но не менее 13% для партий, прошедших сушку.^{3**} При отсутствии сушилок.^{4**} Не менее 14% для партий зерна, прошедших сушку.^{5**} Проход через сито с отверстиями размером 1,8×20 мм.^{6**} Проход через сито с отверстиями размером 2,2×20 мм.^{7*} Объемная масса, г/л.

Таблица 2.3. Ограничительные кондиции на зерно, поставляемое комбикормовым заводам

Показатель	Кукуруза									
	в зерне	в початках	Пшеница	Ржев	Ячмень	Овес	Горох	Прямо	Вика	
Влажность, %	16,0	18,0	16,0	16,0	15,5	16,0	16,0	15,0	17,0	
Количество примеси, %:										
сорной	5	3	5	5	8	8	5	8	5	
вредной	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	—	—	—	
зерновой	15	—	15	15	15	15	15	15	15	

Таблица 2.4. Ограничительные кондиции на витаминную травяную муку

Показатели (МРТУ 46-67)	Сорт		
	высший	первый	второй
Цвет	Зеленый, темно-зеленый		
Запах	Специфический, незатхлый, без посторонних запахов		
Содержание каротина (не менее), мг/кг	180	150	120
Содержание сырого протеина (не менее), %	14	14	14
Содержание сырой клетчатки (не более), %	26	26	26
Влажность, %	8-12	8-12	8-12
Крупность (остаток на сите Ø3 не более), %	10	10	10
Наличие песка (не более), %	1	1	1
Количество металломагнитных примесей размером до 2 мм (не более), мг/кг	20	20	20
Наличие металлических частиц с острыми краями	Не допускается		

Построение технологического процесса должно обеспечивать максимальную его эффективность. Режимы подготовки сырья, режимы его измельчения, сортирования продуктов измельчения по крупности и добротности, смешивания, гранулирования, а также удельные нагрузки

на оборудование и другие показатели процесса должны быть оптимальными. Общие рекомендации по выбору этих режимов даны в правилах организации и ведения технологического процесса, однако технолог должен постоянно уточнять их, проводя контрольную переработку зерна на лабораторных установках.

Поступающее в переработку зерно характеризуется различной крупностью, выравненностью, прочностью, разным содержанием химических веществ, процентным соотношением анатомических частей и т. п. Все свойства зерна подвержены колебаниям в определенных пределах, иногда значительных. Поэтому при выборе режимов ведения технологического процесса на каждом его этапе следует учитывать индивидуальные особенности данного зерна. Наилучшим образом это осуществляется в том случае, если каждая партия зерна проходит подготовку и перерабатывается отдельно. При этом технологическая эффективность процесса — выход и качество готовой продукции — будет наивысшей, что положительно сказывается на экономических показателях деятельности предприятия.

В некоторых случаях партию зерна дополнительно облагораживают: так, гречиху разделяют на фракции по крупности, при помоле зерна из него предварительно удаляют мелкую фракцию.

В мукоомольном и крупоруком производстве основными показателями технологических свойств зерна являются выход муки или крупы по сортам, ее качество (зольность и т. п.) и удельный расход энергии на переработку. Дополнительно к этому при хлебопекарных помолах пшеницы в сортовую муку технологические свойства зерна оценивают по извлечению в драном процессе крупок и дунстов, а также по их зольности. Иногда используют для этой цели комплексный показатель, представляющий собой отношение выхода продукта к его зольности.

В комбикормовом производстве технологические свойства ингредиентов определяют возможность выработки определенного вида комбикорма с заранее заданной (по рецепту) питательной ценностью и некоторыми другими показателями (усвояемость, крупность частиц, однородность и т. п.).

Оборудование должно обеспечивать эффективное ведение технологического процесса переработки сырья. Поэтому основные эксплуатационные параметры машин и аппаратов технолог обязан устанавливать и контролировать на оптимальных уровнях, соответствующих конкретным технологическим свойствам данного вида сырья.

§ 2.3. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

К обслуживанию технологического оборудования допускаются только лица, хорошо знакомые с устройством и принципом работы машин, прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности и производственной санитарии. Для обеспечения безопасности при обслуживании машин, станков, аппаратов и механизмов предусматривают специальные ограждительные и предохранительные устройства, дистанционное управление, сигнализацию, а также другие средства техники безопасности и производственной санитарии. Правильно выполненная конструкция ограждения обеспечивает удобное и безопасное обслуживание машин, уборку пола около оборудования без снятия ограждения.

Станки, машины, механизмы и прочее оборудование, предназначенное для технологических целей, оборудуют эффективно действующей аспирацией. Рабочее пространство герметизируют, чтобы полностью исключалисьrossыни зерна, продуктов и выделение пыли. Важное место в безопасной работе отводится устройству для пуска и

остановки машин. Они должны быть надежными, легкодоступными для пользования с рабочего места, и не различимыми и не требоват больших усилий. Наиболее удобно кипучее управление.

Зерновая, мучная и комбикормовая пыль в определенных условиях может создать опасность возгорания и взрыва. Воспламенение и взрыв пыли, находящейся во взвешенном состоянии, зависят от концентрации ее в воздухе, размера частиц пыли, влажности, температуры воспламенения и действия теплового источника. На процесс воспламенения и горения пыли влияют влажность и состав воздуха, содержание в пыли органических веществ, которые больше всего подвержены воспламенению. Для пыли элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов температура загорания (искрения и вспышки) колеблется в пределах 315—725 °С, а температура воспламенения 600—800 °С.

Возможность взрыва пыли должна быть предотвращена выполнением профилактических мероприятий. Прежде всего нельзя допускать запыленности воздуха и скопления пыли. Для этого необходимо обеспечить исправную работу аспирации всех источников образования пыли, правильный и своевременный уход за оборудованием.

Для переносного освещения надо использовать электрические лампы напряжением 12—36 В в герметическом исполнении со стеклянным колпаком и металлической сеткой, с питанием от трансформаторов в герметическом исполнении. Опускать электролампочки в циклоны, разгрузители, фильтры, бункера, силосы не разрешается. Смазочные и обтирочные материалы необходимо хранить в специальных железных ящиках на отведенных местах.

В процессе эксплуатации следует избегать работы вхолостую вальцовых станков, дробилок, обечайочных машин, так как при этом могут возникать взрывоопасные концентрации пылевоздушных смесей.

Большую опасность имеет статическое электричество, которое, накапливаясь на металлических частях оборудования в процессе перемещения и дробления зернопродуктов, а также на вставках из органического стекла, образует поле высокого напряжения (до 50 000 В). Если металлические части не будут заземлены, может произойти искровой разряд. Он по своей мощности будет достаточным для того, чтобы вызвать загорание пыли или взрыв. Поэтому все оборудование, включая аспирационное и пневмотранспортное, необходимо заземлять.

Важным мероприятием, предотвращающим накапливание статического электричества, является поддержание в производственных помещениях влажности воздуха, равной 70%. Поэтому наряду с контролем запыленности воздуха необходимо регулярно определять влажность воздуха и, если есть возможность, увлажнять его (при наличии воздушных кондиционеров).

Атмосферные условия на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах устанавливают в соответствии с нормами технологического проектирования, утвержденными в установленном порядке.

Внешний вид производственного оборудования с учетом требований технической эстетики имеет большое значение для безопасности труда, помогает легче преодолеть физическое напряжение, способствует уменьшению утомляемости и повышению работоспособности. Большое значение имеет хорошее освещение производственных помещений, оно сохраняет зрение работающим, способствует правильному выполнению трудовых процессов, уменьшает травматизм и создает условия для повышения производительности труда.

Для мукомольных заводов важное значение имеет соблюдение санитарных норм качества воды, используемой для мойки зерна.

Технический прогресс на предприятиях мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности, интенсификация технологических процессов повысили на предприятиях уровень шума и вибрации.



Рис. 3.5. Типичные формы петли бороздки зерна пшеницы:

a — щелевидная петля бороздки, внедряющаяся в эндосперм в направлении спанки зерновки; *б* — петля прямолинейной округлой формы с воздушной полостью небольшого размера; *в* — развитая петля бороздки, имеющая большой размах и высоту, т. е. с большой воздушной полостью; *г* — сплюснутая щелевидная петля с двумя языками, внедряющаяся в щечечную часть эндосперма.

субалейроновом слое эндосперма (т. е. в слое клеток, примыкающих к алейроновому слою) содержится 85,5%, а в центральной части 77,5%. Содержание средних гранул было соответственно 11,7 и 15,1%, крупных — 2,8 и 7,4%.

располагает развитой сетью капилляров, посредством которых происходит перемещение воды внутрь зерна при увлажнении и наружу при сушке. Однако расчет для зерна пшеницы, кукурузы показывает отсутствие в зерне макрокапилляров, т. е. капилляров, радиус которых r более 10^{-5} см.

Кроме того, невозможно представить себе в теле зерновки наличие гладкостенных классических капилляров. Скорее всего в качестве микрокапилляров здесь выступают межмолекулярные промежутки, которые в случае макромолекул могут достигать 300 Å.

Макрокапилляры и поры в заметном количестве присутствуют лишь в плодовых оболочках зерна. Значительны промежутки между отдельными группами клеток трубчатого слоя, а также между этими клетками и семенной оболочкой. Размеры таких пустот намного превышают $1 \cdot 10^{-5}$ см.

Такое различие в строении эндосперма и внешних покровов существенно влияет на процессы увлажнения и обезвоживания зерна. Особое значение имеет наличие бороздки в зерне настоящих хлебов (рис. 3.5). Наилучшие свойства имеет пшеница с бороздкой третьего типа (рис. 3.5, 2).

§ 3.2. СООТНОШЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ЗЕРНА

Результаты переработки зерна во многом определяются относительным содержанием его анатомических частей (табл. 3.1). Выход муки, крупы и побочных продуктов теоретически должен соответствовать их соотношению. Как видно из таблицы, все значения существенно варь-

Таблица 3.1. Соотношение анатомических частей зерна разных культур, % к сухой массе

Культура	Цветковые пленки	Оболочки		
		плодовые	семенные	всего
Пшеница	—	3,5—4,4	1,1—2,0	5,6—8,9
Ржь	—	6,1—7,4	4,8—7,0	11,1—14,4
Ячмень	8,0—15,0	3,5—4,0	2,0—2,5	4,5—5,5
Овес	20,0—40,0	2,5—4,0	2,0—2,4	3,0—4,5
Рис	14,0—35,0	1,2—1,5	1,0—1,5	1,2—1,5
Гречиха	—	18,0—24,0	1,5—2,0	19,5—26,0
Просо	15,0—22,0	0,7—1,1	1,8—2,1	2,5—3,3
Сорго	5,0—6,0	—	—	2,0—3,0
Горох	—	—	6,0—11,0	6,0—11,0
Кукуруза	—	10,0—15,0	—	—

ируют. Например, содержание крахмалистого эндосперма в пшенице разных партий различается на 8%, во ржи почти на 7% и т. д. В связи с этим и потенциально возможный выход муки будет различным. Для пшеницы можно принять, что содержание крахмалистого эндосперма равно 82,5%, плодовых и семенных оболочек (в сумме) 7, алейронового слоя 8, зародыша со щитком 2,5%.

§ 3.3. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕЙ ПО АНАТОМИЧЕСКИМ ЧАСТИЯМ ЗЕРНА

В зерне различных культур содержится белок, крахмал, липиды и некоторые другие химические соединения, имеющие важное значение для питательной ценности продуктов (табл. 3.2).

Таблица 3.2. Содержание основных химических веществ в зерне различных культур, % к сухой массе

Культура	Белок	Крахмал	Клетчатка	Липиды	Зольность
Пшеница	10,0—25,0	60,0—75,0	2,0—3,0	2,0—2,5	1,5—2,2
Рожь	8,0—16,0	65,0—70,0	1,8—2,7	1,8—2,2	1,7—2,2
Ячмень	10,5—14,5	68,0—78,0	4,5—7,2	1,9—2,6	2,7—3,1
Овес	14,0—16,0	40,0—50,0	11,5—14,0	4,5—5,8	4,0—5,7
Рис	7,0—10,0	65,0—75,0	9,5—12,5	1,5—2,5	4,5—6,8
Прямо	10,0—15,0	58,0—65,0	10,0—11,0	1,9—2,3	3,7—4,5
Сорго	10,0—14,0	70,0—80,0	1,5—2,8	2,7—3,7	1,5—1,8
Кукуруза	9,0—13,0	68,0—76,0	2,5—3,0	5,0—6,0	1,4—1,8
Гречиха	10,0—13,0	60,0—68,0	10,0—16,0	2,3—3,1	2,2—2,6
Горох	25,0—32,0	56,0—61,0	5,0—7,0	1,3—2,9	2,5—4,0

Повышенное содержание клетчатки и минеральных веществ наблюдается в зерне пленчатых культур (просо, рис и т. п.). Однако все эти химические вещества распределены по анатомическим частям зерна неравномерно. Так, в крахмалистом эндосперме пшеницы сосредоточено более 70% всего белка, в то время как в гиалиновом и алейроновом слоях (вместе) около 20%, в пигментном слое семенной оболочки — не более 1%, а в плодовой также около 1% (табл. 3.3). В оболочках сосредоточено более 70% всей клетчатки и около 70% золообразующих минеральных веществ, а также около 30% липидов.

В оболочках содержатся главным образом неусваиваемые человеческим организмом вещества. Зародыш и алейроновый слой содержат много белка, но в них мало липидов, присутствие которых в готовой продукции резко уменьшает возможный срок ее хранения. Поэтому алейроновый слой и зародыш должны быть удалены в отруби в процессе производства муки или же в мучку при производстве шлифованной крупы. Крахмал присутствует только в крахмалистой части эндосперма. Это же относится и к белкам, способным формировать клейковину.

Резко отличаются крахмалистый эндосперм и остальные анатомические части зерна по зольности. Это различие явилось основанием для организации контроля мукомольного производства по зольности готовой продукции. Предлагают ввести этот показатель и для контроля крупяного производства.

Таким образом, анатомические части зерна различаются как по структуре, так и по химическому составу. Это обусловлено тем, что они имеют различное биологическое назначение и в

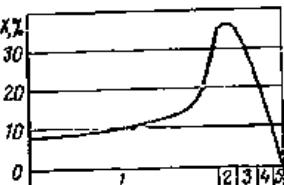


Рис. 3.6. Изменение содержания белка по поперечному сечению зерна пшеницы:

1 — крахмалистый эндосперм; 2 — субaleurоновый слой; 3 — алейроновый слой; 4 — семенные оболочки; 5 — плодовые оболочки.

зерне как живом организме выполняют разные функции. Неравномерно распределены вещества и в пределах каждой анатомической части.

Например, по сечению крахмалистого эндосперма зерна содержание всех биологически активных веществ увеличивается в направлении от центральной части к периферии, что существенно влияет на их содержание в готовой продукции. В сортовую муку при размоле пшеницы переходит только 30—40% витаминов от общего количества их в зерне. Значительно снижается содержание витаминов и минеральных веществ в крупе в процессе шлифования в результате удаления алейронового и субалейронового слоев, богатых этими веществами.

Таблица 3.3. Относительное распределение химических веществ по анатомическим частям пшеничной зерновки

Анатомические части	Среднее содержание анатомических частей, %	Содержание, % от общего количества в зерне				Зольность
		крахмала	белка	клетчатки	липидов	
Плодовая и семенная оболочка и алейроновый слой	15,0	0,0	20,0	88,0	30,0	8,0—15,0
Крахмалистый эндосперм	82,5	100,0	72,0	8,0	50,0	0,35—0,50
Зародыш со щитком	2,5	0,0	8,0	4,0	20,0	5,0—7,0

Наибольшее количество белка приходится на субалейроновый слой (рис. 3.6). Поэтому при сортовом помоле очень важно так организовать технологический процесс, чтобы клетки субалейронового слоя попали в муку, а не в отруби.

Количество зоообразующих веществ также неравномерно распределено по сечению зерна пшеницы. Это наблюдается для всех культур и обусловлено тем, что все биологически активные вещества содержатся в большем количестве в поверхностных слоях, чем в центральной части эндосперма.

Коэффициент корреляции между содержанием белка в пшенице и зольностью равен $+0,624 \pm 0,147$. Высокая взаимосвязь установлена также между содержанием белка и отдельных макро- и микроэлементов (коэффициент корреляции $+0,652—0,963$). То же самое наблюдается и для клетчатки, минеральных веществ и пентозанов. Особенно высока корреляция между клетчаткой и минеральными веществами ($r > +0,90$).

На таком же высоком уровне находится взаимосвязь между зольностью зерна и содержанием в нем витаминов.

Важную роль в питании человека и животных играют витамины и минеральные вещества, в том числе микроэлементы. Содержание тиамина в зерне яровой мягкой пшеницы колеблется в пределах 0,43—0,61 мг%, в зерне озимой от 0,52 до 0,61 мг%, а в зерне пшеницы II типа от 0,41 до 0,61 мг%. Стекловидное зерно пшеницы содержит в среднем 0,71 мг% тиамина, в то время как мучнистое — не более 0,61 мг%.

Значительно изменяется также содержание рибофлавина, причем в зерне озимой пшеницы его несколько больше, чем в яровой. Содержание никотинамида в зерне пшеницы разных типов примерно одинаково (5,3—6,3 мг%). Однако в крахмалистом эндосперме количество витаминов невелико. Это же относится и к минеральным веществам: только около 20% их общего содержания в зерне сосредоточено в крахмалистом эндосперме, тогда как в алейроновом слое более 60%.

В процессе переработки основное количество биологически активных веществ удаляется вместе с алейроновым слоем и зародышем в отруби и мучку. Поэтому важно так организовать технологический процесс производства сортовой муки и крупы, чтобы обеспечивалось их обогащение биологически активными веществами при сохранении всех остальных показателей качества (белизна, зольность и т. п.) на высоком уровне, в соответствии с требованиями государственных стандартов.

§ 3.4. ВЫХОД И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МУКИ И КРУПЫ

Теоретическая величина выхода готовой продукции из зерна определяется соотношением его анатомических частей. Например, в пшенице содержание крахмалистой части эндосперма в среднем составляет 82,5%, а зольность 0,35—0,50%. Следовательно, в идеальном случае при сортовом помоле зерна выход муки должен быть 82,5%, причем по качеству она должна соответствовать высшему сорту. Однако суммарный выход муки высшего, первого и второго сортов при многосортных помолах пшеницы установлен равным 78% или даже 75% при средневзвешенной зольности 0,75—0,90%.

Некоторые предприятия получают только муку высшего и первых сортов вместе до 72% при средневзвешенной зольности 0,60—0,65%.

В крупяной промышленности теоретически возможный выход овсяной крупы соответствует содержанию ядра, которое можно принять равным в среднем 65—70%, но установленный плановый выход недробленой овсяной крупы только 45%. Для гречихи содержание ядра 71—77%, а плановый выход крупы ядрицы и продела в сумме равен 66%, в том числе продела 5—10%. Таким образом, и в крупяном производстве имеются значительные возможности совершенствования технологического процесса и повышения выхода высококачественной крупы.

Глава 4

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА И ИНГРЕДИЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

Физико-химические свойства сыпучих материалов оценивают большим количеством показателей, определяющих различные стороны этих свойств. Важное значение имеют: геометрическая характеристика частиц, их плотность, особенности строения, состояние поверхности, гигроскопичность, сыпучесть, склонность к образованию сводов и т. п. Эти свойства существенно влияют и на выбор конкретных режимов различных технологических процессов мукомольного, крупяного и комбикормового производства (измельчение, смешивание, прессование, сепарирование и т. п.).

§ 4.1. ПОКАЗАТЕЛИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРНА И ИНГРЕДИЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

Физико-химические свойства зерна характеризуются показателями (табл. 4.1), определяющими параметры процессов при подготовке и окончательной переработке зерна в муку и крупу. Форма и линейные размеры зерна влияют на выбор сит сепараторов, а также на характеристику измельчающих или шелушильных машин. Кроме того, геометрическая характеристика зерна определяет плотность укладки его при формировании слоя (скважистость) и особенности перемещения зерна при транспортировании. Важное значение показатели геометри-

е^ткой характеристики зерна имеют для процессов переноса тепла и газов в особенности при гидротермической обработке.

Для характеристики геометрических особенностей зерна недостаточно указать только его линейные размеры, необходимо знать также особенности формы.

Показатель сферичности представляет собой отношение площади равновеликого по объему шара к площади внешней поверхности зерна, т. е.

$$\psi = \frac{F_w}{F_s},$$

где $F_w = 4\pi r^2$; $r_v = \sqrt[3]{\frac{3v}{4\pi}} \approx 0,62 \sqrt[3]{v}$; v — объем зерна.

Площадь внешней поверхности зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, риса определяют по формуле

$$F_s = 4\pi R(l + 3R),$$

где $R = \frac{5a + 6b}{60}$; a, b, l — линейные размеры зерна.

Таблица 4.1. Геометрическая характеристика зерна хлебных и крупяных культур

Культура	Линейные размеры, мм			Объем v , мм ³	Площадь внешней поверхности F_s , мм ²	Сферичность ψ	Отношение v/F , мм
	Длина l	Ширина a	Толщина b				
Пшеница	4,2—8,6	1,6—4,0	1,5—3,8	19—42	40—75	0,82—0,85	0,49—0,64
Рожь	5,0—10,0	1,4—3,6	1,2—3,5	10—30	30—45	0,45—0,75	0,28—0,42
Ячмень	7,0—14,6	2,0—5,0	1,4—4,5	20—40	35—60	0,80	0,45—0,65
Овес	8,0—16,6	1,4—4,0	1,2—3,6	19—36	30—65	0,72	0,36—0,54
Рис	5,0—12,0	2,5—4,3	1,2—2,8	12—35	30—55	0,84	0,35—0,60
Кукуруза	5,5—13,5	5,0—11,5	2,5—8,0	140—260	80—145	0,55—0,80	0,70—0,90
Просо	1,8—3,2	1,2—3,0	1,0—2,2	5—6	10—18	0,90	0,50—0,80
Сорго	2,6—5,8	2,4—5,6	2,0—5,0	50—85	60—95	0,95	0,75—0,85
Горох	4,0—10,0	3,7—10,0	3,5—10,0	114—320	150—270	0,96	0,80—0,95
Гречиха	4,4—8,0	3,0—5,2	2,0—4,2	9—20	30—55	0,60	0,50—0,70

Для кукурузы можно воспользоваться формулой

$$F_s = \pi R' (R' + \sqrt{l^2 + (R')^2}),$$

где $R' = \frac{a+b}{\pi} + \frac{b}{2}$.

Для проса, сорго и гороха, форма которых близка к сферической, можно использовать формулу

$$F_s = \frac{\pi}{9} (a + b + l) \approx 0,35 (a + b + l).$$

Семя гречихи по форме близко к правильному тетраэдру, и поэтому площадь его внешней поверхности будет

$$F_s = 1,73 a_1^2,$$

где a_1 — длина ребра.

Объем зерна гречихи

$$v = 0,12 a_1^3,$$

а для остальных культур

$$v = kabl$$

где k — коэффициент, учитывающий форму зерна; для пшеницы и ячменя 0,52; для ржи и овса 0,42; для кукурузы 0,55; для проса, сорго, гороха 0,56.

При наличии достаточно большой павески зерна (не менее 100 шт.) объем зерна можно определить пикнометрическим способом, методом гидростатического взвешивания и т. п.

Анализ данных таблицы 4.1 показывает, что все показатели геометрической характеристики зерна изменяются в широких пределах. Это обусловлено тем, что зерно — биологическое образование, на процесс формирования которого существенно влияет большое количество разнообразных внешних факторов.

Высокие значения показателя сферичности для гороха, сорго, проса, пшеницы, ячменя, риса указывают на то, что в практических расчетах зерно этих культур можно рассматривать как шар (сферу).

Большое влияние оказывает геометрическая характеристика частиц ингредиентов комбикормов на процесс их производства: смешивание, гранулирование. Чем меньше различаются показатели сферичности, тем выше эффективность этих процессов.

§ 4.2. КРУПНОСТЬ И ВЫРАВНЕННОСТЬ ЗЕРНА

Чем крупнее зерно, тем большее относительное содержание в нем эндосперма, следовательно может быть более высокий выход муки и крупы. При этом особенно ценным в технологическом смысле является зерно, крупное по толщине и ширине; в этом случае его сферичность выше, что и определяет более высокое содержание эндосперма.

С увеличением объема зерна пшеницы (т. е. крупности) мукомольные свойства улучшаются, так как возрастает комплексный показатель K , равный отношению извлечения крупок первого качества к их зольности (рис. 4.1). В зерне пшеницы крупной фракции, полученной сходом с сита с отверстиями размером $2,7 \times 20$ мм, содержание крахмалистой части эндосперма превышает 83,5%, а в мелкой фракции (проход через сито с отверстиями $1,7 \times 20$ мм, сход — $1,7 \times 20$) составляет около 72,5%. Зольность мелкой фракции зерна на 0,10—0,30% выше, чем крупной. Это также уменьшает возможность получения муки высоких сортов.

Приказом Министерства заготовок СССР на мукомольных заводах разрешено отбирать мелкое зерно (проход через сито с отверстиями $2,2 \times 20$ мм сход — $1,7 \times 20$) в размере до 8% от массы помольной партии с последующим направлением его для переработки в комбикорма.

Заметно различается мелкое и крупное зерно по величине определяющего размера, т. е. отношение V/F . Для мелкого зерна пшеницы он равен 0,32—0,40 мм, для крупного 0,50—0,55 мм. Это значит, что внешняя поверхность мелкого зерна более развита, чем крупного (в среднем на 50%). Следовательно, мелкое зерно быстрее увлажняется и прогревается, распределение влаги в нем завершается раньше, чем в крупном.

Выравненность партии зерна по крупности важна также для выбора режимов работы машин и аппаратов, занятых на основных этапах технологического процесса. Чем равномернее по крупности зерно данной партии, тем большие возможности имеет технолог обесценить одинаковое воздействие на каждое зерно в данной операции. Такое единобразие обработки зерна в значительной мере способствует поддержанию техно-

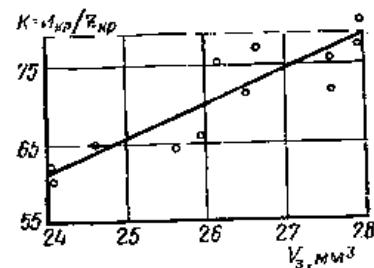


Рис. 4.1. Взаимосвязь крупности и технологических свойств зерна пшеницы.

логических параметров процесса на неизменном уровне, что существенно упрощает его ведение, а также является одной из основных предпосылок автоматизации контроля и управления.

§ 4.3. СТЕКЛОВИДНОСТЬ ЗЕРНА

Стекловидность зерна используют при оценке пшеницы, ржи, ячменя, риса. Чем выше стекловидность, тем лучше технологические свойства зерна. Так, при первичном дроблении стекловидной пшеницы (в драном процессе) получается больше крупок и дунстов, меньше муки, чем при дроблении мучнистого зерна. Это является основой высокого выхода муки в размольном процессе при окончательном измельчении обогащенных крупок и дунстов. Стекловидное зерно риса после полирования дает крупу высокого качества, которая при варке лучше сохраняет форму, благодаря чему каша получается рассыпчатой. Перловая крупа из стекловидного ячменя также имеет более высокие товарные свойства.

Стекловидное и мучнистое зерно требуют разных режимов ведения технологического процесса на всех этапах. В мукомольном производстве принята следующая классификация пшеницы по стекловидности: менее 40% — низкостекловидная, от 40 до 60% — средней стекловидности и выше 60% — высокостекловидная.

§ 4.4. МАССА 1000 ЗЕРЕН

Чем выше масса 1000 зерен, тем ценнее зерно. Как правило, вместе с увеличением массы 1000 зерен возрастает его крупность, стекловидность, содержание эндосперма и снижается пленчатость.

§ 4.5. ОБЪЕМНАЯ МАССА ЗЕРНА

Значение объемной массы зависит от многих факторов, влияющих на плотность укладки зерен в насыпи: сферичности, состояния поверхности, коэффициента трения, влажности, плотности, крупности и т. п.

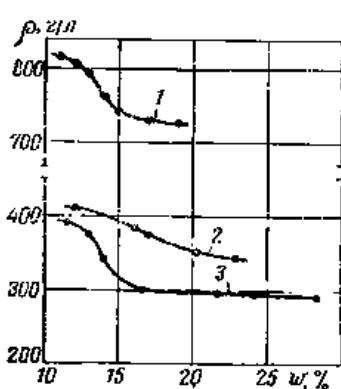


Рис. 4.2. Изменение объемной массы в зависимости от влажности:

1 — пшеница; 2 — подсолнечный шрот; 3 — пшеничные отруби.

Например, взаимосвязь между объемной массой зерна пшеницы и крупностью оценивают коэффициентом корреляции от +0,65 до +0,85, между объемной массой и стекловидностью около 0,75 и т. д. Повышение объемной массы обычно коррелирует с увеличением содержания эндосперма, выполненностю зерна, его сферичностью и т. п.

В комбикормовом производстве при объемном способе дозирования ингредиентов важно знать их объемную массу для регулирования работы дозаторов.

На рисунке 4.2 приведены графики зависимости объемной массы от влажности, характерные для подавляющего большинства используемых в мукомольном, крупорядном и комбикормовом производстве продуктов.

§ 4.6. ПЛОТНОСТЬ ЗЕРНА

Показатель плотности суммарно отражает комплекс характеристик физико-химических свойств зерна, таких, как масса 1000 зерен, структура, химический состав, соотношение анатомических частей, стекловидность и т. д. В связи с этим плотность зерна находится в достаточно высокой корреляционной взаимосвязи с основными показателями технологических свойств зерна.

Коэффициент корреляции между стекловидностью и плотностью зерна пшеницы I типа равен $r = 0,696$ (рис. 4.3). Для пшеницы IV типа $r = +0,553$. Плотность зерна с повышением содержания крахмала увеличивается ($r = 0,500 \div 0,630$). Наоборот, с содержанием белка установлена отрицательная корреляция, причем $r = -0,700 \div 0,800$.

Мукомольные свойства зерна с более высокой плотностью лучше. Чем больше плотность зерна, тем выше выход муки (рис. 4.4). Коэффициент корреляции для этого случая $r = +0,810$.

Таким образом, плотность зерна представляет собой показатель, комплексно отражающий технологические свойства зерна.

§ 4.7. КОЭФФИЦИЕНТ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Коэффициент внутреннего трения существенно влияет на процесс смешивания разнородных материалов, следовательно и на однородность смеси. Для большинства ингредиентов он равен 0,80—0,50. Однако для метониина коэффициент внутреннего трения 0,11, а для сернокислого кобальта 0,67. Большинство обогатителей комбикормов представляет собой трудносыпучие продукты, имеющие высокую связь между частицами. Как правило, углекислые соли различных микроэлементов характеризуются меньшим коэффициентом внутреннего трения, чем сернокислые соли или же хлориды.

Заметное влияние на величину коэффициента внутреннего трения оказывает и влажность. Так, значение коэффициента $f_{\text{вн}}$ для подсолнечного шрота при влажности 8% равно 0,27, а при 17% уже 0,63; для пшеничных отрубей при 14% влажности $f_{\text{вн}} = 0,18$, а при ее возрастании 1,0—1,4. Для проса коэффициент $f_{\text{вн}} = 0,40 \div 0,50$, для риса — 0,70—0,85, для ржи — 0,45—0,70, для ячменя — 0,40—1,0, для гороха — 0,40—0,55, для гречихи — 0,60—0,75, для овса — 0,50—0,70, для пшеницы — 0,45—0,75.

§ 4.8. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА

Физико-химические свойства зерна не остаются неизменными, а зависят от внешних условий. Особенно заметно влияют влага и тепло в процессе гидротермической обработки, цель которой — обеспечить на-

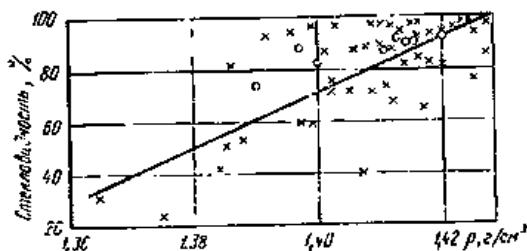


Рис. 4.3. Изменение стекловидности в зависимости от плотности зерна пшеницы:
Х — I тип; О — IV тип.

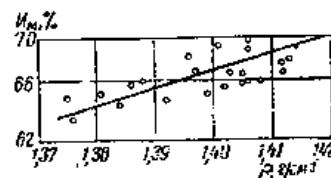


Рис. 4.4. Изменение извлечения муки в зависимости от плотности зерна пшеницы.

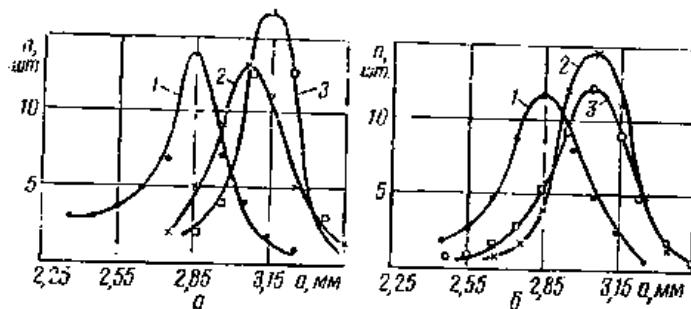


Рис. 4.5. Вариационные кривые ширины зерна пшеницы I типа Саратовская 29:
а — мучнистого; б — стекловидного; 1 — 11,3% влажности; 2 — 15,8; 3 — 16,5%.

правленное изменение технологических свойств зерна. При этом степень варьирования различных свойств зависит от параметров режима обработки, основными из которых являются величина изменения влажности зерна Δw , величина изменения температуры ΔT и продолжительность процесса Δt .

При увеличении влажности, в особенности при повышенной температуре, гидрофильные материалы набухают, что внешне проявляется в увеличении геометрических размеров и объема частиц, а также снижении их плотности. Объем зерна, а также и другие показатели его физико-химических свойств наиболее заметно изменяются в диапазоне 15—19% влажности, 45—55 °C и в течение первых 6—12 ч отволаживания.

В связи с набуханием зерна крупность его при увеличении влажности возрастает (рис. 4.5). Вариационные кривые при увеличении влажности сместились вправо, среднеарифметическое значение ширины возросло с 2,88 до 3,18 мм для стекловидной фракции и с 2,82 до 3,01 мм для мучнистой. Одновременно с этим увеличилась выравненность зерна: среднеквадратическое отклонение снизилось для обеих фракций, причем для мучнистой более чем в два раза.

Стекловидность зерна при увлажнении снижается, что является следствием структурных изменений, сопровождающих его набухание. Важную роль при этом играет образование в стекловидном эндосперме микротрещин, появление которых обусловлено особым механизмом распределения воды внутри зерна. Наиболее резко разрушение структуры зерна (разрыхление его эндосперма) происходит в диапазоне 17—19% влажности (рис. 4.6). Повышение температуры усиливает этот процесс.

Интенсивность процесса уменьшения стекловидности зерна при поглощении влаги во времени

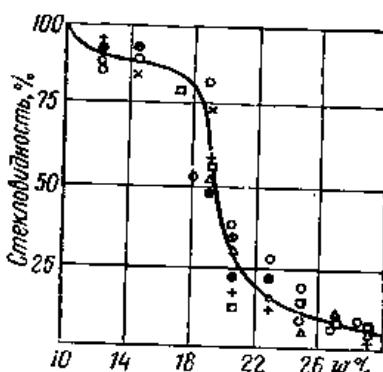


Рис. 4.6. Изменение стекловидности пшеницы в зависимости от влажности.

Снижение стекловидности при увлажнении и отволаживании наблюдается также для риса, ржи, кукурузы и других культур. В особенности значительны

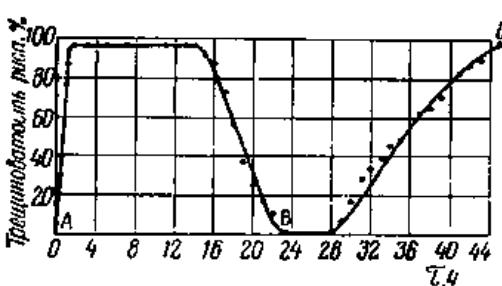


Рис. 4.7. Изменение трещиноватости риса-зерна в зависимости от увлажнения и сушки: кривая АВ — отволаживание; кривая ВС — сушка.

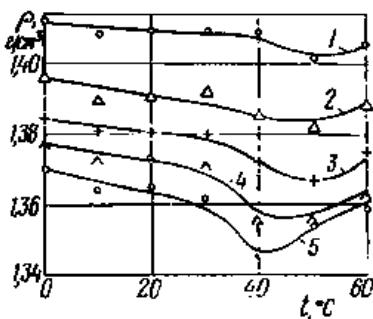


Рис. 4.8. Изменение плотности пшеницы в зависимости от температуры при влажности:

1 — 12%; 2 — 11; 3 — 10; 4 — 18; 5 — 19%.

такие изменения для риса, прочность ядра которого сильно снижается вследствие образования микротрещин (рис. 4.7). Поглощение влаги зерном приводит к тому, что уже через 1—2 ч во всех зернах появляются трещины, которые после 10—14 ч начинают залечиваться вследствие набухания биополимеров эндосперма. Однако при извлечении влаги из зерна в процессе сушки эти трещины вновь раскрываются. Таким образом, разрушение ядра риса микротрещинами является необратимым процессом. Это же наблюдается и для других культур.

Плотность зерна при возрастании влажности снижается. Заметное влияние на этот показатель оказывают сортовые особенности. Но по мере увеличения влагосодержания зерна эти различия постепенно исчезают.

На рисунке 4.8 показано влияние температуры на плотность зерна пшеницы при различной влажности. Для каждого значения влажности график проходит через минимум. При этой температуре эндосперм испытывает наибольшее разрыхление, связанное с изменением его структуры и состояния биополимеров зерна. С увеличением влажности это наблюдается при более низкой температуре. Нагрев зерна до 30—35°C мало влияет на его плотность. Повышение плотности при температуре 50—60°C обусловлено скорее всего развитием денатурации белка. При отволаживании плотность зерна снижается. Значение плотности стабилизируется через промежуток времени, протяженность которого зависит от исходных свойств зерна.

Таким образом, плотность зерна является показателем, подверженным существенным изменениям при любом воздействии на зерно водой или теплом. Изменение плотности суммарно отражает происходящие преобразования структуры зерна в результате комплекса физико-, колloidно- и биохимических процессов, развивающихся в зерне при гидротермической обработке. Формально снижение плотности может быть истолковано как разрыхление структуры зерна.

Анализ влияния степени увлажнения, изменения температуры и продолжительности процесса на разрыхление структуры зерна удобно вести, пересчитывая плотность на обратную величину — удельный объем. Его приращение хорошо отражает реакцию зерна на приложенное воздействие, причем произошедшие изменения могут быть оценены количественно. Следовательно, появляется возможность количественно сравнить влияние режимов обработки на физико-химические свойства зерна.

На рисунке 4.9 показано, как изменяется удельный объем стекловидного и мучнистого зерна в процессе увлажнения. Приращение удельного объема мучнистого зерна выражено в меньшей степени, чем

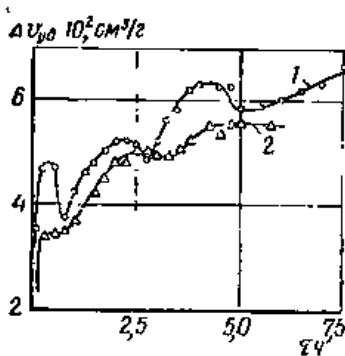


Рис. 4.9. Изменение удельного объема зерна пшеницы при иммерсионном увлажнении:
1 — стекловидного; 2 — мучнистого.

окончании в основном структурных преобразований эндосперма.

Следует иметь в виду, что все изменения физико-химических свойств зерна необратимы. Если провести циклическую обработку зерна (увлажнение — подсушивание), то изменения объема, плотности, стекловидности и других показателей стабилизируются для мучнистой пшеницы через два цикла, для стекловидной через три, но наиболее значительные изменения наблюдаются в течение первого цикла. Следовательно, достаточно 2—3 циклов гидротермической обработки, в течение которых практически завершаются все преобразования физико-химических свойств зерна.

Глава 5

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА И ИНГРЕДИЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

Структурно-механические свойства увязывают структурные особенности зерна с его поведением при механическом воздействии. Эти свойства в значительной степени определяют особенности процесса измельчения, шелушения и шлифования крупяных культур, выход и качество продуктов дробления, расход энергии на измельчение и т. д. В мукомольном и крупяном производстве режим гидротермической обработки обязательно увязывают с необходимостью приведения зерна в оптимальное состояние по структурно-механическим свойствам.

§ 5.1. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА

Прочность зерна. Представляет собой способность материала противостоять разрушению под воздействием приложенных усилий. Этот показатель определяют расходом энергии на единицу вновь образованной поверхности $P = E : \Delta F$ кДж/м².

Прочность оценивают также величиной разрушающего усилия или напряжения (пределом прочности). При этом необходимо учитывать вид деформации, так как сопротивляемость сжатию, срезу и т. п. для большинства материалов, в том числе и для зерна, неодинакова.

Различие в прочности зерна разных культур может достигать 50%. Прочность мелкого зерна на 30—60% выше, чем крупного. Обнаружены значительные колебания разрушающих усилий в зависимости от сорта зерна, района произрастания и других факторов. Прочность анатомических частей зерна также резко различается — оболочки значи-

стекловидного. Кроме того, на кривой 1 в течение первых 5 ч четко выявляются «волны», что указывает на периодичность процесса разрушения исходной плотной структуры эндосперма.

При повышении температуры сильнее преобразуются физико-химические свойства зерна. Наиболее значительно эти изменения выражены в диапазоне температур 35—50 °C.

Из сказанного следует, что кривые ΔV_0 могут быть определены как кривые разрыхления эндосперма. Логично также присвоить наименование периода активного разрыхления эндосперма тому периоду, в течение которого происходит интенсивное изменение удельного объема зерна. Завершение этого периода свидетельствует об

тельно прочнее эндосперма. При естественной влажности, равной 14,3—16,0%, условный предел прочности семенных оболочек, соединенных с алейроновым слоем, равен $(88,6—133,2) \cdot 10^5$ Па; для плодовых оболочек $(110,3—178,8) \cdot 10^5$ Па, всех оболочек вместе и в соединении с алейроновым слоем $(203,3—250,0) \cdot 10^5$ Па. Прочность оболочек может достигать $(268$ до $325,0) \cdot 10^5$ Па, в то время как прочность эндосперма $(10—30) \cdot 10^5$ Па.

При повышении влажности и температуры разрушающее усилие сжатия снижается, причем основное влияние оказывает влажность (табл. 5.1 и 5.2). При ее воздействии зерно до разрушения деформируется сильнее, что указывает на постепенное увеличение пластичности зерна и уменьшение его хрупкости. Однако одновременно повышается абсолютная деформация, которую зерно претерпевает до разрушения. В результате сопротивляемость зерна измельчению возрастает. Так, по данным И. А. Наумова, при увеличении влажности зерна пшеницы Цезиум 31 с 10,5 до 18,0% сопротивляемость измельчению мучнистого зерна повысилась с $3,8 \cdot 10^5$ до $6,0 \cdot 10^5$ Па, а стекловидного — с $4,6 \cdot 10^5$ до $6,1 \cdot 10^5$ Па. При отрицательной температуре (промораживании) усилие разрушения возрастает, а деформация уменьшается.

Таким образом, разрушение влажного зерна происходит иначе, чем сухого. Об этом же говорят и кривые, построенные в осях «усилие —

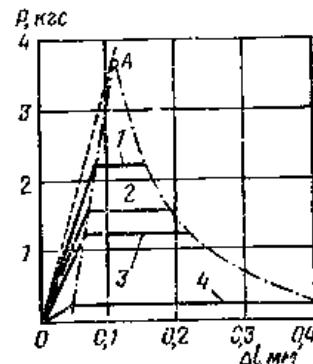


Рис. 5.1. Графики «усилие — деформация» при сжатии зерна пшеницы различной влажности (кривые 1—4 влажность увеличивается).

Таблица 5.1. Влияние влажности на механические свойства зерна

Тип пшеницы	Зерно	Влажность, %	Разрушающее усилие, 10Н	Абсолютная деформация, мм
I	Мучнистое	13,1	8,1	0,14
		14,5	6,8	0,25
		15,0	6,2	0,27
		16,5	5,8	0,35
		17,8	5,5	0,50
VI	Стекловидное	13,2	12,2	0,21
		15,5	9,2	0,32
		16,8	8,8	0,36
		18,2	4,8	0,39

Таблица 5.2. Влияние температуры на механические свойства зерна

Тип пшеницы	Зерно	Влажность, %	Температура, °C	Разрушающее усилие, 10Н	Абсолютная деформация, мм
I	Мучнистое	18,0	40	5,2	0,39
		18,0	50	5,0	0,43
		18,0	60	4,8	0,41
IV	Стекловидное	16,0	40	9,2	0,27
		16,0	50	9,0	0,23
		16,0	60	8,2	0,19
		12,5	0	6,6	0,170
		12,5	-5	6,9	0,140
		12,5	-10	7,2	0,125
		12,5	-15	7,6	0,115
		12,5	-20	7,8	0,105

деформация» (рис. 5.1). Первый участок графика представляет собой наклонную прямую. Здесь деформация зерна полностью обратима, а разрушается оно как хрупкое тело. На втором участке при незначительном увеличении усилия имевшаяся на первом участке пропорциональность между усилием и деформацией нарушается. Зерно все более приобретает пластические свойства, деформация уже обратима не полностью. При увеличении влажности протяженность второго участка графика все более возрастает за счет первого, что соответствует снижению хрупких, упругих и увеличению пластических свойств зерна. Например, для пшеницы IV типа получено при влажности 13% $\Delta l_{\max} = 0,21$ мм, при 18% $\Delta l_{\max} = 0,39$ мм.

При некоторых значениях влажности зерно может быть или полностью хрупким, или же полностью пластичным. По-видимому, хрупким зерно становится при влажности 7—8%. На рисунке 5.1 этот случай отражает пунктирная прямая ОА. Для зерна, имеющего различные структурно-механические свойства, угол наклона этой прямой к оси абсцисс должен быть различным.

Подвергнутое гидротермической обработке зерно разрушается легче, причем снижение усилий заметнее в стекловидном зерне. В производственных условиях расход энергии на измельчение стекловидного зерна при горячем кондиционировании по сравнению с холодным снижается на 10—25%; для мучнистого зерна это происходит в меньшем размере. При холодном кондиционировании увеличение продолжительности отволаживания свыше 18—24 ч не вызывает улучшения показателей качества зерна.

Одна из задач гидротермической обработки зерна на мукомольных заводах — это повышение прочности оболочек. Наоборот, прочность эндосперма должна быть снижена. Это достигается тем, что в процессе обработки водой и теплом происходит разрыхление эндосперма, а прочность его снижается. Незначительное увлажнение и кратковременное отволаживание зерна перед I драной системой значительно повышает прочность оболочек. В этом случае можно получить крупные, хорошо вымалываемые отруби.

При изучении влияния гидротермической обработки на прочность зерни установлено, что холодное и горячее кондиционирование снижают разрушающее напряжение примерно в одинаковой степени (на 10—15%). Прочность зерна кукурузы также зависит от влажности: с ее повышением разрушающее напряжение снижается. Например, для кремнистой кукурузы Воронежская 76 при 13,4% влажности разрушение зерна при сжатии произошло при напряжении $71,0 \cdot 10^5$ Па, а при 17,4% уже при $57,6 \cdot 10^5$ Па. Аналогично уменьшилась величина этого показателя и для полузубовидной и зубовидной кукурузы. Однако удельная работа разрушения зерна с увеличением его влажности возрастает.

Прочность зерна заметно изменяется при отволаживании. Вначале она снижается часто до минимума, а затем начинает возрастать (рис. 5.2). Это обусловлено особенностями разрушения исходной плотной структуры эндосперма микротрещинами, образующимися в зерне в процессе внутреннего переноса влаги.

В крупяном производстве режимы процесса гидротермической обработки выбирают такими, чтобы прочность ядра была повышена, а прочность цветковых пленок — снижена. В результате улучшается шелушение зерна и

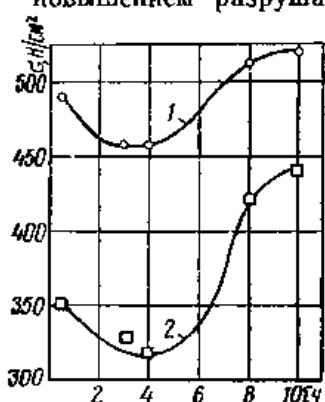


Рис. 5.2. Изменение прочности зерна кукурузы при сжатии в зависимости от продолжительности отволаживания:
1 — Воронежская 76; 2 — Одесская 27.

повышается выход целого ядра. Прочность ядра большинства крупяных культур невысока (табл. 5.3). Особенно низка прочность ядра зерна риса и проса.

Структурно-механические свойства зерна существенно зависят от характера приложения действующих усилий, в частности от скорости деформации (табл. 5.4).

Как видно из данных таблицы, при всех значениях влажности возрастание скорости деформации влечет за собой снижение величины той деформации, которую испытывало зерно до разрушения, но само разрушение происходит при более высоких нагрузках. Возможно эта зависимость действительна только в некотором диапазоне скоростей приложения усилий.

Твердость зерна. Под ней понимают способность поверхностных слоев зерна сопротивляться местным деформациям. Микротвердость зерна оценивают по величине отпечатка алмазной пирамидки на поверхности среза зерна. Для этого используют прибор ПМТ-3.

Микротвердость оболочек воздушно-сухого зерна пшеницы равна $(5-7) \cdot 10^7$ Па, а эндосперма $(7-17) \cdot 10^7$ Па. При повышении влажности до 16—17% микротвердость снижается: оболочек до $(2-3) \cdot 10^7$ Па, эндосперма до $(4-7) \cdot 10^7$ Па. При влажности около 25% микротвердость эндосперма зерна

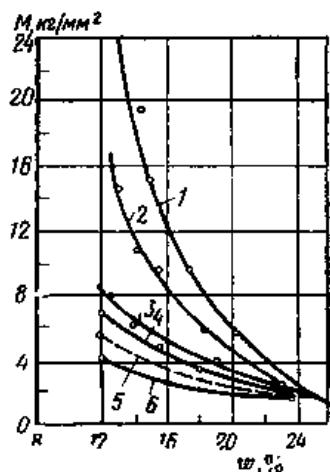


Рис. 5.3. Изменение микротвердости эндосперма зерна в зависимости от влажности:

1 — кукуруза белая зубовидная;
2 — пшеница IV типа; 3 — пшеница I типа; 4 — рожь; 5 — гречка; 6 — овес.

Таблица 5.3. Разрушающее напряжение при сжатии (10^7 Па)

Культура	Зерно		Культура	Зерно	
	стекловидное	мучистое		стекловидное	мучистое
Ячмень	4,1—4,2	3,8—3,9	Просо	2,9—3,0	2,4—2,5
Овес	3,2—4,1	2,9—3,4	Рис	2,2—2,3	2,0—2,1

Таблица 5.4. Влияние скорости деформации на механические свойства пшеницы

Влажность	Скорость деформации, мм/мин	Разрушающее усилие, 10Н	Абсолютная деформация, мм	Влажность	Скорость деформации, мм/мин	Разрушающее усилие, 10Н	Абсолютная деформация, мм
13,0	0,7	9,0	0,35	16,0	6,0	8,2	0,40
13,0	6,0	12,7	0,21	18,5	0,7	4,9	0,60
16,0	0,7	7,2	0,50	18,5	6,0	5,5	0,68

разных культур одинакова (рис. 5.3). При снижении температуры микротвердость зерна возрастает, что соответствует повышению хрупкости зерна.

Для пшеницы и ржи, прошедших гидротермическую обработку, наблюдается снижение микротвердости эндосперма, особенно значительное при скоростном кондиционировании.

§ 5.2. РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА

Одна из характерных особенностей поведения зерна при механической обработке, как и вообще всех полимерных материалов,— это сильно выраженное явление релаксации. Механическая релаксация представляет собой изменение напряженного состояния материала при переходе от неравновесного расположения элементов его структуры к равновесному. В данном случае проявляются две формы:

релаксация напряжения — убывание напряжения со временем при поддержании постоянной величины деформации;

релаксация деформации — возрастание ее при непрерывном и постоянном по величине механическом напряжении.

Возможен также случай убывания ранее развившейся деформации после снятия внешнего напряжения. Релаксация деформации носит название ползучести.

Явление релаксации приводит к тому, что законы Гука и Ньютона (для вязкого течения) нарушаются, т. е. модуль упругости и формально вычисленный коэффициент вязкости зависят от продолжительности процесса.

Релаксационные свойства зерна с достаточным приближением могут быть описаны уравнением последействия Больцмана, которое для одноосного напряженного состояния, а также для сдвига имеет вид:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E_0} + \int_0^t \Phi(t-v) \sigma(v) dv,$$

где ϵ — деформация; σ — напряжение; t — время; v — переменная интегрирования, учитывающая строение материала и влияние температуры; E_0 — модуль упругости материала.

Модуль упругости характеризует быстроту деформации материала со скоростью звука, т. е.

$$E_0 = \rho C^2,$$

где ρ — плотность; C — скорость звука в данном материале (для полимеров $C \approx 1000$ м/с).

Для качественного описания процессов деформации иногда используют упрощенные уравнения:

Максвелла для упруговязких тел

$$\frac{d\sigma}{dt} = E \frac{de}{dt} - \frac{\sigma}{\theta}$$

или Кельвина—Фогта для вязкоупругих тел

$$\sigma = Ee + \eta \frac{de}{dt},$$

где η — коэффициент вязкости; $\eta = E\theta$; E — модуль упругости на сдвиг; θ — время релаксации.

Время релаксации представляет собой такой период, в течение которого первоначальное напряжение в материале снижается в $e \approx \approx 2,73$ раза. Эта величина измеряет скорость релаксационного процесса. В случае простых релаксирующих систем отклонения величин от равновесных значений уменьшаются с течением времени по экспоненциальному закону $\Delta X = (\Delta X)_0 \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right)$. Если принять $t = \theta$, то получим

$$\Delta X = \frac{(\Delta X)_0}{e} \approx \frac{(\Delta X)_0}{2,73}.$$

Как видно, величина $(\Delta X)_0$ уменьшилась в 2,73 раза.

Скорость релаксации зависит от температуры и влажности. В таблицах 5.5 и 5.6 приведены некоторые данные, полученные в последние годы Н. А. Наумовым.

Таблица 5.5. Влияние разных факторов на релаксационные свойства стекловидной пшеницы

Пшеница	Влажность, %	Температура, °C	Скорость деформации, 10 ³ с ⁻¹	Модуль упругости, кг/см ²
Мильтурум 553	14,0	20	0,100	1595
	16,0	20	0,610	1240
	14,0	20	0,205	1590
Саратовская 29	16,0	20	0,540	1435
	16,0	45	0,970	1375

Таблица 5.6. Влияние влажности на релаксационные свойства пшеницы Мильтурум 553

Влажность, %	Температура, °C	Скорость релаксации, кг/(см ² ·с)	Время релаксации, мин
<i>Стекловидное зерно</i>			
12,5 16,8	Комнатная »	0,0151 0,0324	22,0 10,2
<i>Мучистое зерно</i>			
12,5 16,8 16,8	Комнатная » 45	0,0328 0,0675 0,0920	11,8 6,7 4,8

Скорость деформации при увеличении влажности значительно повышается, а модуль упругости снижается. Все это свидетельствует о развитии пластических свойств увлажненного зерна, причем температура оказывает дополнительное влияние.

С повышением пластических свойств тела скорость релаксации увеличивается, а время снижается. Повышение температуры увлажненного зерна еще сильнее изменяет его свойства. Это обязательно надо учитывать при гидротермической обработке зерна.

На рисунке 5.4 показаны кривые ползучести пшеницы IV типа Безостая 1, увлажненной до 16% и прошедшей различную продолжи-

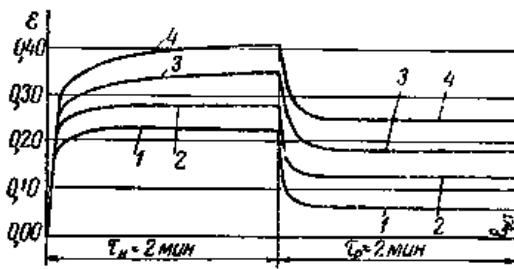


Рис. 5.4. Кривые ползучести пшеницы при холодном кондиционировании:

1 — исходный образец; 2 — после 0,5 ч отволоваживания;
3 — после 4,0 ч; 4 — после 8,0 ч отволоваживания.

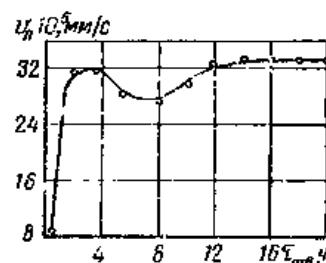


Рис. 5.5. Изменение скорости парастиания ползучести стеклоридного зерна пшеницы IV типа в зависимости от продолжительности отволоваживания при холодном кондиционировании.

тельность отволаживания при холодном кондиционировании. Распределение влаги по анатомическим частям зерна, гидратация его биополимеров заметно изменяют структурно-механические свойства. В течение первых 4 ч происходит нарастание пластических свойств зерна в результате повышения пластичности оболочек, затем к 8 ч пластичность несколько снижается, и далее постепенно свойства зерна стабилизируются.

На рисунке 5.5 показано изменение скорости нарастания ползучести, определенной как тангенс угла наклона касательной к кривой ползучести $\dot{\epsilon}_n = -\frac{de}{dt}$.

График наглядно отражает изменение пластических свойств зерна и стабилизацию их после 14—16 ч отволаживания.

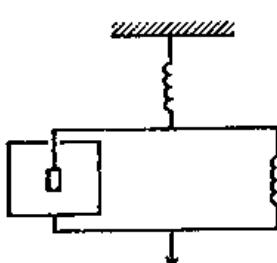
§ 5.3. ИДЕАЛЬНЫЕ И РЕАЛЬНЫЕ ТЕЛА. МЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕАЛЬНЫХ ТЕЛ

Теоретически можно представить тело, обладающее только упругими свойствами, а также тело, у которого такие свойства полностью отсутствуют. Получаем два класса идеальных тел: абсолютно упругие (эластичные) и абсолютно вязкие (пластичные). Свойства реальных тел определяются сочетанием упругости и пластичности. Зерно как полимерное и сложно составное тело в зависимости от условий процесса его обработки может быть ближе к первому или второму классу идеальных тел.

При влажности около 10 и 17% происходят достаточно резкие преобразования структурно-механических свойств зерна с прогрессирующим нарастанием пластических и снижением упругих свойств. Для наглядного представления состояния реальных тел их условно изображают посредством механических моделей, в которых пружина обозначает упругий элемент, а погруженный в вязкую среду поршень — вязкий элемент. В зависимости от конкретных сочетаний можно приблизенно описать структурно-механические свойства реальных тел. На рисунке 5.6 приведен один из примеров такой механической модели.

§ 5.4. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА

Структурно-механические свойства зерна и его анатомических частей реализуются в технологическом процессе производства муки, крупы и комбикормов. Особенности конструкции машин для шелушения или измельчения зерна, режимы их работы выбирают при обязательном учете этих свойств. Необходимо также, чтобы в технологическом процессе подготовки на этапе гидротермической обработки свойства анатомических частей зерна были бы подвергнуты направленному изменению, с тем чтобы разница между прочностью оболочек и эндосперма достигла возможно большей величины.



Практические режимы гидротермической обработки выбирают именно для этой цели. Например, в мукомольном производстве в процессе скоростного кондиционирования пропаривание зерна ведут при давлении, лишь немного превышающем атмосферное или даже равном ему. В крупяном производстве применяют жесткие режимы пропаривания, что влечет за собой упрочнение эндосперма.

Таким образом, посредством гидротермической обработки технолог осуществляет направленное изменение структурно-механических

Рис. 5.6. Механическая модель упругопластичного тела.

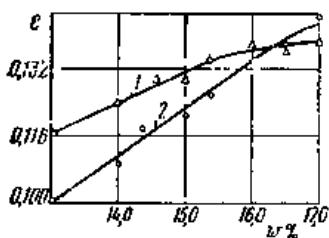


Рис. 5.7. Изменение общей деформации сжатия стекловидного зерна пшеницы в зависимости от влажности:
1 — I типа; 2 — IV типа.

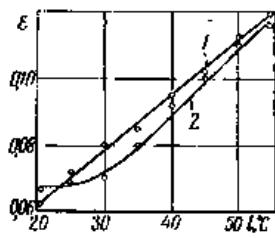


Рис. 5.8. Изменение общей деформации сжатия стекловидного зерна пшеницы в зависимости от температуры:
1 — I типа; 2 — IV типа.

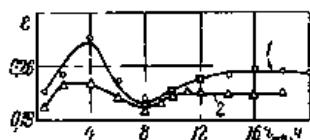


Рис. 5.9. Изменение деформации зерна на сдвиг в зависимости от продолжительности отволаживания при холодном кондиционировании пшеницы:
1 — IV типа; 2 — I типа;

свойств зерна. Для того чтобы выбирать необходимые режимы этого процесса, нужно иметь сведения об изменении прочности и других показателей под влиянием влажности, температуры и продолжительности процесса.

На рисунке 5.7 показано, как изменяется общая деформация сжатия пшеницы двух сортов в пределах от 13 до 17% влажности. По мере увеличения пластичности более влажного зерна деформация возрастает, стабилизируясь на некотором постоянном уровне при достижении определенной влажности. Это значение определяет оптимальную технологическую влажность для данного зерна. С увеличением температуры также происходит повышение пластичности зерна (рис. 5.8).

Изменение деформации зерна во времени имеет сложный характер (рис. 5.9). Общая пластичность зерна — это сумма пластичности его анатомических частей, изменяющаяся в зависимости от характера распределения влаги в данный момент процесса. При достижении оптимальной технологической продолжительности отволаживания свойства зерна стабилизируются, дальнейшее увеличение протяженности процесса заметное влияния на них не оказывает.

Наиболее важный фактор — влажность. Так, при ее изменении от 12 до 17% $\epsilon_{\text{раст}}$ увеличилась с 0,020 до 0,079, т. е. почти в четыре раза, а при возрастании температуры с 20 до 55°C (при влажности 16%) только в 1,8 раза. Повышение продолжительности отволаживания с 8 до 16 ч изменило $\epsilon_{\text{раст}}$ всего лишь в 1,2 раза (пшеница Безостая 1). Однако при совместном действии разных факторов происходит более резкое изменение структурно-механических свойств зерна. Например, при одновременном действии влажности и температуры деформация пшеницы Безостая 1 увеличилась с 0,020 до 0,117, т. е. почти в шесть раз.

Изменение структурно-механических свойств существенно влияет на его технологические свойства. При повышении пластичности измельчение зерна протекает иначе. Например, извлечение крупок в драном процессе уменьшается (рис. 5.10). Но одновременно снижается их зольность, что обусловлено разрыхлением эндосперма и возрастанием прочности оболочек.

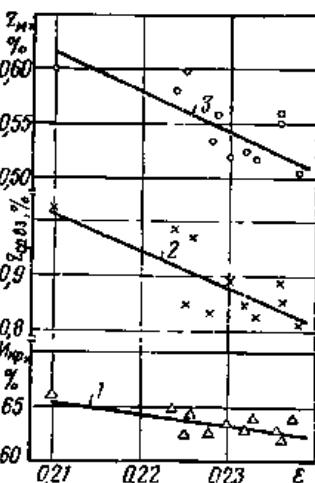


Рис. 5.10. Взаимосвязь структурно-механических и муко-моляных свойств пшеницы IV типа Безостая 1:

1 — общее извлечение крупок первого качества; 2 — средневзвешенная зольность крупок первого качества; 3 — зольность муки 70%-ного выхода.

Глава 6

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ, ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА И ИНГРЕДИЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

§ 6.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА И ВЛАГИ

Перенос тепла и влаги в зерне происходит постоянно. При любом изменении параметров среды термодинамическое равновесие нарушается, и зерно переходит к новому равновесному состоянию, обмениваясь с атмосферой влагой и теплом.

Зерно представляет лабильную систему, чутко реагирующую на малейшие изменения влажности и температуры атмосферы посредством ответного изменения комплекса своих свойств. Эти изменения пропорциональны приложенному воздействию, т. е. степени изменения параметров внешней среды. Большое влияние на величину изменения свойств зерна оказывает также интенсивность процессов переноса тепла и влаги в зерне: преобразования свойств существенно возрастают при ее повышении.

Особенности переноса тепла определяют удельная теплоемкость, температуропроводность и теплопроводность, взятые в зависимости от влажности и температуры, а также коэффициент теплообмена. Их комбинация друг с другом, а также с некоторыми другими величинами позволяет составить комплексные переменные (критерии) Био Bi , Фурье Fo , Кирпичева Ki .

Для анализа процесса переноса влаги необходимо иметь сведения о термодинамических характеристиках влагопереноса (удельная изотермическая влагоемкость, потенциал влагопереноса и его температурный коэффициент) и о его кинетических коэффициентах, к которым относят коэффициенты диффузии влаги, влагопроводности и термогradientный. В качестве комплексных переменных могут быть привлечены критерии Био Bi_m , Фурье Fo_m , Кирпичева Ki_m .

Особое место занимает критерий Лыкова

$$Lu = \frac{a_m}{a}.$$

Этим коэффициентом оценивают интенсивность развития полей влагосодержания и температуры внутри материала; поэтому он является определяющим при анализе различных вариантов гидротермической обработки зерна.

§ 6.2. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Удельная теплоемкость возрастает с увеличением влажности, причем после 14% наклон графика становится круче (рис. 6.1). Теплопроводность прямо зависит от влажности, а температуропроводность вначале возрастает, в диапазоне 17,0—19,0% проходит через максимум а затем снижается.

Таким образом, изменение температуры зерна при его прогреве или охлаждении происходит с максимальной интенсивностью при 15,0—20% влагосодержания, что соответствует 13,0—16,5% влажности.

При отрицательной температуре удельная теплоемкость почти не возрастает, а при положительной — значительно, особенно для зерна с повышенной влажностью (рис. 6.2). Аналогичный вид имеют и графики температуропроводности: при температуре ниже 0°C она изменя-

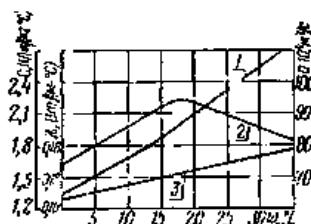


Рис. 6.1. Изменение теплофизических характеристик пшеницы в зависимости от влажности при температуре 20 °C:
1 — удельная теплоемкость; 2 — температуропроводность; 3 — теплопроводность.

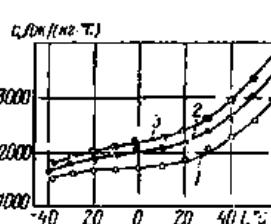


Рис. 6.2. Изменение удельной теплоемкости пшеницы в зависимости от температуры:
1 — 12% влагосодержания;
2 — 16%; 3 — 20%.

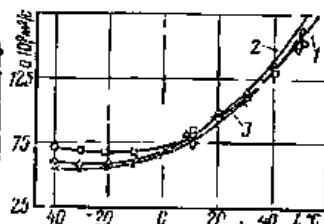


Рис. 6.3. Изменение температуропроводности пшеницы в зависимости от температуры:
1 — 12% влагосодержания; 2 — 16%; 3 — 20%.

ется незначительно, а при положительной — во много раз интенсивнее (рис. 6.3).

Значения теплофизических коэффициентов зерна пшеницы могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$c = c_0 + mw + kt^n;$$

$$\lg a = b + gt + htw,$$

где c_0 , m , k , b , g , h — величины, зависящие от t и w ; t — температура, °C; w — влажность, % на общую массу.

При $20 \leq t \leq 60$ °C и $4 \leq w \leq 24\%$ $k = 0,352$; $n = 2$. При $-40 \leq t \leq 20$ °C и $4 \leq w \leq 24\%$ $k = 1,17 + 0,57w$; $n = 1$.

Для других культур данных о теплофизических свойствах недостаточно для определения расчетных формул, учитывающих влажность, и температуру.

Для зерна кукурузы при температуре 20—25 °C в диапазоне 10—35% влагосодержания можно использовать формулу [(кДж/(кг·°C))]:

$$c = 0,935 + 0,051w_c.$$

Теплопроводность зерна может быть определена по уравнению $\lambda = acp$.

§ 6.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛООБМЕНА ЗЕРНА

Процесс теплообмена зерна с теплофизическими точки зрения изучен хуже. Расчет коэффициента теплообмена при нагреве зерна конвективным путем в воздушной струе показывает, что в этом случае значение a лежит в пределах 23—29 Вт/(м²·°C), а при подаче струи пара в слой зерна повышается в 5—6 раз. Благодаря этому единичное зерно полностью прогревается при обработке паром в течение нескольких секунд, в то время как в струе воздуха на это затрачивается времени почти в десять раз больше.

§ 6.4. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЛАГОПЕРЕНОСА

Рассмотрим зависимости от параметров режима обработки зерна термодинамических характеристик: экспериментального потенциала влагопереноса θ , удельной изотермической влагоемкости c_m и температурного коэффициента влагопереноса $(\frac{d\theta}{dT})_w$.

Для зерна пшеницы при температуре 20—25 °C и 10—25% влажности зависимость θ от w может быть выражена прямой линией, определяемой уравнением $\theta = -10 + 2,8w_c$. При температуре 20 °C удельная

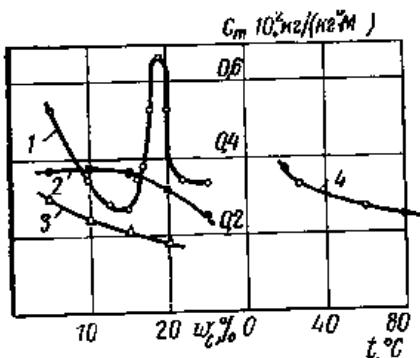


Рис. 6.4. Изменение удельной изотермической влагоемкости пшеницы в зависимости от влагосодержания и температуры:
1 — 20 °С; 2 — 50; 3 — 80 °С; 4 — от температуры.

эффективента влагопереноса, представляющего собой первую производную потенциала по температуре при постоянном влагосодержании, т. е. $\frac{d\Phi}{dT_w}$. Его значения линейно возрастают с увеличением влагосодержания зерна. График описывается следующим эмпирическим уравнением, действительным в диапазоне температур 20—95 °С:

$$\left(\frac{d\Phi}{dT} \right)_w = 0,050 + 0,093w_c.$$

§ 6.5. КИНЕТИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЛАГОПЕРЕНОСА

Коэффициенты влагопереноса, их зависимость от параметров режима гидротермической обработки зерна определяют интенсивность этого процесса. Знание величин этих коэффициентов позволяет сделать расчет процесса влагопереноса, определить количество влаги, переместившейся в зерновом слое или же внутри зерна под влиянием потенциала влагопереноса.

Коэффициент диффузии влаги a_m . Представляет собой величину, комплексно отображающую характер протекания процесса влагопереноса. Являясь аналогом коэффициента температуропроводности, он характеризует инерционную способность тела к внешним водным возмущениям, определяя, другими словами, способность тела реагировать на изменение влагосодержания в окружающей среде.

Значения коэффициента a_m снижаются с увеличением влагосодержания (рис. 6.5) и заметно зависят от структурных особенностей зерна: для твердой пшеницы величина a_m ниже, чем для мягкой пшеницы.

Снижение величины a_m при увеличении влагосодержания указывает на молекулярный (диффузионный) механизм влагопереноса в зерне в изученной области влагосодержания. Можно признать, что при 15—20%

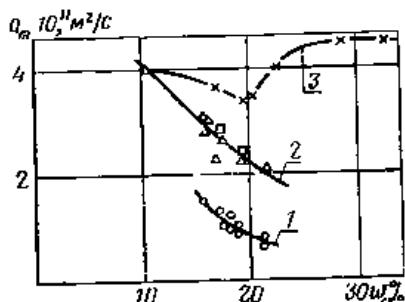


Рис. 6.5. Изменение коэффициента диффузии влаги зерна пшеницы в зависимости от влагосодержания:
1 — II типа; 2 — I и IV типов; 3 — IV типа при двухкратном увлажнении.

влагосодержания для высокостекловидного зерна $a_m = 2,0 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, а для мукистого зерна $a_m = 4,0 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$.

На величину коэффициента a_m заметное влияние оказывает температура, что обусловлено прежде всего теми изменениями, которые претерпевает энергия связи влаги со скелетом зерна. Упрощенно можно представить следующее. Возрастание температуры увеличивает подвижность и сокращает «время жизни» связанных молекул воды. Поэтому интенсивность внутреннего переноса влаги повышается, что и сопровождается возрастанием величины коэффициента диффузии влаги.

При повышении температуры до 50°C величина a_m возрастает почти на порядок: с $2,0 \cdot 10^{-12}$ до $0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ (рис. 6.6). Таким образом, при горячем кондиционировании пшеницы ($t = 55 \div 60^\circ\text{C}$) интенсивность внутреннего переноса влаги в единичном зерне выше на целый порядок по сравнению с холодным кондиционированием ($t = 20^\circ\text{C}$). Соответственно этому резко возрастает интенсивность различных физико-химических процессов, сопровождающих внутренний перенос влаги в зерне, и степень преобразования технологических свойств при гидротермической обработке.

Зависимость коэффициента a_m от температуры (рис. 6.6) может быть описана уравнением, действительным для диапазона $20 \div 50^\circ\text{C}$,

$$a_m = 1,0 \cdot 10^{-12} T^{16,5}.$$

Таким образом, величина a_m пропорциональна 15—16-й степени температуры, что указывает на диффузионный перенос влаги внутри зерновки.

Столь высокое влияние температуры на коэффициент диффузии влаги в зерне имеет большое практическое значение. Повышение температуры резко интенсифицирует внутренний перенос влаги, обеспечивая быстрое ее извлечение при сушке, а при увлажнении резко сокращает период времени, необходимый для завершения технологических преобразований, связанных с распределением влаги по анатомическим частям зерна и химическим веществам.

Коэффициент термовлагопроводности δ (%/град). Характеризует относительный термический перенос влаги в виде жидкости и пара в неизотермических условиях и зависит от влагосодержания. Коэффициент δ определяет величину перепада влажности в теле при перепаде температуры в 1°C .

Опыты показали, что зерно чутко реагирует на изменение температуры.

При достаточно длительном существовании перепада температур в массе хранившегося зерна влажность более холодных участков может

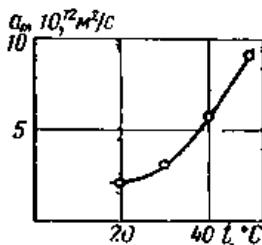


Рис. 6.6. Изменение коэффициента диффузии влаги зерна пшеницы в зависимости от температуры.

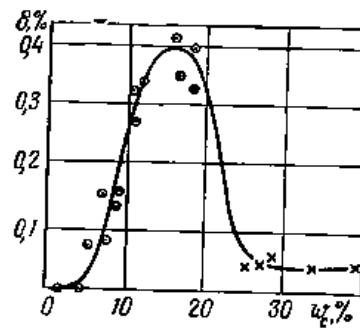


Рис. 6.7. Изменение коэффициента термовлагопроводности зерна пшеницы в зависимости от влажности.

существенно увеличиться в результате миграции ее из более нагретых участков.

Перенос влаги в слое зерна наблюдается даже при начальной влажности 4,6% (рис. 6.7). При дальнейшем увеличении влагосодержания коэффициент термовлагопроводности растет и в области 15–17% имеет максимум. По абсолютному значению коэффициент b не превышает 0,4 cm^2/C . Учитывая это, а также то, что при гидротермической обработке зерна градиент температуры существует не более 1 ч (обычно 0,25–0,5 ч), можно считать, что влияние коэффициента термовлагопроводности на внутренний перенос влаги в слое зерна невелико.

§ 6.6. ОБОБЩЕННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ВЛАГОПЕРЕНОСА

Перенос влаги внутри зерна сопровождается комплексом различных физико-, коллоидно- и биохимических процессов, развитие которых приводит к необратимым изменениям структуры и гидротермических свойств зерна.

Термодинамические характеристики биополимеров зерна и связанной воды также непрерывно изменяются. Определенно влияние на внутренний влагоперенос оказывают также индивидуальные свойства зерна и параметры режима процесса.

Применение метода обобщенных переменных позволяет выявить существующие взаимосвязи между группами факторов, определяющих конкретное развитие изучаемого процесса. Благодаря этому можно не только качественно, но и количественно анализировать процесс.

Значения критерия F_{0m} в зависимости от влажности не превышают 0,1 (рис. 6.8). Следовательно, процесс внутреннего переноса влаги в зерне полностью лежит в нестационарной области.

Значения критерия Лыкова в зависимости от влажности равны (0,5–1,0) 10^{-4} (рис. 6.9). Таким образом, интенсивность развития температурного поля в зерновке в 10^4 раз превышает интенсивность развития поля влагосодержания. Это значит, что на практике термовлагопроводность не играет существенной роли во внутреннем влагопереносе.

Величина массообменного критерия Кирпичева для изотермических условий изменяется от нуля до двух.

При этом чем ниже его значение, тем меньше сопротивление внутреннему переносу влаги и тем меньше вероятность растрескивания зерна.

На рисунке 6.10 приведена зависимость критерия K_{1m} от влажности в процессе обезвоживания зерна пшеницы в разных режимах. Во всех случаях графики проходят через максимум. Это значит, что ви-

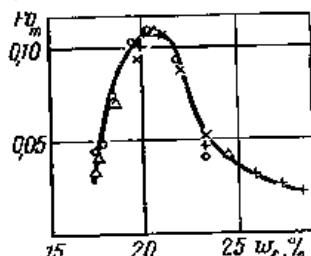


Рис. 6.8. Изменение массообменного критерия Фурье для зерна пшеницы в зависимости от влажности.

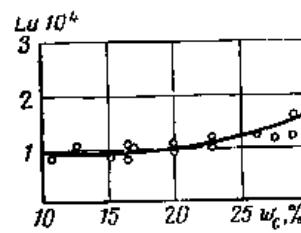


Рис. 6.9. Изменение критерия Лыкова для зерна пшеницы в зависимости от влажности.

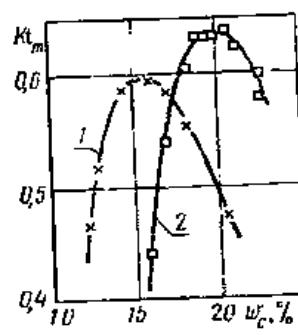


Рис. 6.10. Изменение критерия Кирпичева в зависимости от влажности:
1 — при температуре 45°C;
2 — при температуре 20°C.

чале сопротивления внутреннему переносу влаги возрастает, а после некоторого времени снижается. Предположительно повышение значения критерия K_{i_m} может быть связано с заглублением зоны испарения влаги, а снижение — с необратимыми изменениями структуры зерна, в частности с образованием в его эндосперме микротрешин. Значение критерия K_{i_m} с увеличением температуры уменьшается.

§ 6.7. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА НА ПРОЦЕСС ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Перенос тепла и влаги в зерновом слое и единичном зерне имеет характерные особенности. Это обусловлено сложной формой, анатомическим строением зерновки, неравномерностью распределения по его сечению химических веществ, а также физиологическими потребностями зерна как живого организма.

При построении процесса тепловой или же водно-тепловой обработки технолог решает различные задачи в зависимости от поставленной конечной цели. Однако при гидротермической обработке необходимо обеспечить высокую интенсивность внутреннего тепло-влагопереноса, что является не только условием экономичности процесса, но и целесообразно с технологической точки зрения, так как степень преобразования исходных свойств зерна пропорциональна интенсивности указанного процесса.

Процессы перевода тепла и влаги в гидрофильных материалах взаимосвязаны. Для зерна это выражено прежде всего в том, что коэффициент диффузии влаги сильно зависит от температуры. Повышение или снижение ее вызывает заметное изменение интенсивности влагопереноса. По развитию полей влагосодержания и температуры в единичном зерне происходит позависимо, причем второе опережает первое по скорости в 10^3 — 10^4 раз, что следует из величины критерия Лыкова.

Таким образом, условия ведения процесса гидротермической обработки требуют:

обеспечения интенсивного внутреннего влагопереноса, что необходимо для высокой производительности занятых в этих процессах аппаратов, а также для достижения заданной степени изменения технологических свойств зерна;

быстрого прогрева зерна до заданной температуры, с тем чтобы сразу же, в самом начале процесса, обеспечить нужное значение коэффициента a_{ii} .

В настоящее время в производственных условиях применяют различные типы аппаратов для гидротермической обработки зерна. При этом используют конвективный и кондуктивный способы теплопередачи, а также нагрев зерна насыщенным паром посредством подачи его непосредственно в зерновой слой. В большинстве случаев используют аппараты непрерывного действия, но применяют и периодического действия, например пропариватель конструкции Неруша. Существенный недостаток большинства производственных аппаратов — это небольшая производительность и низкий коэффициент полезного использования тепла.

Для повышения производительности аппаратов необходимо, во-первых, вести обработку зерна при оптимальной влажности, которая соответствует максимальной величине коэффициента температуропроводности, т. е. при 15—19%. Во-вторых, интенсивность прогрева единичного зерна выше, чем зернового слоя. Поэтому при разработке методов гидротермической обработки зерна предпочтение следует отдать таким, при которых будет обеспечен контакт теплоносителя с каждым отдельным зерном. Это может быть при кондуктивном нагреве — интенсивное перемешивание зернового слоя, при конвективном — нагрев

зерна во взвешенном состоянии (в кипящем слое). Большие преимущества имеют методы гидротермической обработки, при которых в слой зерна подают насыщенный пар.

Для повышения интенсивности процесса тепло-влагопереноса желательно обрабатывать зерно при повышенной температуре, так как значение коэффициента $a_{\text{т}}$ резко возрастает при повышении температуры до 50–60°C.

Применяемые производственные режимы гидротермической обработки предусматривают ведение процесса или при комнатной, или при повышенной температуре. В последнем случае эффективность процесса заметно возрастает, а протяженность его во времени существенно сокращается.

Глава 7

БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА, МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Биохимические свойства зерна определяются его химическим составом, распределением химических веществ по анатомическим частям, а также активностью некоторых ферментов гидролитического действия (амилаз, протеиназ, липаз). Немаловажное значение имеет также наличие в зерне и его анатомических частях биологически активных веществ.

В процессе подготовки к переработке биохимические свойства зерна могут существенно измениться благодаря воздействию тепла и влаги при гидротермической обработке. Технолог должен учитывать это и выбирать режим процесса, согласуясь с биохимическими особенностями данной партии зерна.

§ 7.1. ЗЕРНО КАК ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

Необходимо всегда иметь в виду, что зерно представляет собой живой организм. В подходящих условиях при достаточном наличии влаги и тепла оно прорастает, развивается в новое растение. Все процессы, происходящие в живых организмах, присущи и нормальному зерну: дыхание, обмен с окружающей средой, распад одних и синтез других веществ. Эти процессы регулируются ферментной системой зерна.

Сухое зерно находится в состоянии покоя (анабиоза). Но при повышении влажности и температуры активность ферментов возрастает, в зерне начинаются процессы, ведущие к развитию зародыша в новое растение. Активность различных ферментов при повышении температуры (до 45–55°C) вначале увеличивается, а затем снижается. Максимум активности ферментов определяется их природой, содержанием относительно свободной (слабо связанной) воды в зерне и продолжительностью температурного воздействия. Поэтому, регулируя внешние условия, можно осуществить определенные биохимические процессы в зерне, изменить его биохимические свойства.

Многочисленные исследования, проведенные начиная с середины 30-х годов, подтверждают это. Изменения биохимических свойств наблюдаются всегда, причем их величина зависит от параметров режима обработки, а также от индивидуальных биологических свойств зерна.

Для живых организмов характерна зависимость их состояния от большого числа факторов и множество внутренних взаимосвязей. Первое обусловлено взаимодействием зерна с окружающей средой, второе — регулирующим влиянием биологической системы, управляющей

всеми процессами, которые протекают на всех стадиях существования зерна. Особенно важны в практическом отношении сушка и гидротермическая обработка зерна.

§ 7.2. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА

Главными факторами, определяющими состояние зерна, являются его влажность и температура, а также степень отклонения этих величин от равновесных значений, определяемых параметрами состояния окружающей среды.

Критическое значение влажности, по В. Л. Кретовичу, равно 14—15 %. Ее превышение влечет за собой резкое увеличение интенсивности дыхания и других проявлений физиологической активности зерна. Температура влияет через изменения активности ферментативной деятельности, а также непосредственно воздействуя на белки зерна. Предложена следующая градация температурного влияния: до 30 °C — усиление активности ферментов зерна; 30—40 °C — некоторое ослабление клейковинного комплекса; 45 °C — улучшение эластичности теста и клейковины; 50—60 °C — уменьшение растяжимости клейковины; 60 °C — снижение активности ферментов; выше 60 °C — частичная или полная денатурация белков.

Однако эти температурные пределы связаны с влажностью зерна: чем она выше, тем сильнее влияние температуры. Поэтому для процесса тепловой обработки пришлось разработать специальные рекомендации по безопасным температурам нагрева зерна.

Зерно разных культур различается по термоустойчивости. Так, при влажности 16 % кукуруза переносит нагрев до температуры 75 °C, рожь до 65 °C, пшеница до 55 °C, семенное зерно и пивоваренный ячмень только до 49 °C.

Интенсивность диастатического расщепления крахмала в воздушно-сухом состоянии связана с относительной влажностью атмосферы. Установлено, что до $p/p_0 \approx 0,45$ эта интенсивность резко возрастает, а затем вплоть до $p/p_0 = 1,0$ остается постоянной; переломная точка примерно отвечает 11,5 % влагосодержания, т. е. тому значению, при котором появляется в заметных количествах влага в микрокапиллярах. Активность ферментов в зерне при хранении заметно возрастает, начиная с $p/p_0 = 0,65$.

В диапазоне температур от 20 до 90 °C активность ферментов постепенно снижается, причем особенно заметно в интервале 40—60 °C.

Определенное влияние на изменение активности ферментов, несомненно, оказывает то, что по объему зерна они рассредоточены крайне неравномерно. Например, липоксигеназная активность в зародыше зерна в семь раз выше ее уровня для целого зерна, в то время как в эндосперме в 2,5 раза ниже. Активность протеаз в зародыше выше в 8—13 раз, чем в эндосперме, а в аллейроновом слое даже в 50—70 раз. Последнее особенно примечательно, так как указывает на чрезвычайно важную роль аллейронового слоя в развитии биохимических процессов в зерне при гидротермической обработке. Жизнедеятельные клетки этого слоя располагают наиболее активными ферментами, и тем более становится наглядной биологическая целесообразность его высокой гидрофильности. Влага в зерне направляется прежде всего в те участки, где возможно развитие физиологических процессов, связанных с прорастанием. При увлажнении зерна прежде всего повышается активность глутаматдекарбоксилазы.

Изменение параметров окружающей зерно среды быстро передается аллейроновому слою. В результате его ферменты повышают или снижают свою активность, что в целом сказывается на биохимических

свойствах зерна. При скоростном кондиционировании нередко наступает денатурация содержащего клеток алейронового слоя, их смертвление. Заметно проявляется это и при обработке зерна паром и нагреве до температуры 60°C, особенно сильно выше 70°C. Но и при нагреве ниже температуры 60°C, начиная от 47°C и выше, также заметны определенные изменения в клетках этого слоя; в частности, существенно снижается количество водорастворимых белков.

Все это сказывается на свойствах клейковины пшеницы, для других культур важными могут быть изменения в липидном или же в углеводном комплексе. Для всех культур выявляется также изменение активности ферментов.

Подробно физико-химические и биохимические факторы качества клейковины пшеницы изучил А. Б. Вакар. Он показал одинаковость химического состава клейковины разного качества: как слабая, так и крепкая имеют один и тот же набор аминокислот и характеризуются одинаковым соотношением глиадина и глютенина. Разница свойств клейковины обусловлена только физико-химическими особенностями ее компонентов. Следовательно, при точно рассчитанном воздействии на зерно можно обеспечить направление изменения свойств клейковины. Именно это и наблюдается при оптимальных режимах сушки и гидротермической обработки зерна. Основой для разработки таких режимов стали не только чисто технологические, но и биохимические исследования.

Подвергнутое сушке зерно претерпевает необратимые изменения. Поэтому возможности технолога в части направления изменения технологических свойств поступившего зерна могут быть ограничены. Если же зерно потеряло всхожесть, то улучшить биохимические свойства зерна гидротермической обработкой практически нельзя.

§ 7.3. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МУКИ И КРУПЫ

Биологическая ценность продуктов питания определяется не только их калорийностью, но и в значительной мере содержанием различных биологически активных веществ — витаминов, незаменимых аминокислот и других соединений, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма. Установлено, например, что при работе средней тяжести суточная потребность человека составляет в тиамине (B_1) 2 мг, рибофлавине (B_2) 2 мг, никотинамиде (РР) 15 мг.

При оценке пищевых достоинств продуктов переработки зерна их необходимо рассматривать не только как источник энергии, но и как источник белков, а также других биологически активных веществ. Считают, что в результате потребления хлеба, макарон, крупяных изделий и т. п. человек обеспечивает свои потребности в белках на 15%, а в микроэлементах на 5—20% (табл. 7.1).

Наиболее полезен пшеничный хлеб из обойной муки; при уменьшении выхода такой муки заметно снижается в ней количество витаминов. Хлеб из муки первого сорта содержит в два раза меньше тиамина и в пять раз меньше никотинамида, чем из обойной муки.

Особое значение имеет содержание незаменимой аминокислоты — лизина. Если обогащать хлеб лизином, то значительно повышается усвоемость его белков. Например, при увеличении содержания лизина в два раза показатель усвоемости белков хлеба возрастает в три раза.

Зерно содержит биологически активные вещества в небольшом количестве, а распределены они по анатомическим частям так, что при переработке в основном остаются в отрубях и мучке (рис. 7.1). В результате этого в сортовую муку или крупу переходит лишь небольшая

доля от общего содержания этих веществ в зерне. Поэтому важно повысить питательную ценность муки и крупы.

При переработке зерна применяют различные методы, обеспечивающие вовлечение биологически активных веществ в муку и крупу. Одним из таких методов является гидротермическая обработка (табл. 7.2).

Влияние горячего и скоростного кондиционирования на увеличение количества витаминов хорошо заметно. При многосортных помолах пшеницы значительно возрастает содержание витаминов в муке высоких сортов и одновременно снижается в отрубях.

При гидротермической обработке пшеницы существенные изменения претерпевает и липидный комплекс зерна в результате развития гидролитических и окислительных процессов, а также взаимодействия липидов с белками и углеводами. Степень изменений липидного комплекса и их направленность таковы, что скоростное и горячее кондиционирование предпочтительнее холодного.

Таблица 7.1. Удовлетворение потребности человека в витаминах, % от общей потребности

Хлеб	Тиамин	Рибофлавин	Никотинамид
Формовой из обойной муки:			
ржаной	40,0	32,5	15,0
пшеничный	54,0	30,5	101,0
Формовой пшеничный из муки второго сорта 85%-ного выхода	50,0	20,0	53,0
Батоны простые из пшеничной муки первого сорта 72%-ного выхода	25,0	17,0	22,4

Таблица 7.2. Содержание (мг%) витаминов в муке 70%-ного выхода

Кондиционирование	Тиамин	Рибофлавин	Никотинамид
Холодное	0,28	0,11	2,75
Горячее	0,34	0,14	3,14
Скоростное	0,40	0,14	3,74

При холодном кондиционировании наибольшее содержание витаминов наблюдается при влажности 16,0—16,5% (рис. 7.2), но их заметное увеличение начинается после того, как влажность зерна на 1 драной системе достигла 14—15%.

Биологическая полноценность муки изменяется также в зависимости от продолжительности отволаживания зерна при холодном кондиционировании, достигая максимума при 12—16 ч (рис. 7.3). Весьма заметно влияет на содержание витаминов в муке высоких сортов тепловая обработка зерна. На рисунке 7.4 приведен график, отражающий

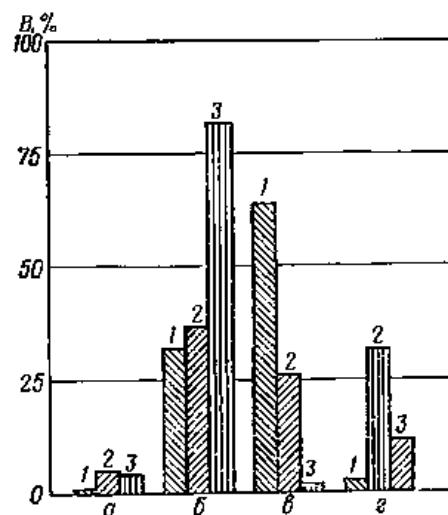


Рис. 7.1. Распределение витаминов по анатомическим частям зерна пшеницы:
a — оболочки; б — алейроновый слой; в — зародыш; г — крахмалистый эндосперм; 1 — тиамин; 2 — рибофлавин; 3 — никотинамид.

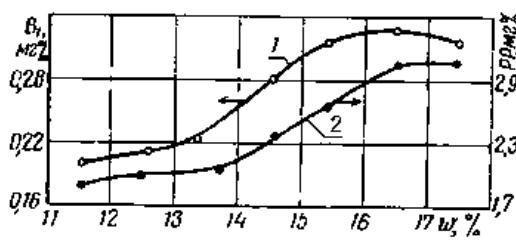


Рис. 7.2. Изменение содержания витаминов в муке 70%-ного выхода в зависимости от влажности: 1 — тиамин; 2 — никотинамид.

влияние продолжительности пропаривания при скоростном кондиционировании.

Регулируя параметры режима гидротермической обработки, можно обеспечить различное содержание витаминов в муке высоких сортов. Оптимальные значения влажности зерна, продолжительности отволаживания, температуры нагрева, длительности пропаривания, по-видимому, соответствуют тем, при которых жизнедеятельность зародыша и клеток алейронового слоя зерна максимально активизируется в данных условиях.

При помоле зерна с низкой всхожестью (10%) содержание никотинамида в муке 70%-ного выхода несколько уменьшается, чем в муке из зерна со всхожестью 94%.

В жизнедеятельных клетках перенос веществ не подчиняется простым закономерностям. Физиологам известно, что перемещение различных соединений в растении может происходить в сторону возрастания их концентрации, а не наоборот, как это наблюдается в растворах. Содержание минеральных веществ в живой клетке определяется ее биологическими потребностями, а не чисто термодинамическими параметрами.

Такой направленный перенос наблюдается и в зерне, особенно при повышении влажности и температуры. Для ячменя найдено, что по интенсивности переноса микроэлементы можно расположить в следующий ряд:



При изменении влажности зерна может быть перераспределение витаминов между его анатомическими частями. При повышении влажности зерна с 11,2 до 17,6% и отволаживании при температуре 24 °С в течение 24 ч найдено, что содержание витаминов в зародыше увеличилось: тиамина с 4,80 до 6,09 мг (на 33%), рибофлавина с 0,96 до 1,11 мг (на 16%), никотинамида с 8,26 до 14,98 мг (на 81%). Заметно возросло также их содержание в крахмалистом эндосперме, а в оболочках с алейроновым слоем уменьшилось: тиамина на 18%, рибофлавина на 32, никотинамида на 13%. По-видимому, произошел перенос витаминов по клеткам алейронового слоя к зародышу зерна.

Таким образом, посредством гидротермической обработки можно существенно повысить биологическую полноценность муки, особенно ее высоких сортов.

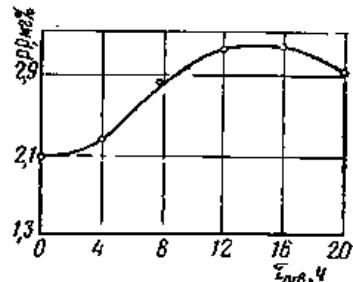


Рис. 7.3. Изменение содержания никотинамида в муке 70%-ного выхода в зависимости от продолжительности отволаживания при холодном кондиционировании.

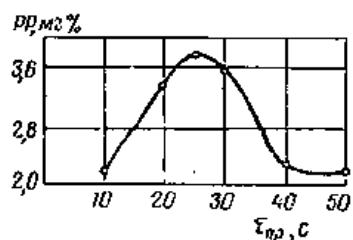


Рис. 7.4. Изменение содержания никотинамида в муке 70%-ного выхода в зависимости от продолжительности пропаривания при скоростном кондиционировании.

Можно также при формировании сортов муки на мукомольном заводе учитывать содержание в потоках муки витаминов, белка, незаменимых аминокислот, микроэлементов и регулировать их количество смешиванием этих потоков. Химический состав муки, полученной с разных систем технологического процесса, заметно различается по содержанию этих веществ. Как правило, мука с первых систем размольного процесса характеризуется наименьшим их количеством, а мука с последних систем размольного и драного процесса — наибольшим.

Например, в муке с 1-й размольной системы по сравнению с мукой с 7-й размольной системы, меньше: кальция в четыре раза, магния в 11 раз, калия в 5,5 раза, натрия и фосфора в семь раз. Содержание тиамина в потоках муки с разных систем колеблется в пределах 0,1—1,8 мг%, рибофлавина от нуля до 0,22 мг%.

Распределение различных веществ по индивидуальным потокам муки корреляционно взаимосвязано. Так, между содержанием белка в муке и микроэлементов коэффициент корреляции $r=0,652 \div 0,775$, между зольностью и содержанием микроэлементов $r=0,837 \div 0,963$, а между зольностью муки и содержанием в ней клетчатки $r=0,91$. На рисунке 7.5 показана взаимосвязь между содержанием никотинамида и зольностью зерна. Такая зависимость между зольностью и содержанием витаминов оценивается следующими коэффициентами корреляции: для тиамина $r=0,867 \div 0,989$; для рибофлавина $r=0,935 \div 0,945$; для никотинамида $r=0,932 \div 0,990$.

Резко возрастает содержание всех биологически активных веществ в муке при извлечении ее более 70%. Поэтому можно при хорошей организации технологического процесса размола зерна подмешивать в муку высоких сортов муку с конечных систем размольного процесса, богатую витаминами и микроэлементами. Но надо строго контролировать зольность, особенно белизну муки, с тем чтобы обеспечить их соответствие установленным требованиям. В таблице 7.3 приведены данные о содержании витаминов в муке различного выхода.

Таблица 7.3. Содержание витаминов, мг на 1 кг

Продукция	Тиамин	Рибофлавин	Никотинамид
Зерно	5,00—7,00	0,62—3,29	44,00—72,10
Чука:			
высшего сорта	0,79—1,30	0,75—0,61	7,00—13,50
первого "	1,27—3,70	0,37—0,61	12,50—18,50
второго "	3,80—7,40	0,50—1,10	16,50—36,10
70%-ного выхода (1 с.)	1,92	1,92	11,80
75%-ного выхода (2 с.)	4,20	2,10	30,00
бояная	4,80	3,00	59,00
уби	8,70—16,10	2,00—2,70	215,00—286,00

Таким образом, чем выше выход муки, тем лучше и ее биологическая полноценность. Но одновременно увеличивается содержание клетчатки, не усваиваемой организмом человека. Например, в муке с 3-й размольной системы только 0,80% клетчатки, а в муке с 7-й размольной системе 1,59%, т. е. более чем в пять раз.

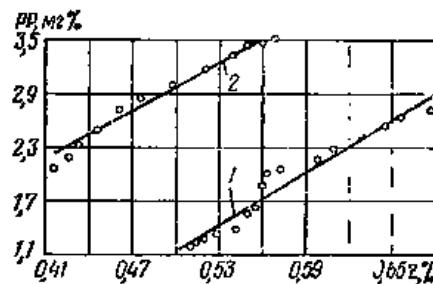


Рис. 7.5. Взаимосвязь между зольностью и содержанием никотинамида в муке 70%-ного выхода при кондиционировании:

1 — холодном; 2 — скоростном.

Рационально объединив потоки муки с разных систем технологического процесса, можно обеспечить получение таких специальных сортов, как высокобелковая, высоколизиновая мука и т. п.

Отмеченная особенность распределения химических веществ в потоках муки по системам технологического процесса наблюдается и при переработке ржи. Например, при содержании в зерне ржи 10,6% белка в муке с 5-й размолочной системы его оказалось 14,0%, а в муке с V драной системы даже 14,9%; в сеянной муке, полученной со II драной системы, содержание белка составило всего 6,8%, а с 1-й размолочной системы даже 5,6%.

При анализе сортового помола пшеницы на Ленинградском мелькомбинате им. С. М. Кирова получено, что содержание тиамина в потоках муки с различных технологических систем варьирует в пределах от 0,11 до 0,58 мг%, рибофлавина от 0,07 до 0,31, никотинамида от 1,15 до 2,75 мг%. Содержание белка составило: в муке высшего сорта 12,6%, первого 13,3, второго сорта 16,9%. Это обусловлено тем, что наиболее богаты белком те потоки муки, которые направляют на формирование второго сорта. Так, в потоках муки с V драной системы и 5-й сортировочной системы содержание белка превышает 20%, в то время как с 3-й размолочной системы только 10%, т. е. в два раза меньше.

При современной технологии сортового помола пшеницы в муке высоких сортов остается не более 30% содержащихся в зерне биологически активных веществ, около 35% в муке второго сорта, а остальное количество — в отрубях.

Особое значение имеет повышение содержания в муке высоких сортов незаменимых аминокислот, прежде всего лизина, метионина, треонина, которые международные документы определяют как лимитирующие. Эти аминокислоты также в наменьшем количестве находятся в потоках муки с последних систем технологического процесса размола зерна.

Обогатить муку можно и синтетическими витаминами. Такой процесс витаминизации осуществляют на наших мукомольных заводах (см. главу 21).

В крупяном производстве также ведут работы по обогащению крупы витаминами. Особенно важно решить эту проблему для рисовой крупы, потребление которой возрастает во всех странах. В последние годы на некоторых зарубежных крупяных заводах начали применять гидротермическую обработку риса. Разработанные способы предусматривают длительную замочку в воде при температуре 45—70 °С, пропаривание, сушку, охлаждение. В этом случае резко возрастает прочность зерновки и повышается выход целой крупы в результате снижения количества дробленых ядер. Одновременно изменяется и химический состав крупы: увеличивается содержание в ней белков, витаминов и микроэлементов. Повышенная питательная ценность и хорошая усвояемость такой рисовой крупы позволяют применять ее для диетического питания.

Применение гидротермической обработки осложняется тем, что эндосперм риса приобретает желтый цвет, что снижает товарные свойства крупы. Поэтому обогащение ее естественными витаминами в результате переноса их из семенной оболочки и албиносного слоя пока осуществить в широком масштабе не удалось. М. Е. Гинзбург предложил способ обогащения рисовой крупы синтетическими витаминами.

В гречневой крупе под воздействием гидротермической обработки снижается содержание некоторых важных аминокислот, причем этот процесс продолжается и при последующей варке каши из такой крупы. По-видимому, процесс гидротермической обработки гречихи при действующем в настоящее время режиме пропаривания несколько сни-

жает питательную ценность крупы. Необходимо изучить различные режимы пропаривания гречихи, с тем чтобы определить такой, при котором это явление не будет наблюдаться.

Во ВНИИЗ в последние годы разработан метод производства продукта типа рисовой, гречневой или ячменной крупы повышенной биологической ценности. Эту крупу формируют на прессах-экструдерах из теста, полученного из муки с определенной добавкой обезжиренного молока и других продуктов. В тесто можно вводить по рецепту различное количество витаминов, микроэлементов и т. п. В результате получается продукт с заранее заданной питательной ценностью.

§ 7.4. ПИТАТЕЛЬНОСТЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КОМБИКОРМОВ

Комбикорма и белково-витаминные добавки вырабатывают только по утвержденным единым стандартным рецептам. Они разработаны исходя из обеспечения не только высокой калорийности кормов, но и содержания в необходимом количестве всех биологически активных веществ.

Рецепты выбирают в соответствии с плановым заданием и наличием сырья. Затем проводят расчет питательности, с тем чтобы установить соответствие рецепта требованиям государственных стандартов или технических условий. Питательность определяют на основе таблиц химического состава ингредиентов или же на основе данных химического анализа, выполненного в заводской лаборатории. В рецептах полнорационных комбикормов дополнительно определяют содержание кальция, фосфора и незаменимых аминокислот: лизина, метионина, цистеина. Питательность оценивают кормовыми единицами, содержанием переваримого белка, клетчатки, а для птицы — и количеством обменной энергии.

Требования к качеству комбикормов за последние годы резко возросли. Научно обоснованное кормление животных требует, чтобы в рецептах комбикормов учитывалось соотношение между обменной энергией и протеином, клетчаткой и суммой углеводов, белковым и небелковым азотом, а также другие факторы, влияющие на обмен веществ в организме животных. В сбалансированном кормлении животных важное значение имеет содержание не только указанных выше биологически активных веществ, но и микроэлементов, каротина, антибиотиков и т. п. Полнорационный корм определяет высокий уровень физиологической активности животных, их быстрый рост и развитие, накопление жира, выработку молока, рост шерсти и т. п.

Содержание биологически активных веществ зависит от вида и возраста животного. В любом комбикорме эти вещества должны быть в строго установленном соотношении. Если же скармливать комбикорма, несбалансированные по содержанию аминокислот, микроэлементов и т. п., то существенно снижается продуктивность и увеличивается расход кормов на единицу продукции. Например, по данным Министерства сельского хозяйства СССР, при добавке к основному рациону недостающих микроэлементов могут быть повышены: яйценоскость кур и уток на 10—15%, прирост живой массы свиней на 15—20%, живой массы птицы при откорме на 3—15%, живой массы молодняка крупного рогатого скота на 10—15% и т. д. При обогащении комбикормов всем комплексом биологически активных веществ повышается эффективность их скармливания на 25—30%.

Существенно повышается усвояемость белков при наличии в комбикорме необходимого количества незаменимых аминокислот, особенно лизина. Например, сбалансированный по аминокислотному составу рацион для свиней позволяет сократить расход белка на 15%. Добав-

ка лизина в количестве 1—2 кг на 1 т комбикормов повышает усвоемость белков на 10—30%. В таблице 7.4 показано, как влияет скармливание сбалансированных кормов на производство молока, говядины, свинины и куриных яиц.

Незаменимым в комбикормах является лизин, источники которого соя, горох, мясо-костная, травяная мука, ячмень, кормовые дрожжи и некоторые другие ингредиенты (табл. 7.5).

Таблица 7.4. Затраты кормовых единиц на единицу продукции

Продукция	Сбалансированный корм	Несбалансированный корм	Перерасход, %
1 кг молока	0,8	1,5—1,8	205
1 кг говядины	6,0—7,0	10,0—11,0	165
1 кг свинины	2,5—4,0	9,0—10,0	255
10 шт. яиц	2,0—2,5	5,0—6,0	245

Таблица 7.5. Питательность кормов

Наименование	Кормовых единиц, кг/100 кг	Содержание, %		
		протеина	кальция	лизина
Ячмень	106,9	11,4	0,08	0,47
Пшеница	108,5	10,7	0,08	0,44
Рожь	109,1	9,7	0,08	0,46
Мука:				
травяная	78,0	15,1	0,90	0,57
хвойная	30,8	6,7	0,86	0,18
мясо-костная	98,6	47,2	11,00	3,01
рыбная	136,2	62,6	4,90	6,55
Сухой обрат	122,2	34,3	1,22	2,31
Дрожжи кормовые	117,4	46,2	0,88	2,87
Кормовой концентрат лизина	95,5	45,3	2,17	13,92
Горох	115,6	22,9	0,10	1,34
Кукуруза	135,7	9,0	0,12	0,34
Подсолнечный шрот	111,3	43,1	—	0,89

Следует иметь в виду, что при тепловой обработке продуктов, а также при длительном хранении лизина может переходить в связанные формы, вследствие чего усвоемость его резко снижается.

Таким образом, продуктивность животных и птицы непосредственно зависит от содержания в кормах питательных веществ и их соотношения. Главное в комбикорме не формула рецепта, а формула качественных характеристик смеси. Одни ингредиенты по рецепту могут быть заменены эквивалентными. Например, в рецепте № 1—13 для кур-несушек необходимо выдержать, чтобы на одну часть меди приходилось 3,9 части цинка и 3340 частей кальция; в этом же рецепте установлено, чтобы соотношение I : Cu : Mn соответствовало величинам 1 : 13,8 : 69,2. Минеральные вещества оказывают необходимое биологическое воздействие только при условии оптимального их соотношения. Например, при добавке их в комбикорм, уже обогащенный микроэлементами, эффективность не увеличивалась.

В тканях животных микроэлементы содержатся в количестве 10⁻⁶—10⁻³%. Они принимают участие в различных реакциях гормональных и ферментных систем. По своему физиологическому действию на организм животных их подразделяют на незаменимые, вероятно незаменимые, токсичные и физиологически неактивные. К незаменимым относятся Cu, Zn, Mn, Co, Fe, I (табл. 7.6).

Таблица 7.6. Содержание сухого вещества микрозлементов и железа в различных ингредиентах

Наименование	Микрозлементы, мг на 1 кг					Железо
	кобальт	медь	марганец	цинк	молибден	
Пшеница	0,05—0,07	3—5	40—60	20—40	0,5—1,5	100—300
Ячмень	0,05—0,07	3—5	20—30	20—40	0,5—1,5	100—200
Овес	0,03—0,08	2—5	40—80	20—40	0,5—2,0	50—150
Просо	0,05—0,08	4—5	10—20	20—30	0,3—0,7	100—150
Гречиха	0,07—0,09	2—3	20—40	30—40	0,7—1,0	50—150
Полба	0,04—0,06	4—6	20—40	30—50	0,5—0,7	100—200
Горох	0,05—0,07	6—8	50—80	30—50	0,6—1,0	100—250
Рис	0,06—0,08	3—5	50—70	20—40	0,3—0,6	100—200
Кукуруза	0,05—0,07	1—4	10—20	10—30	0,5—0,8	100—150
Рожь	0,04—0,06	3—5	30—40	20—40	0,6—0,9	100—200

Действие микроэлементов в организме животного определяется не только их содержанием в кормах, но и наличием или отсутствием других веществ. Например, избыток марганца снижает степень использования йода, меди, серы. В свою очередь, усвояемость марганца заметно снижается при избытке кальция и фосфора. Элементы Ca, Mn, Co, Pb являются антагонистами йода. Mo, Zn, Mn, сульфаты аммония и натрия при добавке их в корма снижают усвояемость меди.

Это наглядно свидетельствует о необходимости сбалансированности рецептов комбикормов по содержанию микроэлементов и строгого соответствия выработанного комбикорма установленному рецепту. В результате достигается снижение расхода кормов на 10—15% и сокращение срока откорма животных. Одновременно с этим улучшается качество продукции, т. е. мясо, яйца, молоко имеют повышенную биологическую ценность. Так, при необходимой дозировке в комбикорма солей кобальта синтез витамина В₁₂ в организме животных увеличивается в 3—4 раза. Введение в рацион солей йода, железа, меди и других элементов приводит к возрастанию их содержания в мясе и молоке, что благотворно сказывается на питании человека.

Биологически активные вещества вводят в комбикорма в виде премиксов, представляющих собой смесь витаминов, микроэлементов, антибиотиков и других веществ с наполнителем (отрубями и т. п.). норма ввода премикса 10 кг на 1 т комбикорма, что соответствует 1%. Для каждого вида и возрастной группы животных готовят премиксы по особым рецептам, учитывая физиологические особенности их организма, а также целевое назначение животных. Например, в премикс для племенных кур-несушек (рецепт II—1—1) включают витамины Е, K, В₁, В₆, В₁₂, С, которые отсутствуют в премиксе для промышленных кур-несушек (рецепт II—1—2). В премиксы для крупного рогатого скота вводят только витамин А или же А и Д.

К наполнителю премиксов предъявляют особые требования. Важное значение имеют размер частиц и его сыпучесть. Правилами ведения технологического процесса установлено, что размер частиц не должен превышать 1,25 мм, а влажность — 5—8%. Это обеспечивает хорошую смешиваемость наполнителя с солями микроэлементов и другими биологически активными веществами, а также высокую однородность премиксов.

Кроме того, наполнитель не должен нарушать баланса питательности комбикормов. Поэтому необходимо использовать обычные ингредиенты комбикормов. Наиболее пригодны в качестве наполнителей кукурузная, пшеничная, рисовая, соевая мучка, соевый, подсолнечный шрот, отруби, молотый сухой ракушечник, порошок окиси магния и

т. п. Не рекомендуется использовать рыбную и мясо-костную муку, кормовые дрожжи, сухую сыворотку, так как эти вещества относятся к скоропортящимся. Чаще всего на заводах применяют пшеничные отруби.

Минеральные вещества вводят в премиксы в виде сернокислых или же углекислых солей. Последние предпочтительнее, так как сернокислые соли имеют высокую гигроскопичность, добавка их усложняется, а однородность премиксов снижается.

В процессе хранения премиксов снижается активность витаминов, особенно при наличии некоторых солей микроэлементов. Так, в присутствии микроэлементов витамин В₂ разрушился за два месяца на 30—50%, а без микроэлементов только на 10%. Особенно усиливается разрушение витаминов при повышенной влажности.

В Латвийской ССР освоено производство минеральных премиксов, а витаминные смеси вводят в комбикорма отдельно, непосредственно на заводах. Например, премикс для кур имеет следующий состав (кг на 1 т):

Костная мука	240,3281	MnSO ₄ · 5H ₂ O	2,4833
Мел	744,9844	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0,3725
CoCO ₃	0,0323	FeSO ₄ · 7H ₂ O	2,4833
CuSO ₄ · 5H ₂ O	1,2416	KJ	0,0745

Рецепты минеральных премиксов разработаны для кур, бройлеров, цыплят, поросят, свиней, молочных коров, телят и рыб. Вводят эти премиксы в комбикорма в количестве 0,5—4,0%.

Белково-витаминные добавки, являющиеся источником протеина и биологически активных веществ, вводят в комбикорма в количестве 10—30%. Физико-механические свойства БВД (однородность, сыпучесть и т. п.) определяются свойствами входящих в их состав ингредиентов, причем главными являются влажность, размер и форма частиц (табл. 7.7).

Таблица 7.7. Состав и питательная ценность БВД

Наименование	Содержание, %
Шрот подсолнечный	38,9
Мука:	
рыбная	33,3
травяная	16,7
Мел кормовой	11,1
Итого	100,0
Кормовые единицы в 100 кг корма	83,8
Количество протеина:	
сырого	38,44
переваримого, %	34,29
переваримого из 1 корм. ед., г	409,2
Продуктивная энергия, кДж/кг	4957,0
Количество, %:	
сырого жира	4,06
сырой клетчатки	10,70
лизина	2,36
метионина	0,99
щистеина	0,60
триптофана	0,85
кальция	12,59
фосфора	2,46
хлористого натрия	1,00
Содержание каротина, мг/кг	25,05

Для БВД также разработаны и промышленность выпускает специализированные премиксы (см. главу 23).

Глава 8

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА И ИНГРЕДИЕНТОВ

Технологические свойства сырья на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах определяются следующими основными показателями: выходом готовой продукции суммарно и по сортам; качеством готовой продукции; удельными эксплуатационными расходами (затратами на переработку единицы массы зерна или же на выработку единицы массы готовой продукции).

Кроме этих показателей, в мукомольном производстве используют дополнительные: извлечение и зольность продуктов первого качества (с первых трех драных систем), показатель K (отношение выхода продукта к его зольности) и некоторые другие.

Технологические свойства зерна и ингредиентов комбикормов определяются комплексом их физико-химических, структурно-механических, теплофизических, биохимических свойств и подвержены изменению под воздействием гидротермической обработки. Готовую продукцию (мука, крупа и комбикорма) оценивают по сумме потребительских (товарных) свойств.

§ 8.1. ВЫХОД И КАЧЕСТВО ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Выход и качество готовой продукции объективно оценивают технологические свойства сырья. Эти показатели заметно изменяются под влиянием различных факторов: крупности зерна, его выполненности, относительного содержания эндосперма (ядра), влажности и т. п. Рассмотрим влияние основных факторов.

Большую роль играет крупность зерна и его выравненность. Мелкое зерно содержит меньше эндосперма, а зольность его выше, вследствие чего потенциальные возможности зерна снижаются.

На рисунке 8.1 показано, насколько снизилась кумулятивная кривая зольности муки при помоле пшеницы I типа (Бурятская АССР) в результате выделения 12% мелкого зерна проходом через сито с отверстиями размером $2,2 \times 20$ мм. Анализ кумулятивных кривых показывает, что исходная партия зерна пригодна только для выработки муки второго сорта; наименьшая зольность потоков муки с отдельных систем равна 0,76%, что выше допустимой для муки первого сорта. После удаления мелкого зерна в количестве 12% можно отобрать 38,50% муки первого сорта зольностью 0,73% и 28,11% муки второго сорта зольностью 1,16%. В результате существенно возрастает объем реализации и прибыль предприятия. Исследованиями ВНИИЗ установлено, что, если раздельно подготавливать и размалывать зерно по фракциям крупности, можно увеличить выход муки высшего сорта на 10–18%.

Важное значение имеет крупность зерна в крупяном производстве. В таблице 8.1 приведены результаты шелушения риса Кубань 3 различных фракций крупности.

С уменьшением крупности зерна заметно снижается выход целого ядра в результате увеличения выхода лузги: для крупной фракции выход лузги составил 12,0%, для самой мелкой 19,6%.

Крупа разной крупности различается и по кулинарным достоинствам.

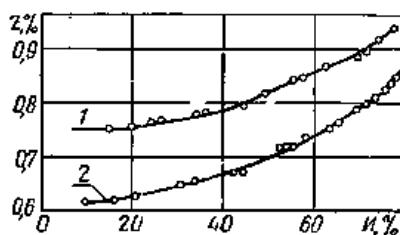


Рис. 8.1. Кумулятивные кривые зольности муки при помоле пшеницы I типа:
1 — исходная партия; 2 — та же партия после удаления мелкого зерна.

Таблица 8.1. Эффективность шелушения различных фракций риса-зерна

Фракция круности (сход с сита с отверстиями диаметром мм)	Выход целого ядра	Коэффициенты		
		шелушения $E_{\text{ш}}$	цельности ядра $E_{\text{ц.я}}$	технологической эф- фективности E
Исходный образец	78,6	100	0,95	96,0
4,0	87,2	100	0,96	96,0
3,6	83,7	99,8	0,95	95,7
3,4	82,3	99,6	0,95	94,6
3,2	80,7	99,4	0,94	93,4
3,0	78,6	99,3	0,93	92,5

Так, набухаемость рисовой крупы, выработанной из крупных фракций зерна, выше, чем из мелких фракций. При набухании в течение 1,5 ч первоначальный объем крупы из фракции зерна, полученной сходом с сита с отверстиями $\varnothing 3,6$, увеличился более чем в 2,5 раза, а объем крупы, полученной из зерна мелкой фракции (проход сита с отверстиями $\varnothing 3,2$, сход с сита с отверстиями $\varnothing 3,0$), только в 1,8 раза. Скорость поглощения влаги выше для крупы мелких фракций, в связи с чем время варки их меньше. Это справедливо и для других видов крупы.

На технологические свойства зерна влияет и влажность. В таблице 8.2 приведены данные об изменении выхода и зольности промежуточных продуктов с первых трех драных систем при лабораторном помоле пшеницы I типа на мельничной установке Нагема. При увеличении влажности зерна снижается извлечение крупной крушки, но качество ее улучшается, зольность ниже. Одновременно повышается

Таблица 8.2. Влияние влажности зерна на его мукомольные свойства

Влажность, %	Продолжительность отвалаивания, ч	Извлечение, % к I др. с./зольность продуктов, %			
		крупной крушки	средней и мелкой крушки	итого крушки	дунстов
исходная	на I др. с.				
13,6	13,6	0	46,0/1,56	12,0/0,86	58,0/1,41
12,4	15,0	12	45,0/1,32	12,4/0,72	57,4/1,19
12,5	15,6	12	44,8/1,26	12,6/0,70	57,1/1,13
12,6	16,0	12	44,2/1,20	12,7/0,68	56,9/1,08
12,9	16,4	12	43,8/1,16	12,9/0,68	56,7/1,05
12,9	16,9	12	43,0/1,13	13,0/0,66	56,0/1,02

Продолжение

Влажность, %	Продолжительность отвалаивания, ч	Извлечение, % к I др. с./зольность продуктов, %		Общее извлечение	Показатель $K = \frac{H}{z}$
		итого крушки и дунстов	муки		
исходная	на I др. с.				
13,6	13,6	63,2/1,35	9,0/0,74	72,2/1,28	56,5
12,4	15,0	62,7/1,14	9,3/0,61	72,0/1,07	67,3
12,5	15,6	62,6/1,09	9,5/0,58	72,1/1,02	69,0
12,6	16,0	62,4/1,05	9,6/0,58	72,0/0,98	73,5
12,9	16,4	62,4/1,01	9,6/0,55	72,0/0,95	76,0
12,9	16,0	68,9/0,98	10,2/0,54	71,9/0,92	78,0

извлечение и снижается зольность средней и мелкой крушки (вместе), а также дунстов и муки. Таким образом, наблюдается увеличение круности продуктов размола драных систем в сторону более мелких фракций, что объясняется повышенением степени разрыхления эндосперма при увеличении количества добавляемой к зерну воды. Однако это

происходит лишь до оптимального влагосодержания.

При дальнейшем повышении влажности свойства зерна начинают ухудшаться, что связано с пластификацией эндосперма.

Различные показатели технологических свойств зерна также изменяются под влиянием влажности (рис. 8.2). В диапазоне 16—18% влажности эти показатели имеют оптимальные значения. Особенно резко возрастает удельный расход энергии на помол при увеличении влажности зерна выше 18%.

В таблице 8.3 показано, как изменяется зольность обдирной муки 87%-ного выхода при лабораторном помоле ржи и двух вариантах схемы подготовки: с применением машин ЗШН для предварительного шелушения зерна и без них. При шелушении зерна удалено 4% оболочек.

Наименьшие значения зольности обдирной муки получены при 14,0—14,5% влажности, которая и является оптимальной для ржи. При влажности ниже и выше этого диапазона структурно-механические свойства эндосперма и оболочек различаются незначительно, что вызывает повышенное измельчение оболочек и попадание их частиц в муку.

Таблица 8.3. Зольность обдирной муки, %

Рожь	Влажность зерна на I др. с., %					
	12,0	13,0	14,0	14,5	15,0	16,0
Харьковская 194: нешелушеное зерно	1,42	1,38	1,35	1,35	1,36	1,38
»	1,37	1,30	1,28	1,28	1,30	1,32
Вятка: нешелушеное зерно	1,50	1,46	1,43	1,44	1,45	1,47
»	1,45	1,39	1,37	1,36	1,38	1,40

Заметно изменяются технологические свойства зерна и под влиянием температуры. Ее роль определяется тем, что повышение приводит к возрастанию интенсивности внутреннего влагопереноса, в результате чего увеличивается степень разрыхления эндосперма. Более заметному, чем при комнатной температуре, изменению подвергаются и такие показатели физико-химических свойств зерна, как плотность, стекловидность, объем. Кроме того, изменяется и активность ферментов, что в конечном счете влияет и на хлебопекарные свойства муки. Даже простой подогрев перед I драной системой существенно улучшает свойства зерна. Но направленно изменить их можно только при использовании специальных аппаратов — воздушно-водяных кондиционеров или же АСК по схеме горячего или скоростного кондиционирования.

Для пшеницы Саратовская 29, выращенной в Южно-Уральской области, получено, что при повышении температуры обработки зерна от 40 до 55°C суммарное извлечение крупок первого качества снижается всего на 1%, а зольность с 1,16 до 1,02%; при дальнейшем повышении температуры до 60°C зольность увеличилась до 1,15%. Для образца пшеницы того же сорта Саратовская 29, но выращенной в Куйбышевской области, оптимальная температура обработки оказалась

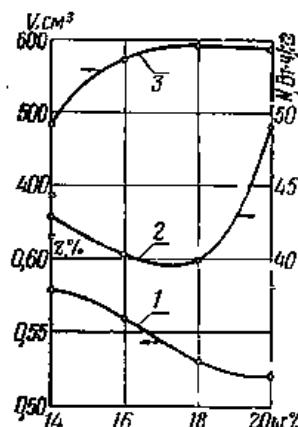


Рис. 8.2. Влияние влажности на технологические свойства зерна пшеницы I типа:

1 — зольность муки 87%-ного выхода; 2 — удельный расход энергии; 3 — объемный выход хлеба.

равной 40°С. Это свидетельствует о влиянии почвенно-климатических условий на свойства зерна.

Технологические свойства крупяных культур также зависят от режимов гидротермической обработки. Например, при оптимальном режиме пропаривания кукурузы выход крупной крупы увеличивается на 9%, эффективность отделения зародыша повышается на 20—25%. Позитивно влияет пропаривание и на потребительские свойства крупы: время развариваемости сокращается на 20%, содержание водорастворимых веществ возрастает на 20—30%, а содержание жира снижается на 25—35%. Зародышевый продукт, полученный при переработке пропаренного зерна, отличается повышенной стойкостью при хранении, что связано с инактивацией его липолитических ферментов.

Высокотемпературная быстрая сушка овса и гречихи существенно улучшает процесс шелущения. Обусловлено это извлечением влаги из цветковых пленок овса или же плодовых оболочек гречихи; они становятся хрупкими, легко раскалываются при механическом воздействии, в то время как ядро сохраняет достаточно высокую влажность и прочность.

В таблице 8.4 показано, как влияют параметры обработки паром риса на выход крупы. При повышении параметров режима гидротермической обработки (давления пара и продолжительности пропаривания) заметно снижается дробимость риса вследствие упрочнения ядра. Общий выход крупы также возрастает. Кроме того, стекловидность риса также влияет на технологические свойства: чем выше этот показатель, тем больше выход крупы и меньше дробленки. Заметно улучшаются и кулинарные достоинства крупы из зерна, прошедшего гидротермическую обработку.

Таблица 8.4. Изменение технологических свойств риса при пропаривании

Стекловидность, %	Давление пара, МПа					
	0,05		0,10			
	Продолжительность пропаривания, мин					
	9	12	15	6	9	
85,3	70,95/—	71,10/5,80	71,32/3,12	70,50/7,90	71,35/3,20	
66,6	70,30/20,50	71,50/14,21	71,70/6,13	71,45/20,15	72,70/7,24	
41,9	63,00/—	64,95/57,44	67,75/31,40	64,20/—	67,70/30,30	

Продолжение

Стекловидность, %	Давление пара, МПа					
	0,10		0,20			
	Продолжительность пропаривания, мин					
	12	3	6	9		
85,3	71,52/1,50	69,10/3,36	70,50/1,35	71,00/0,45		
66,6	73,15/5,20	73,20/4,72	73,75/3,40	73,95/2,70		
41,9	69,05/12,95	63,45/—	67,60/37,20	69,35/6,06		

Примечание. В числителе показан общий выход крупы, в знаменателе — выход дробленки, %.

Влияние температуры на технологические свойства зерна особенно наглядно проявляется при отрицательных температурах (табл. 8.5).

При понижении температуры зерна повышается извлечение крупок, но качество их резко ухудшается, что связано с повышением хрупкости.

Таблица 8.5. Влияние отрицательных температур на технологические свойства пшеницы Саратовская 29, Алтайский край

Наименование	Temperatura зерна, °C			
	+20	0	-20	-40
Крупная крупа	38,6/1,06	39,5/1,14	40,7/1,31	43,0/1,30
Средняя и мелкая крупа	22,0/0,83	21,8/0,86	21,8/0,87	21,3/1,07
Итого крупок	60,6/0,98	61,3/1,05	62,5/1,15	64,3/1,16
Общее извлечение продуктов первого качества	73,0/0,97	73,0/1,01	73,8/1,11	73,9/1,15
Показатель $K = \frac{I_{об.ч}}{z}$	75,3	72,3	66,5	64,3

Примечание. В числителе показан выход продуктов (%), в знаменателе их зольность (%).

кости оболочек в результате их промораживания. Это заметно влияет на результаты работы мукомольных заводов, расположенных в районах с континентальным климатом. В зимний и весенний периоды, когда в переработку поступает зерно с отрицательной температурой, зольность муки повышается, ухудшаются и другие показатели ее качества. Например, анализ за три года показал, что средневзвешенное значение зольности муки на Барнаульском мельзаводе № 1 в феврале составило 0,89%, а в июне 0,78%. Подобные результаты получены и на других мукомольных заводах. Коэффициент корреляции, рассчитанный для оценки взаимосвязи между пониженной температурой зерна и его мукомольными свойствами, оказался в подавляющем большинстве случаев высоким и достигал для некоторых заводов 0,88.

В комбикормовом производстве свойства большого количества различных ингредиентов должны обеспечивать высокие показатели ведения основных процессов, а именно: 1) измельчение до необходимой крупности частиц при условии низкого удельного расхода энергии; 2) хорошую смешиваемость ингредиентов; 3) высокую взаимную адгезию частиц, что необходимо для обеспечения достаточно высокой прочности брикетов и гранул, а также постоянства состава рассыпных комбикормов (отсутствие самосортирования при хранении и транспортировании).

Практика показывает, что вследствие значительного различия физико-химических и структурно-механических свойств отдельных ингредиентов комбикормов указанные требования редко выполняются. Например, высокая гигроскопичность сернокислых солей различных элементов снижает их сыпучесть и затрудняет процессы дозирования и смешивания с другими ингредиентами. Невысокая адгезия частиц вынуждает вводить в состав комбикормов при гранулировании различные связующие вещества. Улучшение технологических свойств ингредиентов комбикормов достигается предварительной их подготовкой: сушкой, гидротермической обработкой и т. п.

§ 8.2. РАСХОД ЭНЕРГИИ НА ПЕРЕРАБОТКУ СЫРЬЯ В ГОТОВУЮ ПРОДУКЦИЮ

Удельный расход энергии — это один из основных показателей, определяющих технологические свойства зерна, а также тех ингредиентов комбикормов, которые перед смешиванием должны измельчаться. Величина удельного расхода энергии определяется структурно-механи-

ческими свойствами сырья, но может зависеть и от организации процесса измельчения, конструктивных особенностей измельчающих машин, воздействия их рабочих органов на частицы и т. п.

Особенно велик расход энергии на мукомольных заводах сортового помола пшеницы и ржи. Если принять весь расход энергии на таких заводах за 100%, то на долю процесса измельчения приходится не менее 70% (табл. 8.6).

Таблица 8.6. Нормы удельного расхода электроэнергии для мукомольных заводов, кВт·ч на 1 т муки

Помолы	Заводы на механическом транспорте, отнесенные к группе			Заводы на пневматическом транспорте; по каждой группе расход энергии повышается на коэффициент
	первой	второй	третьей	
<i>Пшеница</i>				
Многосortные и 72%-ный мягкой пшеницы	56,0	60,0	61,0	1,55
Твердой пшеницы с выработкой малярной муки	60,0	60,0	60,0	1,60
Односортный 85%-ный	47,8	54,0	55,0	1,40
Обойный	21,1	22,5	23,0	1,42
<i>Ржь</i>				
Односортный 63%-ный	55,0	55,0	55,0	1,22
Двухсортный (15+65%)	45,0	45,0	45,0	1,26
Обойный 87%-ный	42,0	42,2	43,0	1,35
Обойный	22,0	23,0	23,5	1,41

Для мукомольного завода сортового помола пшеницы производительностью 300 т/сутки расход электроэнергии в течение года (рабочий период 300 дней) превышает 5 млн. кВт·ч при механическом транспорте и 8—9 млн. кВт·ч при пневматическом транспорте зерна и продуктов его размола.

Основными энергоемкими процессами являются: на мукомольном заводе измельчение зерна и промежуточных продуктов, на крупоряном заводе шелушение зерна и шлифование крупы, на комбикормовом заводе измельчение ингредиентов комбикормов. Поэтому снижать расход энергии на технологический процесс прежде всего надо в мукомольном производстве посредством рациональной организации и ведения процесса измельчения, а в крупоряном — шелушения и шлифования.

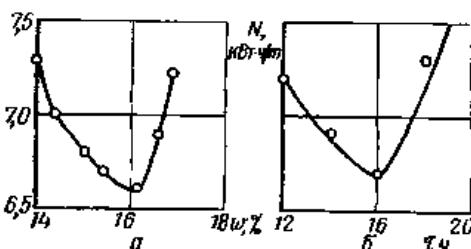


Рис. 8.3. Изменение удельного расхода энергии на измельчение зерна пшеницы IV типа в зависимости от влажности (а) и продолжительности отволаживания (б) при холодном кондиционировании.

Важное значение имеет направленное изменение структурно-механических свойств измельчаемого сырья посредством гидротермической обработки, с тем чтобы максимально снизить его прочность при условии сохранения или приобретения высоких технологических свойств.

На рисунке 8.3 показано, как влияют влажность зерна и продолжительность отволаживания при холодном кондиционировании на удельный расход энергии

(данные лабораторных помолов зерна на мельничной установке Нагема). Хорошо выявляются оптимальные значения этих параметров, отступление от которых приводит к существенному повышению расхода зчергии.

§ 8.3. ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Потребительские свойства определяют степень соответствия готовой продукции своему назначению. Мука должна обеспечивать выпечку хлебобулочных, макаронных или кондитерских изделий высокого качества, крупа — различных кулинарных блюд, комбикорма — служить высокоэффективным кормом сельскохозяйственным животным, птице и рыбе.

Потребительские свойства оценивают лабораторным анализом, а также опытной проверкой в специально организованном испытании (дегустации различных изделий или кулинарных блюд, опытном кормлении животных и т. п.).

Государственные стандарты и технические условия на готовую продукцию обязательно составляют с учетом обеспечения достаточно высоких потребительских свойств.

§ 8.4. ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СВОЙСТВ ЗЕРНА

Технологические свойства зерна реализуются в процессе его переработки в муку и крупу. Чем больше выход этих кочечных продуктов и чем лучше их качество, а также чем ниже удельные затраты на производство (расход энергии на единицу массы продукта и т. п.), тем выше оценивают технологические свойства переработанной партии зерна.

Однако технолог должен уметь оценивать технологические свойства зерна до его переработки по некоторым исходным показателям. Это возможно при наличии сведений о физико-химических, структурно-механических и биохимических свойствах зерна.

Зная исходные показатели физико-химических свойств зерна, технолог может судить не только о потенциальных возможностях получения из него определенного выхода муки или крупы, но и выбрать параметры режимов основных этапов технологического процесса (измельчения, шелушения и т. п.). Зная особенности поведения зерна данной партии при воздействии на него водой и теплом, технолог может задать режим гидротермической обработки, обеспечивающий направленное изменение технологических свойств зерна в заданном размере.

Располагая данными о структурно-механических свойствах зерна и его анатомических частей, технолог имеет возможность выбирать режим работы измельчающих или шелушильных машин так, чтобы обеспечивалась максимальная их эффективность при минимальных затратах энергии.

Сведения о биохимических свойствах зерна позволяют технологу при выборе режимов гидротермической обработки зерна, формировании потоков муки по сортам и т. п. обеспечить высокое качество готовой продукции.

Таким образом, технологические свойства зерна являются производными комплекса различных свойств, которые по отношению к технологическим будут первичными. Следовательно, между показателями, определяющими различные свойства зерна, должна существовать взаимосвязь. Исследования последних лет позволили вскрыть эту взаимосвязь, а во многих случаях и оценить количественно.

Особенно важно выявить взаимосвязь между показателями физико-химических и технологических свойств зерна. Это обусловлено тем,

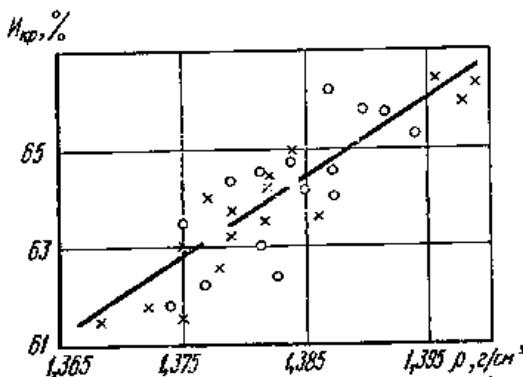


Рис. 8.4. Взаимосвязь между суммарным извлечением крупок и зерновых дунстов первого качества и плотностью зерна на I драной системе при холодном (x) и скоростном кондиционировании (o).

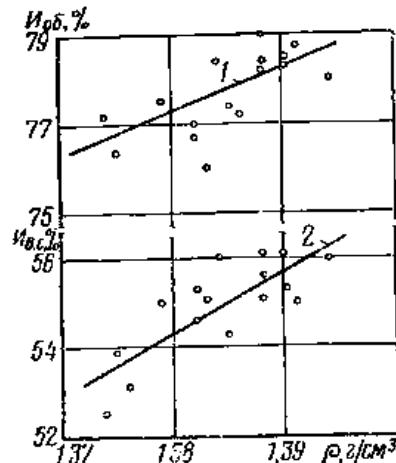


Рис. 8.5. Изменение общего выхода муки (1), выхода муки высоких сортов (2) в зависимости от плотности пшеницы I типа на I драной системе при скоростном кондиционировании.

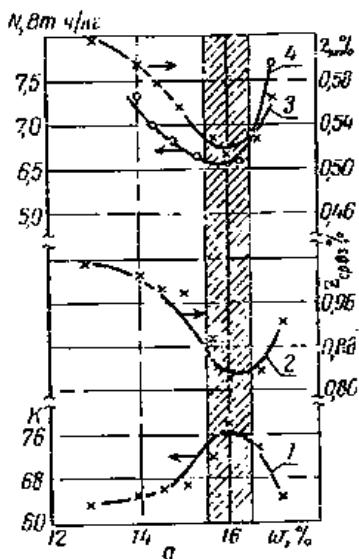
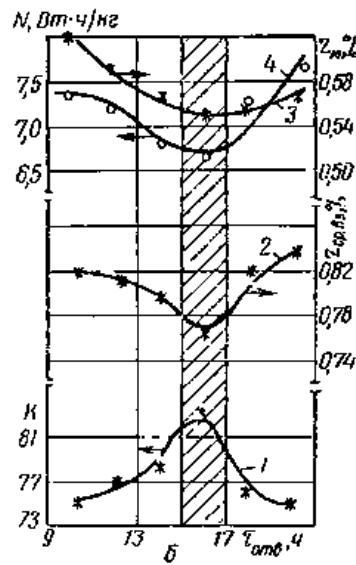


Рис. 8.6. Изменение показателей мукомольных свойств зерна в зависимости от влажности (a) и продолжительности отволаживания (б) при холодном кондиционировании:
1 — показатель K для суммарного извлечения крупок; 2 — среднезависимая зольность крупок первого качества; 3 — удельный расход энергии на измельчение; 4 — зольность муки 70%-ного выхода.



что первые могут быть определены непосредственно в производственной лаборатории с незначительной затратой времени и труда. Поэтому отпадает необходимость проведения серии лабораторных переработок зерна — достаточно провести лишь одно- или двукратную проверку режимов технологического процесса, выбранных на основании свечений об исходных физико-химических свойствах пред назначенной к переработке партии зерна.

Анализ показывает, что важнейшим из этих показателей является плотность зерна. Этот и другие показатели физико-химических свойств

зерна между собой находятся в тесной взаимосвязи. Так, коэффициенты корреляции для пар разных показателей равны:

плотность — масса 1000 зерен $r = +0,912 \pm 0,038$;
плотность — объемная масса $r = +0,638 \pm 0,100$;
плотность — общая стекловидность $r = +0,688 \pm 0,094$;
плотность — содержание стекловидных зерен $r = +0,925 \pm 0,036$;
плотность — содержание белка $r = 0,817 \pm 0,068$.

Таким образом, корреляционная взаимосвязь на уровне средней или же высокой. Этим и обусловлена высокая взаимосвязь плотности зерна и его мукомольных свойств, так как последние в той или иной степени зависят от массы 1000 зерен, объемной массы, стекловидности и т. п. Например, коэффициент множественной корреляции между общим выходом муки и комплексом показателей, включающим объемную массу, крупность зерна, выравненность партии по размерам, общую стекловидность и зольность, равен +0,970 для пшеницы IV типа и +0,900 для I типа.

Извлечение крупок первого качества возрастает с повышением плотности зерна (рис. 8.4). Для разных образцов зерна и вариантов гидротермической обработки коэффициент корреляции, оценивающий взаимосвязь этих показателей, находится между +0,810 и +0,929. Такая же высокая взаимосвязь наблюдается и для других показателей мукомольных свойств зерна, в том числе и выхода муки (рис. 8.5).

Таким образом, взаимосвязь между плотностью зерна и его мукомольными свойствами близка к функциональной. По величине плотности зерна и изменению ее при гидротермической обработке можно с высокой достоверностью судить о мукомольных свойствах зерна.

Мукомольные свойства зерна тесно связаны с его структурно-механическими свойствами (рис. 8.6). Четко выявляются оптимальные зоны влажности и продолжительности процесса, по обеим сторонам которых технологические свойства заметно ухудшаются. Значения коэффициентов корреляции, оценивающих взаимосвязь этих свойств, находятся в пределах 0,85—0,96, причем в большинстве случаев ближе к верхнему уровню.

Наличие взаимосвязи между показателями различных свойств зерна позволяет технологу судить об изменении мукомольных свойств, не подвергая зерно специальному испытанию, т. е. без проведения опытных помолов.

Раздел третий

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МУКОМОЛЬНОМ, КРУПЯНОМ И КОМБИКОРМОВОМ ЗАВОДАХ



Глава 9

СЕПАРИРОВАНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ

§ 9.1. ЗАДАЧИ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Технологический процесс производства муки, крупы и комбикормов включает одну из основных операций — разделение зерновой смеси, ингредиентов комбикормов, промежуточных и конечных продуктов переработки зерна.

Исходные партии зерна, несмотря на предварительную очистку в хозяйствах и на хлебоприемных предприятиях, представляют довольно сложную смесь зерен различных культурных и сорных растений, а также примесей минерального и органического происхождения.

Примеси состоят из индифферентного (мертвого) сора органического и минерального происхождения (комочки земли, стекло, частицы металла, камни, шлак, частицы стеблей, листьев, стержни колосьев, полова, пленки); из живого сора (семена посторонних культур, сорных растений, вредных и карантинных растений, живые насекомые — вредители хлебных запасов, их куколки и личинки); из поврежденных, щуплых, дефектных и проросших семян основной культуры.

Цель механического разделения зерновой смеси — это наиболее полное выделение только зерен основной культуры. Процесс такого разделения смеси на ее составные, более однородные части (фракции) называют сепарированием.

Процесс сепарирования на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах в основном включает две операции:

очистку зерна от примесей, ухудшающих условия его переработки или снижающих качество готовой продукции;

сортирование смеси на фракции различного качества для дальнейшей переработки.

Ниже приведены некоторые термины и понятия. Исходная смесь или исходный материал (в частности, зерновая смесь) состоит из одного или нескольких компонентов и предназначена для разделения в простом или сложном сепараторе.

Компонент — составная часть исходной смеси, отличающаяся от других компонентов по качественному признаку (зерно и примеси, крупное и мелкое зерно основной культуры).

Фракция — части, на которые делят исходную смесь по каким-либо признакам. Фракция может состоять из одного или нескольких компонентов.

Выход фракции B — количество материала, выходящего из сепаратора в данную фракцию. Обычно выход определяют в долях или в процентах от количества исходной смеси:

$$B = \frac{P}{Q},$$

где P — выход фракции, кг; Q — количество исходной смеси, кг.

Чистота фракции ϕ — относительное содержание основного компонента в данной фракции в долях от выхода.

Степень извлечения η определяют как отношение количества данного компонента в полученной фракции к количеству этого компонента, содержащегося в исходной смеси, поступающей в сепаратор. Например, степень извлечения первого компонента во вторую фракцию выражается следующей формулой:

$$\eta_{12} = \frac{\varphi_{12} P_2}{a_1 Q} = \frac{\varphi_{12}}{1 - a_1} B_2,$$

где φ_{12} — относительное содержание первого компонента во второй фракции в долях единицы; a_1 — содержание первого компонента в исходной смеси в долях единицы; B_2 — выход второй фракции.

Исходную смесь сепарируют по весьма разнообразным геометрическим и физическим признакам, свойствам зерен (частиц), размерам, форме, плотности, шероховатости, аэродинамическим свойствам, электропроводности, цвету и др.

Признаки, которые обеспечивают наиболее полное разделение исходной смеси на ее компоненты (зерно основной культуры и примеси), называют признаками делимости.

Сепаратором сълучих смесей принято считать машину со следующими рабочими органами: ситами, ячеистой поверхностью, пневмосепарирующими каналами, магнитами, электростатическими элементами. Между тем каждый из перечисленных органов можно рассматривать отдельно как самостоятельно работающий элементарный сепаратор. Соответственно существующие сепараторы условно делят на две группы: простые и сложные. Простые — такие, у которых смесь разделяется по одному признаку на две фракции (части). К ним относят сито с одинаковыми (по размерам и форме) отверстиями, триер с одинаковыми ячейками, пневмоканал однократного действия, магнитный сепаратор однократного действия и пр. (табл. 9.1).

Таблица 9.1. Классификация простых сепараторов

Признак делимости (преобладающий)	Наименование простого сепаратора
Толщина	Сито с одинаковыми прямоугольными отверстиями
Ширина	Сито с одинаковыми круглыми отверстиями
Длина	Триерная поверхность с одинаковыми ячейками
Сечение треугольной формы	Сито с одинаковыми треугольными отверстиями
Скорость витания	Аспиратор, пневмоканал
Плотность	Гидросепаратор, камнеотделительная машина
Плотность и коэффициент трения	Вибропневматический сепаратор (пневмостол, сотовечная машина)
Упругость и коэффициент ударного трения	Падди-машина
Коэффициент трения (скольжения, качения)	Фрикционный сепаратор (спиральный и ленточный сепаратор, горка)
Магнитная восприимчивость	Магнитный сепаратор (с постоянными магнитами и электромагнитами)
Диэлектрическая проницаемость	Электростатический и коронный сепаратор
Коэффициент отражения светового потока	Электронный и фотозлементный сепаратор

К сложным сепараторам, например, относят зерноочистительный сепаратор, который состоит из 5—6 простых сепараторов: трех различных сит (приемного, сортировочного и подсевного) и двух пневмосепарирующих каналов (предварительной и окончательной продувки), а также рассев для сортирования зернопродуктов.

§ 9.2. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Зерновую смесь можно сепарировать при следующих обязательных условиях:

в исходной смеси, поступающей в сепаратор, должны быть отделенные компоненты, т. е. частицы, которые могут быть выделены в данном сепараторе;

смесь, находящаяся в сепараторе, должна разрыхляться при движении настолько, чтобы внутри ее образовались полости (поры) достаточных размеров для прохождения отделимых частиц из внутренних слоев в периферийный слой, граничащий с поверхностью разделения (ситом, трилерной поверхностью и пр.);

получаемые в результате разделения фракции должны непрерывно удаляться из сепаратора.

Эти требования обеспечиваются в сепараторе, в частности, с механическим воздействием на зерновую смесь, находящуюся в рабочем пространстве. Такое воздействие в процессе сепарирования заставляет частицы перемещаться относительно друг друга, обеспечивает непрерывную подачу смеси в рабочее пространство и удаление из него полученных фракций.

Обе стадии процесса — извлечение отделимых частиц из смеси и разделение слоев — могут протекать только при наличии внешних сил, действующих на разделяемые компоненты смеси. Такими силами будут, например, аэродинамические, извлекающие из смеси отделимые частицы, обладающие большей парусностью (меньшей скоростью витания) по сравнению с частицами основного потока.

При просеивании смеси на плоском сите сепарирующими силами являются: объемные силы инерции, изменяющиеся по величине и направлению, и гравитационные силы тяжести. При просеивании смеси в цилиндрическом вращающемся сите к таким силам относят: центробежные силы инерции и силы тяжести. Во вращающемся и одновременно колеблющемся цилиндрическом сите вдоль вертикальной оси вращения сепарирующими силами являются: на первой стадии преимущественно знакопеременная сила инерции, а на второй — центробежная сила инерции. В магнитном аппарате сепарирующей силой служит магнитная сила (магнитная восприимчивость) и т. д.

Для всех простых сепараторов характерно то, что двухкомпонентная смесь разделяется при наличии двух систем сил, одна из которых приложена к частицам первого, а другая — к частицам второго компонента. При этом равнодействующие этих сил направлены противоположно. Наличие сепарирующих сил приводит зерновую смесь в разрыхленное состояние и вызывает самосортирование. Степень извлечения отделимых частиц на плоском сите прямо зависит от скорости расслоения смеси на сите. Чем быстрее протекает первая стадия, т. е. чем быстрее отделимые частицы проникают через слой смеси к поверхности сита (поверхности разделения), тем эффективнее процесс просеивания. Его вероятность (во второй стадии) определяется значительным числом факторов.

Таким образом, рабочий процесс сепарирования зерновой смеси в различных простых сепараторах протекает при наличии двух взаимосвязанных стадий, происходящих одновременно и непрерывно. Первая стадия, подготовительная, характеризуется извлечением отделимых частиц из внутренних слоев потока зерновой смеси, а вторая, заключительная, — отделением этих частиц и удалением их из сепаратора.

Общая закономерность процесса разделения заключается в том, что независимо от принципа работы простого сепаратора исходная смесь разделяется на две части — фракции (новые смеси), которые качественно отличаются от исходной смеси.

В общем случае количество фракций, получаемых в результате разделения исходной смеси в сепараторе, определяют по формуле

$$\Phi = N + 1,$$

где N — число простых сепараторов.

§ 9.3. ПОНЯТИЕ О ДЕЛИМОСТИ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ

При выборе способа разделения зерновой смеси необходимо правильно использовать различия в геометрических признаках и физических свойствах компонентов смеси. В первую очередь учитывают те признаки, которые обеспечивают наиболее полное разделение смеси на фракции с заданными показателями качества.

В связи с этим особое значение приобретают данные об изменчивости различных признаков зерен основной культуры и сопутствующих примесей. Изменчивость различных признаков изучают при массовом определении величин: длины, ширины, толщины, аэродинамических свойств, плотности и др. Результаты позволяют выбрать разделяющие факторы (размеры отверстий сит, скорость воздушного потока и пр.), т. е. выбрать те признаки, по которым наиболее резко различаются интересующие нас компоненты, что и определяет делимость данной зерновой смеси.

Для исследования физико-механических свойств компонентов зерновой смеси применяют статистические методы, выражая результаты измерений в виде вариационных рядов или вариационных кривых, определяющих частоту того или иного признака.

Из сопоставления результатов измерений данного признака, полученных отдельно для каждого компонента, можно судить, какой из них резко отличается от зерен основной культуры. В большинстве случаев вариационные кривые данного признака сорных семян и зерен основной культуры взаимно перекрываются, т. е. на некотором интервале признаки совпадают по величине. Поэтому по данному признаку полностью разделить зерновую смесь на компоненты невозможно. В зависимости от степени перекрытия вариационных кривых то или иное количество зерен основной культуры попадает в отходы. Это количество прямо зависит от требуемой чистоты фракций, получаемых в результате сепарирования.

Рассмотрим три возможных варианта двухкомпонентной смеси (например, зерно основной культуры и мелкие примеси), которая характеризуется двумя вариационными кривыми по признаку x (рис. 9.1). Заштрихованная площадь между кривой 2 и осью абсцисс определяет относительное содержание в смеси мелких примесей, а площадь между кривой 1 и осью абсцисс — зерен основной культуры.

Общий интервал Δ_0 соответствует интервалу всей смеси, в котором варьирует признак x обоих компонентов. Из первого варианта смеси (рис. 9.1, а) видно, что при величине D делящего фактора по признаку x смесь теоретически может быть полностью разделена. Такую смесь будем называть разделимой по признаку x .

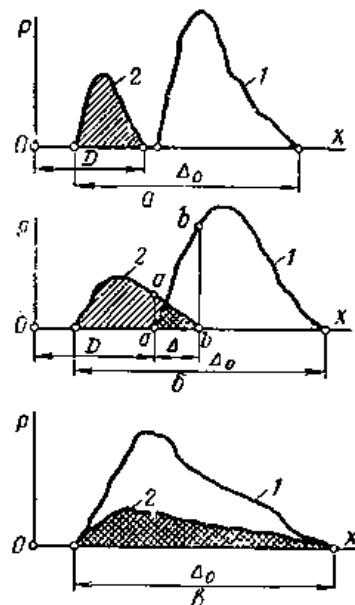


Рис. 9.1. Графики для определения делимости зерновой смеси по ширине (x):
1 — основная культура; 2 — примесь.

Второй вариант смеси (рис. 9.1, б), который в практике преобладает, является трудноразделимой смесью или не полностью разделимой.

Действительно, часть площади, ограниченной кривой 1, перекрываются заштрихованной площадью на участке с интервалом Δ . Эта часть смеси зерен не может быть разделена по данному признаку. Из нее теоретически можно выделить в два приема часть основной массы зерен в чистом виде, соответствующую площади справа от прямой $b-b$ — по делящему фактору $D+\Delta$, часть мелких примесей в чистом виде, соответствующую площади слева от прямой $a-a$ — по делящему фактору D .

Таким образом, данная смесь по признаку x может быть разделена на три фракции, при этом две из них будут представлять компоненты в чистом виде. Одна из фракций, соответствующая площади, ограниченной прямыми $a-a$ и $b-b$, содержит оба компонента и по данному признаку неразделима.

Наконец, третья смесь (рис. 9.1, в), в которой оба компонента перекрываются, относится к неразделимой смеси по данному признаку x .

Качественным критерием делимости смеси будем условно называть отношение интервалов теоретически возможного разделения компонентов к общему интервалу смеси. В данном случае делимость двухкомпонентной смеси будет характеризоваться следующим отношением:

$$\lambda = 1 - \frac{\Delta}{\Delta_0},$$

где Δ — интервал перекрытия; Δ_0 — интервал смеси.

Разделимая смесь имеет $\Delta=0$ и $\lambda=1$ (рис. 9.1, а); трудноразделимая $\Delta<\Delta_0$ и $\lambda<1$ (рис. 9.1, б); неразделимая $\Delta=\Delta_0$ и $\lambda=0$ (рис. 9.1, в).

Количественным критерием делимости двухкомпонентной смеси по одному признаку может служить соотношение

$$\lambda_0 = 1 - \frac{S}{100},$$

где S — сумма выходов (%), соответствующих площадям первого и второго компонентов, ограниченных кривыми 1 и 2, основанием Δ и ординатами $a-a$ и $b-b$ (см. рис. 9.1, б).

Статистический метод определения делимости смеси устанавливает, что для полного разделения смеси на компоненты недостаточно изучить вариации каждого признака в отдельности, а необходимо определить их корреляцию. Сущность этого метода состоит в использовании корреляционных таблиц и пространственных корреляционных решеток для выбора схемы сепарирования и соответствующих сепарирующих машин.

По оси абсцисс корреляционной таблицы строят вариационные кривые по ширине, а по оси ординат — по толщине зерен (рис. 9.2). Допустим, что в таблицу, ограниченную прямоугольником $ABCD$, вписаны числа, указывающие количество зерен определенной ширины и толщины. При этом в прямоугольнике $OPKN$ оказались числа, относящиеся к обоим компонентам, т. е. эта часть площади полностью перекрываеться. Следовательно, такая смесь по ширине и толщине неразделима. При помощи корреляционной таблицы можно определить критерий теоретической делимости, теоретически возможную степень разделения смеси и выход отдельных фракций. В частности, можно найти ожидаемую величину уноса зерен основной культуры в отходы.

Разделив исходную зерновую смесь (четыре операции) по толщине и ширине в последовательности I—I, II—II, III—III, IV—IV, можно

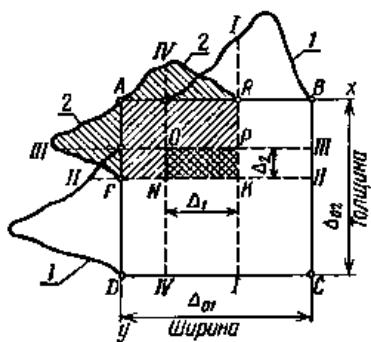


Рис. 9.2. График для определения делимости семенной смеси по ширине (x) и толщине (y):
1 — основная культура; 2 — примесь.

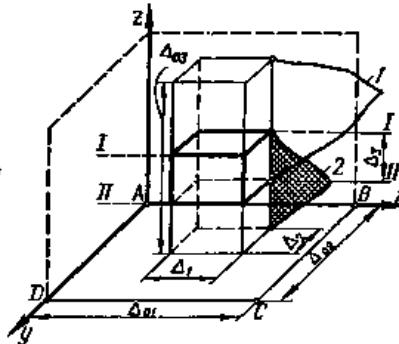


Рис. 9.3. График для определения делимости по ширине (x), толщине (y) и длине (z):
1 — основная культура; 2 — примесь.

получить часть обоих компонентов в чистом виде и неразделимую смесь зерен основной культуры и примесей, характеризуемую прямоугольником $OPKN$. Следовательно, получим три фракции: первая — очищенные зерна основной культуры, количество которых характеризуется суммой числовых показателей, помещенных на площадке $RBCDFK$; вторая — примеси, выход которых характеризуется данными, расположенными на площади $ARPONF$; третья — неразделимая смесь, выход которой соответствует сумме чисел, помещенных на площади $OPKN$.

Критерием теоретической делимости рассматриваемой зерновой смеси по двум признакам — ширине (x) и толщине (y) — может служить

$$\lambda = 1 - \frac{\Delta_1 \Delta_2}{\Delta_{01} \Delta_{02}},$$

где Δ_1 — интервал, в котором компоненты перекрываются по ширине зерен; Δ_2 — интервал, в котором компоненты перекрываются по толщине зерен; Δ_{01} , Δ_{02} — общие интервалы смеси соответственно по ширине и толщине зерен.

Количественный критерий теоретической делимости двухкомпонентной смеси по двум признакам можно определить по формуле

$$\lambda_0 = 1 - \frac{S_{\square}}{100},$$

где S_{\square} — сумма выходов (%) от исходного первого и второго компонентов с одинаковыми числовыми значениями обоих признаков (см. рис. 9.2, заштрихованная накрест площадка).

Третья фракция неразделима по ширине и толщине, но может быть разделена по другим признакам, например по длине. В этом случае не надо измерять длину всех зерен, входящих в смесь (площадь $ABCD$, см. рис. 9.2), а достаточно определить пределы варьирования смеси по длине, т. е. общий интервал по длине, и составить вариационные ряды по длине обоих компонентов, входящих только в смесь, занимающую площадь $OPKN$. Предположим, что в результате таких измерений получены вариационные кривые компонентов 1 и 2 (рис. 9.3) и определен общий интервал Δ_{03} смеси по длине зерен и интервал Δ_3 , в котором компоненты по длине перекрываются. Тогда из третьей фракции можно делением ее по длине плоскостями $I—I$ и $II—II$ получить дополнительно очищенные зерна, примеси и неразделимую смесь, соответствующую параллелепипеду с размерами Δ_1 , Δ_2 и Δ_3 (на рисунке обозначен жирными линиями).

Таким образом, в результате дополнительного разделения зерновой смеси по длине в указанной последовательности операций выход очищенных зерен увеличится. В этом случае качественный критерий делимости увеличится и будет

$$\lambda = 1 - \frac{\Delta_1 \Delta_2 \Delta_3}{\Delta_{01} \Delta_{02} \Delta_{03}},$$

где $\Delta_1 \Delta_2 \Delta_3$ — условный объем, численно равный сумме выходов заключенных в нем двух компонентов смеси с одинаковыми значениями трех признаков.

Если из полученной неразделимой смеси необходимо дополнительно извлечь чистую фракцию зерна, надо изучить вариацию этой смеси по другим признакам и использовать тот, по которому смесь все же может быть разделена.

В результате измерений различных признаков компонентов зерновой смеси и построения вариационных кривых, корреляционных таблиц и решеток можно построить технологический процесс с указанием необходимых сепарирующих органов, которые обеспечат более полное извлечение зерен основной культуры из исходной смеси.

§ 9.4. ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Эффективность разделения зерновой смеси зависит от режима работы сепаратора, который определяется следующими основными параметрами: количеством исходной смеси, поступающей в сепаратор в единицу времени, или начальной подачей; продолжительностью обработки смеси в сепараторе, или экспозицией сепарирования; физическими свойствами смеси, определяющими ее делимость.

Подача может быть выражена в единицах массы, объема или количеством элементов (частиц, зерен), составляющих смесь. Величину начальной подачи ($\text{кг}/\text{ч}$) определяют по следующей формуле:

$$G = 3600 S v p^t,$$

где S — сечение потока зерновой смеси, м^2 ; v — скорость подачи, или поступательная скорость смеси в сепараторе, $\text{м}/\text{с}$; p^t — объемная масса смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Исходя из того, что подача пропорциональна ширине потока, которую часто определяют шириной приемного фронта простого сепаратора, обычно пользуются показателем удельной начальной подачи, т. е. подачей на единицу ширины

$$q_b = 3600 \frac{S}{B} v p^t, \quad (9.1)$$

где B — ширина простого сепаратора, м .

Кроме удельной начальной подачи на единицу ширины потока, пользуются также показателем удельной начальной подачи на единицу площади сепаратора

$$q_F = \frac{G}{F} = \frac{G}{BL} = \frac{q_b}{L}, \quad (9.2)$$

где F — рабочая площадь сепаратора, $F = BL$; L — длина простого сепаратора, м .

Если принять, что сечение подаваемой в сепаратор зерновой смеси представляет собой прямоугольник с размерами B и h (где h — толщина потока), то $h = \frac{S}{B}$. В этом случае начальную удельную подачу (см. формулу 9.1) можно определить по формуле $q_b = 3600 q v$.

Величина $q = p^t h$ представляет собой удельную нагрузку на единицу площади простого сепаратора. Соответственно удельная начальная

подача на единицу площади простого сепаратора (см. формулу 9.2) будет $[кг/(м^2 \cdot ч)]$

$$q_F = \frac{q_0}{L} = 3600 \frac{q}{T},$$

где T — продолжительность сепарирования.

Производительность сепаратора — это количество зерновой смеси, которую он способен принять в единицу времени при оптимальном режиме работы, обеспечивающем высокое качество (чистоту) получаемых фракций.

В результате сепарирования не получают компоненты в чистом виде, а получают фракции — новые смеси, которые по составу отличаются большей однородностью по тем признакам, которые были положены в основу разделения зерновой смеси. Чем однороднее полученные фракции по данному признаку, т. е. чем выше показатель чистоты фракций, тем точнее сепарация, тем выше эффективность разделения. Она прямо зависит от интенсивности извлечения отделяемого компонента в данном сепараторе. Интенсивность извлечения определяют количеством материала, извлекаемого сепаратором в единицу времени через единицу площади поверхности разделения. Интенсивность извлечения пропорциональна фактической величине компонента в сепарируемой смеси в данный момент.

По мере увеличения продолжительности сепарирования интенсивность извлечения снижается: во-первых, вследствие уменьшения концентрации отделяемых частиц, во-вторых, к концу процесса остаются в сепарируемой смеси более трудные для отделения по данному признаку частицы. Поэтому скорость относительного убывания отделяемых частиц в смеси пропорциональна также некоторой функции времени сепарирования. Математически эту закономерность можно представить в следующем виде:

$$P = -\frac{dq}{dt} = -p_S q, \quad (9.3)$$

где $p_S = f(t)$ — характеризует скорость относительного убывания отделяемого компонента в зависимости от режима сепарирования и физико-механических свойств компонентов смеси; q — удельная нагрузка отделяемых компонентов на единицу площади простого сепаратора в мгновение t ,

Обозначим через q_0 начальную нагрузку при $t=0$, а через q_c конечную нагрузку по истечении времени сепарирования $t=T$. Тогда степень извлечения отделяемых частиц за время T можно определить по формуле

$$\eta = \frac{q_0 - q_c}{q_0} = 1 - \frac{q_c}{q_0}. \quad (9.4)$$

Интегрируя уравнение (9.3) в указанных пределах, будем иметь

$$\ln \frac{q_c}{q_0} = - \int_0^T p_S dt. \quad (9.5)$$

Решая совместно уравнения (9.4) и (9.5), получим

$$\eta = 1 - e^{-I}, \quad (9.6)$$

где $I = \int_0^T p_S dt$ — параметр процесса сепарирования.

Уравнение (9.6) является обобщенным уравнением кинетики сепарирования. Для некоторых частных случаев, когда исходная зерновая смесь содержит относительно большое количество легко отделяемых

компонентов, скорость убывания их может быть принята величиной постоянной, т. е. $p_s = k = \text{const}$. Тогда $I = kT$, а уравнение (9.6) можно записать как

$$\eta = 1 - e^{-kT}.$$

Функция $p_s = f(t)$ зависит от многочисленных факторов, характеризующих свойства и концентрацию компонентов смеси, ее поступление в единицу времени, тип и форму сепаратора и его режим работы. Действие некоторых из этих факторов можно оценить только совокупно, поскольку они взаимосвязаны. Вероятностный характер свойств частиц каждого из компонентов и взаимодействие их с сепаратором влияют на процесс сепарирования и носят случайный характер. Поэтому хорошие результаты при математическом описании процесса сепарирования дают применение теории случайных процессов марковского типа.

§ 9.5. СЕПАРИРОВАНИЕ ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

Геометрическими признаками для разделения зерновой смеси служат размеры зерен: толщина, ширина и длина, а также форма их поперечного сечения. Зерно злаковых культур имеет удлиненную форму, а семейства гречишных — трехгранную. К эллипсоиду вращения приближается форма семян большинства бобовых растений. Зерно чечевицы и семена некоторых сорных растений имеют чечевицеобразную форму, а зерно проса, сорго и семена растений из семейства крестоцветных — шарообразную.

Различие показателей геометрической характеристики частиц компонентов, составляющих зерновую смесь, позволяет разделять ее на фракции при помощи сит и триерных поверхностей. Наибольшее распространение получили сита — просеивающие рабочие органы, которые хорошо разделяют зерновые смеси по размерам и форме поперечного сечения.

Рабочий процесс разделения на сите состоит в том, что вследствие перемещения смеси по сите одна часть зерен проходит через отверстия, а другая остается на ситовой поверхности. Фракцию зерен, прошедшую через сито, называют проходом, а фракцию, остающуюся на поверхности сита, — сходом. Частицы, входящие в зерновую смесь и по размерам проходящие через сито, называют проходовыми, а частицы, оставшиеся на сите, — сходовыми. Как правило, при просеивании не все проходовые частицы попадают в проход (просеиваются через сито). Поэтому сход представляет смесь, состоящую из сходовых и некоторой части проходовых частиц. Остаток проходовых частиц в сходе называют недосевом.

Сито характеризуется рабочим размером отверстий и коэффициентом живого сечения. Под рабочим размером D отверстия сита понимают минимальный в свету промежуток между его противоположными сторонами. Для круглого отверстия рабочим размером служит диаметр, а для треугольного — сторона правильного треугольника. Коэффициент живого сечения ϕ есть отношение суммарной площади отверстий ко всей рабочей площади сита.

Для очистки и сортирования зерна по размерам поперечного сечения применяют сита с перфорированными отверстиями (штампованные) и реже сита из тканых сеток.

В зависимости от формы и размеров зерен смеси применяют ту или иную конфигурацию отверстий сит, которая в основном обусловлена повышением вероятности просеивания.

В зависимости от размеров отверстий сита разделяют по номерам. Номером сита с перфорированными отверстиями называют число, соответствующее рабочему размеру отверстия в миллиметрах, умно-

женному на десять. Например, для сита с прямоугольными отверстиями шириной 1,75 мм номером будет число 17,5. Номером проволочного сита с квадратными отверстиями называют число, соответствующее размеру стороны отверстия в миллиметрах. Например, для проволочного сита с квадратными отверстиями 0,4 мм^2 номером будет число 04.

В качестве рабочих органов для разделения зерновой смеси на фракции по длине частиц используют триерные устройства с ячейми определенной формы и размеров.

Сепарирование по толщине (рис. 9.4). Для разделения исходной зерновой смеси по толщине используют сито с отверстиями прямоугольной формы. Если толщина зерен h будет больше ширины отверстия, то они не пройдут через отверстия и попадут в сход (условно в первую фракцию); в проход (вторую фракцию) пройдут частицы, которые имеют поперечные размеры меньше рабочего размера D .

При скольжении по ситу продлговатых частиц они сохраняют устойчивое положение, при котором большая ось частиц располагается параллельно поверхности сита.

Для увеличения вероятности прохождения частиц длину отверстий подбирают несколько больше длины проходовых частиц (зерен). Кроме того, для расположения длиной оси зерна вдоль отверстия, а следовательно, и для увеличения вероятности попадания частиц в прямоугольные отверстия, применяют гофрированные сита. Соответствующие продольные канавки, на дне которых расположены отверстия, обеспечивают направленное движение зерен длиной осью вдоль канавки и прокидывание их в отверстие.

Сепарирование по ширине (рис. 9.5). Сход с сита с круглыми отверстиями состоит из зерен, не прошедших через отверстия, а проход — из зерен, ширина b которых меньше рабочего размера D . Вероятность попадания удлиненной частицы в отверстие круглой формы значительно меньше, чем короткой или сферической. Поэтому для сортирования зерен удлиненной формы применяют сита с круглыми воронкообразными отверстиями.

Разделение по форме поперечного сечения. Для разделения зерен, имеющих поперечное сечение треугольной и круглой формы, применяют сита с круглыми или треугольными отверстиями (рис. 9.6). На ситах с треугольными отверстиями выделяют зерна, которые в поперечном сечении имеют форму треугольника со сторонами, меньшими, чем стороны отверстия. Например, стручки (плоды) ликой рельбы (сечение в форме круга) остаются на поверхности сита с треугольными отверстиями, а

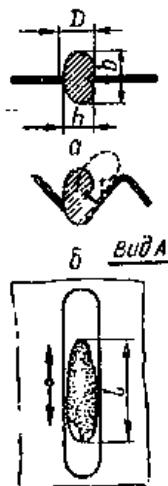


Рис. 9.4. Разделение зерновой смеси по толщине:
— плоское сито; б — гофрированное сито.

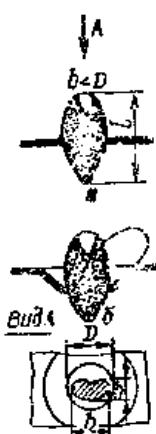


Рис. 9.5. Разделение зерновой смеси по ширине:
а — плоское сито; б — гофрированное сито.

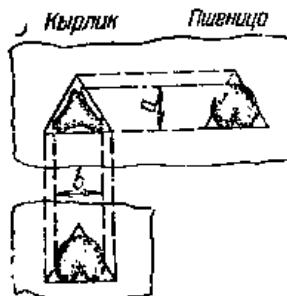


Рис. 9.6. Разделение зерновой смеси пшеницы и татарской гречихи (кирлик) по форме поперечного сечения.

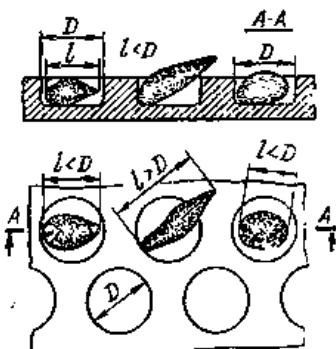


Рис. 9.7. Разделение зерновой смеси по длине.

ситах с круглыми отверстиями будет эффективнее разделяться на ситах с отверстиями треугольной формы, так как площадь поперечного сечения татарской гречихи меньше площади сечения пшеницы.

Аналогично для очистки зерна гречихи от стручков дикой редьки предварительно сортируют исходную смесь на фракции на ситах с круглыми отверстиями, а затем каждую из фракций просеивают на ситах с треугольными отверстиями, при этом в сход отделяются стручки дикой редьки.

Сепарирование по длине. Зерна с одинаковым поперечным сечением и различной длиной на ситах не разделяются. Для их сепарирования используют триерные поверхности с полусферическими или карманообразующими ячейками (рис. 9.7).

В результате относительного движения смеси короткие зерна попадают в ячей, затем в сборный лоток и далее при помощи шнека или другого устройства выводятся из сепаратора.

Длинные зерна не попадают в ячей, скользят по триерной поверхности и сходят с нее. По аналогии с ситами фракцию коротких зерен, попавших в ячей, а затем в лоток, можно назвать проходом, а фракцию длинных зерен, оставшихся на триерной поверхности,—сходом.

Триеры, применяемые для очистки пшеницы и ржи от коротких примесей (куколя, дикого гороха, гречихи, битых зерен пшеницы и ржи), называют куколеотборочными машинами. В этом случае диаметр D ячеек от 3 до 5 мм; выделенные короткие примеси попадают в проход, а сходом идет очищенное зерно.

Триеры, применяемые для очистки пшеницы и ржи от длинных примесей (овсюг, овса, ячменя), называют овсюгоотборочными машинами. Диаметр D (рабочий размер) ячеек для отбора овсюга и овса 8—11 мм, а для отбора ячменя 7—9 мм. В проход попадают, как более короткие, зерна пшеницы и ржи, а в сход — зерна ячменя и овса.

Зерна основной культуры и примеси имеют различную длину. Поэтому неизбежно попадание некоторой части коротких зерен основной культуры в примеси, и, наоборот, некоторое количество примесей остается в основной массе зерен. Кроме правильного подбора размеров ячей, большое значение приобретает настройка режима работы триера, в частности установление оптимального положения лотка триера и его загрузка зерновой смесью.

§ 9.6. СЕПАРИРОВАНИЕ ПО АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Принцип воздушной сепарации зерна основан на различии аэродинамических свойств компонентов зерновой смеси. Основным показателем является скорость витания.

зерна гречихи (треугольной формы) проходят через отверстия. Сорные семена татарской гречихи, имеющие в сечении треугольную форму, проходят через сито с треугольными отверстиями, а пшеница, которая засорена этим сорняком, остается на поверхности.

Для эффективного разделения подобных смесей необходимо прежде всего рассортировать исходный материал на фракции по ширине на ситах с круглыми отверстиями. Зерна пшеницы и семена татарской гречихи, характеризуемые одинаковым диаметром описанной окружности, отличаются формой поперечного сечения. Поэтому предварительно рассортированная смесь на

Если в вертикальный воздушный поток поместить несколько частиц, то каждая из них будет находиться под действием силы тяжести G , приложенной к центру тяжести частицы, и силы сопротивления R , равной подъемной силе воздушного потока при движении частицы вверх или динамическому сопротивлению воздушной среды при движении частицы вниз.

При турбулентном движении воздушного потока, наблюдающемся в пневмосепарирующих каналах, сила сопротивления в основном зависит от динамического воздействия потока на частицу и определяется по формуле Ньютона

$$R = \xi F \frac{\rho_a v_b^2}{2},$$

где ξ — коэффициент аэродинамического сопротивления; F — площадь проекции частицы на плоскость, нормальную к вектору относительной скорости (миделево сечение); ρ_a — плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; v_b — относительная скорость обтекаемой частицы и потока, $\text{м}/\text{с}$.

Величина коэффициента ξ зависит от формы частицы, состояния ее поверхности и режима потока, т. е. от критерия Рейнольдса (Re). В вертикальном восходящем воздушном потоке силы тяжести и силы сопротивления, действующие на частицу, всегда направлены в противоположные стороны. Поэтому возможны три случая (рис. 9.8): $R_1 > G_1$ — частица движется вверх; $R_2 = G_2$ — частица находится в равновесии (витает); $R_3 < G_3$ — частица движется вниз.

Таким образом, отношение R/G определяет направление движения частиц и свидетельствует о возможности их разделения воздушным потоком. При $R/G = 1$ относительная скорость частицы равна абсолютной скорости воздушного потока, но направлена в противоположную сторону. Скорость, при которой частица находится во взвешенном состоянии, называют скоростью витания или критической скоростью,

$$v_b = \sqrt{\frac{2G}{\xi \rho_a F}}. \quad (9.7)$$

Следует подчеркнуть, что скорость витания, определяемая по формуле (9.7), относится к одиночной частице, находящейся в потоке, без воздействия на нее соседних частиц. В случае стесненного движения скорость витания выражается формулой

$$v'_b = (1 - k_n)^3 \left[1 - \left(\frac{d_n}{l - d} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} v_b, \quad (9.8)$$

где $(1 - k_n)^3$ — коэффициент, зависящий от концентрации частиц в потоке; $\left[1 - \left(\frac{d_n}{l - d} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}$ — коэффициент, определяющий влияние геометрических параметров частиц и канала.

Для всех нешарообразных частиц (в частности, для зерен продолговатой формы — пшеницы, ржи, ячменя) значение скорости витания может быть различным и зависеть от ориентировки зерновки в потоке; на ее величину влияет площадь миделевого сечения.

Различие скоростей витания компонентов смеси служит показателем возможности их разделения. Чем больше разность между значениями скоростей витания компонентов, тем точнее может быть разделена данная смесь.

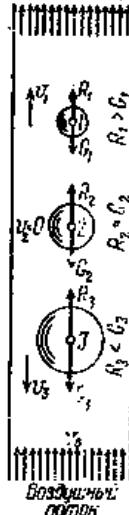


Рис. 9.8 Разделение зерновой смеси по скорости витания.

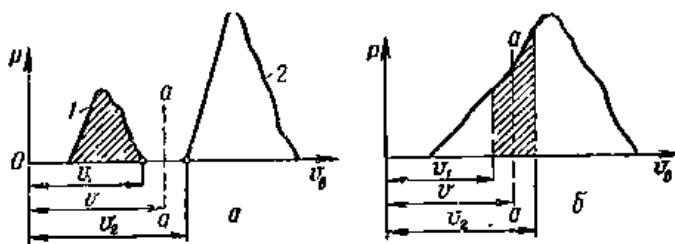


Рис. 9.9. Распределение компонентов смеси по скорости витания:
а — легкоразделимая; б — трудноразделимая.

Для разделения смеси на две фракции, отличающиеся значениями скоростей витания, например $v_1 < v_2$, необходимо так подобрать скорость v воздушного потока, чтобы она находилась между значениями указанных скоростей витания, т. е. $v_1 < v < v_2$.

Допустим, что требуется разделить при помощи воздушного потока смесь, состоящую из двух компонентов: зерен данной культуры и легких примесей. Распределение этих компонентов по скоростям витания показано на рисунке 9.9, а, где легкие примеси характеризуются заштрихованной частью площади вариационных кривых. Для полного разделения смеси необходимо, чтобы скорость воздушного потока была равна полусумме скоростей витания, т. е.

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

На рисунке 9.9, а показана легкоразделимая смесь. На практике имеют дело с трудноразделимыми смесями, например однокомпонентная смесь, состоящая из зерен одной культуры с различными аэродинамическими свойствами, из которой требуется выделить малоценные (щуплые и легкие) зерна. Вариационная кривая распределения зерен по скоростям витания показана на рисунке 9.9, б, где количество малоценных зерен характеризуется площадью, расположенной левее границы $a-a$. Учитывая неравномерность воздушного потока, а также непрерывное изменение мидлевого сечения (вследствие вращения продолговатых зерен), точно разделить смесь на две фракции по границе $a-a$ нельзя. Как правило, получают две фракции, в которых содержится оба компонента. Это объясняется тем, что некоторая часть зерен со скоростями витания v_1 и v_2 , близкими по величине к средней скорости воздушного потока (по обе стороны границы разделения $a-a$), с одинаковой вероятностью может попасть в любую из двух фракций.

Кроме того, унос легких частиц из сепарируемой смеси зависит от их концентрации в воздушном потоке. Чем больше концентрация зерен в рабочей зоне пневмосепаратора, тем меньше степень разделения смеси на компоненты. Это объясняется тем, что при увеличении концентрации повышается скорость воздушного потока в межзерновом пространстве и вследствие увеличения числа соударений между зернами часть тяжелых частиц выбрасывается из сепарируемой смеси и попадает во фракцию легких. В то же время часть легких частиц увлекается тяжелыми, не успевает выделиться из смеси и попадает во фракцию тяжелых частиц.

Технологическая эффективность процесса пневмосепарирования зависит от удельной нагрузки, равномерности скоростного поля воздушного потока в рабочей зоне пневмоканала, равномерности подачи зерновой смеси, скорости ее ввода и скорости воздушного потока. Влияние нагрузки зависит от объемной массы зерна. Чем она больше, тем

большую нагрузку можно дать пневмосепарирующему устройству при получении той же заданной технологической эффективности. При этом необходимо иметь в виду, что с повышением удельной нагрузки эффект разделения и четкость сепарирования ухудшаются.

С повышением средней скорости воздушного потока возрастает степень очистки зерна от легких примесей, однако при этом резко увеличивается унос полноценного зерна в легкую фракцию, т. е. снижается четкость сепарирования. Поэтому при настройке режима работы пневмосепарирующего устройства необходимо особое внимание обращать на выбор средней скорости воздушного потока. Критерием может служить допускаемое содержание полноценного зерна в легкой фракции.

§ 9.7. СЕПАРИРОВАНИЕ ПО АЭРОГРАВИТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ

Примеси, которые нельзя отделить от зерна основной культуры при помощи сит, триеров и воздушного потока, относят к трудноотделимым, например равновеликие сорняки культурных и сорных растений в пшенице — ячмень, спорынья, курай, дикая редька, татарская гречиха и пр., а также галька, осколки стекла, кусочки металла, шлака и т. п. Многие из этих примесей успешно выделяются в вибропневматических сепараторах по различию совокупности свойств.

Принцип действия вибропневматических машин характеризуется тем, что слой зерновой смеси, находящейся на воздухопроницаемой плоскости, которая совершает вибрационное движение, продувается снизу вверх непрерывной воздушной струей. В результате действия направленных возвратно-поступательных вибраций и восходящего потока воздуха резко проявляются различия физико-механических свойств отдельных компонентов зерновой смеси: плотности, коэффициента трения, скорости витания. Она приобретает свойства текучести, происходит псевдоожижение слоя смеси, находящегося на разделительной плоскости.

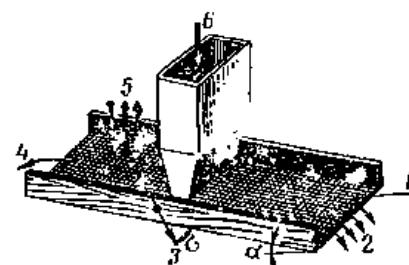
Рабочий процесс сепарирования зерновой смеси состоит из двух стадий. Первая, расслоение, характеризуется тем, что зерновая смесь под действием воздушного потока и колебаний расслаивается по плотности и массе частиц. Тяжелые частицы опускаются вниз, легкие выносятся (всплывают) на поверхность слоя, а те частицы, скорость витания которых в стесненных условиях (см. формулу 9.8) равна скорости воздушного потока, занимают средний слой. Вторая стадия — это разделение слоев на фракции по качественным признакам, она завершающая. Эту операцию осуществляют при помощи трех способов, обеспечивающих избирательное транспортирование:

первый — так называемое противоточное разделение расслоенного материала на две фракции легкоразделимых смесей — тяжелых и легких частиц (рис. 9.10); этот способ использован в вибропневматических камнеотделительных машинах БМК-1,5;

второй — всерное разделение слоев зерновой смеси, происходящее по разгрузочной линии колеблющейся деки (разделительной пло-

Рис. 9.10. Противоточное разделение зерновой смеси на две фракции:

- воздухопроницаемая плоскость (дека); 2 — легкая фракция (зерно); 3 — направление колебаний деки;
- тяжелая фракция (камни); 5 — направление воздушного потока; 6 — поступление исходной смеси;
- продольный угол наклона деки; 8 — угол направления колебаний деки.



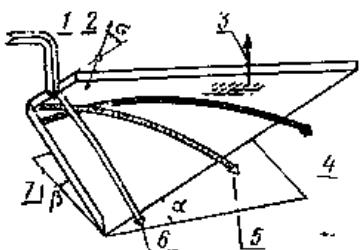


Рис. 9.11. Веерное разделение зерновой смеси на фракции:

1 — поступление исходной смеси; 2 — направление колебаний деки; 3 — направление воздушного потока; 4 — тяжелая фракция; 5 — промежуточная фракция; 6 — легкая фракция; 7 — горизонтальная плоскость; α — продольный, β — поперечный углы наклона деки; γ — угол направления колебаний деки.

сности), имеющей наклон в продольном и поперечном направлениях (рис. 9.11); этот способ применен в пневматических сортировальных столах с рифлеными (типа БПС) и нерифленными деками (ПСС-2,5);

третий — просеивание нижних слоев зерновой смеси (тяжелых зерен) с разделением их на фракции (проходы через сита) с убывающим значением плотности и индивидуальной массой зерен; этот способ использован в зерноситовеочных машинах А1-БЗГ (рис. 9.12).

Исходя из изложенного, современные вибропневматические машины можно разделить по основным рабочим органам на два типа: первый — с непросеивающими разделительными плоскостями и второй — с просеивающими разделительными плоскостями. По способу деления аэрируемых слоев на фракции эти машины условно можно поделить на три класса: первый — противоточные; второй — веерные; третий — просеивающие.

Процесс сепарации в вибропневматических машинах зависит от многих факторов, важнейшие из них — это число и амплитуда колебаний деки, скорость фильтрации воздушного потока, плотность частиц зерновой смеси, скорость их витания в стесненных условиях, коэффициент трения (основные признаки делимости частиц), а также размеры и форма частиц (сопутствующие признаки).

Технологическая эффективность сепарирования в значительной мере зависит от кинематических параметров и скорости воздушного потока в межзерновом пространстве, которые подбирают так, чтобы спущившиеся на поверхность деки тяжелые частицы (зерна) находились в контакте с ней (безотрывно) до конца процесса разделения.

Исследования, проведенные по ВНИИЗ, а также сравнительные испытания зерноситовеочной машины А1-БЗГ и БПС показали, что первая имеет значительные преимущества перед второй. В частности, при одинаковой технологической эффективности и занимаемой площади производительность машины А1-БЗГ в четыре раза больше, а энергоемкость на 1 т зерна (с очисткой воздуха) в 8—10 раз меньше. Это объясняется тем, что в машине А1-БЗГ тяжелые зерна, достигшие поверхности сита, просеиваются и освобождают рабочую поверхность (разделительную плоскость), а вместо прошедших через сито зерен в рабочее пространство поступает дополнительное количество исходной смеси.

Технологическая эффективность сепарирования трудноразделимых смесей в зерноситовеочной машине А1-БЗГ характеризуется следующими данными: степень очистки η_{22} после однократного пропуска при

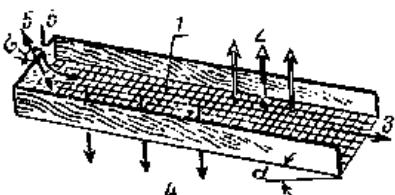


Рис. 9.12. Пневмовибрационное просеивание:

1 — ситовая поверхность; 2 — направление воздушного потока; 3 — сходовая фракция (легкая); 4 — проходовая фракция (тяжелая); 5 — направление колебаний деки; 6 — поступление исходной смеси; α — продольный угол наклона сита к горизонту; β — угол направления колебаний.

производительности 10 т/ч и при выходе зерна 80% по кураю в пшенице 99%; по коству во ржи 94; по комочкам твердой головни в ячмене 98; по дикой редьке в гречихе 82; по дикой редьке в ячмене 96%.

§ 9.8. СЕПАРИРОВАНИЕ ПО МАГНИТНЫМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Сепарирование в магнитном и электромагнитном сепараторах. В зерновой смеси, поступающей для переработки на мукомольные, крутильные и комбикормовые заводы, попадаются металлические примеси. Наличие их в зерне может привести к повреждению рабочих органов машин, а также к образованию искр, способных вызвать взрыв и пожар. Поэтому очистка зерновых смесей от металлических примесей имеет особо важное значение.

Из числа металлических примесей сравнительно легко могут быть выделены из зерновой смеси так называемые металломагнитные примеси (сталь, чугун, никель и кобальт).

В основе процесса лежит различие в магнитных свойствах компонентов смеси, обусловливающее превышение магнитной силы над механическими силами, действующими на металломагнитные частицы в рабочем поле сепаратора.

Магнитный сепаратор (рис. 9.13, а) состоит из ряда подковообразных магнитов, полюса которых расположены на наклонной поверхности, по которой перемещается продукт. Его направляют на магниты тонким слоем при сравнительно небольшой скорости, благодаря чему улучшается отделение металломагнитных примесей. Сила притяжения магнитным полюсом таких примесей прямо пропорциональна квадрату плотности магнитного потока, который определяется числом магнитных силовых линий, приходящихся на 1 см² поверхности полюса магнита.

Учитывая, что эффективность извлечения металломагнитных примесей зависит от силы притяжения магнитов, предпочитают применять вместо постоянных магнитов электромагниты (рис. 9.13, б), так как сила их притяжения больше и зависит только от силы тока.

Анализ работы магнитных сепараторов показал, что эффективность извлечения металломагнитных примесей зависит от двух элементов процесса: собственно улавливания магнитом металломагнитных частиц из продукта и удерживания их на магните, т. е. от способности частиц противостоять движущемуся продукту.

С уменьшением скорости движения продукта можно достигнуть лучшего качества удерживания частиц. Это достигается при угле наклона, превышающем угол естественного откоса на 3—5°. Чтобы удержать металломагнитные примеси, рабочий орган сепаратора сделан в виде ступенек (рис. 9.13, а). В этом случае примеси не уносятся движущимся продуктом, а смещаются под ступеньку.

Недостатками таких сепараторов являются очистка магнитов вручную и периодическое перемагничивание подков. Этих недостатков лишены электромагнитные сепараторы, которые обеспечивают равномерную регулируемую подачу продукта с небольшой скоростью при постоянной толщине слоя, а имеющаяся механическая очистка гарантирует регулярность удаления металломагнитных примесей.

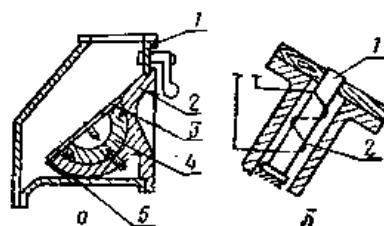


Рис. 9.13. Схемы действия сепараторов для очистки зерна от металломагнитных примесей:
а — статического; 1 — корпус; 2 — магнитодержатель; 3 — полюсная накладка; 4 — магнит из сплава Магнис; 5 — ступенка, где задерживаются примеси;
б — электромагнитного; 1 — сердечник; 2 — соленоид.

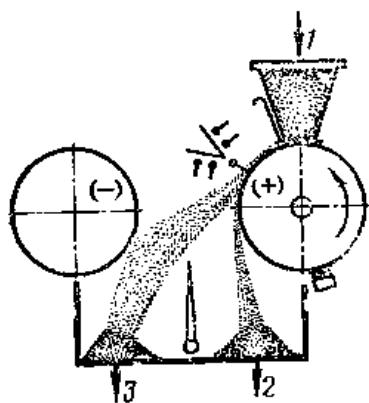


Рис. 9.14. Процесс разделения в коронном электросепараторе:
1 — исходная смесь; 2 — первая фракция; 3 — вторая фракция.

Электросепарирование. Сущность процесса электросепарирования состоит в том, что если частицам зерновой смеси сообщить заряд и поместить их в электрическое поле, то в результате взаимодействия внешнего поля с полем заряженной частицы электрические силы совершают механическую работу, которая используется для сепарирования.

Электросепарирование включает в основном два этапа: зарядку частиц электростатическим и разделение заряженных частиц при помощи электростатических сил. Способы предварительной зарядки частиц обусловливаются электропроводностью, диэлектрической постоянной и другими свойствами частиц. Сепараторы, в которых частицы заряжаются перечисленными способами, называют электростатическими, а в

которых частицы заряжаются коронным зарядом — коронными.

Электрические сепараторы подразделяют: по используемым в них свойствам сепарируемых частиц (электропроводность, диэлектрическая постоянная, заряд от трения и др.), по способу зарядки частиц (соприкосновение с электродами, ионизация и др.) и по характеру создаваемого электрического поля (статическое поле, поле коронного разряда, рис. 9.14). В каждом конкретном случае используют те из них, при помощи которых достигается максимальная разность в величинах зарядов компонентов смеси или приобретаются различные знаки последних.

Заряженные частицы, перемещаемые в электрическом поле достаточной интенсивности, заряжаются в результате воздействия на них механических сил, обусловленных электрическим полем. Величину их определяют такие факторы, как крупность частиц, плотность, форма и др., а также конструктивные особенности сепараторов (способ подачи смеси в электрическое поле, способ удаления из сепаратора фракций).

Механизм процесса электросепарирования зависит от многих факторов, к числу которых относят следующие: физико-механические свойства зерновой смеси (электропроводность, диэлектрическая постоянная, размеры, форма, плотность); напряженность электрического поля; скорость рабочих органов электросепаратора; толщину слоя продукта, поступающего в электросепаратор; продолжительность зарядки частиц; величину сил притяжения и сил свободных зарядов; влажность сепарируемой смеси.

Опыты по выявлению зависимости электропроводности от влажности пшеницы и семян сорных растений позволили установить, что наибольшая электропроводность у куколя, затем овса, твердой пшеницы, а наименьшая — у мягкой пшеницы. Каждый из исследованных компонентов имеет критическую влажность, при которой происходит резкое изменение электропроводности, что зависит от формы связи влаги с зерном. Электропроводность куколя и овса резко возрастает при влажности 13,5—14,5%, в то время как электропроводность пшеницы при этой же влажности изменяется незначительно.

§ 9.9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Приведенные выше критерии делимости, а также возможные величины выходов отдельных компонентов, полученных в результате сепарирования на выбранных рабочих органах, следует рассматривать как

теоретически возможные, которые дают только качественную оценку. Практически в результате разделения смесей даже при правильном выборе делящих факторов нельзя получить компоненты в чистом виде, т. е. 100%-ного разделения.

Получаемые фракции в большинстве случаев состоят из смеси компонентов, входящих в исходную смесь, но в других соотношениях. Чем выше чистота полученных фракций, тем точнее проведено сепарирование и, следовательно, тем выше технологическая эффективность разделения. Задача сепарирования состоит в том, чтобы получить фракции однородные, т. е. получить компоненты в чистом виде, в количестве, содержащемся в исходной смеси.

Проанализируем эту задачу для случая разделения двухкомпонентной смеси на две фракции. Условно назовем первой фракцией ту, в которой преобладает первый компонент, а второй фракцией — второй компонент. Обозначим содержание первого компонента в исходной смеси через a_1 , а второго — через a_2 , выраженные в долях единицы. Пусть в результате сепарирования двухкомпонентной смеси $a_1 + a_2 = 1$ на две фракции получены следующие показатели: B_1 — выход первой фракции; B_2 — выход второй фракции. При этом в первой фракции содержится первого компонента φ_{11} и второго $\varphi_{21} = 1 - \varphi_{11}$; соответственно во второй фракции φ_{12} первого и $\varphi_{22} = 1 - \varphi_{12}$ второго компонента.

На основе материального баланса указанных компонентов можно записать следующие равенства:

$$\varphi_{11}B_1 + \varphi_{12}B_2 = a_1; \quad \varphi_{21}B_1 + \varphi_{22}B_2 = a_2.$$

Разделив первое равенство на a_1 , а второе — на a_2 , получим

$$\frac{\varphi_{11}B_1}{a_1} + \frac{\varphi_{12}B_2}{a_1} = 1; \quad \frac{\varphi_{21}B_1}{a_2} + \frac{\varphi_{22}B_2}{a_2} = 1.$$

Нетрудно заметить, что первая дробь в левой части первого равенства представляет собой степень извлечения η_{11} первого компонента в первую фракцию, а вторая — извлечение η_{12} первого компонента во вторую фракцию. Соответственно, во втором равенстве первая дробь η_{21} — это степень извлечения второго компонента в первую фракцию, а вторая η_{22} — степень извлечения второго компонента во вторую фракцию. С учетом сказанного можно записать

$$\eta_{11} + \eta_{12} = 1; \quad \eta_{21} + \eta_{22} = 1. \quad (9.9)$$

В результате сепарирования произойдет приращение концентрации основных компонентов в полученных фракциях по сравнению с содержанием их в исходной смеси, т. е. для первого компонента $\varphi_{11} — a_1$, для второго $\varphi_{22} — a_2$. В идеальном случае $\varphi_{11} = \varphi_{22} = 1$.

Следовательно, при оптимальных условиях сепарирования это приращение в конечных фракциях по сравнению с исходной смесью должно быть для первого компонента $1 — a_1$, для второго $1 — a_2$.

Таким образом, степень обогащения компонентов можно представить следующими отношениями:

для первого компонента

$$\varepsilon_1 = \frac{\varphi_{11} — a_1}{1 — a_1};$$

для второго компонента

$$\varepsilon_2 = \frac{\varphi_{22} — a_2}{1 — a_2}.$$

Суммарная степень обогащения, или показатель технологической эффективности сепарирования двухкомпонентной смеси на две фракции, должна быть равна средневзвешенной величине частных значений, т. е.

$$E_2 = \varepsilon_1 B_1 + \varepsilon_2 B_2. \quad (9.10)$$

В развернутой форме формула (9.10) суммарной технологической эффективности сепарирования зерновой смеси на две фракции имеет следующий вид:

$$E_2 = \frac{P_1}{Q} \cdot \frac{\Phi_{12} - a_1}{1 - a_1} + \frac{P_2}{Q} \cdot \frac{\Phi_{22} - a_2}{1 - a_2}. \quad (9)$$

При сепарировании n -компонентной смеси на n фракций будет иметь

$$E_n = \frac{1}{Q} \sum_i^n P_i e_i = \sum_i^n B_i \frac{\Phi_{ii} - a_i}{1 - a_i}. \quad (9.11)$$

Формулу (9.11) для определения технологической эффективности сепарирования двухкомпонентной смеси на две фракции можно представить для первого компонента в более простом виде, а именно

$$e_1 = \frac{\Phi_{11} - a_1}{1 - a_1} = 1 - \frac{\Phi_{21}}{a_2}.$$

Это означает, что степень обогащения первого компонента в первой фракции находится в обратной зависимости от содержания второго компонента в этой фракции. Соответственно для второго компонента имеем

$$e_2 = \frac{\Phi_{22} - a_2}{1 - a_2} = 1 - \frac{\Phi_{12}}{a_1}.$$

Тогда формула (9.11) преобразуется в следующий вид:

$$E_2 = B_1 - \frac{\Phi_{21}}{a_2} B_1 + B_2 - \frac{\Phi_{12}}{a_1} B_2 = 1 - \eta_{21} - \eta_{12}.$$

Так как $1 - \eta_{21} = \eta_{22}$ и $1 - \eta_{12} = \eta_{11}$, то окончательно получим:

$$E_2 = \eta_{22} - \eta_{12} = \eta_{11} - \eta_{21}. \quad (9.13)$$

Таким образом, технологическая эффективность сепарирования двухкомпонентной смеси на две фракции в простом сепараторе определяется разностью между степенью извлечения одного компонента в данную фракцию, определяющую ее чистоту, и степень извлечения второго компонента, оставшегося в этой фракции вследствие несовершенства сепарации.

В частном случае, когда чистота одной из фракций равна единице, например если проход через сито является отделимым компонентом, то технологическая эффективность будет равна степени извлечения проходового компонента.

В частности, применяя формулу (9.13) для определения технологической эффективности очистки зерна от примесей в одном сепараторе или наборе различных сепараторов, в качестве первого компонента принимаем зерно основной культуры, а второго — отделимые примеси в указанных сепараторах. Тогда η_{22} будет означать степень извлечения отделимых примесей, а η_{12} — степень извлечения (уноса) полиценных зерен в отходы вследствие несовершенства процесса сепарирования. Обозначим через:

G_0 — количество исходной зерновой смеси, т; a_k — начальную чистоту исходной смеси (по основному зерну) в долях единицы; a_n — конечную чистоту очищенного зерна; G_k — количество очищенного зерна, т; B — выход очищенного зерна в долях единицы; p_0 — содержание отделимых примесей в исходной смеси, т; p_n — то же, в очищенном зерне (конечном продукте), т.

Тогда степень извлечения примесей будет

$$\eta_{22} = \frac{p_0 - p_k}{p_0} = \frac{G_0(1 - a_n) - G_k(1 - a_k)}{G_0(1 - a_n)} = 1 - \frac{1 - a_k}{1 - a_n} B.$$

Соответственно степень извлечения (уноса) полноценного зерна в отходы

$$\eta_{12} = \frac{G_0 a_n - G_k a_k}{G_0 a_n} = 1 - \frac{a_k}{1 - a_n} B.$$

После подстановки найденных значений в формулу (9.13) и преобразований получим (%):

$$E_2 = \frac{(a_k - a_n) B}{a_k (1 - a_n)} \cdot 100. \quad (9.14)$$

Пример. Предположим, что исходная партия зерна массой 500 т содержит 20% отделимых примесей (т. е. $a_n=0,8$). После сепарирования в зерноочистительном отделении получены две фракции: масса первой 400 т, второй 100 т. На основании лабораторного анализа установлено, что в первой фракции (в очищенным зерне) содержится 2% отделимых примесей, т. е. чистота конечного продукта $a_k=0,98$ (98%). Таким образом, выход очищенного зерна

$$B = \frac{400}{500} = 0,8 \text{ (80%).}$$

Тогда технологическая эффективность будет (см. формулу 9.14)

$$E_2 = \frac{(98 - 80) \cdot 80}{80 (100 - 80)} \cdot 100 = 90\%.$$

Пример. После очистки партии пшеницы массой 30,6 т, содержащей 17% легкоделимых примесей, в воздушно- ситовом сепараторе ЗС-50 получено 9 т отходов с содержанием в них отделимых примесей 30%. Требуется определить технологическую эффективность сепарации.

Степень извлечения второго компонента (отделимых примесей) определяем как отношение отделимых примесей, содержащихся в отходах, полученных после очистки данной партии, к количеству тех же примесей в исходной смеси. В нашем случае

$$\eta_{12} = \frac{\Phi_{12} B_1}{a_2} = \frac{0,3 \cdot 9,0}{0,17 \cdot 30,6} = 0,519 \text{ (51,9%).}$$

Таким образом, степень очистки зерна от примесей равна 51,9%. Однако сепаратор работал не в оптимальном режиме, что подтверждается содержанием (уносом) зерна в отходах в количестве $\Phi_{12} B_2 = 0,7 \cdot 9,0 = 6,3$ т. Следовательно, степень извлечения зерна (первого компонента) в отходы

$$\eta_{12} = \frac{\Phi_{12} B_2}{a_1} = \frac{0,7 \cdot 9,0}{0,83 \cdot 30,6} = 0,248 \text{ (24,8%).}$$

Поэтому обобщенный показатель технологической эффективности должен быть уменьшен по сравнению с показателем степени очистки зерна на 24,8%, т. е.

$$E = \eta_{12} - \eta_{12} = 51,9 - 24,8 = 27,1\%.$$

Тот же результат получим, если воспользуемся правой частью равенства (9.13), т. е. формулой $E = \eta_{11} - \eta_{12}$. Для этого анализируют на содержание компонентов первую фракцию.

Глава 10 ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРНА

После сепарирования и выделения из зерновой смеси различных примесей следует очистка поверхности зерна.

На поверхности отдельных зерен и в бороздке находится значительное количество минеральной пыли, микроорганизмов, которые необходимо удалить, так как, попадая в муку, они ухудшают ее качество.

На мукомольных заводах для очистки поверхности зерна применяют боечные машины с абразивной поверхностью или со стальным цилиндром и щеточные машины (сухой способ очистки поверхности зерна). Кроме боечных и щеточных машин, используют моечные машины (мокрый способ очистки поверхности зерна).

§ 10.1. ОБРАБОТКА ЗЕРНА В ОБОЕЧНЫХ И ЩЕТОЧНЫХ МАШИНАХ

На мукомольных заводах широкое распространение получили обоечные машины радиально-бичевого типа с наждачным (ЗНП) или стальным (ЗНП) цилиндром и щеточные машины типа БШМ и БШП для предприятий с механическим и пневматическим транспортом зерновых продуктов.

Зерно через приемный патрубок обоечной машины поступает в цилиндр, подхватывается вращающимися бичами и отбрасывается на рабочую поверхность цилиндра. В результате многократных ударов и интенсивного трения зерна о рабочую поверхность и бичи очищается поверхность зерна от пыли, удаляется бородка, частично верхний слой плодовой оболочки и зародыш.

Обработка зерна в обоечных машинах. Зерно, ударяясь о поверхность абразивного цилиндра, приобретает кинетическую энергию E (кг·м), возникшую при ударе бичом:

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где m — масса одного зерна, кг·с²/м; v — скорость движения зерна (м/с), равная окружной скорости движения бича в момент удара.

Таким образом, степень очистки поверхности зерна зависит в основном от окружной скорости бичей и в меньшей степени от массы зерна. С повышением окружной скорости бичей увеличивается сила удара и, следовательно, лучше очищается поверхностный слой зерна. Однако окружная скорость бичей не должна превышать максимально допустимую, при которой разрушается зерно.

В обоечной машине в результате удара зерновки об абразивную поверхность и трения происходит разрушение поверхностного слоя зерна. Его прочность снижается, и одновременно нарушаются связи с последующими слоями оболочек. Благодаря многократному механическому воздействию бичей и абразива на зерно с его поверхности стирается минеральная пыль, загрязнения, а также частицы плодовых оболочек. Главное воздействие оказывает шлифующая обечайка, по которой зерно перемещается в условиях ударно-скользящего трения с наибольшей скоростью. Внутренние силы трения (зерновок между собой) играют незначительную роль.

Степень или характер шлифования поверхности зерна зависит от микрошероховатости абразивной поверхности, структуры зерна и окружной скорости бичей. При износе абразивной поверхности, а также снижении частоты вращения бичей эффективность шлифования уменьшается.

Технологическая эффективность работы обоечных машин зависит от окружной скорости бичей v (м/с), нагрузки Q (кг/ч), расстояния между рабочими поверхностями l (мм), работы аспирации, состояния поверхности обечайки и других факторов.

Окружную скорость бичевого барабана следует выбирать в зависимости от обрабатываемой культуры, например для ржи (обладающей более вязкой структурой по сравнению с пшеницей) $v=15\div18$ м/с, для мягкой пшеницы $v=13\div15$, для твердой пшеницы (обладающей наиболее хрупкой структурой) $v=10\div11$ м/с.

С уменьшением расстояния бичей от обечайки интенсивность шелушения увеличивается, так как величина силы удара зерна о ее поверхность возрастает. Расстояние кромок бичей от обечайки выбирают в пределах 20—30 мм. При обработке стекловидного зерна (легко поддающегося разрушению) это расстояние должно быть больше, а при обработке мунистого или влажного — меньше.

Образовавшаяся пыль плотно прилипает к поверхности зерна, заглаживает неровности, царапины и трещины. Поэтому полностью удалить аспирацией нельзя. Необходимо отметить, что, хотя запыленность зерна после пропуска через обоечную машину с абразивным цилиндром повышается, характер пыли, покрывающей зерно, и ее зольность измениются. Пыль, покрывающая зерно до пропуска его через обоечную машину, — минеральная (зольность около 20%), а после — органического происхождения (зольность пыли около 5%).

По правилам организации и ведения технологического процесса на укомольных заводах эффективность работы оценивается снижением зольности зерна: для обоечных машин с абразивным цилиндром на 0,03—0,05%, а с металлическим на 0,01—0,03%. Количество разрушенных зерен в первом случае не должно превышать 2%, а во втором 1%. Дополнительными показателями эффективности работы обоечных машин являются характер повреждения оболочек и зольность пыли. Поверхность зерна должна быть без значительных повреждений, а зольность пыли — не менее 10%.

Обработка зерна в щеточных машинах. Для отделения отслоившихся частиц оболочек и удаления пыли с поверхности и из бороздки зерна после обоечных машин используют щеточные. Технологическая эффективность работы щеточной машины зависит в основном от воздушного режима и характеризуется снижением зольности зерна, которое должно составлять примерно 0,01—0,03%. Дополнительными показателями являются количество и качество отходов, а также степень запыленности зерна. Количество отходов должно быть 0,2—0,3% по отношению к массе зерна, а зольность отходов 4,0—4,5%. Количество отсасываемого воздуха должно быть не меньше, чем указано в паспорте.

В результате износа щеток технологическая эффективность резко снижается, поэтому рекомендуется систематически проверять расстояние между рабочими поверхностями и регулировать зазор между ними (он должен быть 3—6 мм).

§ 10.2. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕРНА

Повысить степень очистки поверхности зерна можно, обработав его в шелушильных машинах ЗШН. Проведенные исследования показали, что в этом случае с поверхности зерна удаляются верхние, наиболее загрязненные оболочки, вместе с ними минеральная пыль, а также значительное количество бактерий и плесневых грибов. Изменяются показатели качества зерна: зольность (при отделении 3% оболочек) снижается на 0,10—0,11%, содержание клетчатки на 0,92—0,96%, относительное содержание крахмала повышается на 2,44—2,62% и объемная масса на 56—58 г/л.

В настоящее время шелушильные машины ЗШН используют при очистке поверхности зерна ржи и реже для пшеницы.

§ 10.3. ОБРАБОТКА ЗЕРНА В МОЕЧНЫХ МАШИНАХ

В процессе очистки зерна в обоечных машинах на его поверхности остается значительное количество органической пыли, а в глубине бороздки — минеральной. Наряду с этим зерно сильно травмируется. Вместо гладкой поверхности получают очень неровную, с массой микроскопических надрезов поверхность, что в итоге оказывается на прочности оболочек и как следствие на зольности муки.

Более совершенным способом очистки поверхности зерна от пыли и микроорганизмов является обработка зерна водой в моечных машинах. Особенно велико значение мойки при обработке дефектного зерна, пораженного головней, или горькоподъянью.

В настоящее время для мойки зерна применяют моечные машины ЗКМ-60 и БМЗ-10.

Зерно через питатель подается в шнеки, расположенные в моечной ванне, которые, создавая при своем вращении восходящие струи воды, поддерживают зерно во взвешенном состоянии и вместе с водой перемещают его к отжимной колонке. При движении зерна в моечной ванне из него выделяются минеральные примеси (камни и песок), которые нижними, параллельно расположенным шнеками, перемещаются в направлении, обратном движению зерна в бак для камней, из которых они периодически удаляются.

Из моечной ванны зерно верхними шнеками подается в сплавную камеру, в которой легкие примеси всплывают и периодически удаляются из машины. Зерно под давлением воды поступает в отжимную колонку. В это время происходит дополнительное ополаскивание зерна чистой водой, что снижает его запыленность. В отжимной колонке под действием лопастей ротора зерно перемещается вверх к выходному отверстию; во время этого пути происходит обезвоживание и шелушение зерна.

Таким образом, в моечной машине происходит увлажнение зерна; очистка поверхности и бороздки от пыли; выделение тяжелых и легких примесей; механическое обезвоживание в отжимной колонке; шелушение зерна, т. е. частичное отделение плодовой оболочки, бородки и зародыша.

При поступлении зерна в шnek моечной ванны в непосредственном соприкосновении с водой происходит смачивание зерна под действием поверхностных (адсорбционных) сил. Они возникают в результате взаимодействия между молекулами вещества зерна и молекулами воды. В этот момент зерно адсорбирует максимальное количество воды, которое оно способно удержать. Адсорбционное поглощение воды протекает мгновенно и сопровождается резким увеличением влажности зерна (при мерно на 4—5%). В результате смачивания поверхность зерна покрывается пленкой воды, состоящей из нескольких слоев, толщина которой зависит от влагоудерживающей способности плодовой оболочки.

Загрязнение поверхности зерна резко снижает адсорбцию воды, а повреждение поверхностного слоя оболочек увеличивает водопоглощение.

Эффективность мойки зависит от величины сил сцепления загрязнений с поверхностью зерна. Наиболее эффективно водой удаляются примеси, молекулы которых сильно взаимодействуют с молекулами воды.

Завершающий этап мойки зерна — это его обезвоживание. В отжимной колонке удаляется только часть поглощенной воды. Общее увеличение влажности зерна после пропуска зерна через машину составляет 2,5—3,5%.

Технологическая эффективность работы моечных машин зависит от нагрузки Q (т/сутки), удельного расхода воды на 1 кг зерна (% к массе зерна), окружной скорости бичевого барабана v (м/с).

В таблице 10.1 приведены данные о влиянии производительности моечной машины и расхода воды на величину зольности зерна. С увеличением расхода воды и снижением производительности моечной машины зольность зерна уменьшается, т. е. эффект очистки поверхности зерна улучшается. Кроме того, степень увлажнения зерна зависит не от величины расхода воды, а от производительности моечной машины. Зольность зерна в результате удаления части оболочек и минеральной пыли с поверхности и бороздки зерна снижается на 0,01—0,03%.

В таблице 10.2 приведены данные о влиянии удельного расхода воды и окружной скорости ротора отжимной колонки на приращение злаков в зерне. С увеличением удельного расхода воды степень увлажнения

Таблица 10.1. Влияние нагрузки на технологическую эффективность работы моечной машины

Производительность, т/сутки	Расход воды, л/кг	Влажность зерна, %			Зольность зерна, %		
		до мойки	после мойки	приращение	до мойки	после мойки	снижение
100	0,68	13,2	16,8	3,6	1,89	1,86	0,03
140	0,50	13,4	16,8	3,4	1,86	1,84	0,02
190	0,35	13,5	16,8	3,5	1,85	1,84	0,01

Таблица 10.2. Влияние окружной скорости бичей отжимной колонки на величину увлажнения зерна

Окружная скорость ротора, м/с	до мойки	Влажность зерна (%) при расходе воды, л на 1 кг					
		0,9		1,8		3,6	
		после мойки	приращение	после мойки	приращение	после мойки	приращение
15	11,2	13,1	1,9	13,3	2,1	13,5	2,3
18	11,2	12,7	1,5	12,9	1,7	13,1	1,9
21	11,2	12,3	1,1	12,6	1,4	12,7	1,5
24	11,2	12,0	0,8	12,2	1,0	12,3	1,1

возрастает, а с повышением окружной скорости вращения ротора (при одном и том же расходе воды) снижается, так как увеличивается интенсивность обезвоживания зерна. При окружной скорости ротора более 18 м/с увеличиваются потери сухого вещества (с 0,9 до 1,2%) в результате разрушения зерна и уноса его частиц с отработавшей водой. Одновременно увеличивается расход энергии на привод машины.

Положение приемного ковша оказывает влияние на степень выделения минеральных примесей. Ковш следует устанавливать в крайнее положение по отношению к оси отжимной колонки. Уровень воды в ванне также влияет на выделение тяжелых минеральных примесей; необходимо следить, чтобы вода доходила до оси зернового шнека. При уровне воды в ванне ниже оси шнека камни перемещаются совместно с зерном, и тем быстрее, чем ниже уровень воды в ванне, в результате чего эффективность работы моечной машины резко снижается.

Проведенные испытания показали, что выделение минеральных примесей (камни и песок) в моечной машине удовлетворительное. При искусственном засорении минеральными примесями (в количестве 4,5% по отношению к массе зерна) после мойки зерно содержало 0,2% таких примесей.

Анализ сточной (отработавшей) воды показал, что зольность высушенного плотного остатка в ней не превышала 5,3%, что указывает на значительное содержание в нем частиц зерна (до 0,5%), которые в дальнейшем должны быть выделены.

Расход воды в моечной машине с использованием части отработавшей воды составляет 0,7—1,0 л на 1 кг зерна, а с использованием только свежей воды до 2,5 л. Технологическая эффективность работы моечной машины характеризуется снижением зольности на 0,02—0,04%. Необходимо отметить, что этот показатель не характеризует полностью работу моечных машин, так как не дает достаточного представления об очистке поверхности зерна. Поэтому дополнительными показателями должны быть: количество и зольность пыли, находящейся на поверхности зерна до и после мойки, количество и качество отходов, уносимых с отработавшей водой.

§ 10.4. МОКРОЕ ШЕЛУШЕНИЕ ЗЕРНА

К числу недостатков работы моечной машины следует отнести большой расход воды, высокую ее стоимость, а также то, что спуск воды в канализацию регламентируется соответствующими санитарными нормами.

С целью значительного сокращения расхода воды проводят исследования по созданию новых конструкций машин с минимальным расходом воды. В них происходит мойка зерна с последующим удалением влаги центробежным способом, одновременно осуществляется также шелущение зерна.

Комбинированная машина для мокрого и сухого шелушения зерна по конструкции во многом аналогична отжимной колонке моечной машины ЗКМ-60. Зерно лопастями поднимается вверх, при этом очищается его поверхность от загрязнений и микроорганизмов, зерно увлажняется и слегка шелушится. Оболочечные частицы, осевшие на обечайке, смываются вниз. Потребление воды составляет около 0,2 л на 1 кг пшеницы, т. е. около $\frac{1}{5}$ от количества, необходимого для моечной машины; соответственно снижается количество сточных вод.

При очистке малом расходе воды и кратковременном, но интенсивном процессе шелушения зерно пшеницы в среднем увлажняется на 1,0—1,2%. Исследования показали, что при одновременном применении камнеотделительной машины и машины для мокрого шелушения зерна зерно по степени очистки не уступает полученному после моечной машины. Если при сухой очистке количество бактерий снижается в $2\frac{1}{2}$ раза, то при влажной очистке в пять раз.

§ 10.5. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды моечных машин уносят с собой наряду с минеральными примесями, также органические (частицы оболочек, зародыша и некоторое количество разрушенных зерен, семян сорняков и др.). Количество этих отходов зависит от засоренности зерна и нередко достигает 0,3—0,5% от массы зерна.

С целью сокращения расхода воды на мойку зерна и для улавливания примесей из сточных вод неоднократно предпринимались попытки создания установок, обеспечивающих возможность повторного использования воды, а также очистки ее перед спуском в канализацию.

Один из предложенных методов заключается в применении быстроходных жидкостных сепараторов, основным рабочим органом которых является вращающийся с большой скоростью барабан с пакетом тарелок. Вода и твердые примеси в сепараторе разделяются под действием центробежной силы. При этом удается осадить частицы столь малой величины, на которые сила тяжести при обычном отставании почти не оказывает влияния. Кроме того, разделение осуществляется чрезвычайно быстро.

Эффективность очистки моечных вод в жидкостном сепараторе может быть повышена при предварительном добавлении коагулянта — сернокислого алюминия в количестве от 0,1 до 0,5%. При добавлении в

Рис. 10.1. Схема контроля моечной воды:

1 — моечная машина; 2 — зерноуловитель; 3 — центробежный сепаратор; 4 — хлоратор; 5 — смеситель

поток очищаемой воды 0,2% коагулянта вода после очистки по бактериологическим показателям доводится до кондиций питьевой.

Результаты экспериментальных исследований позволили сделать вывод об эффективности очистки воды при помощи жидкостных сепараторов, особенно при сепарировании с коагулянтом; бактериологически чистый фугат можно возвращать в производство для мойки зерна.

По второму методу рекомендуют сочетать мойку зерна с одновременной обработкой его ультразвуком. По данным лабораторных исследований, этот метод повышает эффективность мойки. Кроме этих методов, испытывают схему очистки воды с применением гидроциклонов и ультрафиолетового облучения.

На рисунке 10.1 показана принципиальная схема утилизационной установки для очистки сточной воды моечных машин. Вода поступает в зерноуловитель, где из нее выделяются крупные примеси, и далее в центробежный сепаратор, где очищается. Профильированная вода сливаются в бак для хлорирования. После отстаивания очищенную и обеззараженную воду насосом подают по трубам в бак, где она смешивается с чистой водой и возвращается на мойку зерна. Выделенные крупные примеси отжимают в прессе и сушат в шнековой сушилке.

Глава 11

ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА

Основная цель гидротермической обработки на мукомольных и крупяных заводах состоит в направленном изменении исходных технологических свойств зерна в заданном размере с целью стабилизации их на оптимальном уровне.

Поступающее зерно обычно имеет невысокую влажность, структурно-механические свойства эндосперма и оболочек различаются незначительно. Вследствие этого разделить их трудно и результаты переработки такого зерна получаются невысокими. При проведении гидротермической обработки стремятся прежде всего усилить различие свойств оболочек и эндосперма (ядра). При этом на мукомольном заводе процесс ведут так, чтобы спасти прочность эндосперма и повысить прочность оболочек, а на крупяном заводе — наоборот: повысить прочность ядра и уменьшить прочность оболочек (пленок). Чем в более значительном размере произойдут эти изменения, тем выше будет эффективность переработки зерна в муку или крупу. Степень изменений технологических свойств зерна определяется конкретным оформлением гидротермической обработки (методом и режимом процесса) и прежде всего особенностями взаимодействия зерна с водой.

§ 11.1. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗЕРНА С ВОДОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Варьируя влажность зерна в процессе гидротермической обработки, технолог добивается направленного изменения всего комплекса его свойств, с тем чтобы обеспечить в дальнейшем максимальную технологическую и экономическую эффективность переработки зерна в муку и крупу. Именно, для того чтобы обеспечить изменение технологических свойств зерна строго в заданном размере, и необходимо знать особенности развития процесса взаимодействия зерна с водой в различных условиях, а также особенности развития процессов в зерне, сопровождающих внутренний влагоперенос.

Условия, в которых происходит увлажнение зерна (режим процесса), могут быть различными. Однако независимо от этого взаимодействие воды с биополимерами зерна должно быть в общих чертах неиз-

менным. Поэтому удобно проанализировать особенности этого процесса в условиях наиболее простого — сорбционного увлажнения зерна.

Влаго-сорбционные свойства зерна, его анатомических частей и биополимеров. Влажность зерна зависит от тех условий, в которых оно находится. Способность гидрофильных биополимеров зерна поглощать и удерживать влагу зависит от температуры окружающей среды, ее влагонасыщенности и некоторых других условий, из которых наиболее важные — это особенности анатомического строения и химического состава зерна. Вслед за изменением параметров внешней среды происходит ответное изменение влажности зерна, которое продолжается вплоть до нового уровня, определенного конкретным сочетанием отмеченных выше условий. Такую установившуюся влажность зерна называют равновесной (ω).

Опыты показывают, что равновесная влажность зерна различных сортов и типов в пределах культуры практически одинакова. Это позволяет сделать следующее важное заключение: *взаимодействие зерна с парообразной водой зависит только от условий взаимодействия (режимных параметров) и не зависит от технологических и сортовых особенностей зерна.*

Благодаря этому можно провести теоретический анализ сорбционного взаимодействия зерна с водой, а полученные закономерности, как весьма общие, распространить на любые его образцы.

Механизм сорбционного взаимодействия зерна с водой может быть представлен следующим образом. Зерно по массе сухих веществ более чем на 90% состоит из гидрофильных биополимеров — белков и углеводов. Их макромолекулы содержат большое количество функциональных групп, располагающих запасом свободной энергии. Такими группами в углеводах являются $-\text{OH}$ и $-\text{O}-$, а в белках $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{OH}$ и т. п. Эти группы атомов выступают в качестве активных центров, непосредственно взаимодействующих с молекулами воды.

Особенность высокополимеров — это отсутствие прочной кристаллической решетки, в связи с чем в глубь нее могут внедряться адсорбированные молекулы. Это вызывает набухание веществ, в особенности при образовании водородных связей, как это наблюдается в случае воды. Благодаря беспорядочному расположению активных центров в объеме зерна сорбированные молекулы воды не образуют сплошного, непрерывного слоя (мономолекулярного слоя), но группируются вокруг активных центров в виде грозььев. Однако условно можно представить, что активные центры равномерно распределены на некоторой плоскости, образуя поверхность, на которой возможно образование моно- или полимолекулярного слоя молекул воды.

Изотерма сорбции или десорбции воды зерном хорошо описывается уравнением

$$1 - p/p_0 = k_1 \cdot \exp(-k_2 \omega^2).$$

Это уравнение может быть представлено в виде

$$\omega = m + n \left(\lg \frac{1}{1 - p/p_0} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Очевидно, при построении изотермы в оси ω — $\left(\lg \frac{1}{1 - p/p_0} \right)^{\frac{1}{2}}$ должна быть получена прямая линия. На самом же деле изотерма распадается на три отрезка прямых, причем перегибные точки для разных культур лежат в пределах 7—8% и 15—17% влагосодержания (рис. 11.1).

Таким образом, существуют некоторые зна-
ния влажности, при которых резко изменяется
характер взаимодействия зерна с водой. Несо-
членно, это должно отражать те изменения
 свойств зерна, которые происходят вслед за из-
 менением его влажности.

Анализ показывает, что первая критическая
 точка изотермы сорбции воды зерном существует
 потому, что при этом значении влажности за-
 рывается формирование мономолекулярного
 слоя воды на активной поверхности зерна. Вто-
 рая критическая точка изотермы обязана своим
 появлением интенсивному развитию процесса
 капиллярной конденсации. Зона перехода от
 первого к третьему участку изотермы сорбции
 определяет влагосодержание, при котором в зер-
 не значительно повышается интенсивность раз-
 вития структурных преобразований, связанных
 заполнением влагой основной массы микрокапи-
 тилляров зерна.

Установлено, что при относительном содержании паров воды в ат-
 мосфере $p/p_0 = 0,65$ результаты размоля зерна наиболее высокие. Види-
 о, это связано именно с проявлением наиболее интенсивного расклини-
 ющего действия воды в зерне, т. е. с наибольшим «ослаблением» его
 структуры.

При влагосодержании зерна около 20,5% крахмальные гранулы и
 белковые прослойки между ними в эндосперме зерна имеют одинако-
 вую влажность. В остальных случаях вода в эндосперме распределяет-
 ся неравномерно: при $w_c < 20,5\%$ влагосодержание крахмала выше, чем
 белка, при $w_c > 20,5\%$ наоборот.

Значит, подъем третьего участка изотермы обусловлен тем, что при
 достижении 13–14% влагосодержания белки зерна приобретают повы-
 шенную способность к поглощению воды. Это связано с деформацией
 белковой макромолекулы, раздвижением ее боковых ветвей. Благодаря
 этому молекулы воды получают доступ к экранированным ранее актив-
ным центрам белковых молекул и заполняют по типу капиллярной кон-
 денсации расширявшиеся межмолекулярные промежутки. В результате
 такого неравномерного набухания основных химических компонентов
 эндосперма в диапазоне 14–17% влагосодержания резко изменяются
 физико-химические свойства зерна; вторая критическая точка изотермы
 сорбции получает, таким образом, наглядное толкование. Повышенная
 влажность зерна вызывает в этом диапазоне влагосодержания интенси-
 фикацию биохимических и физиологических процессов.

Все это, вместе взятое, приводит к изменению технологических
 свойств зерна. Внутренний перенос влаги в зерне, механизм распреде-
 ления ее по химическим веществам и технологические свойства зерна
 оказываются тесно взаимосвязанными.

Термодинамические особенности взаимодействия зерна с водой.
 Загообмен зерна с окружающей средой — это самопроизвольно иду-
 щий изотермический процесс; при этом зерно с термодинамической точ-
 кой зрения представляет собой открытую систему.

При увлажнении зерна протекают два явления: а) диффузионное
 проникновение молекул воды во внутреннюю структуру (объем) зерна,
 сопровождающееся изменением энтропии; б) адсорбционное связывание
 молекул воды активными центрами макромолекул белков и углеводов
 зерна, сопровождающееся тепловым эффектом (изменением энталпии).
 Основной причиной процесса может быть любое из этих явлений: необ-
 одимо или наличие теплового эффекта, или же возрастание энтропии.

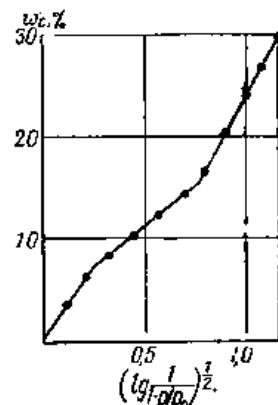


Рис. 11.1. Изотерма сорбции воды зерном пшеницы в прямолинейной модификации.

При этом самопроизвольный переход молекул из газообразной фазы в адсорбированный слой может происходить только при уменьшении изобарно-изотермического потенциала, поскольку наблюдается изобарно-изотермическое сопряжение системы с окружающей средой (T и p — постоянные), т. е.

$$\Delta G < 0. \quad (11.1)$$

Основные термодинамические параметры состояния системы связаны между собой соотношением

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S, \quad (11.2)$$

где ΔH и ΔS — изменения энталпии и энтропии; T — абсолютная температура.

При этом

$$\Delta H = \frac{RT_1T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{p_1}{p_2},$$

где p_1 и p_2 — давление паров воды в атмосфере при температурах T_1 и T_2 .

Величину ΔG можно определить по формуле

$$\Delta G = RT \ln \frac{p}{p_0}$$

где p и p_0 — давление паров воды в данных условиях и при полном насыщении атмосферы.

Из уравнения (11.2) видно, что условие (11.1) выполняется, если:

$\Delta H < 0$, а $\Delta S > 0$;

$\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$, но по абсолютному значению $|\Delta H| > |T\Delta S|$;

$\Delta H > 0$, но $|\Delta H| < |T\Delta S|$, что возможно при преобладающей роли диффузии.

Условие $\Delta H < 0$ соответствует выделению тепла, т. е. положительному тепловому эффекту.

Наиболее характерным для оценки процесса связывания воды является анализ изменения энтропии (рис. 11.2). Это изменение имеет отрицательный знак, а по абсолютному значению с повышением влагосодержания убывает, стремясь к нулю в области гигроскопического влагосодержания. Все это имеет принципиальное значение. Снижение энтропии указывает на повышение порядка структурных элементов зерна на молекулярном уровне, связанное не только с образованием г्रоздьев адсорбированных молекул воды, но и с повышением степени кристалличности гидратированных белков и углеводов.

На графиках $\Delta S - w_c$ можно отметить два подобных друг другу участка: от нуля до 8% влагосодержания и выше 8%. Таким образом, завершение образования монослоя связано с существенным изменением термодинамической характеристики процесса связывания воды. После достижения 15—17% влагосодержания изменение энтропии резко снижается по величине.

Итак, при увлажнении зерна имеем $\Delta H < 0$ и $\Delta S < 0$, но по абсолютному значению $|\Delta H| > |T\Delta S|$. Такое сочетание изменений энталпии и энтропии обеспечивает снижение свободной энергии, что и определяет самопроизвольное протекание процесса увлажнения зерна в гигроскопической области.

Состояние воды в зерне. Поглощенная зерном вода переходит в связанное состояние.

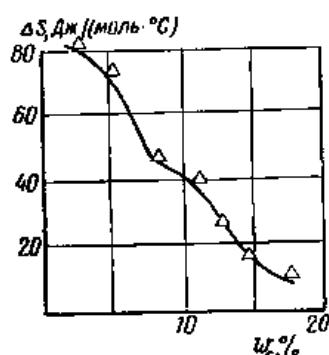


Рис. 11.2. Изменение энтропии при увлажнении зерна пшеницы.

причем степень этой связи определяется энергетическими уровнями активных центров, а также размерами и структурными особенностями капилляров зерна. Большой практический интерес представляет анализ тех изменений, которые претерпевают свойства связанный воды, поскольку технологические свойства зерна в значительной мере определяются именно энергией связи влаги с его биополимерами, состоянием связанный воды.

По классификации академика П. А. Ребиндера различают в границах гигроскопического влагосодержания химически, физико-химически и механически связанный влагу.

Расчет показывает, что основной уровень энергии связи в пределах монослоя составляет 20,9 кДж/моль, т. е. соответствует уровню водородной связи. Поэтому можно считать, что в зерне химически связанный влаги нет, поскольку нижний уровень энергии хемосорбции равен 125 кДж/моль.

Нет в зерне в пределах гигроскопического влагосодержания и механически связанный влаги. Доказательством этому служит отсутствие в зерне макрокапилляров, в которых она может появляться. Наиболее вероятный диаметр капилляров зерна (точнее, размер межмолекулярных промежутков) $2,5 \cdot 10^{-7}$ см, даже при $p/p_0 = 0,95$ диаметр капилляров не превышает $1 \cdot 10^{-6}$ см. Следовательно, условий для накопления в зерне заметных количеств механически связанный влаги нет, так как макрокапилляры имеют размер более 10^{-5} см.

Таким образом, в равновесном состоянии вся сорбированная вода в зерне связана физико-химически. Однако повышение температуры и степень завершенности процесса могут резко изменить картину. Так, только что прошедшее мойку зерно содержит значительное количество механически связанный воды. Экспериментально установлено и доказано теоретически, что свойства связанный воды существенно отличаются от свободной. Наиболее заметна разница при анализе термодинамических и некоторых физических ее свойств.

В свободном состоянии вода является одним из наиболее активных растворителей. Адсорбируясь на активных центрах, связываясь ими, влага теряет эту способность. Поэтому связанный вода не может активно участвовать в переносе минеральных веществ в объеме зерна.

Удельная теплоемкость воды при связывании должна уменьшаться, поскольку связывание воды формально аналогично фазовому переходу. Удельная теплоемкость связанный воды во всей гигроскопической области заметно понижена (рис. 11.3). На графике хорошо выявляется точка, соответствующая завершению образования монослоя и началу интенсивного развития капиллярной конденсации воды в зерне.

Степень изменения свойств поглощенной воды связана и с длительностью взаимодействия молекул воды с активными центрами. Каждая сорбированная молекула находится в положении равновесия ограниченный период, продолжительность которого пропорциональна энергии взаимодействия рассматриваемой пары молекула — активный центр.

Расчет среднестатистического времени жизни сорбированных зерном молекул воды показывает, что при гигроскопической влажности зерна молекулы воды находятся во взаимодействии с активными центрами всего лишь около 10^{-12} с; затем связь разрывается, молекулы десорбируются, чтобы сразу же локализоваться на другом активном центре или же продиффундировать в окружающую среду; на освободившемся активном центре адсорбируется другая молекула воды. Таким образом, даже в равновесном состоянии при неизменных условиях происхо-

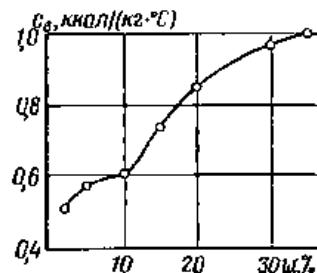


Рис. 11.3. Зависимость удельной теплоемкости связанный воды от влагосодержания зерна пшеницы.

дит постоянный влагообмен зерна с окружающей средой, а также перенос влаги по типу перескоков молекул воды с одного центра на другой.

Время жизни сорбированных молекул воды зависит от температуры. Если при 0°C $\tau_{\text{в}} = 1,3 \cdot 10^{-6}$ с, то при 20°C понижается до $5,3 \cdot 10^{-7}$ с при 50°C до $1,3 \cdot 10^{-7}$, а при 80°C до $2,8 \cdot 10^{-8}$ с. В области температур $100-110^{\circ}\text{C}$ значения его уравниваются с длительностью нахождения в равновесном состоянии молекул жидкой воды в данной точке ее. Значит, при нагревании зерна до 100°C содержащаяся в нем влага приобретает свойства свободной; однако это верно только в статическом смысле.

Существенное влияние на время жизни $\tau_{\text{в}}$ сорбированных молекул воды оказывает влагосодержание. При понижении его значение $\tau_{\text{в}}$ возрастает, что обусловлено более высоким уровнем энергии связи, например, при 5% влагосодержания время жизни $\tau_{\text{в}}$ молекул воды $1 \cdot 10^{-11}$ с, при 10% $8,9 \cdot 10^{-6}$, при 15% $4,5 \cdot 10^{-4}$, при 20% $1 \cdot 10^{-10}$, при 30% $1 \cdot 10^{-11}$ и при 39% $1,4 \cdot 10^{-12}$ с. При изменении влагосодержания от 5 до 10% значение $\tau_{\text{в}}$ уменьшается на 15 порядков, от 10 до 20% — на восемь порядков, от 15 до 20% — на шесть порядков, от 20% — только на один порядок. Это наглядно показывает, как влияет влагосодержание зерна на свойства поглощенной им воды.

Температура замерзания связанной воды повышена. Вода в зерне может не замерзать даже при охлаждении до -40°C . Плотность связанной воды выше, чем плотность ее в жидком состоянии, но все зависит от условий взаимодействия.

Итак, в результате связывания воды все ее свойства претерпевают изменения, степень которых определяется энергией связи. Все это сопровождается значительным тепловым эффектом, а также изменением плотности (удельного объема) воды; следовательно, происходит фазовый переход первого рода — связанная вода отличается от свободного фазовым состоянием.

То, что в пределах гигроскопического влагосодержания вся влага в зерне связана физико-химически, имеет большое технологическое значение. Невысокая энергия связи обеспечивает быстрое смещение динамического равновесия вслед за изменением внешних условий. Особое значение имеет повышение температуры: при этом происходит «плавление» связей адсорбированных молекул воды, а часть их десорбируется с активных центров, образуя свободную воду. Однако вследствие структурных особенностей зерна извлечь эту воду в окружающую атмосферу трудно; оставаясь в объеме зерна, свободная (точнее — слабосвязанная) вода влияет на физико-химические свойства биополимеров, вызывает повышение гибкости и подвижности боковых цепей их макромолекул. Наряду с расширением межмолекулярных промежутков должно происходить снижение плотности и твердости зерна, что влияет на характер разрушения зерна при размоле.

Перенос влаги внутри зерна может проходить в различном направлении и с разной интенсивностью в зависимости от параметров конкретного процесса. Изучение его особенностей имеет большое практическое значение, так как с ними связано изменение структуры и технологических свойств зерна.

Современная теория устанавливает, что перенос энергии или массы протекает в направлении падения соответствующего потен-

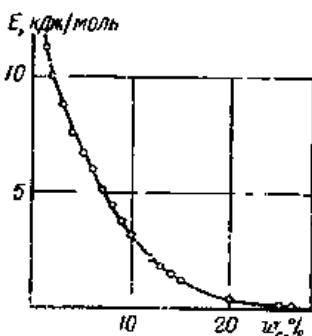


Рис. 11.4. Зависимость энергии связи влаги от влагосодержания зерна пшеницы.

... а.а., причем термодинамической движущей силой является градиент потенциала. В качестве термодинамического потенциала влагопереноса выступает энергия связи влаги:

$$E = -RT \ln p/p_0$$

где R — универсальная газовая постоянная; T — термодинамическая температура; p — относительное давление паров воды.

График изменения энергии связи влаги вдоль изотермы сорбции воды пшеницей приведен на рисунке 11.4.

§ 11.2. КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДЫ ЗЕРНОМ

Как проникает вода в зерно? Каков механизм этого процесса? Эти важные для практики вопросы с давних пор подвергаются разностороннему анализу. В свете последних научных данных можно сформулировать достаточно достоверные и обстоятельные ответы на них.

В первые несколько секунд зерно поглощает 3—5% влаги, а затем в течение некоторого периода влажность остается неизменной (рис. 11.5). На кривой увлажнения появляется ступенька. Для объяснения этого была предложена и в литературе утверждалась гипотеза о существовании в зерне некоторого слоя, препятствующего перемещению влаги из оболочек в эндосперм, — влагонепроницаемого слоя. Однако наличие в зерновке влагонепроницаемого слоя нельзя объяснить с физиологической точки зрения. Зерно — живой организм, призванный дать начало новому растению; поэтому оно должно располагать системой, обеспечивающей быстрое поглощение и прочное удерживание воды, необходимой для развития физиологических процессов. Первоначально вода захватывается в количестве 3—5% плодовыми оболочками, располагающими большим количеством капилляров, пор, пустот, которые служат резервуаром для первичного накопления влаги. При полном насыщении их водой влажность зерна должна повыситься примерно на 4%, что совпадает с опытными данными.

По поглощенной плодовыми оболочками воде связана непрочно и легко может испаряться в атмосферу. Прочное удерживание воды и предотвращение ее потерь обеспечиваются благодаря высокой гидрофильтрности семенной оболочки и алейрононого слоя, в которые вода быстро перемещается и прочно связывается белками и углеводами. Следовательно, влагонепроницаемого слоя в зерне нет, но есть влагоудерживающий.

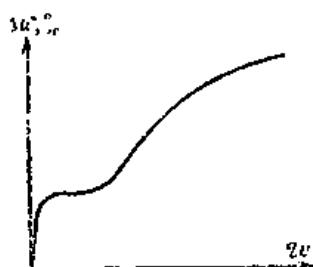


Рис. 11.5. Типичная кривая увлажнения зерна пшеницы.

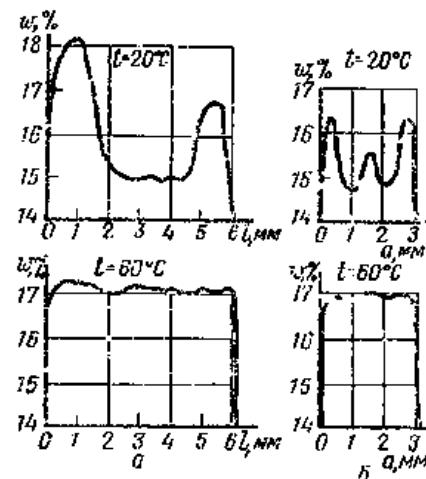


Рис. 11.6. Графики распределения влаги по длине (а) и ширине (б) зерна пшеницы при отволаживании в течение 2 ч.

Дальнейшее перемещение воды направлено внутрь эндосперма. Но скорость этого переноса должна быть низкой в связи с тем, что коэффициент диффузии влаги очень мал, всего 10^{-11} — 10^{-12} м²/с. Получается, что с насыщенными влагой семенной оболочкой и алейроновым слоем соседствуют имеющие невысокую влажность клетки субалейронового слоя и центральной части эндосперма. Возникает огромный градиент влагосодержания (до 10^4 — 10^5 %/м) и создаются опасные напряжения в теле зерновки. При достижении критических значений эндосперм зерна раскалывается микротрешины на части. Эти микротрещины могут служить для быстрого транспортирования воды внутрь эндосперма.

С технологической точки зрения большое практическое значение имеет выявление механизма внутреннего влагопереноса и характера распределения влаги по зерну при различных вариантах сушки и гидротермической обработки. Все это связано с необходимостью повысить интенсивность внутреннего влагопереноса, а также обеспечить оптимальное распределение влаги по анатомическим частям зерна перед размолом. Знать механизм процесса — значит уметь управлять им, что достигается выбором соответствующих режимных параметров.

Влага в зерне всегда распределена неравномерно, так как неравны друг другу термодинамические характеристики влагопереноса (удельная влагоемкость и др.) основных анатомических частей зерна. Это, в свою очередь, обусловлено различием их структуры и химического состава. Например (рис. 11.6), при температуре 20°C влажность центральной части зерна намного ниже, чем его поверхностных слоев, а также концевых частей. В особенности значительна концентрация влаги в зародыше, что обусловлено его потребностями, как жизнедеятельного образования. При температуре 60°C за 2 ч содержание влаги в различных частях зерна почти выравнивается; при 20°C этот результат достигается за 6—8 ч, при 5°C даже после суток распределение влаги остается резко неравномерным.

В процессе холодного кондиционирования при отвалаживании зерна содержание влаги в поверхностных слоях зерновки длительное время остается постоянным, в то время как из зародышевой и бородочной зон происходит вынос ее в эндосперм. Вероятно, это связано с особой ролью жизнедеятельности клеток алейронового слоя, по которым вода мигрирует по направлению к зародышу или от него, в зависимости от регулирующего воздействия биологической системы зерна, управляющей всеми протекающими процессами.

Влага в эндосперме поступает не только из оболочек, но и из зародыша. Расположенный на границе его с эндоспермом слой вытянутых клеток выполняет роль передатчика влаги в первые часы отвалаживания в направлении к относительно сухому эндосперму от высоковлажного зародыша. Однако при прорастании зерна эти же клетки транспортируют влагу, а также продукты гидролиза белков и крахмала из эндосперма в зародыш.

При гидротермической обработке зерна процесс распределения влаги протекает в соответствии с термодинамическими характеристиками влагопереноса основных анатомических частей зерна и регулируется соотношением уровней свободной энергии — термодинамического потенциала влагопереноса. При развитии зародыша (прорастании зерна) все характеристические функции резко изменяются, и процессы переноса определяются прежде всего физиологическими потребностями организма. В любом случае процесс переноса влаги и других биологически активных веществ подчинен регулирующему влиянию биологической системы зерна.

Пористое строение плодовой оболочки зерна хорошо приспособлено для быстрого поглощения влаги, что и происходит при самом кратковременном контакте зерна с водой; это необходимо, чтобы создать до-

аточный запас влаги для развития физиологических процессов, связанных с прорастанием зерна. Однако удержать влагу эти оболочки не могут. Для этого предназначена семенная оболочка, особенно алейроновый слой эндосперма и сам зародыш. Влага быстро перемещается в них и тесно связывается высокополимерами; таким образом, гарантируется, что поступившая в зерно влага может быть использована для своих жизненных нужд. Перенос влаги в эндосперм необходим для гидролиза белков и углеводов, продукты которого транспортируются затем к зародышу и расходуются на построение тканей ростка и корешков нового растения.

Как видно, механизм поглощения воды и внутреннего влагопереноса в зерне построен биологически целесообразно. Причем это заложено уже в структурных особенностях зерновки, в связи с чем и в зерне, потерявшем жизнеспособность, этот механизм в общих чертах остается неизменным.

Кинетические особенности различных процессов, протекающих в зерне при увлажнении и отволаживании. Одновременно с перемещением влаги внутрь зерна, гидратацией его биополимеров в нем развиваются различные процессы, результатом которых является необратимое изменение структуры и технологических свойств зерна. Интенсивность развития этих процессов, а также характер и глубина преобразований свойств зерна непосредственно и сложно зависят от температуры и других режимных параметров процесса.

Сложное строение зерна, особенности микроструктуры его анатомических частей и распределения по ним химических веществ приводят к неодинаковой интенсивности во времени параллельно протекающих процессов. В то время как одни достигают максимальной скорости, другие уже затухают, а третьи начинают развитие. Большое значение имеет также то, что зерно — живой организм, находящийся в условиях хранения в состоянии анабиоза. Приток влаги в жизнедеятельные клетки зародыша и алейронового слоя активизирует ферментную систему зерна, и чем длительнее воздействие влаги и тепла, тем больший вклад в общее преобразование свойств зерна вносят биохимические процессы.

Поглощение воды зерном, связывание ее биополимерами сопровождается выделением теплоты гидратации. Благодаря этому даже при проведении гидротермической обработки при комнатной температуре (холодное кондиционирование) температура зерна возрастает. Кривые температуры зерна развиваются плавно, а после некоторого срока их рост прекращается, что свидетельствует о завершении выделения тепла. Этот период имеет для разных образцов зерна различную протяженность, несмотря на одинаковые режимы увлажнения и исходное состояние зерна по влажности.

По мере поступления влаги внутрь зерна в нем развиваются различные физико-химические процессы. Следствием их является изменение плотности зерна, его объема, стекловидности и т. п. Процесс может быть разделен на три периода, из которых главный — второй. Его протяженность зависит от качественной характеристики данной партии зерна.

Перенос влаги внутри зерна, гидратация его веществ сопровождаются изменением и других свойств: теплофизических, структурно-механических, биохимических. Параллельно с этими преобразованиями непрерывно изменяется энергия связи влаги с веществами зерна, а также термодинамические параметры. Развивается набухание биополимеров зерна, изменяется конформация их молекул, степень кристалличности белков и углеводов, причем направление этих процессов в разные периоды может быть диаметрально противоположным.

Сравнение кинетики физико-химических процессов в зерне. Развитие различных процессов в зерне обусловлено прежде всего поступлени-

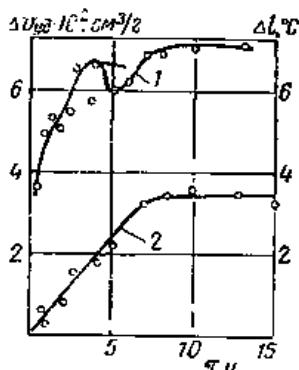


Рис. 11.7. Кривая разрыхления эндосперма (1) и температуры (2) при ходном кондиционировании пшеницы.

тивного разрыхления эндосперма для данного образца зерна.

Технологические свойства зерна также преобразуются в этот период. Разрыхление эндосперма пшеницы развивается согласованно с изменением показателей, определяющих технологическую характеристику зерна: извлечением крупок и дунстов первого качества в драном процессе, их зольностью и расходом энергии на дробление зерна.

§ 11.3. МЕХАНИЗМ РАЗРЫХЛЕНИЯ ЭНДОСПЕРМА ЗЕРНА

Итак, воздействие на зерно водой и теплом вызывает изменение его физико-химических свойств, причем степень этих преобразований зависит от параметров режима обработки, а также от индивидуальных свойств зерна.

Направление происходящих изменений таково, что происходит снижение плотности, т. е. наблюдается разрыхление первоначальной плотной структуры зерна.

Разрыхление эндосперма — результат следующих основных процессов: разрушения эндосперма микротрещинами; изменения надмолекулярной структуры биополимеров зерна и конформации их макромолекул; биохимических процессов, прежде всего гидролитического характера. Роль каждого из этих процессов различна.

Влияние тонких жидкых пленок на образование в различных материалах микротрещин теоретически обосновано в трудах Б. В. Дерягина и П. А. Ребиндера. В случае воды расклинивающее действие проявляется на расстоянии до 7 мкм. По мере увеличения толщины пленки расклинивающее давление снижается: так, при 1,5 мкм давление $4,1 \cdot 10^5$ Па, при 2,8 мкм $3,8 \cdot 10^5$, при 4,6 мкм $2,8 \cdot 10^5$, при 4,7 мкм давление $1,3 \cdot 10^5$ Па.

В результате исследований установлено, что увлажнение зерна обязательно связано с образованием микротрещин в его эндосперме, посредством которых он необратимо разрушается. Процесс образования трещин развивается с переменной интенсивностью: появление первых трещин в эндосперме зерна пшеницы зарегистрировано через 0,5 ч, к 8—12 ч их образование прекращается. В дальнейшем происходит смыкание наиболее тонких микротрещин и частичное восстановление исходной структуры.

Наиболее интенсивное образование микротрещин в эндосперме пшеницы наблюдается при увлажнении до 14,0—16,5%, при 17,5% образование микротрещин не зарегистрировано.

ем влаги. Поэтому следует предположить, что процессы, результатом которых являются изменения физико-химических и технологических свойств зерна, должны протекать взаимосвязанно, согласованно во времени друг с другом (рис. 11.7). Как видно, развитие кривых завершается одновременно. Это имеет важное практическое значение. Завершение периода активного разрыхления эндосперма указывает на окончание преобразований физико-химических свойств зерна. Каждая из этих кривых — это отражение комплекса процессов; согласованность развития кривых характеризует взаимообусловленность различных процессов в зерне.

Поэтому можно сформулировать следующее: все физико-химические процессы в зерне развиваются взаимосвязанно и завершаются одновременно, причем продолжительность их развития соответствует протяженности периода ак-

Для риса также установлена 8–12-часовая продолжительность интенсивного образования микротрещин, после которой наблюдается уменьшение количества трещиноватых зерен. И для пшеницы, и для риса стабильное состояние наступает примерно через 24 ч.

Физическая химия полимеров устанавливает, что само образование микротрещин — это следствие характерной для полимеров неоднородности распределения напряжений. В качестве условия развития трещины выступает соотношение скорости ориентации макромолекул полимеров и скорости роста трещины: трещина увеличивается, если вторая превышает первую, и наоборот. Это в полной мере применимо к зерну. Другими словами, для образования трещины в твердом теле требуется максимум скорости релаксации напряжений («трещинная релаксация») в отличие от пластической релаксации. Развитие трещины происходит по направлению наибольшего энергоснабжения и наименьшего энергопоглощения. Трещины в упругих телах должны располагаться перпендикулярно свободной границе тела, что часто наблюдается.

При вязких разрушениях трещины развиваются по линиям сдвига, наклонным к поверхности тела.

Для образования трещины необходимо два условия: рост трещины должен быть энергетически выгодным процессом; должен работать макулярный механизм, при помощи которого может преобразовываться энергия.

Первое условие требует, чтобы на любой стадии развития трещины количество запасенной в теле энергии уменьшалось. Деформированное тело «зачинено» энергией, которая предпочла бы высвободиться. Если материал полностью разрушен, энергия деформации его полностью освобождена.

Рассмотрим, что происходит на промежуточных этапах процесса разрушения. Когда в деформированном материале появляется трещина, она слегка раскрывается и оба ее края расходятся на некоторое расстояние. Это означает, что материал, непосредственно примыкающий к краям трещины, релаксирует, напряжения и упругие деформации в нем уменьшаются, а упругая энергия освобождается. Область прорелаксированного материала будет примерно соответствовать двум защищенным треугольникам (на рисунке 11.8 составляет около I^2). Следовательно, количество освобожденной энергии должно быть пропорционально квадрату длины трещины, т. е. глубине ее распространения в теле.

С другой стороны, для образования новой поверхности необходима энергия, равная $2GI$ (где G — удельная поверхностная энергия тела). Эта энергия пропорциональна первой степени длины (глубины) трещины.

Мелкая трещина для своего роста должна потреблять больше энергии, чем производится ее вследствие релаксации напряжений. Это условие невыгодно для роста трещины. Однако, если она достаточно велика, картина меняется на обратную: с ростом размеров трещины величина освобожденной энергии увеличивается быстрее, так как зависит от I^2 .

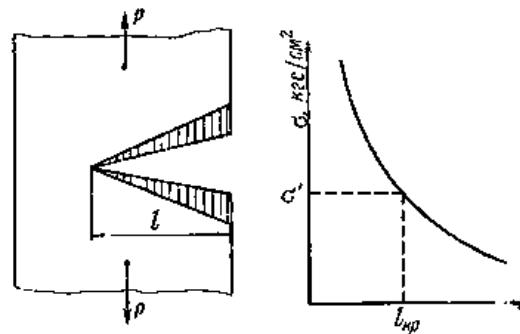


Рис. 11.8. Схема образования трещины в критической длине в хрупком материале.

Рис. 11.9. Зависимость трещины от приложенного напряжения.

Получается, что, если размер трещины превышает некоторую «критическую длину», трещина производит энергии больше, чем потребляется. Тогда она с огромной скоростью распространяется на всю толщину материала; обычно эта скорость составляет около 40% от скорости звука в данном материале.

Критическая длина l_{kp} трещины определяется свойствами материала и величиной напряжения. Обычно величина l_{kp} не превышает нескольких микрометров.

Определить l_{kp} можно по уравнению Гриффитса

$$\sigma \sqrt{l} = c,$$

где σ — приложенное напряжение; c — для данного материала в случае хрупкого разрушения величина постоянная.

Удобно использовать для этой цели график (рис. 11.9). Если приложенное напряжение σ меньше критического σ' , трещина не будет развиваться; если же $\sigma \geq \sigma'$, трещина будет увеличиваться, вплоть до разрушения тела.

Силы, стремящиеся раскрыть трещину, разорвать тело, очень велики, особенно в области, вплотную примыкающей к кончику трещины. Самые опасные напряжения приходятся на область, примерно равную площади одной атомной связи.

Концентрация напряжений на кончике трещины определяется выражением

$$\sigma \approx 2 \sqrt{\frac{l}{R}},$$

где l — длина трещины; R — радиус кривизны кончика трещины; обычно $R=10^{-10}$ м.

В типично хрупком материале $R=\text{const}$ независимо от длины трещины. Поэтому с ее увеличением концентрация напряжений все более и более возрастает, баланс энергии все сильнее склоняется в пользу развития трещины. Хрупкость простых твердых тел является их нормальным состоянием. Она возрастает с понижением температуры, увеличением скорости приложения нагрузки, а также при наличии поверхностно-активных веществ.

Более сложному твердому телу присуща вязкость, которую можно определить как способность его сопротивляться распространению трещины.

Биологические материалы характеризуются сложным строением и обладают вязкостью. Большое значение имеет наличие в них различных внутренних полостей. Если трещина на своем пути встречает такую полость, то рост ее прекращается, так как напряжение теперь не будет сконцентрировано на кончике трещины, а распределено по всей поверхности внутренней полости. Таким образом, наличие в материале слабых поверхностей, имеющих дефекты структуры, делает материал вязким, упрочняет его.

Поэтому образование микротрещин наблюдается только в стекловидном эндосперме зерна, в мучнистом микротрещине не возникают. С этой точки зрения становится понятной высокая вязкость и прочность оболочек зерна: это обеспечивается прежде всего их особым строением, наличием в них большого количества внутренних полостей. Хорошей преградой на пути растущей трещины является, например, трубчатый слой плодовых оболочек.

При увлажнении зерна первые трещины направлены перпендикулярно главной оси зерна, раскалывают его в поперечном направлении. Вдоль зерна, а также под некоторым углом к его оси трещины развиваются лишь после нескольких часов (при холодном кондиционировании), т. е. при достаточной гидратации биополимеров зерна.

Процесс образования микротреции всегда сопровождает процесс внутреннего переноса влаги, оказывает влияние на структуру зерна и его технологические свойства. Интенсивность процесса образования трещин в теле зерновки пропорциональна интенсивности внутреннего влагопереноса.

Второй важной причиной, определяющей разрыхление эндосперма, является изменение надмолекулярной структуры биополимеров зерна и конформации их макромолекул. В результате перемещения боковых цепей (или же при разворачивании глобул) структура их макромолекул «разрыхляется». В этом случае основным возмущающим фактором будет внедрение молекул воды между цепями макромолекул биополимеров зерна, в результате чего изменяется их исходное равновесное расположение.

Биохимические процессы, развивающиеся в зерне при увлажнении и прогреве, также влияют на степень разрыхления его эндосперма главным образом благодаря гидролизу биополимеров.

Итак, степень изменения различных свойств зерна непосредственно зависит от параметров режима его обработки: влагосодержания, температуры и продолжительности процесса, а также от индивидуальных особенностей зерна. Разрыхление эндосперма представляет собой суммарный результат комплексного воздействия физико-, коллоидно- и биохимических процессов, сопровождающих внутренний влагоперенос и приводящих к необратимым изменениям структуры. В общем механизме разрыхления эндосперма основная роль принадлежит разрушению его микротрецинами, возникающими в результате расклинивающего действия проникающей в зерно воды.

§ 11.1. ОБЩАЯ СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗЕРНА С ВОДОЙ

Весь процесс влагопереноса в зерне при увлажнении и протекающие процессы физико-, коллоидно- и биохимической природы развиваются так, что может быть четко выделено три периода (табл. 11.1).

Начальный период характеризуется концентрацией поглощенной влаги в поверхностных слоях: плодовой и семенной оболочках, аллерновом слое и зародыше. Вследствие набухания этих слоев удельный объем зерна резко (скакком) увеличивается. Неравномерное распределение влаги по сечению зерна приводит к установлению большого градиента влагосодержания и к возникновению в зерновке напряжений. Варьирование технологических свойств невелико, поскольку структурные изменения затронули только поверхностные слои. Таким образом, осуществляется подготовка к интенсивному переносу влаги внутрь зерна. Поэтому первый период можно определить как подготовительный.

Во втором периоде возникшие в теле зерновки напряжения достигают критических значений, благодаря чему эндосперм раскалывается микротрецинами на отдельные части. Влага быстро перемещается по микротрецинам внутрь эндосперма. Появление в нем большого количества воды вызывает различные физико-химические процессы, причем их развитие характеризуется высокой интенсивностью. Преобразование всех свойств зерна существенно и после второго периода практически завершается. В связи с этим второй период является основным.

Третий, заключительный, период характеризуется постепенным распределением влаги по анатомическим частям зерна в равновесном соотношении в соответствии с их структурными особенностями и термодинамическими характеристиками влагопереноса. Макромолекулы белков и углеводов постепенно принимают равновесную конформацию, в связи с чем напряжения в зерновке постепенно релаксируются. Этот период можно назвать также релаксационным.

Таблица 11.1. Схема взаимодействия зерна с водой

Периоды	Продолжительность, ч	Особенности процесса влагопереноса	Изменения		
			характеристики физико-химических свойств	структуры анатомических частей	технологических свойств
Начальный (подготовительный)	0,25—1,0	«Захват» влаги плодовыми оболочками, гидратация тканей семенной оболочки, алейронового слоя и зародыша	Удельный объем зерна резко возрастает	Развивается набухание тканей поверхностных слоев зерна	Незначительны
Основной (период активного разрыхления эндосперма)	5,0—16,0	Переход влаги из поверхностных слоев внутрь эндосперма	Удельный объем изменяется по волнобразной кривой	Разрушение исходной структуры зерна микротрещинами	Существенны
Заключительный (релаксационный)	48—72	Распределение влаги по тканям в равновесном соотношении	Изменения практически прекращаются	Изменение конформации молекул биополимеров зерна до равновесной	Незначительны

Протяженность начального периода не превышает 1 ч, основной период продолжается 5—16 ч, заключительный 2—3 суток. В каждом из них все процессы в зерне имеют качественные различия.

Важно подчеркнуть, что все физико-химические процессы в зерне протекают взаимосвязано и завершаются одновременно, причем продолжительность их развития не зависит от режима увлажнения при неизменной температуре, а определяется индивидуальными свойствами зерна. По мере развития процесса увлажнения или обезвоживания происходит изменение всех свойств зерна; степень этих изменений пропорциональна величине параметров процесса. Процесс увлажнения может быть расчленен на три этапа, из которых второй наиболее важный; в течение этого времени практически завершается преобразование технологических свойств зерна.

§ 11.5. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Гидротермическую обработку зерна на мукомольных и крупяных заводах проводят как с использованием сложных машин, снабженных автоматическими системами контроля и регулирования, так и достаточно простых устройств типа закромов для отволаживания. Их объединяют технологической схемой, обеспечивающей необходимую последовательность воздействия на свойства зерна.

Параметры режима гидротермической обработки. В процессе такой обработки технолог воздействует на зерно водой и теплом. Поэтому параметрами, определяющими режим, являются влажность, температура, давление и продолжительность (в целом и по отдельным этапам процесса).

Изменить влажность зерна можно различными способами: путем добавки воды в массу зерна, посредством мойки в специальных машинах или же обработки зерна паром в особых аппаратах-пропаривателях. Увлажненное зерно можно подвергнуть прогреву или же провести последующие этапы при комнатной температуре. Обработать зерно на некоторых этапах можно при повышенном или же пониженном давлении.

Рис. 11.10. Технологическая схема холодного кондиционирования зерна:
 — предварительная очистка; 2 — мойка; 3 — обработка во влагоснимателе; 4 — доувлажнение (или увлажнение зерна); 5 — первое отволаживание; 6, 12 — доизмельчение; 7, 11 — смешивание; 8 — окончательная очистка; 9, 14 — доувлажнение; 10 — отволаживание перед I драной системой; 13 — второе отволаживание.

Конкретное сочетание этих параметров процесса определяет вариант (метод) гидротермической обработки, а значения параметров — режим обработки.

Гидротермическая обработка зерна на мукомольном заводе. Применяют три различных метода: холодное, горячее, скоростное кондиционирование.

Первый метод заключается в увлажнении зерна и последующей выдержке его (отволаживании) в закронах; название его обусловлено тем, что его проводят при комнатной температуре. При горячем кондиционировании увлажненное зерно перед отволаживанием подвергают тепловой обработке в специальных аппаратах — воздушно-водяных кондиционерах. В процессе скоростного кондиционирования зерно обрабатывают паром в сочетании с последующей мойкой в холодной воде. Благодаря такому резкому воздействию свойства зерна быстро изменяются и необходимая продолжительность отволаживания значительно сокращается. Поэтому данный способ и получил название скоростного кондиционирования.

Общим для всех трех методов гидротермической обработки является обязательное доувлажнение зерна на 0,3—0,5% и отволаживание его в течение 20—40 мин непосредственно перед подачей в измельчающую машину (вальцовый станок I драной системы). Это необходимо для увлажнения поверхностных слоев зерна (оболочек и аллеронового слоя), благодаря чему их прочность резко повышается, они трудно измельчаются, образуя крупные частицы отрубей, легко отделяемые на ситах от муки.

Холодное кондиционирование (рис. 11.10). Зерно проходит мойку, обработку во влагоснимателе, доувлажнение, отволаживание; при высокой стекловидности зерна рекомендуется двукратное доувлажнение и отволаживание зерна. Эта последовательность этапов является основной.

Варианты метода (направление зерна на рисунке 11.10 показано пунктиром):

мойка отсутствует, зерно увлажняют посредством подачи в его массу расчетного количества капельно-жидкой воды;

доувлажнение не требуется (в том случае, если влажность зерна достаточно высока);

для зерна высокой стекловидности предусмотрено повторное увлажнение и отволаживание.

В таблице 11.2 приведены режимы холодного кондиционирования пшеницы при сортовых помолах, а в таблице 11.3 — ржи при сортовых помолах. Эти режимы ориентировочные вследствие того, что каждая партия зерна характеризуется различными исходными свойствами и инди-

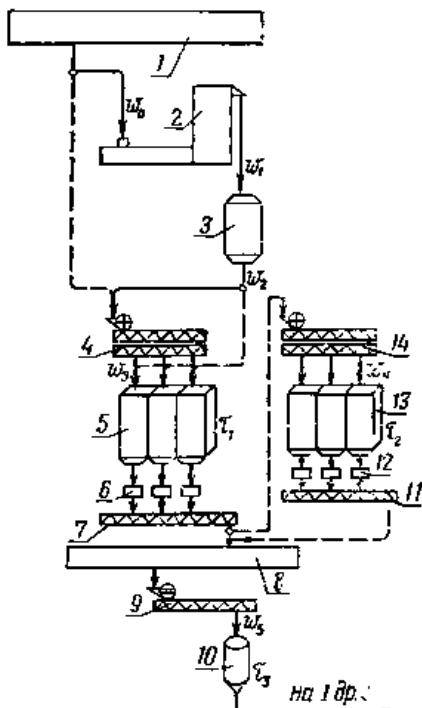


Таблица 11.2. Ориентировочные показатели режимов холодного кондиционирования

Тип пшеницы	Продолжительность отволаживания (%) при общей стекловидности, %			Увлажнение оболочек перед I др. с.		Влажность пшеницы, напрягаемой на I др. с., %
	св. 60	60–40	менее 40	величина увлажнения, %	продолжительность отволаживания, мин	
I	8–15	6–12	4–8	0,3–0,5	20–30	14,5–16,0
II	16–24	—	—	0,5–0,7	30–40	15,5–16,5
III	8–16	6–12	4–8	0,3–0,5	20–30	14,0–15,0
IV	16–20	12–16	6–12	0,4–0,6	20–30	15,0–16,5

Приложение. Величину основного увлажнения в мостовых машинах к увлажняющим аппаратам устанавливают как разность между влажностью, принятой на I драной системе, и исходной влажностью зерна.

Таблица 11.3. Ориентировочные показатели холодного кондиционирования ржи

Исходная влажность, %	Основное увлажнение в увлажняющих аппаратах		Увлажнение оболочек перед I др. с.		Влажность на I др. с., %
	величина увлажнения, %	продолжительность отволаживания, ч	величина увлажнения, %	продолжительность отволаживания, мин	
До 13,5	Устанавливают, исходя из разности между исходной влажностью и влажностью перед I др. с.	3–6	0,3–0,5	15–20	14–15
Более 13,5	Не проводят	—	0,4–0,7	20–30	14–15

видуальной реакцией на изменение влажности. Правила организации и ведения технологического процесса устанавливают, что выбранный режим гидротермической обработки технолог должен проверить, проведя лабораторные или же производственные помолы.

При определении величины влажности ржи, передаваемой на I драную систему, и продолжительности ее отволаживания после увлажнения необходимо учитывать стекловидность (до 30% и выше), а также относительную влажность воздуха, температуру зерна, воды и воздуха.

При обойных помолах пшеницы с влажностью менее 14,0% и ржи с влажностью менее 13,5% зерно перед помолом необходимо увлажнить на 0,5–1,0% с отволаживанием пшеницы не менее 2–3 ч и ржи не менее 1–2 ч.

В случае использования машин ЗШН при обдирном помоле ржи или же обойных помолах пшеницы и ржи режимы холодного кондиционирования существенно не изменяются. Конкретные показатели их приведены при рассмотрении технологической схемы подготовки зерна к этим помолам.

Горячее кондиционирование (рис. 11.11). Этапы процесса по основному варианту следующие: мойка, обработка в воздушно-водяном кондиционере, доувлажнение, отволаживание.

В связи с тем, что температуропроводность зерна невысока, требуется длительное время для нагрева его в кондиционере до заданной температуры. Поэтому рекомендуется перед воздушно-водяным кондиционером устанавливать шнековый пропариватель или паровую колонку, при кратковременной обработке в которых зерно приобретает необходимую температуру. В результате повышается эффективность обработки зерна в воздушно-водяном кондиционере.

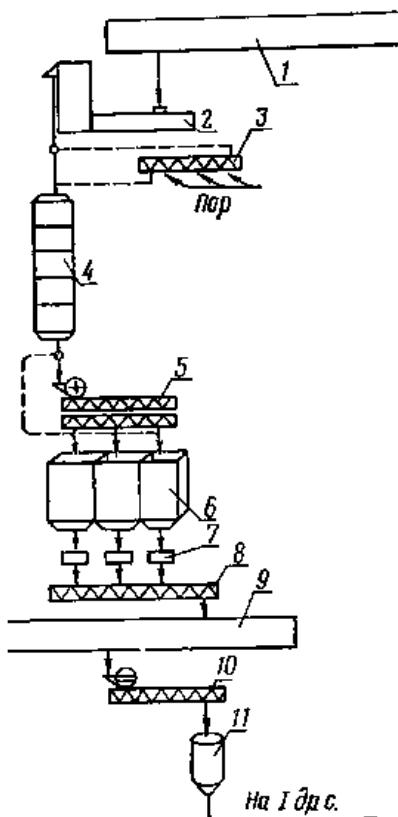


Рис. 11.11. Технологическая схема горячего кондиционирования зерна:

1 — предварительная очистка; 2 — мойка; 3 — обработка паром; 4 — обработка в воздушно-водяном кондиционере; 5, 10 — доувлажнение; 6, 11 — отвождение; 7 — дозирование; 8 — смешивание; 9 — окончательная очистка.

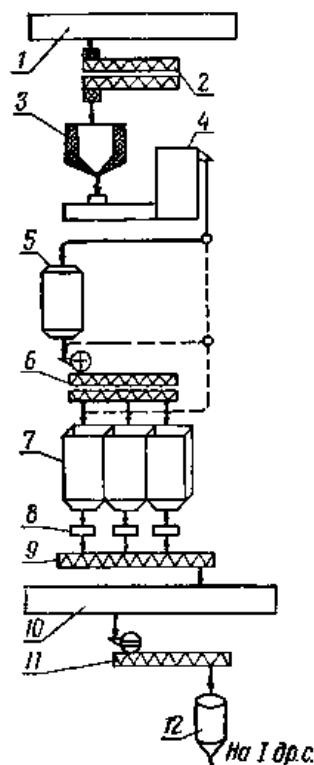


Рис. 11.12. Технологическая схема скоростного кондиционирования зерна:

1 — предварительная очистка; 2 — обработка паром в аппарате АСК; 3 — темперирование; 4 — мойка; 5 — обработка во влагоснимателе; 6, 11 — доувлажнение; 7, 12 — отвождение; 8 — дозировка; 9 — смешивание; 10 — окончательная очистка.

Доувлажнение зерна перед отвождением может не потребоваться, если влажность его после обработки в кондиционере имеет достаточно высокое значение. Ориентировочные показатели режимов горячего кондиционирования пшеницы приведены в таблице 11.4, а режимы обработки зерна в воздушно-водяном кондиционере — в таблице 11.5.

При поступлении в переработку пшеницы со стекловидностью менее 40% и влажностью 14,0—14,5% допускается увлажнять зерно только перед I драной системой. Для пшеницы I типа восточных районов рекомендуется принимать величину увлажнения и величину отвождения ближе к нижнему пределу, указанному в таблицах. Верхний предел влажности зерна, направляемого на I драную систему, указан для пшеницы со стекловидностью выше 60%.

При предварительной обработке пшеницы паром с нагревом до температуры 40—45 °С температура воды в первом нагревательном отделении должна быть 50—55 °С. В первое и второе нагревательные отделения необходимо подавать минимальное количество воздуха. Это предупредит перегрев зерна в первом отделении. Подавать в охладительное отделение воздушный поток с температурой менее плюс 10 °С не рекомендуется. Основное количество влаги удаляют в сушильном отделении, что регулируют температурой, количеством и скоростью воздушного потока. При обработке зерна в воздушно-водяных кондиционерах

Таблица 11.4. Ориентировочные показатели режимов горячего кондиционирования пшеницы

Тип	Влажность при поступлении в кондиционер, %	Продолжительность отволаживания (ч) при общей стекловидности, %			Увлажнение оболочек перед 1 др. с.		Влажность пшеницы, направляемой на 1 др. с., %
		свыше 60	60—40	ниже 40	величина увлажнения, %	продолжительность отволаживания, мин	
I	16,5—18,0	5—8	4—6	2—5	0,3—0,5	20—30	14,0—15,5
II	18,0—19,0	8—12	—	—	0,5—0,7	30—40	15,5—16,5
III	16,0—17,0	5—6	4—5	2—4	0,3—0,5	20—30	14,0—15,0
IV	17,5—18,5	6—8	5—6	4—5	0,4—0,6	20—30	15,0—16,5

Приложение. Величину основного увлажнения в месчных машинах и увлажнительных аппаратах устанавливают как разность между влажностью поступающего зерна в кондиционер и исходной влажностью.

Таблица 11.5. Ориентировочные режимы работы воздушно-водяных кондиционеров

Показатели	Пшеница I, III и IV типов с клейковиной			Пшеница II типа с клейковиной крепкой, хорошей упругости, с растяжимостью до 0,4 см/мин
	крепкой, хорошей упругости, с растяжимостью до 0,4 см/мин	нормальной, средней упругости, с растяжимостью 0,4—1 см/мин	слабой, слабой упругости, с растяжимостью 1 см/мин и более	

Первое нагревательное (подготовительное) отделение

Температура* (не более), °С:	40—45	45—50	50—55	35—40
зерна	70—75	78—80	78—80	65—70

Сушильное отделение

Температура** воздуха, °С	50—60	65—70	65—70	45—55
---------------------------	-------	-------	-------	-------

Второе нагревательное (основное) отделение

Температура, °С:	40—45	45—50	50—60	35—40
зерна	65—70	70—75	70—78	55—65

Охладительное отделение

Температура зерна*, °С	18—20	18—20	20—25	18—20
------------------------	-------	-------	-------	-------

* Воздух не нагревается.

** Температура зерна изменяется в зависимости от влажности зерна, температуры и скорости воздушного потока.

следует систематически проверять качество клейковины. Анализ необходимо вести в соответствии с временной инструкцией по сушке продовольственной пшеницы при дифференцированных режимах.

Скоростное кондиционирование (рис. 11.12). После кратковременного пропаривания (20—40 с) в аппарате АСК зерно в течение нескольких минут выдерживают в нагретом состоянии в теплоизолированном закроме, затем подвергают мойке холодной водой (из водопровода), обработке во влагоснимателе, доувлажнению и отволаживанию. Если не требуется обработка зерна во влагоснимателе (например, исходная влажность зерна небольшая), тогда его направляют на доувлажнение. Если отпадает необходимость в доувлажнении, исключают и этот этап из схемы скоростного кондиционирования.

Ориентировочные режимы скоростного кондиционирования пшеницы приведены в таблицах 11.6 и 11.7.

Таблица 11.6. Ориентировочные показатели режима скоростного кондиционирования пшеницы

Процесс	Температура, °С		Влажность, %		Время (не более) мин
	до	после	до	после	
Пропаривание	25—35	45—60	13,0—14,0	14,0—15,5	0,5
Тепловая обработка	45—60	45—60	14,0—15,5	14,0—15,5	10
Охлаждение водой	45—60	25—30	14,5—15,5	16,0—17,0	0,5
Обезвоживание	25—30	25—30	16,0—17,0	15,0—16,0	10—15
Отволаживание	20—25	20—25	15,0—16,0	15,0—16,0	180

Габлица 11.7. Ориентировочные показатели режима скоростного кондиционирования пшеницы

Характеристика клейковины	Предельная температура нагрева зерна, °С	Время тепловой обработки зерна, мин.
Крепкая	45—50	0
Нормальная	50—57	0—4
Слабая	57—60	4—10

Скоростное и горячее кондиционирование для ржи не применяют, хотя исследования указывают на более высокую эффективность этих методов при сортовых помолах ржи по сравнению с холодным кондиционированием.

Гидротермическая обработка зерна на крупяных заводах. Ее применяют на грече-, овсе- и горохозаводах. Технологическая схема включает пропаривание в аппаратах периодического или непрерывного действия и последующую сушку. Прочность ядра возрастает, а оболочки или цветковые пленки становятся хрупкими, что обеспечивает высокую эффективность процесса шелушения.

Большое значение имеет использование гидротермической обработки при переработке риса. В результате упрочнения ядра при пропаривании и длительном замачивании в горячей воде резко возрастает выход целой крупы. Однако она приобретает желтоватый оттенок, что снижает ее потребительские свойства. В странах Индокитая и на некоторых крупозаводах Западной Европы рис подвергают гидротермической обработке. В СССР исследования в этой области продолжаются.

Многофакторность процесса гидротермической обработки. Режим гидротермической обработки определяется размером изменения влажности и температуры на отдельных этапах и их длительностью. Дополнительно необходимо учитывать также количественное значение влажности зерна и его начальное состояние (влажность и температуру).

Даже при холодном кондиционировании для полной характеристики режима необходимо учитывать несколько различных значений влажности, температуру воздуха во влагоснимателе, а также протяженность во времени двух или трех этапов отволаживания. Уже в самом простом варианте холодного кондиционирования зерно дважды увлажняют и отволаживают. Следовательно, в этом случае режим процесса определяется следующими параметрами:

исходной влажностью зерна (w_0);

влажностью зерна после первого увлажнения (w_1);

продолжительностью отволаживания зерна в закромах (t_1);

влажностью зерна после доувлажнения перед I драной системой (w_2);

продолжительностью отволаживания зерна перед I драной системой (t_2).

Следует иметь в виду, что в результате проведения гидротермической обработки конечная влажность зерна, поступающего на I драную систему, должна быть на некотором оптимальном уровне, обеспечивающем наибольшую эффективность переработки зерна в муку. Эта конечная влажность определяется суммой показателей исходных свойств зерна.

Необходимость выдерживания на постоянном уровне конечной влажности зерна приводит к тому, что размер увлажнения его (степень изменения влажности) в процессе гидротермической обработки зависит от значения исходной влажности. Например, если две однородные по характеристике партии имели исходную влажность 10 и 12%, а конечная влажность должна быть 16%, то зерно первой партии необходимо увлажнить на 6%, а второй — на 4%. Это приводит к тому, что степень изменения исходных свойств зерна будет различной. Поэтому при выборе режима гидротермической обработки следует учитывать также исходную влажность зерна.

Режим гидротермической обработки заметно усложняется при горячем и скоростном кондиционировании. Он включает несколько разнородных этапов, каждый из которых определяется набором параметров режима ведения обработки зерна. При этом важно, что каждый из этапов имеет самостоятельное значение. Если на одном из них зерно обработано в неоптимальном режиме, то исправить ошибку на каком-нибудь последующем этапе невозможно.

Таким образом, гидротермическая обработка зерна является многофакторным процессом, причем на каждом этапе значения параметров режима надо поддерживать на определенных оптимальных уровнях. Это требует от технолога постоянного внимания, непрерывного контроля. Наилучшим вариантом, конечно, является широкое внедрение автоматических систем, обеспечивающих контроль и регулирование параметров режима процесса гидротермической обработки. Все это обеспечит стабилизацию технологических свойств зерна, поступающего на дальнейшую переработку.

Оптимальный режим гидротермической обработки зерна. Задача такой обработки заключается в направленном изменении исходных технологических свойств зерна. При этом их подвергают такому преобразованию, чтобы при поступлении зерна в переработку показатели были стабильными, практически одинаковыми независимо от различия их в начале процесса гидротермической обработки.

Сложность решения этой задачи состоит в том, что исходные свойства каждой партии имеют индивидуальные особенности. Значит, для достижения заданных стабильных характеристик технологических свойств зерна после завершения гидротермической обработки исходные свойства должны быть изменены в различной степени. Это определяет необходимость выбора для каждой партии зерна индивидуальных значений параметров режима (табл. 11.8). Только при этом обязательном условии можно изменить исходные свойства зерна в заданном размере.

Таблица 11.8. Оптимальные параметры холодного кондиционирования

Показатели	Саратовская 29	Целинум 31	Лютесденс 758
Влажность зерна I др. с., %	16,5	16,5	15,5
Продолжительность отволаживания, ч	10	12	8

Еще большее отличие параметров получают, если зерно различается по типу (I, III, IV), по стекловидности, району произрастания и т. п. При совместной подготовке зерна к помолу результаты хуже. Это спра-

—едитивно также для горячего и скоростного кондиционирования. Таким образом, оптимальным режимом гидротермической обработки является такой, применение которого обеспечивает приобретение зерном наилучших технологических свойств.

§ 11.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Эффективность процесса гидротермической обработки можно определить по степени произошедших изменений технологических свойств зерна. При оптимальном режиме выход готовой продукции, ее качество и потребительские свойства будут наилучшими. Следует иметь в виду также, что различные способы обработки в разной степени воздействуют на свойства зерна. Обычно использование тепла благотворно сказывается на технологических свойствах зерна (табл. 11.9).

Таблица 11.9. Выход муки и ее зольность (%) при трехсортном помоле пшеницы Цезиум 31

Кондиционирование	Мука высших сортов			Мука второго сорта	Общий выход муки
	высший	первая	второго		
Холодное	24,0/0,49	34,2/0,65	58,2/0,58	19,0/1,10	77,2/0,72
Скоростное	26,6/0,41	32,4/0,58	59,0/0,50	19,0/1,17	78,0/0,67

Результаты помола зерна, прошедшего скоростное кондиционирование, заметно выше. Увеличился общий выход муки, причем за счет муки высшего сорта. Качество муки также заметно возросло (спизилась ее зольность). Подобное характерно и для крупяного производства.

Изменяя режимы гидротермической обработки, технолог добивается максимальной технологической эффективности, с тем чтобы была обеспечена наивысшая рентабельность работы предприятия.

Экономический расчет на основе производственных данных показывает, что при использовании горячего кондиционирования на мукомольном заводе трехсортного помола пшеницы производительностью 220—240 т/сутки стоимость дополнительного выработкой продукции в течение года составляет от 80 до 200 тыс. руб., а при использовании скоростного от 80 до 125 тыс. руб. Учитывая капитальные вложения и эксплуатационные расходы, получаем, что даже при минимальном размере прибыли (80 тыс. руб.) установка воздушно-водяных кондиционеров и их эксплуатация окупаются в течение одного года, а скоростных кондиционеров — в течение 5—6 месяцев. Дополнительное преимущество применения тепловой обработки — это улучшение качества муки и повышение ее биологической полноценности. Высокую рентабельность имеет также гидротермическая обработка на крупяных заводах.

Глава 12

ПОДБОР И РАСЧЕТ СОСТАВА ПОМОЛЬНОЙ СМЕСИ

§ 12.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ ЗЕРНА

Каждая партия зерна должна пройти подготовку, особенно гидротермическую обработку, самостоятельно. Это позволит обеспечить оптимальный режим процесса размола. Однако обычно берут смесь различных партий зерна. Это дает возможность правильнее использовать зерно повышенного качества (сильную пшеницу), расходуя его в определенном соотношении с зерном нормального качества. Смешивание зерна перед размолом позволяет частично использовать и зерно пони-

женного качества, при переработке которого нельзя получить стандартную муку. Наконец, смешивание разнородных партий зерна перед размолом способствует также стабилизации его свойств на I драной системе: посредством подбора компонентов можно обеспечить постоянное значение стекловидности, зольности, содержания сырой клейковины и других показателей качества зерна.

Эффективность смешивания заключается в том, что повышается стабильность технологических свойств зерна. Технолог при расчете помольных партий, составленных из различных компонентов, стремится, во-первых, к тому, чтобы показатели качества каждой новой помольной партии были бы одинаковыми с этими показателями для предыдущей партии. Во-вторых, некоторые показатели технологических свойств зерна не подчиняются закону аддитивности (т. е. закону простого смешивания). Например, хлебопекарные свойства муки при смешивании сильной и слабой пшеницы оказываются лучше, чем это можно ожидать, исходя из расчета среднеарифметических величин. Особенно важел при этом отход от аддитивности объема выхода хлеба: при некотором оптимальном соотношении сильной и слабой пшеницы в помольной смеси этот показатель заметно превышает его расчетную величину.

Таким образом, смешивание разнородных партий зерна перед размолом предопределяет определенную технологическую эффективность.

§ 12.2. СМЕСИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ СИЛЬНОЙ ПШЕНИЦЫ

Силу пшеницы оценивают показателями (табл. 12.1), главным из которых следует считать объемный выход хлеба. Именно проведение пробных выпечек хлеба наиболее полно выявляет потенциальную способность муки.

Таблица 12.1. Оценка качества зерна пшеницы

Признак качества	Нормы для пшеницы		
	сильной	средней	слабой
Содержание белка, % на сухое вещество	Не ниже 14	14—11	Менее 11
Стекловидность, %:			
I и IV типов	Не ниже 75	75—40	Менее 40
III типа	Не ниже 60	—	Менее 60
Содержание сырой клейковины, %:			
в зерне	Не ниже 28	Не ниже 25	Менее 25
в муке 70%-ного выхода	Не ниже 32	Не ниже 30	Менее 30
Качество клейковины (не ниже группы)	I	II	II
Показатель разжижения теста по фаринографу, условные единицы	Не выше 80	Не выше 150	Более 150
Удельная работа деформации теста по альвеографу, эрг	280—300	Не ниже 200	Менее 200
Упругость теста по альвеографу (не менее), мм	75—80	—	—
Отношение упругости теста к растяжимости	I—2	—	—
Показатель седиментации по Л. Я. Ауэрману, мл	Свыше 40	40—20	Менее 20
Объемный выход хлеба из 100 г муки, см ³	Свыше 500	400—500	Менее 400

Установлено, что при смешивании сильной и слабой пшеницы существенно улучшаются хлебопекарные свойства муки. Под смесительной ценностью понимают способность сильной пшеницы улучшать слабую, доводя показатели качества хлеба до нормы.

Мерой улучшения качества хлеба может служить показатель, известный как «эффект улучшения»:

$$E = \frac{100(V_1 - V_2)}{V_2},$$

где V_1 — объемный выход хлеба из смеси муки; V_2 — то же, из муки слабой пшеницы.

Можно определить смесительную ценность и по другим показателям. Е. Д. Казаков предложил следующую формулу:

$$E_1 = 100 \left(\frac{V_1 C_2}{V_2 C_1} - 1 \right),$$

где C_1 — содержание сырой клейковины в смеси муки; C_2 — содержание сырой клейковины в муке слабой пшеницы; V_1 и V_2 — объемный выход хлеба из смеси муки и из муки слабой пшеницы.

Величина E_1 представляет собой удельный показатель, поскольку определяет объем хлеба из 100 г муки 70%-ного выхода, отнесенный к 1 г сырой клейковины.

Для оценки смесительной ценности пшеницы обычно рассчитывают значение отхода от аддитивности, т. е. превышение фактического объемного выхода хлеба из смеси муки от среднеарифметического расчетного его значения. Смесительная ценность сильной пшеницы может быть оценена именно полученной величиной отхода от аддитивности.

Примерный график, по данным П. М. Конькова, приведен на рисунке 12.1. При составе смеси 50% сильной пшеницы и 50% слабой эффективность получается наибольшая — отход от аддитивности составляет 21,2%. Именно в отыскании этого оптимального соотношения и состоит задача технолога.

Для оценки свойств полученной помольной смеси размол ее удобно проводить на лабораторной мельничной установке МЛУ-202, обеспечивая постоянный выход муки в размере 70%.

§ 12.3. ТРЕБОВАНИЯ К ЗЕРНУ, ПОСТУПАЮЩЕМУ В РАЗМОЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

В результате проведения операций в подготовительном отделении мукомольного завода качество зерна и его технологические свойства должны быть улучшены. Это достигается посредством очистки зерновой массы от примесей, обработки поверхности зерна в обоченных и щеточных машинах, мойки и гидротермической обработки. При поступлении в размольное отделение зерно должно иметь следующие показатели качества:

влажность — на оптимальном уровне, т. е. в пределах 15—17%, в зависимости от конкретных свойств зерна;

содержание сорной примеси — не более 0,4%, в том числе вредной примеси не более 0,05%;

содержание зерновой примеси — не более 3%;

содержание сырой клейковины — не менее 26%.

Эти показатели качества относятся к помольной смеси в целом.

§ 12.4. ПОРЯДОК РАЗМЕЩЕНИЯ ЗЕРНА В ЭЛЕВАТОРЕ ПРИ МУКОМОЛЬНОМ ЗАВОДЕ

Поступающее на мукомольный завод зерно закладывают на предварительное хранение в элеватор. Рекомендуется, чтобы запас зерна был равен не менее чем месячной производительности завода. Зерно в элеваторе

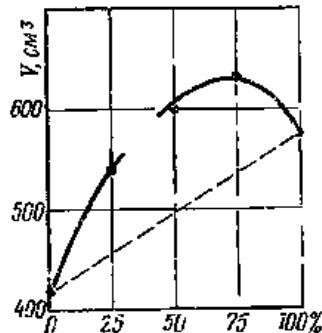


Рис. 12.1. Отход от аддитивности по объемному выходу хлеба в результате смешивания муки из сильной и слабой пшеницы.

ваторе размещают с учетом его свойств и показателей качества. Партии зерна хранят раздельно:

по типу, желательно при этом учитывать также сорт и район производства;

по влажности — при разности значений 1% и более;

по стекловидности — менее 40%, от 40 до 60 и более 60%;

по зольности — менее 1,97 и более 1,97%;

по содержанию клейковины — выше 25%, 25—20 и ниже 20%;

по объемной массе — выше 750 г/л, от 750 до 690 и менее 690 г/л.

Кроме того, хранят отдельно зерно сильной или слабой пшеницы, поврежденное клопом-черепашкой, полынное и т. п.

Строгое выполнение этих требований позволяет технологу так подобрать компоненты помольной смеси, чтобы она обладала достаточно высокими технологическими свойствами.

§ 12.5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СОСТАВА ПОМОЛЬНОЙ СМЕСИ

Состав помольной смеси определяют расчетным путем, основываясь на требуемом качестве зерна (содержание клейковины, зольность, стекловидность и т. п.) и учитывая наличие зерна в элеваторе. Обычно помольную смесь составляют из двух, трех или четырех компонентов, но не более. При расчете исходят из того, что все учитываемые показатели качества подчиняются закону аддитивности, т. е. могут быть найдены расчетом средневзвешенной величины.

Обозначим: M — масса итоговой помольной смеси; m_i — массы отдельных компонентов помольной смеси; \bar{x} — средневзвешенное значение выбранного показателя качества зерна; x_i — индивидуальные значения этого показателя для каждого из компонентов смеси.

Тогда для случая формирования помольной партии из двух компонентов можно составить уравнения

$$\bar{x} = m_1 x_1 + m_2 x_2; \quad M = m_1 + m_2.$$

Отсюда получаем массу исходных компонентов

$$m_1 = \frac{M(\bar{x} - x_2)}{x_1 - x_2}; \quad (12.1)$$

$$m_2 = M - m_1. \quad (12.2)$$

Для партии из трех компонентов аналитически задача может быть решена лишь при условии равенства масс двух из них. Приняв $m_2 = m_3$, получим

$$m_1 = \frac{M \left(\bar{x} - \frac{x_2 + x_3}{2} \right)}{x_1 - \frac{x_2 + x_3}{2}}; \quad m_2 = m_3 = \frac{M - m_1}{2}.$$

Расчет ведут по каждому из показателей качества (содержанию клейковины, зольности, стекловидности); иногда учитывают также объемную массу.

Таблица 12.2. Порядок расчета помольной смеси из двух компонентов

Наименование	Компоненты смеси		Требуемая смесь
	первый	второй	
Стекловидность, %			
Отклонение стекловидности данного компонента от заданного значения	86	43	60
	86—60=26	60—43=17	—
Расчетное соотношение компонентов в партии	17	26	17+26=43

Изложенный выше метод расчета по формулам наиболее простой и удобный. Существуют и другие методы. Рассмотрим один из них.

Пример. Требуется составить помольную смесь со средневзвешенным значением стекловидности 60% из двух исходных партий: стекловидность первой 86%, второй 43%; заданная масса партии 1000 т (табл. 12.2). Масса первого компонента

$$m_1 = \frac{1000 \cdot 17}{43} \approx 395 \text{ т};$$

второго

$$m_2 = \frac{1000 \cdot 26}{43} \approx 605 \text{ т.}$$

Или же $m_2 = M - m_1 = 1000 - 395 = 605$ т.

Проверяем правильность расчета, определяя средневзвешенное значение стекловидности для полученной помольной партии,

$$x = \frac{395 \cdot 86 + 605 \cdot 43}{1000} = 60\%.$$

Расчет проведен верно, так как значение стекловидности помольной партии соответствует заданному.

При использовании формул (12.1) и (12.2) получаем сразу же, без составления расчетной таблицы, результат:

$$m_1 = \frac{1000 (60 - 43)}{86 - 43} = 395 \text{ т}; \quad m_2 = 1000 - 395 = 605 \text{ т.}$$

Существует также графический метод расчета состава помольной смеси по специальным номограммам.

§ 12.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ЗЕРНА

Процесс смещивания зерна должен быть организован так, чтобы, во-первых, можно было обеспечить однородность (одинаковость во всех точках объема) состава помольной смеси и, во-вторых, раздельную подготовку к помолу в оптимальном варианте каждого компонента помольной смеси.

Реализация второго условия определяет необходимость смещивания компонентов помольной смеси только после завершения гидротермической обработки, режимы которой индивидуальны для каждого компонента. Обычно операцию смещивания проводят после основного отволаживания зерна, для чего под закромами для отволаживания устанавливают дозаторы и шnekовые смесители.

Первое же условие требует, чтобы процесс смещивания был достаточно развит для обеспечения однородности помольной смеси. Такому требованию отвечает смещивание зерна непосредственно после закромов для отволаживания. В этом случае, кроме шnekового смесителя, зерно проходит еще ряд машин и транспортных устройств, что обеспечивает достаточно высокую однородность помольной смеси на выходе из подготовительного отделения.

Иногда для смещивания используют специальный оперативный закром, в который подают в заданном соотношении компоненты помольной смеси.

Глава 13

ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

§ 13.1. РОЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Твердые тела подвергаются измельчению для получения сыпучего материала, состоящего из частиц определенной крупности. Этот материал представляет собой конечный продукт или продукт, который удобно

подвергать дальнейшей обработке. Такой метод разрушения твердых тел может быть назван простым измельчением. В других случаях твердые тела, неоднородные по составу, подвергают избирательному измельчению для извлечения частиц какого-либо одного вещества.

При избирательном измельчении, обязательно многократном, процесс строят последовательно. Используя различия структурно-механических свойств составных частей измельчаемого тела, каждую стадию процесса измельчения осуществляют так, чтобы были получены частицы, отличающиеся друг от друга теми или иными физическими свойствами. Это в дальнейшем облегчает разделение сыпучей смеси сепарированием на фракции, каждая из которых состоит из частиц, более или менее однородных по составу.

Измельчение пшеницы и ржи в сортовую муку основано на использовании различий структурно-механических свойств эндосперма и оболочек, которые еще более возрастают после гидротермической обработки зерна. Чтобы не допустить чрезмерного измельчения оболочек, в основу построения сложного помола положен метод избирательного измельчения зерна к его частям. Этот метод в сочетании с оптимальными формами рабочих органов измельчающих машин и их кинематическими параметрами позволяет так вести процесс, чтобы можно было свести к минимуму дробление оболочек и извлечь из зерна максимальное количество эндосперма. Выход, т. е. извлечение муки, а также ее качество в значительной мере зависят от совершенства процесса измельчения зерна. При чрезмерном измельчении снижается производительность машин, повышается расход энергии, следовательно, увеличивается себестоимость продукции.

Таким образом, от правильного построения процесса измельчения зависит рациональное использование сырья, качество получаемых продуктов, производительность измельчающих машин, удельный расход энергии, себестоимость продукции.

§ 13.2. КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Основными критериями оценки эффективности процесса измельчения любых твердых тел, в том числе и зерна, являются: степень измельчения, удельная энергоемкость процесса и удельная нагрузка на рабочий орган измельчающей машины.

Степень измельчения i определяют как отношение суммарной поверхности частиц продукта после измельчения S_k к суммарной поверхности частиц исходного продукта S_b , т. е. $i = (S_k : S_b)$.

В мукомольной промышленности степень измельчения зернопродуктов в зависимости от назначения системы, кинематических параметров рабочих органов машин составляет $i = 20 \div 50$, в комбикормовой промышленности для некоторых видов сырья она может достигать $i = 300 \div +400$. Определить поверхности частиц S_b и S_k до и после измельчения можно методом седиментационного или ситового анализа, а удельную поверхность — при помощи прибора ПСХ-4. Удельной поверхностью порошка называют отношение суммарной поверхности частиц к их массе. Седиментационный метод к продуктам измельчения зерна применяют редко из-за его сложности и трудоемкости. Обычно используют ситовой анализ, а для мелких фракций размером менее 100 мкм — прибор ПСХ-4.

Для проведения ситового анализа отбирают образец продукта и просеивают его в рассеве-анализаторе, включающем несколько сит с отверстиями различных размеров. В результате просеивания получают продукты (классы продуктов), различающиеся крупностью. Характеристика каждого класса определяется размерами смежных сит. Если, на-

пример, весь продукт состоит из частиц, целиком прошедших через отверстия шелкового сита № 71, но оставшихся на сите № 120, то характеристику данного класса обозначают $\frac{71}{120}$. Чем на большее число классов разделен продукт при ситовом анализе, тем полнее и точнее характеристика его по крупности, следовательно, тем правильнее может быть определена поверхность частиц.

При использовании ситового анализа для определения суммарной поверхности частиц необходимо знать:

средний размер частиц класса (за этот размер условно принимают полусумму размеров отверстий двух смежных сит);

массовый выход каждого класса, определяемый взвешиванием после просеивания продукта в рассеве-анализаторе;

плотность частиц продуктов каждого класса.

Количество частиц в отдельных классах может быть найдено по следующей формуле:

$$n_i = \frac{G_i}{d^3 \gamma},$$

где n_i — количество частиц в классе; G_i — массовый выход класса, г; d — средний размер частиц продукта, см; γ — плотность продукта класса, г/см³.

Поверхность отдельной частицы обычно принимают равной поверхности равновеликого куба, т. е. $6d^2$, где d — ребро куба, равное среднему размеру частицы. Тогда поверхность всех частиц одного класса будет: $S_i = 6d^2 n_i$ или $S_i = (6G_i : d\gamma)$.

Зная поверхность частиц каждого класса, можно определить суммарную поверхность частиц всего образца, т. е.

$$S_n = S_1 + S_2 + \dots + S_m; \quad S_n = 6 \sum_{i=1}^m \frac{G_i}{d\gamma}.$$

При переработке зерна на мукомольных заводах для оценки степени измельчения принят другой показатель, называемый общим извлечением. Под общим извлечением I (%) понимают разность между количеством проходовых частиц Π (%), содержащихся в продукте, который отобран из-под машины, и количеством таких же проходовых частиц H (%), содержащихся в продукте, который поступил в машину для измельчения.

Таким образом

$$I = \Pi - H;$$

$$\Pi = \frac{F_1}{F_1 + C_1} 100; \quad H = \frac{F_2}{F_2 + C_2} 100,$$

где F_1 — масса проходовых частиц, полученных при просеивании измельченного продукта через сито заданного размера; C_1 — масса сходовых частиц в продукте, полученным при просеивании измельченного продукта через сито заданного размера; F_2 — масса проходовых частиц в продукте, поступившем на измельчение; C_2 — масса сходовых частиц в продукте, поступившем на измельчение.

При измельчении целых зерен или отсутствии проходовых частиц в исходном продукте имеем

$$I = \Pi = \frac{F_1}{F_1 + C_1} 100.$$

В некоторых случаях для углубленного анализа результатов процесса измельчения зерна прибегают к построению графика распределения частиц по крупности и величине суммарного прохода (рис. 13.1).

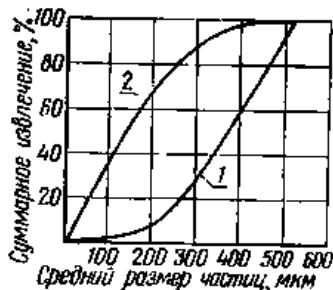


Рис. 13.1. Фракционный состав смеси продуктов:

1 — поступающей в вальцовую станок 2-й размольной системы;
2 — после размоля с извлечением $I = 82\%$.

с указанными выше диаметрами отверстий. Общую массу образца определяют как сумму $P_0 + P_1 + P_2 + P_3$.

С экономической точки зрения весьма важным критерием оценки эффективности процесса измельчения является удельная энергоемкость, в качестве показателя которой можно использовать величину работы, затраченной на образование единицы новой поверхности ($\text{кгм}/\text{м}^2$):

$$\Delta A = \frac{A}{S_n - S_k},$$

где ΔA — работа, затраченная на измельчение продукта с начальной общей поверхностью S_k и конечной измельченных частиц S_n .

При эксплуатации мукомольных заводов энергоемкость процесса измельчения оценивают затратами энергии на переработку 1 т зерна в муку или на 1 т выработанной муки; аналогично этому определяют энергоемкость процесса на крупяных и комбикормовых заводах.

Для уменьшения энергоемкости процесса измельчения надо снижать оборот продукта в технологическом процессе, использовать рациональные режимы гидротермической подготовки и размоля зерна, сокращать протяженность технологического цикла, правильно подбирать геометрические и кинематические параметры измельчающих машин.

Установлено, что на мукомольных заводах, оборудованных внутрициховым пневмотранспортом, удельный расход энергии на измельчение выше, чем на заводах с механическим транспортом вследствие лучшего охлаждения рабочих органов, продукта, большей четкости сепарирования в рассевах. Вместе с тем из-за невысокого к. п. д. пневмотранспорта на этих заводах удельный расход энергии (на 1 т зерна или муки) выше, чем на заводах с механическим транспортом, аналогичных по типу помола и производительности.

§ 13.3. ОБОБЩЕННЫЙ ЗАКОН ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Процесс деформации и измельчения твердых тел 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. Получая упругую деформацию, тело накапливает энергию. После прекращения действия внешних сил оно возвращает не всю затраченную энергию, а только часть ее. Как при упругой, так и при пластической деформации происходит частичное преобразование механической энергии в тепловую, в результате чего повышается температура деформируемого тела. В процессе измельчения некоторая часть энер-

В качестве критерия для оценки степени измельчения ингредиентов комбикормов применяют показатель, называемый модулем крупности размоля M , который подсчитывают по следующей формуле:

$$M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100},$$

где P_0 — масса прохода через сито с отверстиями $\varnothing 1$ мм; P_1 — масса остатка на сите с отверстиями $\varnothing 1,5$ мм, выраженная в процентах к массе всего образца; P_2 — масса остатка на сите с отверстиями $\varnothing 2$ мм, выраженная в процентах к массе всего образца; P_3 — масса остатка на сите с отверстиями $\varnothing 3$ мм, выраженная в процентах к массе всего образца.

Для определения модуля крупности размоля берут образец измельченного продукта и просеивают его на наборе штампованных сит с указанными выше диаметрами отверстий. Общую массу образца определяют как сумму $P_0 + P_1 + P_2 + P_3$.

С экономической точки зрения весьма важным критерием оценки эффективности процесса измельчения является удельная энергоемкость, в качестве показателя которой можно использовать величину работы, затраченной на образование единицы новой поверхности ($\text{кгм}/\text{м}^2$):

$$\Delta A = \frac{A}{S_n - S_k},$$

где ΔA — работа, затраченная на измельчение продукта с начальной общей поверхностью S_k и конечной измельченных частиц S_n .

При эксплуатации мукомольных заводов энергоемкость процесса измельчения оценивают затратами энергии на переработку 1 т зерна в муку или на 1 т выработанной муки; аналогично этому определяют энергоемкость процесса на крупяных и комбикормовых заводах.

Для уменьшения энергоемкости процесса измельчения надо снижать оборот продукта в технологическом процессе, использовать рациональные режимы гидротермической подготовки и размоля зерна, сокращать протяженность технологического цикла, правильно подбирать геометрические и кинематические параметры измельчающих машин.

Установлено, что на мукомольных заводах, оборудованных внутрициховым пневмотранспортом, удельный расход энергии на измельчение выше, чем на заводах с механическим транспортом вследствие лучшего охлаждения рабочих органов, продукта, большей четкости сепарирования в рассевах. Вместе с тем из-за невысокого к. п. д. пневмотранспорта на этих заводах удельный расход энергии (на 1 т зерна или муки) выше, чем на заводах с механическим транспортом, аналогичных по типу помола и производительности.

гии затрачивается на электризацию частиц продукта и рабочих поверхностей машин. Кроме того, энергия расходуется и на преодоление со- противлений в измельчающей машине (трение и деформация деталей, их нагрев и т. п.).

Взаимосвязь энергозатрат на измельчение какого-либо материала и получаемого продукта, состоящего из частиц определенной дисперсности, по П. А. Ребиндеру, в общем виде может быть выражена как

$$A' = A_y + A_s,$$

где A_y — энергозатраты на упругие и пластические деформации разрушающегося тела; A_s — энергозатраты на образование новых поверхностей.

Исходя из того, что полезны только энергозатраты A_s , условно можно оценить коэффициент полезного действия η_i процесса измельчения

$$\eta_i = \frac{A_s}{A_s + A_y}.$$

Более развернуто обобщенный закон измельчения записывают так:

$$A' = A_0 + m_y \frac{\sigma_p^2 V}{2E} + \omega_R \Delta S \alpha, \quad (13.1)$$

где A_0 — энергия, расходуемая на процесс деформации и износ рабочих органов измельчающей машины; m_y — число циклов деформации частиц измельчаемого материала; σ_p — разрушающее напряжение измельчаемого материала; V — объем разрушающегося материала; E — модуль упругости материала; ω_R — энергия на образование 1 см² новой поверхности для данного материала; $\Delta S = S_k - S_n$ — величина вновь образованной поверхности; $\alpha = \left(\frac{S_k}{S_n} \right)^n = i^n$ — безразмерный множитель, характеризующий для машины данной конструкции процесс образования новой поверхности. В этом выражении n — показатель, зависящий от условий измельчения (для тонкого измельчения $n > 0$).

Из выражения (13.1) следует, что

$$\eta_i = \frac{\omega_R \Delta S \alpha}{A_0 + m_y \frac{\sigma_p^2 V}{2E} + \omega_R \Delta S \alpha}.$$

Значит, увеличить значение коэффициента полезного действия процесса измельчения, а следовательно, уменьшить энергозатраты можно при:

уменьшении величины A_0 , т. е. уменьшении упругих деформаций материала рабочего органа измельчающей машины, оптимизации механических и кинематических параметров, а также повышении ее износостойкости;

уменьшении числа циклов деформаций m_y частиц разрушающегося продукта (сокращение протяженности технологического процесса, упрощение его схемы);

снижении разрушающих напряжений σ_p измельчаемого продукта, что в мукоомольном и крупяном производстве достигается гидротермической обработкой;

получении фракционного состава готовой продукции (муки, крупы, комбикормов), обусловленного целевым использованием, ограничении крупности частиц, так как чрезмерное измельчение ведет к росту ΔS и α , а следовательно, к дополнительным затратам энергии.

Проблема изучения и направления изменения структурно-механических свойств зерна давно привлекает внимание ученых и практиков. Величина разрушающего напряжения при сжатии значительно выше, чем при скальвании (сдвиге). В частности, для стекловидного зерна пшеницы она больше в 2½ раза, а для мучнистого в 5—6 раз. При деформации сжатия разрушающее напряжение для стекловидного зерна



Рис. 13.2. Деформация высокостекловидного зерна пшеницы при измельчении в вальцовом станке.



Рис. 13.3. Деформация мучнистого зерна пшеницы при измельчении в вальцовом станке.

роде фазы. В первой преобладают упругие деформации, развитие которых подчиняется закону Гука. Во второй фазе наблюдаются в основном пластические деформации, при которых в теле зерновки развиваются трещины. Завершение этой фазы совпадает с разрушением зерна. В зависимости от влажности зерна его деформационные свойства изменяются, но общая характеристика процесса деформации остается неизменной.

Особенности процесса измельчения зависят не только от культуры зерна, но и от сорта, района произрастания, фракционного состава (крупности), кинематических параметров и технической характеристики рабочих органов. Все эти факторы являются решающими при формировании структуры зерна и микроструктуры его анатомических частей (рис. 13.2 и 13.3).

Микротвердость эндосперма твердой пшеницы $H_{\text{в.т}}$ выше, чем стекловидного зерна мягкой $H_{\text{в.ст}}$, а мучнистых зерен $H_{\text{в.м}}$ ниже, чем стекловидных зерен мягкой пшеницы, т. е. $H_{\text{в.т}} > H_{\text{в.ст}} > H_{\text{в.м}}$.

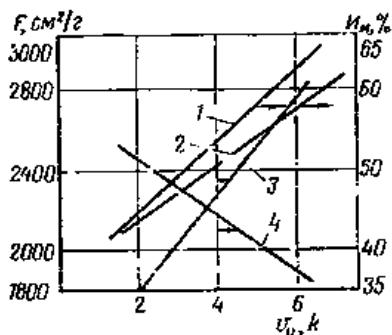


Рис. 13.4. Изменение извлечения (I_m) и удельной поверхности (F) муки на 2-й размольной системе:

1 — влияние отношения окружных скоростей валцов на величину извлечения; 2 — влияние относительной скорости валцов на извлечение; 3 — влияние отношения окружных скоростей валцов на удельную поверхность; 4 — влияние относительной скорости на величину удельной поверхности.

в два раза больше, чем для мучнистого, а при скашивании в три с лишним раза. Временное сопротивление разрыву оболочек зерна пшеницы примерно в десять раз выше, чем разрушающее напряжение при сжатии эндосперма.

Процесс деформирования отдельных зерен при приложении к ним нагрузки в различном состоянии их по влажности хорошо иллюстрируется экспериментальными данными (см. рис. 5.1). Процесс деформирования зерна имеет две различные по своей при-

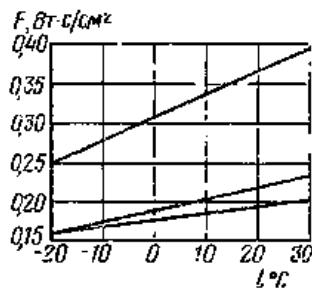


Рис. 13.5. Изменение расхода энергии на единицу вновь образованной поверхности в зависимости от температуры зерна.

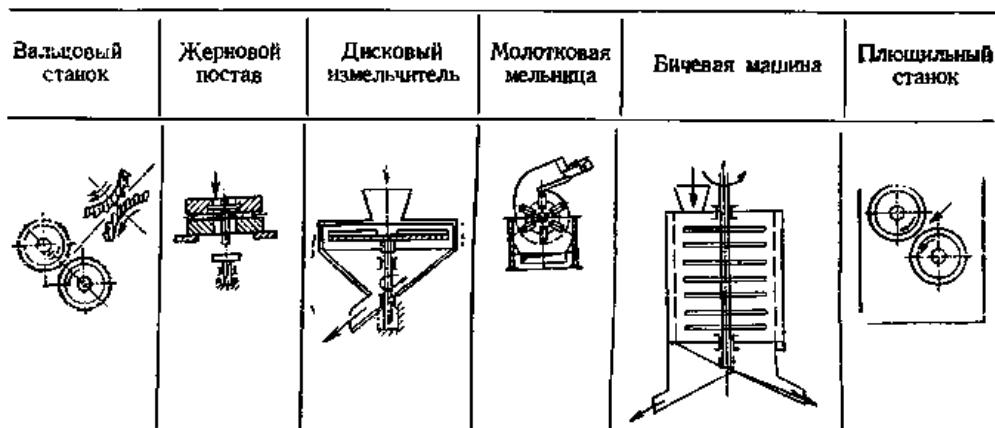
Исследованиями установлено, что при измельчении пшеницы величину образования новых поверхностей можно регулировать дифференцией распределения влаги в зерне, а также изменением кинематических параметров вальцовых станков. Так, при увеличении отношения окружных скоростей вальцов v_b/v_m при постоянной окружной скорости быстровращающегося вальца повышается извлечение муки и ее удельная поверхность. В то же время увеличение относительной скорости между вальцами ($v_b - v_m$) приводит к увеличению извлечения, но уменьшению удельной поверхности муки (рис. 13.4).

На механические свойства зерна существенное влияние оказывает температура. При ее снижении зерно становится хрупким, прочность его уменьшается. Расход энергии на единицу вновь образованной поверхности со снижением температуры уменьшается (рис. 13.5).

В зависимости от структурно-механических свойств измельчаемых продуктов необходимо принимать соответствующие режимы работы машин (окружные и относительные скорости рабочих органов), форму рабочей поверхности и др.

§ 13.4. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

В измельчающих машинах (рис. 13.6) сочетается несколько принципов разрушения зерна. Например, в вальцовых станках и жерновых поставках — сжатие с одновременным сдвигом. В центробежных измельчителях и бичевых машинах — удар и истирание.



Вид воздействия рабочих органов машины на измельчаемый продукт

Сжатие, сдвиг и срез	Сжатие и сдвиг	Удар	Удар и истирание	Истирание и удар	Сжатие

Рис. 13.6. Классификация измельчающих машин.

В зависимости от конечных задач процесса измельчения надо соблюдать определенные условия. Прежде всего продукт измельчают до требуемой крупности. Например, мука типа обойной должна содержать не более 2% частиц размером свыше 670 мкм. Нижний предел крупности, характеризуемый проходом через сито № 38 (166 мкм), должен составлять не менее 30%. Установлено, что чем крупнее частицы муки, тем медленнее в процессе приготовления теста происходит их набухание. Крупность частиц регламентирована для всех сортов муки и видов крупы.

Однородное дробление кормовых продуктов до определенной крупности в зависимости от его вида и целевого назначения способствует лучшему усвоению питательных веществ, содержащихся в комбикормах. Наличие пылевидных частиц ухудшает условия кормления животных и может вызывать закупорку дыхательных путей.

В продуктах измельчения должны отсутствовать металлические, минеральные и другие примеси, являющиеся случайными в зерновой массе или образующиеся в результате износа рабочих органов машин.

Нагрев продуктов в процессе измельчения должен быть минимальным, что обеспечивается надежной работой аспирационных установок и поддержанием рабочих органов измельчающих машин в исправном техническом состоянии.

При производстве сортовой муки необходимо:

сокращать время размола (цикл превращения зерна в муку заданного выхода) с целью сохранения в период измельчения разности по влажности между оболочками и эндоспермом;

на каждом этапе измельчения добиваться максимального извлечения эндосперма;

получать муку не только определенной крупности, но и с минимальным содержанием частиц оболочек, аллеронового слоя и зародыша.

В мукомольном производстве при всех видах хлебопекарных и малярных помолов зерно измельчают в станках с рифленой или шероховатой (гладкой) поверхностью вальцов. С целью интенсификации процесса измельчения, повышения эффективности использования просеивающих машин при простых и двухсортных помолах пшеницы и ржи в дополнение к вальцевым станкам устанавливают бичевые машины, предназначенные для обработки продуктов после вальцевых станов или верхних сходов рассевов. Для производства овсяных и кукурузных хлопьев, а также для отделения зародыша применяют вальцевые станки (плющилки) с гладкими вальцами, работающими с одинаковой окружной скоростью.

На комбикормовых заводах для измельчения ингредиентов используют в основном молотковые дробилки.

§ 13.5. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА В ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКАХ

Рабочие органы вальцового станка — это два горизонтально расположенных цилиндрических вальца с рифленой или шероховатой поверхностью и вращающиеся с разными скоростями навстречу друг другу. Продукт разрушается в клиновидном зазоре вследствие разности относительных скоростей. Разрушение частиц начинается несколько выше линии, соединяющей центры вальцов. Зерно или его частицы, попав в зону измельчения, подвергаются одновременно деформации сжатия вследствие постепенно уменьшающегося расстояния между поверхностями вальцов и сдвига в результате разности их скоростей.

На рисунке 13.7 показано разрушение зерновок пшеницы, характерное для 1 драной системы сортового помола. Такой характер воздействия рабочих органов вальцового станка на измельчаемое зерно обеспечивает в начале процесса как бы разворачивание зерновок с минимальным образованием мелких оболочечных частиц, а на последующих стадиях — отделение эндосперма от оболочек и измельчение его крупных частиц в более мелкие фракции.

Степень измельчения продукта при всех прочих равных условиях зависит от соотношения размеров измельчаемых частиц и расстояния между поверхностями вальцов, измеренного по линии, соединяющей их центры. Эту величину b называют межвальцовым зазором.

В мукомольном производстве степень измельчения зерна и зернопродуктов оценивают величиной общего извлечения I , на значение ко-

торой влияют структурно-механические свойства зерна, геометрическая характеристика вальцов (диаметр, профиль и взаиморасположение рифлей, степень шероховатости), кинематические параметры вальцов (окружные и относительные скорости), величина удельной нагрузки.

Факторы, определяющие эффективность работы вальцового станка. *Величина зазора между вальцами.* При сортовом помоле пшеницы (рис. 13.8) малейшее изменение зазора между вальцами вызывает значительное изменение величины извлечения. Поэтому требования к точности цилиндрической формы вальцов, жесткости их на изгиб, отбалансированности должны быть весьма высокими, так как в противном случае будет трудно добиться стабильности зазора по длине вальцов, а следовательно, однородности измельчения.

Для математического описания зависимости общего извлечения от зазора между вальцами были предложены эмпирические формулы, наиболее приемлемая из которых следующая:

$$I = me^{-nb}, \quad (13.2)$$

где b — зазор между вальцами; e — основание натурального логарифма; m и n — опытные коэффициенты.

Анализ формулы (13.2) показывает, что при изменении межвальцового зазора в арифметической прогрессии общее извлечение I изменяется в геометрической прогрессии. Значения коэффициентов m и n колеблются по мере перехода от I драной системы к последующим: в пределах одной системы они зависят от структурно-механических свойств зерна (или промежуточных продуктов), от геометрических и кинематических параметров вальцов.

Изменение величины зазора между вальцами при прочих равных условиях обуславливает величину межвальцового давления, оказываемого сжимаемым продуктом. Это давление может достигать значительной величины.

Для размольных систем величина зазора между вальцами настолько мала, что не может служить критерием для оперативной оценки режима измельчения.

При таком тонком измельчении оперативным показателем режима работы вальцового станка следует принять давление p от размалываемого продукта на медленновращающийся валец.

Геометрические параметры вальцов. Диаметр вальцов D вместе с величиной межвальцового зазора b и первоначальным диаметром d измельчаемых частиц при всех прочих равных условиях предопределяет условия разрушения частиц, так как от соотношения этих трех величин зависит длина L пути обработки продукта.

Величину пути обработки продукта L с некоторым приближением принимают равной отрезку BO (рис. 13.9), который может быть



Рис. 13.7. Кадры скоростной киносъемки процесса измельчения зерна в вальцовых станках.

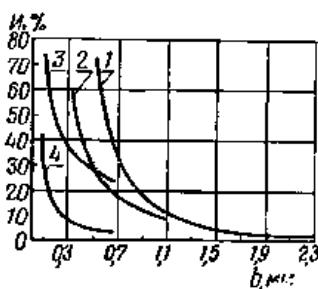


Рис. 13.8. Зависимость общего извлечения от величины зазора между вальцами для первых четырех драных систем:

1 — I драная система; 2 — II драная система;
3 — III драная система; 4 — IV драная система.

определен из прямоугольного треугольника O_2BO в виде функции D :

$$L = BO = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} + \frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{D}{2}(d-b) + \frac{d^2-b^2}{4}}.$$

Из уравнения следует, что при одинаковых значениях d и b с увеличением D длина пути L обработки частиц возрастает. При постоянной величине межвальцовом зазора и с увеличением диаметра вальцов общее извлечение продуктов возрастает (табл. 13.1).

Таблица 13.1. Влияние величины диаметра вальцов на процесс измельчения зерна при постоянном межвальцовом зазоре

Показатели	Диаметр вальцов, мм			
	150	225	250	300
Общее извлечение продуктов, %	21,50	44,60	47,90	50,70
Среднеизвестенная зольность извлеченных продуктов, %	1,63	1,58	1,51	1,49
Вновь образованная поверхность, 10^3 см^2	41,80	56,00	57,20	59,60

Длина пути обработки продукта зависит и от межвальцовом зазора. Поэтому, используя этот параметр, можно создать такие условия, что при разных диаметрах вальцов будет получена примерно одинаковая степень измельчения частиц и качество продуктов (табл. 13.2).

Таблица 13.2. Показатели измельчения зерна при различных диаметрах вальцов

Показатели	Диаметр вальцов, мм			
	150	225	250	300
Общее извлечение продуктов, %	18,06	18,20	17,80	19,40
Среднеизвестенная зольность извлеченных продуктов, %	1,52	1,54	1,52	1,50

Форма и состояние рабочей поверхности вальцов. Они оказывают большое влияние на процесс измельчения, производительность вальцового станка, энергоемкость и показатели качества получаемых фракций. В зависимости от целевого назначения (системы) принимают ту или иную форму рабочей поверхности вальцов (рифленую или шероховатую).

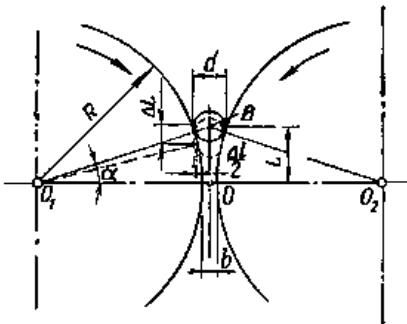


Рис. 13.9. Схема для определения длины зоны измельчения в вальцовом стапке.

Величину наклона линии рифлей к образующей вальца измеряют уклоном в процентах. Уклон рифлей на парноработающих вальцах одинаков, но, так как они врачаются навстречу друг другу с разной скоростью, рифли как бы пересекаются под двойным углом. Количество рифлей и форма их поперечного сечения зависят от вида измельчаемого продукта и типа помола.

Технологические показатели измельчения (извлечение крупок и дунстов, их зольность и др.) зависят от геометрии поперечного сечения рифлей, величины шероховатости поверхности гладких вальцов. Условия измельчения зерна определяются соотношением усилий сжатия и сдвига. Установлено, что более высокой эффективности избирательного измельчения можно достичь, если нет скольжения продукта по поверхностям рабочих граней рифлей.

Коэффициент трения f продуктов о поверхность рифли чугунных вальцов зависит от температуры, вида продукта, степени шероховатости и практически не зависит от межвальцового давления (для зерна $f = 0,215 \div 0,230$; для продуктов драних систем $f = 0,230 \div 0,310$). Наибольшее значение коэффициент f имеет при относительной скорости вальцов $3 \div 4$ м/с, т. е. в диапазоне общепринятых скоростей вальцов.

Основными параметрами рабочей поверхности вальца являются: форма поперечного сечения рифлей, взаимное расположение граней рифлей, величина уклона рифлей к образующей вальца, число рифлей на единицу длины окружности вальца, состояние рифлей.

Исследованиями отечественных ученых показана целесообразность применения вальцов с шероховатой поверхностью в размольном процессе, начиная с 5-й размольной системы.

В поперечном сечении рифля имеет неравные боковые грани $abcd$ и $fghk$ (рис. 13.10). Грань меньшей площади $abcd$ принято называть гранью острия, а широкую $fghk$ — гранью спинки.

Грани расположены по отношению друг к другу под углом θ , называемым углом заострения рифлей. Если из точки a опустить перпендикуляр на ось вальца, то угол θ разделится на два неравных угла — угол острия α и угол спинки β . На вершине рифли имеется площадка $abgf$. наличие ее повышает износстойкость рифли. Ширина площадки зависит от шага рифлей и составляет примерно $0,125 t$, где t — шаг рифли. Тупой угол, заключенный между касательной площадки $abgf$ и гранью острия $abcd$, условно называют углом резания $\varphi = 90^\circ + \alpha$, а расстояние t по окружности между двумя вершинами рифлей — шагом. Расстояние h между окружностью впадин и окружностью выступов, замеренное по радиусу вальца, называют высотой рифли. Шаг и число рифлей связаны между собой следующим соотношением:

$$t = \frac{10}{n},$$

где n — количество рифлей на 1 см длины окружности вальца.

В зависимости от технологических задач на мукомольных заводах приняты дифференцированные профили рифлей с углами заострения θ $90^\circ, 100^\circ, 110^\circ$ и углами острия $\alpha 20^\circ$ и 30° .

Взаимное расположение граней рифлей вальцов и их воздействие на продукт. На процесс измельчения большое влияние оказывает взаимное расположение рифлей парноработающих вальцов, так как изме-

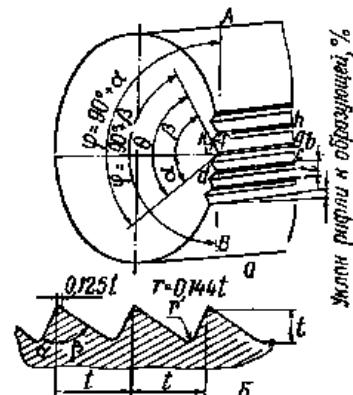


Рис. 13.10. Форма (а) и профиль (б) рифлей.

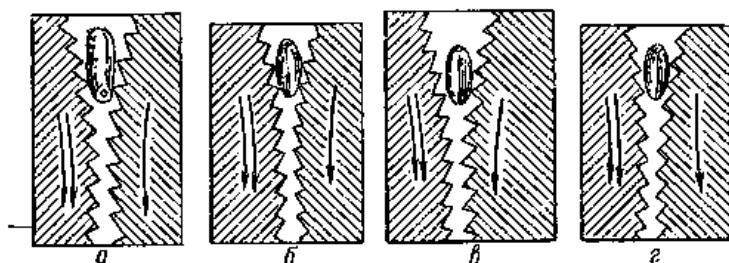


Рис. 13.11. Варианты взаимного расположения рифлей на парноработающих вальцах.

няется угол резания ϕ . Если грань остряя во время движения является передней, то угол резания $\phi = 90^\circ + \alpha$. Если передней гранью является грань спинки, то угол резания $\phi = 90^\circ + \beta$.

Несимметричность формы рифлей (разные углы α и β) и различие в скоростях парноработающих вальцов обусловливают четыре варианта расположения рифлей вальцов по отношению друг к другу (рис. 13.11).

При положении рифлей «острие по острюю» (рис. 13.11, а) грани остряя рифлей обоих вальцов врезаются в зерно, когда оно поступает в зону измельчения. По мере опережения одного вальца другим грани остряя рифлей быстровращающегося вальца срезают часть зерна, в то время как грани остряя рифлей медленновращающегося вальца удерживают зерно. В этом случае оно разрушается с меньшими затратами энергии. Однако степень измельчения эндосперма и оболочек довольно высока (табл. 13.3).

Таблица 13.3. Влияние параметров вальцов на выход и качество (зольность) крупок и дунстов первых четырех драных систем при размоле пшеницы Харьковская 46 в макаронную муку

Уклон рифлей, %	Крупка			Всего крупок и дунстов
	крупная	средняя	мелкая	
Расположение рифлей «острие по острюю»				
4	49,8/1,37*	9,4/1,22	6,8/1,46	72,3/1,36
8	51,3/1,25	9,5/1,36	5,5/1,31	72,5/1,29
12	55,1/1,26	8,1/1,12	4,6/1,29	72,8/1,22
16	42,7/1,24	12,6/1,07	6,9/1,10	71,2/1,21
Расположение рифлей «спинка по спинке»				
4	46,0/1,13	11,2/0,96	7,4/1,07	72,1/1,11
8	47,2/1,21	11,1/1,03	7,3/1,15	72,6/1,17
12	47,5/1,16	11,0/0,97	7,4/1,01	72,5/1,13
16	42,7/1,24	12,6/1,07	6,9/1,19	71,2/1,21

* В числителе дан выход, %, а в знаменателе зольность, %.

При положении рифлей «спинка по спинке» (рис. 13.11, в) зерно вначале частично сплющивается. По мере опережения одного вальца другим грани спинок рифлей быстровращающегося вальца сдвигают зерно по таким же граням рифлей медленновращающегося вальца.

Интенсивность воздействия вальцов на продукт при прочих равных условиях зависит от выбора варианта взаиморасположения рифлей парноработающих вальцов. Наиболее интенсивно измельчаются продукты при положении рифлей «острие по острюю», так как в этом случае грани остряя активно воздействуют на продукт. Самое «мягкое» воздействие при нахождении рифлей в положении «спинка по спинке», так как грани остряя в данном случае почти не участвуют в деформации зерна. При

отожжении рифлей вальцов «острие по спинке» (рис. 13.11, а) и «спинка по острюю» (рис. 13.11, б) результаты измельчения получаются промежуточным по отношению к приведенным вариантам.

На мукомольных заводах в зависимости от характеристики зерна и требований, предъявляемых к продуктам измельчения, как правило, устанавливают вальцы с рифлями в положении «спинка по спинке» или «острие по острюю».

Уклон рифлей. Рифли располагают под углом к образующей цилиндра вальца. Величину отклонения линии рифли от образующей цилиндра (угол) принято измерять в процентах. Для хлебопекарных помолов рекомендуется принимать угол наклона 4—8%, а для помолов твердой пшеницы в макаронную муку 10—12%; для помолов ржи угол наклона рифлей 8—12%.

Количество рифлей. В зависимости от типа помола, крупности измельчаемого продукта устанавливают соответствующее количество рифлей (плотность нарезки) на 1 см длины окружности вальца. Чем выше плотность нарезки, тем меньше высота рифли. При неизменной плотности высота рифли тем больше, чем меньше угол $\theta = \alpha + \beta$.

Уменьшение количества рифлей повышает их износстойкость, однако не обеспечивает достаточного измельчения мелких фракций, так как крупные рифли имеют глубокие межрифельные впадины. При одном и том же межвальцовом зазоре, по разной плотности нарезки рифлей при прочих одинаковых условиях (например, при расположении рифлей «спинка по спинке») достигается различное измельчение (табл. 13.4).

Таблица 13.4. Влияние плотности нарезки рифлей вальцов II драной системы крупной на выход и зольность крупок, душков и муки

Плотность рифлей	Крупка и душки	Мука	Извлекенные продукты (всего)
4,0	43,5/0,83*	8,0/0,49	51,5/0,78
4,5	44,2/0,81	10,5/0,50	54,7/0,75
5,0	44,8/0,77	11,0/0,52	55,8/0,72
5,5	45,7/0,80	10,0/0,53	55,7/0,74
6,0	46,2/0,81	9,7/0,54	55,9/0,76
7,0	47,3/0,84	9,5/0,56	56,8/0,79
8,0	48,3/0,89	9,3/0,57	57,6/0,84
9,0	50,6/0,96	9,0/0,59	59,5/0,91
10,0	52,4/1,03	9,5/0,61	61,9/0,98

* В числителе дано извлечение продукта, %; в знаменателе его зольность, %.

Износ рифлей увеличивает удельный расход электроэнергии, повышается степень нагрева вальцов и продукта, более интенсивно происходит подсушивание оболочек, что приводит к ухудшению качества измельчаемых продуктов. Учитывая, что на мукомольных заводах сортового помола примерно 50—70% потребляемой энергии расходуется на процесс измельчения, необходимо постоянно контролировать состояние и своевременно заменять вальцы с изношенными рифлями.

Кинематические параметры вальцов. Существенно влияют на все основные показатели процесса измельчения, т. е. на степень измельчения, качество получаемых продуктов, производительность вальцового станка, энергоемкость процесса.

К основным кинематическим параметрам относят скорость быстровращающегося вальца v_b и отношение скоростей парноработающих вальцов ($K = \frac{v_b}{v_m}$). Эти параметры, в свою очередь, предопределяют разность окружных скоростей (относительную скорость $v_0 = v_b - v_m$), а также среднюю скорость продуктов размола v_{vp} в зоне измельчения.

Значение скорости $v_{\text{пр}}$ с некоторым приближением можно определить по следующему выражению:

$$v_{\text{пр}} = \frac{v_b + v_m}{2} \cos \alpha',$$

где α' — угол захвата измельчаемой частицы вальцами;

$$\cos \alpha' = \frac{D + b}{D + d}.$$

На эффективность измельчения продуктов значительное влияние оказывает число воздействий рифлей. В зоне измельчения на частицы действует не только быстровращающийся, но и медленновращающийся валец. Поэтому максимальное число воздействий рифлей парноработающих вальцов можно определить по формуле профессора П. А. Козьмина

$$N = Sn(K - 1), \quad (13.3)$$

где S — длина пути измельчения; n — количество рифлей на 1 см окружности вальца; K — отношение окружных скоростей вальцов.

Из формулы (13.3) следует, что на число воздействий рифлей на продукт существенное влияние оказывает величина K . Исследованиями установлено, что целесообразно повышать отношение окружных скоростей на некоторых системах размолного процесса, где измельчаются обогащенные крупки и дунсты. Так, для 2-й размолной системы при увеличении значения K с 1,5 ($v_b = 6,0 \text{ м/с}$) до 7,0 ($v_b = 11,0 \text{ м/с}$) извлечение муки возросло до 70—75% (вместо 35—40%).

При измельчении продуктов, содержащих большое количество оболочечных частиц, для получения муки лучшего качества необходимо уменьшать интенсивность воздействия вальцов на продукт. Так, на последних драных системах при уменьшении окружной скорости с 6,0 до 4,0 м/с и $K = 1,25$ зольность муки снижается с 1,62 до 1,53%, на 8-й размолной системе — с 1,43 до 1,36%.

Исследования, проведенные сотрудниками ОТИПП им. Ломоносова и ВНИИЗ, показали, что с увеличением окружной скорости быстровращающегося вальца с 6 до 10 м/с на первых драных системах и $K = 2,5$ извлечение несколько увеличивается. При этом возрастает количество мелких фракций. Обработку на шлифовочных системах продуктов, содержащих мало сростков, рекомендуется проводить при $v_b = 6,0 \text{ м/с}$ и $K = 1,5 \div 2,0$. Обогащенные крупки и дунсты, направляемые на первые размолные системы, рекомендуется измельчать при $v_b = 6 \div 8 \text{ м/с}$ и $K = 2,5$, а продукты последних драных и шлифовочных, а также сходовых систем при $v_b = 4,0 \div 5,0 \text{ м/с}$ и $K = 1,5 \div 1,25$.

Таким образом, интенсификация процесса измельчения путем увеличения окружной скорости v_b и отношения скоростей вальцов не оказывает отрицательного влияния на качество муки лишь в случае измельчения хорошо обогащенных крупок и дунстов, не содержащих оболочечных частиц.

Величина удельной нагрузки на вальцы. На степень измельчения и качество получаемых фракций большое влияние оказывает количество продукта, поступающего в единицу времени. Под удельной нагрузкой на вальцы понимают количество продукта (кг), поступающего на 1 см длины парноработающих вальцов в сутки (табл. 13.5).

В процессе работы станков нагрузка колеблется и зависит от многих факторов: влажности зерна, состава помолочной смеси, режима работы станков на соседних системах, технического состояния измельчающего и сепарирующего оборудования.

Снижение удельных нагрузок на вальцовые станки улучшает качество муки, повышает выход высоких сортов и улучшает условия труда.

Таблица 13.5. Удельные нагрузки на вальцовые станки

Помол	Удельная нагрузка, кг/(см·сутки)
<i>Хлебопекарные помолы пшеницы</i>	
Трехсортный 75 и 78%-ный, двухсортный 72%-ный, односортный 72%-ный	65—75
Двухсортный 75 и 78%-ный с сокращенной схемой в применением бичевых машин	75—85
Односортный 85%-ный	95—125
Обойный	330—390
<i>Макаронные помолы пшеницы</i>	
Двухсортный 75%-ный, трехсортный 75 и 78%-ный	50—60
<i>Помолы ржи</i>	
Сеянный	70
Двухсортный 80%-ный	130—160
Обдирный 87%-ный	170—205
Обойный	295—340

При повышении удельной нагрузки зазор между вальцами увеличивается вследствие роста давления продукта на вальцы, что обуславливает некоторое снижение извлечения. Так, например, при изменении нагрузки со 100 до 500 кг/(см·сутки) на 1-й размольной системе выход муки уменьшается (табл. 13.6). В пределах нагрузки, равной 100—250 кг/(см·сутки), значения зольности и белизны практически постоянны; при дальнейшем увеличении нагрузки зольность возрастает на 0,05—0,07%.

Таблица 13.6. Влияние нагрузки на различные показатели для 1-й размольной системы

Нагрузка на систему, кг/(см·сутки)	Извлечение муки, %	Удельный расход энергии, Вт·ч/кг	Распорное усилие, 10 Н	Зольность, %	Белизна, усл. ед. прибора ФПМ	Удельная поверхность, см ² /г
100	62,2	4,87	810,4	0,45	18,0	1950
150	55,3	4,50	810,9	0,46	18,5	1890
200	52,7	4,40	811,4	0,46	19,0	1785
250	50,7	4,60	811,9	0,45	19,0	1750
300	46,8	4,87	812,4	0,48	20,0	1710
350	42,5	6,53	812,9	0,50	18,5	1960
400	37,7	6,84	814,3	0,50	17,0	2100
450	30,6	8,69	816,6	0,52	20,0	2070
500	30,1	9,98	818,7	0,52	20,0	2175

Производительность вальцового станка и расход энергии на его привод. Производительность определяется количеством продукта, измельченного в единицу времени. Теоретически производительность (кг/ч) парноработающих вальцов можно определить по формуле

$$Q_{в.с} = 3,6 \gamma I v_{пр} b \psi,$$

где γ — объемная масса продукта до измельчения, г/л (табл. 13.7); I — длина вальцов, см; $v_{пр}$ — средняя (расчетная) скорость продукта в зоне измельчения, см/с; b — величина зазора между вальцами, см; ψ — коэффициент заполнения объема зоны измельчения.

В мукомольном производстве принимают $\psi=0,15\div0,8$, меньшие значения для первых систем технологического процесса, а большие — для последних. Это объясняется тем, что на первых системах относительно большие величины зазоров между вальцами (1,8—0,4 мм), боль-

Таблица 13.7. Объемная масса продуктов

Наименование	γ , г/л	Наименование	γ , г/л
Продукт, поступающий на систему:		Крупка:	
I драную	700—750	крупная	500—520
II >	500—480	средняя	510—530
III >	410—380	мелкая	530—550
IV >	310—280	Дунст:	
V >	300—260	жесткий	580—600
		мягкий	465—480

шие значения объемной массы продукта и меньшее количество частиц в единице объема. На производительность вальцовых станков влияют также культура и влажность перерабатываемого зерна. При переработке ржи производительность ниже, чем при переработке пшеницы. Поэтому нормы удельных нагрузок при переработке пшеницы в обойную муку на 10—15% выше, чем при переработке ржи.

Величина расхода энергии для привода вальцового станка зависит от многих факторов, основными из которых являются: фактическая пропускная способность данной пары вальцов, степень измельчения, структурно-механические свойства измельчаемого продукта, геометрические и кинематические параметры вальцов, а также состояние их рабочей поверхности (величина износа).

Приведенные в таблице 13.8 данные определены экспериментально и в результате обобщения опыта работы передовых предприятий.

Таблица 13.8. Потребляемая мощность на одну пару вальцов (длиной 1000 мм) при трехсортном помоле пшеницы и удельной нагрузке 65 кг/(см·сутки)

Система	Нагрузка, кг/(см·сутки)	Мощность на одну пару вальцов, кВт	Извлечение в системе, %
I драная	800—1000	14,0—12,0	10—20
II > крупная	500—600	14,0—12,0	45—55
II > мелкая	500—600	11,0—10,0	45—55
III > крупная	350—400	12,0—10,0	40—50
III > мелкая	350—400	10,0—9,0	40—50
IV > крупная	250—300	11,5—10,0	30—40
IV > мелкая	250—350	10,5—9,0	30—40
V >	200—250	7,5—6,5	25—30
VI >	120—150	5,5—5,0	15—20
1-я шлифовочная	300—400	6,0	Не более 12
2-я >	300—350	6,0	> > 12
3-я >	250—300	5,5	> > 15
4-я >	200—250	6,0	> > 15
1-я размоленная	200—250	11,5	Не менее 50
2-я >	200—220	11,5	> > 50
3-я >	180—200	11,0	> > 50
4-я >	180—200	10,5	> > 40
1-я сходовая	150—180	8,5	Не более 20
5-я размоленная	150—180	9,0	30—35
6-я >	130—140	7,0	25—30
7-я >	130—140	7,0	15—20
2-я сходовая	130—140	6,5	10—15
5-я размоленная	100—125	6,0	15—20
9-я >	100—125	5,0	10—15

§ 13.6. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Методы контроля процесса измельчения. Количество и качество (крупность зольность и цвет) продуктов, получаемых с каждой системой, тесно связаны между собой. Изменение, например, степени измель-

чения продуктов на I драной системе приводит к изменению количества и качества продуктов, поступающих на последующую систему, и т. п. Для ритмичной работы всего мукомольного завода, получения стабильных показателей выхода и качества муки необходимо, чтобы продукт измельчался на каждой системе при оптимальных режимах.

Для оперативного контроля загрузки и ритмичности работы первых драных и размольных систем используют расходомеры, позволяющие непрерывно контролировать, записывать и при соответствующей схеме автоматизации стабилизировать подачу зерна из подготовительного отделения. В производственных условиях величину измельчения принято измерять величиной общего извлечения. Ежедневно не менее двух раз в смену следует контролировать величину извлечения на первых драных и размольных системах.

Для определения величины общего извлечения отбирают образцы продуктов массой 300—400 г, поступающих на измельчение в каждую половину вальцового станка (после питающих валков) и после рабочих вальцов. Во время отбора пробоотборник должен пересекать полностью струю продукта. Из образца по ГОСТ 9404—60 выделяют две навески до 100 г, которые просеивают в течение 5 мин на наборе сит определенного номера; можно использовать лабораторный рассев РС-47. Для интенсификации просеивания продуктов, содержащих большое количество муки, в рассев на сите помещают 4—5 резиновых шариков или кубиков. После просеивания взвешивают продукты, полученные сходом и проходом через сите, и определяют общее извлечение.

Для оценки ведения процесса измельчения на первых трех драных системах наряду с общим извлечением определяют фракционный состав крупок и дунстов, получаемых с соответствующей драной системой. Для этого навеску продукта массой 100 г просеивают в течение 5 мин в лабораторном рассеве на следующем наборе сит: 71/120 — крупная крупка, 120/160 — средняя крупка, 160/200 — мелкая крупка, 200/38 — дунст, проход 38 — мука.

Для ведения режимов измельчения в драном процессе важен показатель общего извлечения по всему драному процессу или по первым трем драным системам. Его рассчитывают, определяя извлечение на каждой системе (табл. 13.9). Как видно, режимы измельчения на разных системах существенно различаются. Для I драной системы в данном примере используют один вальцовый станок. Нагрузка по данным замеров на 0,5 станка (секция А) составляет 52,0%, а на другую половину станка (секция Б) — 48,0%. Извлечение (%) на данной системе (графа 6) определяют по формуле

$$I_n = \frac{H_n - H_{n_0}}{100 - H_{n_0}} \cdot 100,$$

где H_n — количество прохода в продукте, отобранном после станка, г; H_{n_0} — количество прохода в продукте, отобранном до станка, г.

По отношению к I драной системе (графа 7), нагрузку на которую принимают 100,0%, величину извлечения на данной системе определяют по формуле

$$I = \frac{H_n - H_{n_0}}{100 - H_{n_0}} \cdot G \cdot 100,$$

где G — нагрузка на систему (%) по отношению к I драной системе.

Общее извлечение по нескольким последовательно расположенным системам будет

$$\sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_{11} + I_{111} + \dots + I_n,$$

где I_1, I_{11}, I_{111} и т. д. — извлечение на соответствующих системах по отношению к I драной системе.

Например, извлечение на отдельных вальцовых станках II драной системы крупной и мелкой с учетом недосева составляет $I_{II}^A = 53,0\%$; $I_{II}^B = 55,0$; $I_{II}^{max} = 53,0\%$ или по отношению к I драной системе соответственно 16,0%; 17,5 и 11,5%. Общее извлечение на II драной системе по отношению к I драной системе будет $I_{II} = 16,0 + 17,5 + 11,5 = 45,0\%$, а общее извлечение нарастающим итогом, т. е. на I и II драных системах $\Sigma I_{I+II} = I_1 + I_{II} = 16,0 + 45,0 = 61,0\%$.

Таблица 13.9. Извлечение по системам драного процесса

Система	Номер сита для контроля извлечения	Нагрузка на систему, % к I др. с.	Недосев в системе, %	Проход сита	Извлечение, %		Общее извлечение нарастающим итогом, %
					к драной системе	к I др. с.	
I	2	3	4	5	6	7	8
I драная (секция А)	71(1)	52	0,0	16	16,0	8,3	
I » (секция Б)	71(1)	48	0,0	16	16,0	7,7	
Итого		100				16,0	16,0
II драная крупная (секция А)	71(1)	30	2,5	54	53,0	16,0	
II » (секция Б)	71(1)	32	2,5	56	55,0	17,5	
II » мелкая	71(1)	22	3,0	54	53,0	11,5	
Итого		84				45,0	61,0
III драная крупная (секция А)	90(08)	14,5	3,5	54	52,5	7,6	
III » (секция Б)	90(08)	14,0	3,5	52	50,0	7,0	
III » мелкая*	90(08)	13,0	6,0	50	49,0	6,4	
Итого		41,5				21,0	82,0
IV драная крупная (секция А)	120(056)	7,5	5,0	33	29,5	2,2	
IV » (секция Б)	120(056)	7,0	5,0	35	31,5	2,2	
IV » мелкая**	120(056)	9,0	8,5	34	28,0	2,5	
Итого		23,5				6,9	88,9

* 2,5% схода с сплошесенной машиной для средней крупки I драной системы поступает в вальцовый станок III драной системы мелкой.

** 3,0% схода с 3-й шлифовочной системы поступает в вальцовый станок IV драной системы мелкой.

Повышение эффективности процесса измельчения. Это необходимо для улучшения качества и повышения выхода муки, снижения энергомкости процесса, целесообразного сокращения количества этапов измельчения. Повысить эффективность процесса измельчения зерна в вальцовых станках можно в результате проведения следующих основных мероприятий:

распределения длины вальцовой линии по отдельным системам и этапам технологического процесса с учетом схемы помола, структурно-механических свойств зерна;

направления в вальцовые станки одноименных промежуточных продуктов с минимальной величиной недосева;

применения рациональных геометрических и кинематических параметров вальцов с целью достижения высокой эффективности измельчения на каждой системе;

использования последовательной установки измельчающих машин, например вальцовый станок — бичевая машина при обойных, односорг-

ных и двухсортных помолах ржи и пшеницы или вальцовый станок — машина ударно-истирающего действия после первых размольных систем;

регулярного контроля процесса измельчения, а также равномерного распределения продуктов по длине питающего механизма;

щательного наблюдения за работой вентиляционных установок, обслуживающих вальцовые стакки.

§ 13.7. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ В МАШИНАХ УДАРНО-ИСТИРАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ

Молотковые дробилки предназначены для измельчения ингредиентов комбикормов, а также для измельчения отходов на мукомольных заводах.

Продукт в дробилке измельчается вследствие удара рабочих органов (молотков) и истирания о неподвижную перфорированную деку.

Величина измельчения, производительность, удельный расход энергии зависят от следующих основных факторов: структурно-механических свойств продукта; скорости ротора; размера радиального зазора между окружностью молоткового ротора и ситом; формы и размеров отверстий сит, их живого сечения.

В молотковых дробилках применяют два вида сит с прямоугольными или круглыми отверстиями и чешуйчатые сита. Их изготавливают из листовой стали толщиной не менее 1,5 мм.

Отверстия имеют конусную форму, расширяющуюся по направлению вывода продукта, что исключает закупорку отверстий проходовой фракцией.

При установке чешуйчатых сит и увеличении размера отверстий производительность дробилок повышается, но снижается степень измельчения.

Продукт в молотковой дробилке измельчается при достижении ротором минимальной окружной скорости, при которой разрушается продукт в результате удара. Для зернопродуктов принимают скорость молотков (m/c)

$$v_u = (1,2 \div 1,6) v_p,$$

где $v_p = 1,25 v_u$, v_u — средняя скорость частиц после удара, m/c .

Производительность (t/h) дробилки определяют по формуле

$$Q = \frac{3,6 k_1 \gamma D^2 L n}{60},$$

где k_1 — экспериментальный коэффициент; для сит с размером отверстий до $\varnothing 3,0$ мм $k_1 = (1,3 \div 1,7) \cdot 10^{-4}$; для чешуйчатых сит с размером отверстий от 3 до 10 мм $k_1 = (2,2 \div 5,25) \cdot 10^{-4}$; γ — объемная масса измельчаемого продукта, kg/m^3 ; D — диаметр ротора дробилки, m ; L — длина ротора дробилки, m ; n — частота вращения ротора, об/мин.

Степень измельчения можно регулировать подбором размеров отверстий сит, а в некоторых конструкциях дробилок — положением деки.

В таблице 13.10 приведены данные о влиянии влажности зерна и размера отверстий сит на производительность и удельный расход энергии при измельчении зерна пшеницы. Увеличение влажности зерна приводит к существенному снижению производительности и повышению удельного расхода энергии.

Чем больше зазор между окружностью ротора и ситом, тем менее эффективно измельчается продукт. Как показали результаты исследований, это происходит в результате снижения относительной скорости частиц, что обуславливает уменьшение истирания продукта о сито.

Таблица 13.10. Влияние влажности на производительность и удельный расход энергии

Влажность, %	Диаметр отверстия сит, мм					
	1,5		2,0		2,5	
	производительность, т/сутки	удельный расход энергии, кВт·ч/т	производительность, т/сутки	удельный расход энергии, кВт·ч/т	производительность, т/сутки	удельный расход энергии, кВт·ч/т
14,4	25,5	33,3	29,4	29,6	31,6	27,8
17,5	19,5	43,1	21,6	39,9	26,0	33,8

В последние годы за рубежом и в СССР с целью интенсификации измельчения промежуточных продуктов размола начали применять машины ударно-истирающего действия (энтолеторы и дезинтеграторы). Исследования показали высокую эффективность таких машин. В технологических схемах производства пшеничной и ржаной муки за рубежом широко используют энтолеторы в качестве дополнительных измельчающих машин после вальцовых станков 1, 2 и 3-й размольных систем или дунстов, выделяемых в рассеях.

Измельчители ударно-истирающего действия имеют небольшие габаритные размеры и высокую производительность. Их можно устанавливать в системе самотечных труб или в материалопроводе пневмоустановки.

Эффективность измельчения продуктов в энтолеторе зависит от окружной скорости ротора, количества концентрических рядов штифтов и числа их в каждом ряду, структурно-механических свойств и массы измельчаемого продукта. В энтолеторе продукт измельчается вследствие многократных ударов штифтов и трения движущегося слоя продукта о неподвижную стенку корпуса.

В зависимости от вида измельчаемого продукта устанавливают окружную скорость ротора в пределах 60—100 м/с. Длина пути частиц в зоне измельчения энтолетора значительно больше, чем в вальцовом станке, поэтому при дроблении продукта, содержащего оболочечные частицы, наблюдается некоторое ухудшение качества муки по зольности и белизне.

В результате применения энтолеторов после вальцовых станков происходит стабилизация величины извлечения на данной системе.

Глава 14 ШЕЛУШЕНИЕ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Шелушение — отделение пленок (наружных оболочек) зерна — основная технологическая операция, выполняемая на крупяном заводе. Чтобы получить наибольшую эффективность шелушения, необходимо вполне определенное воздействие рабочих органов машины на зерно, вызывающее в оболочках такую деформацию, при которой они отделяются от ядра при минимальном его повреждении и с наименьшей затратой энергии.

§ 14.1. МЕТОДЫ ШЕЛУШЕНИЯ

На отечественных крупяных заводах применяют пять основных видов шелушильных машин: вальцедековые станки, станки с резиновыми вальцами, шелушильные постава, шелушильные машины с абразивными дисками и стальной поверхностью (ЗШН) и обочечные (бичевые) машины.

Наименование						
	Гречиха	Просо	Рис	Овес	Ячмень	Город
Форма связи наружных оболочек (пленок) с ядром	Все три лепестка наружной оболочки свободно охватывают ядро и соединены с ним в одной местечке	Цветковые пленки свободно охватывают ядро и соединены с ним в одном месте — рубчике	Цветковые пленки охватывают ядро, но с ним не срастаются	Цветковые пленки плотно соединены с гладкими оболочками по всей поверхности зерна и глубоко заходят в бороздку		Сеземные оболочки плотно прижаты к ядру по всей его поверхности
Необработанное ядро ($\omega = 14\%$)						
Схема рабочих органов машин, применяемых для шелушения зерен						
	Хрупкое	Некрупкое	Хрупкое	Эластичное	Прочное	При ударе и скольжении рабочих органов машины
Способы воздействия на зерно и виды преобладающих деформаций	Непрерывное сжатие и сдвиг, вызывающие размыкание и скальвание пленок		Сжатие, дробление и трение, вызывающие разрушение пленок	Удар о блоки и абразивную поверхность и сопутствующее ему трение, вызывающее скальвание оболочек		

Рис. 14.1. Классификация методов шелушения.

В зависимости от способа механического воздействия рабочего органа шелушильной машины на зерно и характера деформации оболочек современные конструкции можно разделить на три группы, в которых преобладают:

сжатие и сдвиг, вызывающие скальвание и размыкание пленок (вальцедековый станок, станок с резиновыми валками, шелушильный постав);

трение об абразивную и стальную поверхность, вызывающее при продолжительном воздействии соскабливание оболочек (шелушитель ЗШН и др.);

удар, вызывающий раскалывание оболочек и сопутствующее ему фрикционное воздействие абразивной или металлической поверхности (обочинная и бичевая машины).

Классификация методов шелушения крупяных культур и виды применяемого оборудования в зависимости от связи пленок с ядром и его прочности приведены на рисунке 14.1.

Шелушение в вальцедековом станке. Рабочими органами этой машины, используемой для шелушения проса и гречихи, являются горизонтальный вращающийся цилиндр (валок) и неподвижно закрепленная цилиндрическая поверхность — дека.

Зерно поступает в рабочую зону между валком и декой, где подвергается деформациям сжатия и сдвига. При этом часть пленок со

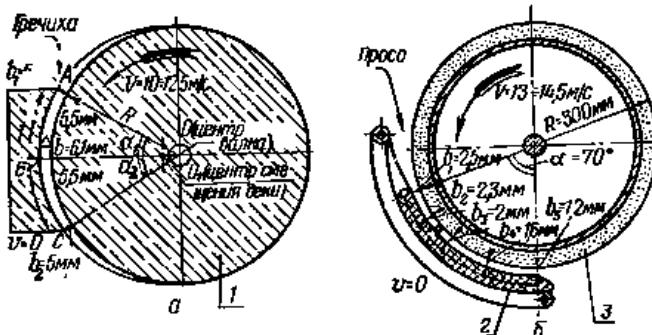


Рис. 14.2. Рабочие органы вальцедековых станков для шелушения:

a — гречихи; *b* — проса; 1 — естественный камень или избрзг; 2 — резина; 3 — абразив.

стороны вращающегося валка получает сдвигающее усилие, в то время как другая часть, будучи прижата к неподвижной деке, — тормозящее усилие.

При этом пленки зерна гречихи скальваются по граням, пленки проса дробятся на части или раскалываются на две половинки (чашечки), после чего ядра свободно выпадают.

Форма, анатомическое строение зерна проса и гречихи и особенно структурно-механические свойства оболочек различны, поэтому необходимо при шелушении применять разное воздействие на зерно. Это достигается изменением рабочего зазора при неизменной характеристике деки и валка (материал, микроструктура, упругость), а также выбором оптимальной скорости валка.

Для шелушения гречихи используют деку (рис. 14.2, *a*), у которой радиус кривизны равен радиусу валка. Приводя деку в рабочее положение, ее отодвигают параллельно валку. В этом случае ее рабочая поверхность будет смешена по отношению к поверхности валка.

Величина зазора серповидной формы в средней части больше, чем по краям. Если направление движения деки совпадает с радиусом, проходящим через середину ее дуги, дека будет симметрична, т. е. размеры приемного и выходного отверстия одинаковы ($b_1 = b_2$). В последней конструкции вальцедекового станка дека несимметрична. Поэтому угол охвата валка $\alpha = 60^\circ$ делится на два неравных угла: верхний угол $AO_1B = \alpha_1 = 15^\circ$ и нижний $BO_1C = \alpha_2 = 45^\circ$.

Максимальный размер зазора между валком и декой b_0 будет по линии горизонтального радиуса. По мере удаления от этого радиуса зазор уменьшается, и он тем меньше, чем больше угол α_1 или α_2 . С достаточной для практических целей точностью можно принять, что размер зазора изменяется по закону косинуса угла охвата. Тогда размер зазора в точке приема зерна будет $b_1 = b_0 \cos \alpha_1$, а размер зазора в точке выхода $b_2 = b_0 \cos \alpha_2$. Так, например, если отодвинуть деку от валка на $b_0 = 5$ мм, то получим, что зазор в точке приема зерна $b_1 = b_0 \cos \alpha_1 = 5 \cos 15^\circ = 4,8$ мм, а в точке его выхода $b_2 = b_0 \cos \alpha_2 = 5 \cos 45^\circ = 3,5$ мм.

При переработке гречихи первой и второй фракции окружную скорость валка принимают 14—15 м/с, третьей и четвертой 12—14, пятой и шестой 10—12 м/с, а длину дуги рабочей зоны деки 180—200 мм.

Для шелушения проса валок (рис. 14.2, *b*) изготавливают из абразивной массы, а деку — из технической резины с прослойками ткани (корд).

Деку немножко отделяют от валка, чтобы зазор между ними равномерно суживался от точки приема зерна к месту его выхода. При такой форме зазора зерно в зоне шелушения в зависимости от крупности придет в соприкосновение в той или иной точке с декой. Будучи сжато, зерно начнет испытывать со стороны вращающегося валка сдвигающее усилие, а со стороны неподвижной деки — тормозящее. Силы, дей-

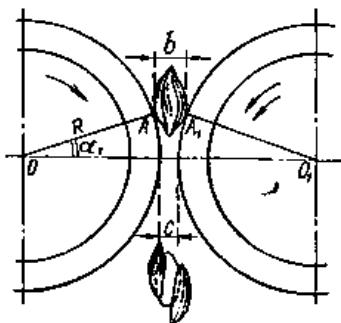
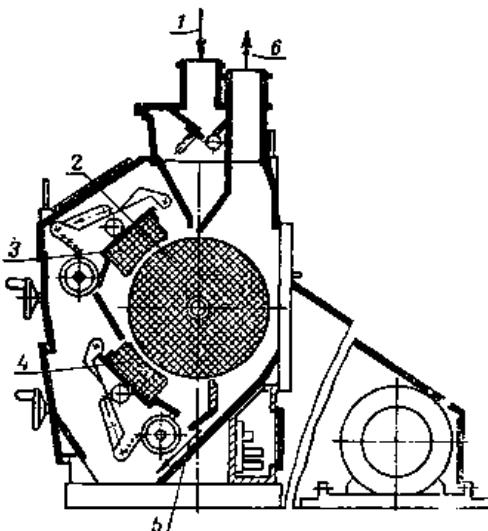


Рис. 14.4. Шелушение риса воздействием обрезиненных валков.

Рис. 14.3. Двухдековый шелушильный станок:

1 — поступление продукта; 2 — валок; 3 — первая дека; 4 — вторая дека; 5 — выход продукта; 6 — воздух для аспирации.

ствующие при этом на зерно, должны вызывать напряжение больше предела прочности оболочек, но в то же время меньше предела прочности ядра.

Валки вальцедекового станка имеют в диаметре 600 мм. Длина отрезка дуги рабочей зоны деки 220—300 мм (угол охвата валка $\alpha = 50 \div 70^\circ$).

Испытания, проведенные при шелушении проса, показали, что увеличение длины отрезка дуги рабочей зоны деки повышает эффективность шелушения. Наилучшие результаты были достигнуты при деке, длина дуги которой 300 мм (угол охвата валка 70°), а окружная скорость валка около 15 м/с. Превышение этой скорости приводит к увеличению выхода дробленых зерен и мучки, измельчению лузги, которую затем труднее выделить.

Для полного шелушения проса в однодековых станках требуется не менее трехкратного воздействия рабочих органов с отрыванием пленок и мучнистых частиц после каждого шелушения. Поэтому распространен вальцедековый станок, предложенный Н. А. Сойминым, в котором при наличии одного абразивного барабана Ø 600 мм установлены две деки для двухкратной обработки продукта (рис. 14.3).

Шелушение в станках с резиновыми валками. Для шелушения риса применяют резиновые валки, вращающиеся навстречу друг другу с разной скоростью (рис. 14.4). Величину зазора принимают 0,6—0,8 мм. Пленки, охватывающие ядро, сжимаются и испытывают сдвигающее усилие. Под влиянием этих сил зерно шелушится. Степень механического воздействия валков на зерно зависит от их диаметра, окружной скорости, разности скоростей быстро- и медленновращающегося валка, отношения их окружных скоростей, а также от средней скорости перемещения зерновок в рабочей зоне. Эту скорость обычно принимают равной полусумме скоростей валков. Наиболее существенное влияние на эффективность шелушения оказывают v_b и $K = \frac{v_b}{v_m}$. На коэффициент шелушения и дробления зерна, а также на производительность станка с двумя резиновыми валками, кроме геометрических параметров и скоростей валков, влияют также величина рабочего зазора, качество и твердость резины, свойства перерабатываемого зерна (тип, сорт, влажность и пр.).

Окружную скорость быстровращающегося валка при переработке риса принимают $v_b = 9,2$ м/с, а медленновращающегося $v_m = 6,3$ м/с. Отношение скоростей $K = 1,45$. Удельная нагрузка не должна превышать 70 кг/(см · ч) или 2800 кг/ч на один станок.

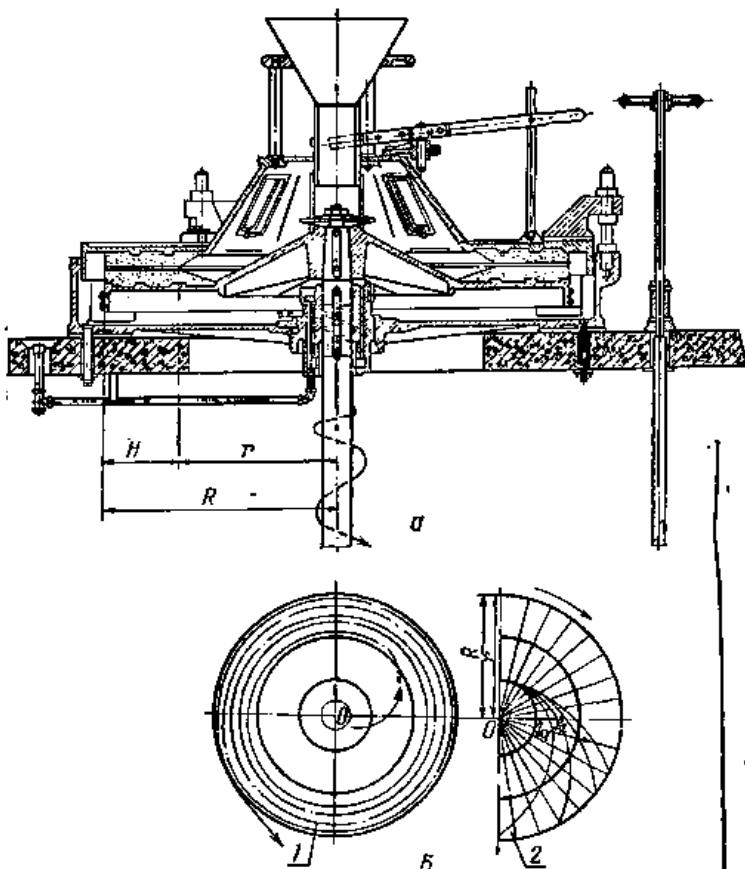


Рис. 14.5. Шелушильный постав:
а — разрез; б — траектория движения зерна: 1 — по отношению к
неподвижному диску; 2 — по отношению к врачающемуся диску.

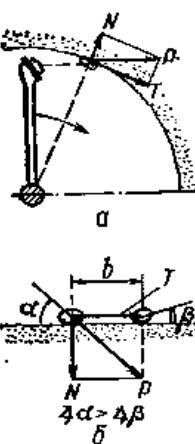


Рис. 14.6. Схема
воздействия на зер-
но бичей.

Шелушение в поставе. Постав с нижним бегуном (рис. 14.5) применяют для шелушения овса и риса (ранее использовали и для проса). Зерно подвергается обработке между двумя дисками, рабочая поверхность которых покрыта абразивной массой. Верхний диск неподвижен, а нижний, параллельный верхнему, установлен на вертикальном врашающемся валу. Зерно входит через отверстие в центре верхнего диска, разбрасывается тарелкой, падает на нижний врачающийся диск и под влиянием центробежной силы устремляется в рабочую зону.

Траектория зерна по отношению к рабочей зоне открытого и врачающегося диска представляет кривую, идущую в направлении от внутреннего радиуса бегуна r к его наружному радиусу R . При этом зерно будет перемещаться с возрастающей скоростью

$$v = \omega r,$$

где r — переменный радиус-вектор для движущегося зерна ($r < r < R$).

Зерновка движется с относительной скоростью по нижнему врачающемуся диску и с абсолютной скоростью относительно неподвижного диска. Направление сил, действующих на зерновку, не совпадает, так как сила трения, вызванная реакцией врачающегося диска, направлена против относительной скорости, а сила трения о неподвижный диск — против абсолютной скорости. Обе силы также различаются точками приложения: трение о врачающийся диск действует в его плоскости, а трение о неподвижный диск — в плоскости его рабочей поверхности.

Разность в скоростях движения и усилиях увеличивается по мере удаления зерновки от центра диска к периферии, так как при этом повышается окружная и, следовательно, относительная скорость. Это увеличение скоростей и усилий вызывает сложные деформации (сжатия, сдвига, скальвания), следствием которых является разрушение оболочек и освобождение находящегося в них ядра.

Окружная скорость на наружной кромке рабочей зоны вращающегося диска при первичном шелушении овса и риса 13—15 м/с, а при шелушении сходовых продуктов 12 м/с.

Шелущение в обоечной машине. Машины ударного действия (обоечные) применяют для шелушения ячменя, пшеницы, а также овса влажностью более 13%.

Зерно поступает в машину, описывает вдоль внутренней поверхности цилиндра спираль и выходит из нее. При ударе бича о зерно и отбрасывании его на абразивную поверхность зерно находится под действием косого удара. Силу удара P (рис. 14.6, а) можно разложить на:

силу N — нормальную составляющую, прижимающую зерно к абразивной поверхности;

силу T — касательную составляющую, под действием которой зерно совершает перемещение вдоль абразивной поверхности.

Зерно находится также под воздействием силы трения $F=fN$, где f — коэффициент трения (рис. 14.6, б). Чем больше угол α , тем больше (при одинаковой силе удара P) сила N и меньше сила T . Требуется, чтобы сила T была больше fN , тогда под влиянием силы $A=T-fN$ зерно пройдет по абразивной поверхности и произойдет его обработка. Окружную скорость бичей устанавливают с учетом прочности и структурно-механических свойств перерабатываемой культуры и технологического назначения машины.

Силу воздействия на зерно регулируют, изменения расстояние бичей от рабочей поверхности, а также их уклон по отношению к образующей цилиндра. Если режим воздействия на зерно должен быть небольшим (при отделении остатков, шелушении сухого зерна и т. п.), следует увеличить расстояние бичей от рабочей поверхности и их уклон. При увеличении уклона уменьшается длина пути зерна в машине, а следовательно, продолжительность его обработки и сила воздействия на него.

Зерно влажностью свыше 14%, имеющее более вязкую структуру оболочек и ядра, можно подвергать обработке при больших скоростях, чем сухое зерно. При шелушении в бичевых машинах сходовых продуктов, которые наряду с зерном содержат ядро (на овсозаводах), а также при шелушении ячменя на третьей и четвертой технологических системах окружная скорость бичей должна быть не более 20 м/с, а при шелушении пшеницы — не более 16 м/с. При окружных скоростях выше 22 м/с резко увеличивается выход дробленых зерен и мучки. Оптимальные показатели положения бичей, а также их окружные скорости установлены в зависимости от назначения машин (табл. 14.1).

Шелущение в машине ЗШН. Для шелушения ячменя и пшеницы, у которых оболочки прочно связаны с ядром, используют фрикционно-терочное воздействие рабочих органов на поверхность зерна в машинах непрерывного или порционного действия, которые имеют абразивные диски и стальную обечайку.

В шелушителе непрерывного действия ЗШН продукт обрабатывается в кольцевом пространстве между дисками и металлической обечайкой. Продолжительность обработки регулируют, изменяя сечение выходного отверстия. Зерно обрабатывают при заполнении рабочей зоны. Расстояние между абразивными дисками и металлической обечайкой 10 мм. При небольшой толщине слоя продукта и плотном заполнении всего объема рабочей зоны ($V=16 \text{ дм}^3$) масса продукта в машине 11,5—13,5 кг.

Таблица 141. Характеристика рабочих органов и кинематических параметров обочечных машин

Культура	Технологические операции	Характеристики рабочих органов	Окружная скорость бичей, м/с	Радиальный зазор, мм	Продольный уклон бичей, %
Ячмень	1 и 2-е шелушение	Стальные бичи и абразивный цилиндр	20—22	12—16	8—10
»	3 и 4-е шелушение	То же	18—20	16—20	8—10
Пшеница	1-е шелушение	» »	16—18	20	8—10
»	2-е шелушение	» »	14	20—25	8—10
Овес	Отделение остатков	» »	14—16	25—30	10—12
»	1-е шелушение	Стальные бичи и абразивный или стальной цилиндр	20—22	20—25	8—10
»	Шелушение сходовых продуктов	Стальные бичи и абразивный цилиндр	18—20	25—30	8—10
Кукуруза	Шелушение	То же	10—14	30—35	12—15

Зная производительность машины Q и массу m продукта в рабочей зоне, можно определить продолжительность обработки по формуле

$$t = \frac{3600m}{Q}.$$

Чем меньше производительность машины, тем длительнее обработка продукта в ней и, следовательно, выше эффективность воздействия. Она пропорциональна потребляемой мощности и обратно пропорциональна производительности.

§ 14.2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ШЕЛУШЕНИЯ

Технологическая эффективность процесса шелушения в значительной степени определяет показатели работы всего крупяного завода. Она зависит от многих факторов, которые могут быть разбиты на две группы: факторы, обусловленные технологическими свойствами зерна, а также факторы, зависящие от типа шелушильных машин и условий их эксплуатации.

Факторы, обусловленные технологическими свойствами зерна. Шелушение двух отличающихся качеством партий зерна любой культуры на одной и той же установке при одинаковом режиме работы может дать различные результаты. Для выбора правильного режима шелушения надо учитывать следующие особенности перерабатываемой партии зерна:

структурно-механические свойства (прочность ядра, прочность связи его с пленкой и прочность пленки);

выполненность, крупность и выравненность зерна;

влажность, главным образом разность по влажности ядра и пленок; содержание в зерне шелушеных зерен.

От прочности ядра и легкости отделения его пленок зависят в основном потери ядра в виде побочных продуктов (мучки и дробленых зерен). Прочность ядра разных сортов одной и той же культуры может колебаться в значительных пределах. Например, прочность риса существенно зависит от трещиноватости, прочность стекловидного зерна риса, проса, ячменя выше, чем мучнистого.

Пленки в хорошо выполненных крупных зернах отделяются лучше, чем в мелких и щуплых. Поэтому некоторые культуры до шелушения сортируют на фракции по крупности, обеспечивая соответствующий режим шелушения для каждой фракции. Однако раздельное, пофракцион-

ное, шелушение зерна следует применять тогда, когда количество зерна каждой фракции обеспечивает нормальную загрузку оборудования.

Эффективность шелушения зерна ухудшается при повышенной влажности, а также при переработке пересушенного зерна (проса и риса влажностью 11—12%, овса влажностью менее 12% при шелушении в обочинах машинах и менее 9% при шелушении в шелушильном поставе).

При переработке крупяного зерна особое значение имеет разность по влажности между ядром и пленками. Чем суще пленки, тем они более хрупки и тем легче их отделить от ядра, а чем больше влажность ядра, тем оно менее хрупкое и более устойчиво против дробления.

Производственные условия работы шелушильных машин. Чтобы достигнуть высокой технологической эффективности шелушения, необходимо установить режим работы машин с учетом свойств перерабатываемой партии зерна и обеспечить надлежащий уход за оборудованием, а именно: полностью загружать и равномерно питать шелушильные машины; проверять исправность всех деталей; своевременно обновлять абразивные рабочие органы; заменять изношенные детали и проводить профилактический ремонт; правильно аспирировать шелушильные машины.

Оценка технологической эффективности процесса шелушения зерна. В результате шелушения зерна, поступающего в машину, должно быть получено два продукта — ядро и лузга. Однако ввиду несовершенства процесса получают полуфабрикат — смесь, включающую пять различных по добротности продуктов: ядро, нешелушеныс зерна, лузгу, дробленое ядро и мучку.

Технологическая эффективность работы шелушильной машины определяется коэффициентом шелушения и цельности ядра (табл. 14.2). Коэффициент шелушения $E_{\text{шел}}$ определяют по формуле

$$E_{\text{шел}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 = 100 \left(1 - \frac{n_2}{n_1} \right),$$

где n_1 — количество нешелушенных зерен до шелушения, %; n_2 — количество нешелушенных зерен после шелушения, %.

Таблица 14.2 Технологическая эффективность работы шелушильных машин

Культура и оборудование	Продукт	Состав, % к итогу					Коэффициент		
		Зерно нешелущенное	цельное	Ядро дробленое	Мучка	Лузга и сир	шелушение, %	цельность ядра	технологической эффективности
Просо; вальцедековый стакон	Продукт до 1-го шелушения	96,95	2,50	0,15	—	0,40			
	Продукт после 1-го шелушения	15,60	67,10	0,60	0,30	16,40	84,3	0,99	83,4
	Извлечение ядра	—	64,60	0,45	0,30	—			
	Продукт до 1-го шелушения	98,90	0,70	0,08	—	0,30			
Гречиха (1-я фракция); вальцедековый стакон	Продукт после 1-го шелушения	46,20	39,78	2,10	0,42	11,50	53,2	0,94	50,0
	Извлечение ядра	—	39,08	2,00	0,42	—			
	Продукт до 1-го шелушения	99,50	0,10	0,40	—	—			
Овес; обочинная машина с абразивным цилиндром и стальными бичами	Продукт после 1-го шелушения	12,50	56,00	6,80	0,90	23,80	88,5	0,88	78,0
	Извлечение ядра	—	55,90	6,40	0,90	—			

Эффективность шелушения тем выше, чем выше содержание нешелущенных зерен в исходном сырье.

Коэффициент цельности ядра $E_{ц.я}$ — показатель извлечения целого ядра по отношению к суммарному количеству извлеченному на данной системе ядра в сумме с дроблеными зернами и мучкой, т. е.

$$E_{ц.я} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (d_2 - d_1) + (m_2 - m_1)} = \frac{K_2}{K_2 + d + m},$$

где K_2 — выход целого ядра, извлеченного на данной системе, %; K_1 — количество целого ядра в продукте до машины, %; K_2 — количество целого ядра в продукте после машины, %; d — выход дробленого ядра, $d = d_2 - d_1$, %; d_1 — количество дробленого ядра в продукте до машины, %; d_2 — количество дробленого ядра в продукте после машины, %; m — выход муки, %; $m = m_2 - m_1$; m_1 — количество муки в продукте до машины, %; m_2 — количество муки в продукте после машины, %.

Технологическая эффективность работы шелушильной машины может быть выражена одним общим коэффициентом, учитывающим как количественную, так и качественную сторону проведенной операции, т. е.

$$\eta_{шел} = E_{шел} E_{ц.я}.$$

Глава 15

СОРТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ

§ 15.1. НЕОБХОДИМОСТЬ СОРТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ

Сортирование продуктов измельчения по крупности при выработке муки, крупы и комбикормов представляет собой важнейшую технологическую операцию. В мукомольном производстве при дроблении зерна в вальцовых станках образующиеся продукты резко различаются по крупности, что затрудняет их дальнейшую обработку. Эффективность операций с ними в ситовечных машинах и вальцовых станках зависит от гранулометрического состава продуктов: чем более они выравнены по крупности, тем точнее можно отрегулировать режим работы соответствующей технологической системы. Кроме того, пофракционное деление продуктов дробления зерна обеспечивает и разделение их по добротности. Паконец, при сортировании на ситах выделяют конечные продукты размола зерна: муку и отруби.

Важную роль играет фракционирование в крупяном производстве. Просеванием на ситах из крупы выделяют мучку, а крупу разделяют по сортам (померам).

В комбикормовом производстве выравненность по крупности исходных ингредиентов комбикормов существенно влияет на ведение процесса смешивания и достижение однородности готового комбикорма.

§ 15.2. ПРОЦЕСС СОРТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ В РАССЕВЕ

При сортировании в рассеве продукт движется по сите слоем некоторой толщины. В рассеве юкафного типа поступательное перемещение продукта обеспечивается в результате непрерывной его подачи на сите, что создает подпор в приемной части ситовой рамы, а также в результате взаимодействия частиц продукта с ситом. В вакетных рассевах типа ЗРМ поступательное движение дополнительно обеспечивается гонками — металлическими пластинами, расположенными на некоторой высоте над ситом перпендикулярно к направлению движения продукта.

Проходовые частицы в начальный момент равномерно распределены на сите по всей толщине слоя. В результате его разрыхления и само-

сортирования продукта частицы постепенно перемещаются к поверхности сите и просеиваются через его ячейки. Важную роль играет процесс самосортирования.

Установлено, что гонки затрудняют развитие этого процесса. Поэтому в рассевах новейшей конструкции их не устанавливают.

Теория процесса сортирования на ситах разработана профессором В. В. Гортинским и его учениками. Сыпучий продукт, помещенный на сите, которое совершает круговые движения, перемещается не как единое тело, а послойно. Чем выше расположение слоя продукта, тем меньше его скорость; при некоторых установках горизонтальное направление скорости верхних и нижних слоев взаимообратно. Различие в скоростях частиц, расположенных в разных слоях продукта на сите, обусловлено увеличением числа связей между ними по мере удаления частиц от свободной (верхней) поверхности слоя. При теоретическом рассмотрении это различие скоростей может быть истолковано как результат возрастания коэффициентов трения частиц по мере перемещения в глубь слоя продукта. Вследствие кругового движения рассева в каждый данный момент времени скорости движения частиц продукта в разных его слоях имеют различное направление (рис. 15.1).

Интенсивность послойного движения продукта, состоящего из частиц одинаковой плотности, но разной крупности, определяют как относительную скорость двух смежных элементарных слоев, разделенную на массу элементарного слоя, т. е. $I = dv : dG$.

В развернутом виде эту интенсивность определяют по выражению

$$I = \left(\frac{g}{2\omega} \right) \frac{F \frac{d^3 F}{dG^3} + 3 \frac{dF}{dG} \frac{d^3 F}{dG^2}}{\sqrt{F \frac{d^2 F}{dG^2}}}, \quad (15.1)$$

где g — ускорение свободного падения; F — сила трения; ω — угловая скорость.

Из выражения (15.1) видно, что интенсивность послойного перемещения продукта на сите обратно пропорциональна угловой скорости ω вращательного движения в горизонтальной плоскости. Значит, при $\omega^2 R = \text{const}$ эта интенсивность обратно пропорциональна \sqrt{R} .

Послойное движение возникает только после достижения некоторой критической скорости движения сите. При постепенном возрастании ускорения вначале начинается смещение верхнего слоя продукта. Условие, определяющее начало такого относительного движения верхнего слоя, представляет собой равенство

$$(\omega^2 R)_{\text{кр.1}} = g f_0,$$

где R — радиус вращения сите; f_0 — коэффициент трения продукта по материалу сите.

Начавшееся послойное движение продукта постепенно распространяется вниз. Относительное движение нижнего слоя по сите начинается после достижения второго критического ускорения

$$(\omega^2 R)_{\text{кр.2}} = g \sqrt{F_m \left(\frac{d^2 F}{dG^2} \right)_m + \left(\frac{dF}{dG} \right)_m^2}. \quad (15.2)$$

Индекс m обозначает, что выражение (15.2) относится к нижнему слою.

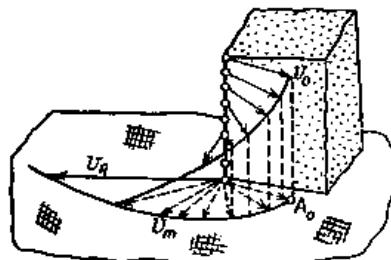


Рис. 15.1. Распределение скоростей элементарных слоев по высоте сыпучего продукта.

Если величина ускорения находится между величиной первого и второго критических ускорений, то послойным движением охвачена лишь верхняя часть продукта на сите, но тем большая, чем ближе величина $\omega^2 R$ к $(\omega^2 R)_{kp2}$.

При $(\omega^2 R) > (\omega^2 R)_{kp2}$ интенсивность послойного движения продукта обратно пропорциональна угловой скорости ω и в среднем для всей массы продукта имеет максимум при $(\omega^2 R)_{kp2}$.

Скорость относительного движения частиц нижнего слоя по ситу при постоянном значении ускорения $\omega^2 R$ пропорциональна радиусу R колебаний сита.

В качестве характеристики послойного движения продукта по ситу принята средняя интенсивность послойного движения

$$I_{cp} = \frac{3gf_0}{G_m \omega} \sqrt{2\xi(1+\xi)}. \quad (15.3)$$

где $\xi = \frac{f_m - f_0}{f_0}$ — безразмерный коэффициент трения; f_m — коэффициент трения продукта по ситу; f_0 — коэффициент внутреннего трения продукта.

При максимальной интенсивности послойного движения продукта создаются наилучшие условия просевания, которые определяет величина второго критического ускорения

$$(\omega^2 R)_{kp2} = gf_0 \sqrt{1 + 6\xi(1+\xi)}.$$

Из этого выражения следует, что такое ускорение можно получить при угловой скорости движения сита

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{gf_0}{R}} \sqrt{1 + 6\xi(1+\xi)}. \quad (15.4)$$

Подставив уравнение (15.4) в уравнение (15.3), получаем максимальное значение средней интенсивности послойного движения

$$(I_{cp})_{max} = \frac{3\sqrt{R}}{G_m} \frac{\sqrt{2gf_0\xi(1+\xi)}}{\sqrt{1+6\xi(1+\xi)}}.$$

§ 15.3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА СОРТИРОВАНИЯ В РАССЕВЕ

Задача сортирования — это разделить поступивший на сито продукт на две фракции (сход и проход). Эффективность процесса зависит от большого количества факторов; а именно: свойств частиц продукта; соотношения масс различных фракций по крупности; удельной нагрузки на сито; материала сита, его размерной характеристики, особенностей конструкции рассева, частоты его вращения, эксцентриситета и т. п. Многие из этих факторов действуют совместно. Поэтому при оценке эффективности сортирования используют обобщенные показатели: коэффициент извлечения и коэффициент недосева.

Если принять, что в поступающем продукте содержание проходовых частиц составляет g_0 , а в результате сортирования фактически извлечено проходовых частиц g_n , то коэффициент извлечения определяется выражением $\eta_n = (g_n : g_0) 100\%$.

Коэффициент недосева η_w (%) характеризует относительное количество проходовых частиц, оставшихся в сходовом продукте (не просевшихся через сито), т. е.

$$\eta_w = \frac{g_n}{g_0} 100. \quad (15.5)$$

Так как $g_n + g_w = g_0$, то

$$\eta_w = 100 - \eta_n. \quad (15.6)$$

По данным многочисленных исследований коэффициент извлечения прохода зависит от таких параметров, как продолжительность просеивания, его интенсивность, толщина слоя продукта на сите, «живое» сечение сита, гранулометрический состав продукта (средневзвешенная крупность частиц и т. п.). Значение коэффициента извлечения можно также определить по формуле

$$\eta_{\text{п}} = \frac{m_x}{m_0} = 1 - \exp \left(- \frac{kx}{hv} \right), \quad (15.7)$$

где m_x — суммарное количество прохода (масса проходовых частиц) в единицу времени, т. е. суммарная производительность сита; m_0 — содержание проходовых частиц в поступающем продукте; k — коэффициент, учитывающий вероятность прохождения частиц (e), «живое» сечение (ϕ) и интенсивность просеивания (v_s), $k = \phi v_s$; x — длина сита; h — толщина слоя продукта на сите; v — скорость подачи продукта.

Следует иметь в виду, что формула (15.7) не учитывает физико-химические свойства продукта, например его влажность. Эти свойства также оказывают влияние на процесс просеивания, и их надо учитывать экспериментально. Для этого можно использовать уравнение Годена — Андресса

$$\eta_{\text{п}} = A \exp(-Bg'), \quad (15.8)$$

где A — коэффициент, учитывающий средневзвешенный размер частиц продукта (т. е. один из показателей его гранулометрического состава); B — коэффициент, учитывающий характер изменения средней скорости подачи и продолжительность пребывания продукта на сите (т. е. условия просеивания), а также физико-химические свойства исходной смеси; g' — удельная нагрузка на сите, кг/(м²·мин).

Коэффициент B зависит от большого числа факторов. Однако при некоторых условиях его можно принять постоянным. Это допустимо, если:

смесь сортируется на нескольких последовательно расположенных ситах;

способ перемещения продукта по ситовому каналу одинаков для всех сит;

сортируется определенный продукт с различным гранулометрическим составом.

Однако использование формул (15.7) и (15.8) требует определения сложных по своей природе величин (k , A , B и т. д.). Поэтому в производственной деятельности ограничиваются оценкой процесса просеивания по формулам (15.5) и (15.6).

§ 15.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ

Продукты измельчения зерна сортируют по крупности в рассеве, рабочие органы которого — сита. В зависимости от назначения и материала, из которого их изготавливают, различают сита металлотканые, шелковые крупочные и шелковые мучные. В последние годы вместо сит из натурального шелка используют также сита из синтетических тканей, чаще всего из капрона. Эти три группы сит отличаются по номерам.

В качестве номера металлотканого сита принят размер его ячеек в миллиметрах. Если сито № 056, размер его ячей равен 0,56 мм. Номер шелкового крупочного сита определяют по количеству ячей на 1 дм сита. Например, если сито № 270, значит, что именно столько ячей приходится на 1 дм (10 см) сита. Номер шелкового мучного сита соответствует количеству ячей на 1 см сита. Так, при 35 отверстиях на 1 см имеем сито № 35. Номер капроновых сит (мучных и крупочных) также определяется количеством ячей на 1 см сита. В соответствии с этим в муко-мольном производстве выработана и применяется классификация продуктов измельчения по крупности (табл. 15.1). Во второй колонке чис-

литеру указывает номер сита, проходом через которое получен продукт, а знаменатель — номер сита, сходом с которого идет продукт. В третьей колонке числитель и знаменатель определяют наибольший и наименьший размеры частиц данной фракции крупности.

Таблица 16.1. Классификация продуктов измельчения по крупности

Продукт	Ситовая характеристика (номер сита)	Размерная характеристика частиц, мм
Верхние сходовые продукты	Сход с сита 1 (71)	Крупнее 1,0 (1,15)
Крупка:		
крупная	1(71)	1,0(1,15)
	056(120)	0,56(0,63)
средняя	056(120)	0,56(0,63)
	040(160)	0,40(0,45)
мелкая	040(160)	0,40(0,45)
	200	0,32
Дунст:		
жесткий	200	0,32
	270(27)	0,25
мягкий	270(27)	0,25
	380(38)	0,16
Мука:		
высшего сорта	38	0,166
	43	0,14
первого »	35	0,13
	43	0,14
второго »	32	0,20
	38	0,16

Таким образом, для выделения того или иного продукта в самостоятельную фракцию могут быть использованы различные сита. Например, средняя крупка может быть получена проходом металлотканого сита № 056 и сходом сита № 04 или же на шелковых крупочных ситах проходом через сито № 120 и сходом с № 160. В том и другом случае размерные характеристики частиц несколько отличаются.

Приведенную классификацию применяют только при сортовом помоле пшеницы, технологический процесс которого основан на получении крупочных (промежуточных) продуктов. Поэтому такой помол называют крупчатным, а технолога на мукомольном заводе именуют крупчатником.

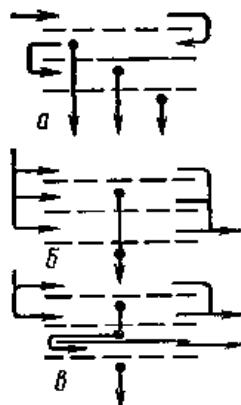
Помолы ржи в сортовую муку проводят без выделения крупок и дунстов, что связано с особенностями анатомического строения и структурно-механическими свойствами зерна ржи.

§ 15.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОЦЕССА СОРТИРОВАНИЯ ПО КРУПНОСТИ

Для разделения на фракции продукты измельчения зерна направляют на сита, причем последовательность движения продуктов по ним может быть неодинаковой. В соответствии с этим различают технологические схемы последовательного просеивания, параллельного и комбинированного.

По схеме (рис. 15.2, а) продукт последовательно проходит по ситам (сход идет с сита на сито). Эти сита могут быть разных номеров или же одного номера; в первом случае проход каждого сита будет пред-

Рис. 15.2. Варианты сортирования по крупности сыпучего продукта на ситах:
 а — последовательное; б — параллельное; в — комбинированное.



ставлять самостоятельную фракцию, во втором — крупность их будет одинакова, а фракция — единой. Эту схему используют, если надо более полно выделить проходовые частицы из смеси.

По схеме (рис. 15.2, б) продукт одновременно поступает на группу сит одного и того же номера. В этом случае получают только две фракции. Используют такую схему, если требуется быстро выделить из продукта крупную (склоновую) фракцию; проходовая фракция обычно подвергается дальнейшей обработке.

Схема (рис. 15.2, в) объединяет две предыдущие схемы.

В зависимости от конкретной компоновки сит в схеме можно получить при сортировании исходного продукта различное количество фракций по крупности.

§ 15.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАССЕВОВ

Процесс переработки зерна в муку и крупу построен так, что продукты сортируют многократно, причем каждой технологической системе отведена индивидуальная задача. Например, при сортовом помоле пшеницы на первых системах драного процесса измельчение и сортирование необходимо провести так, чтобы были выделены в виде самостоятельных фракций частицы эндосперма — крупка и дунсты; наоборот, задача размольных систем, на которые поступают подготовленные к окончательному измельчению крупки и дунсты, состоит в максимальном извлечении муки.

Поэтому и организация процесса просеивания продуктов на разных системах технологического процесса должна иметь определенные различия. Это достигается тем, что на этапах технологического процесса переработки зерна используют разные схемы рассевов.

Технологическая схема рассева определяется компоновкой сит и порядком их расположения, что определяет конкретную группировку фракций, получаемых при сортировании исходного продукта.

На мукомольных заводах самобалансирующиеся рассевы пакетного типа заменяют шкафными. Но технолог должен хорошо знать схемы как первых, так и вторых.

По схеме № 1 сита в рассеве установлены так, что исходный продукт можно рассортировать сразу на пять фракций по крупности. Поэтому схему № 1 используют на первых 3—4 системах драного процесса, на которых разделяют продукты дробления, содержащие преимущественно частицы эндосперма разной крупности или же частицы ободочек.

Эти так называемые промежуточные продукты в дальнейшем подвергают дополнительной обработке, эффективность которой будет тем выше, чем более выравнена по крупности данная фракция. Это и обуславливает необходимость разделения исходного продукта на большое число фракций.

После измельчения в вальцовом станке продукт поступает сразу на четыре сита, которые носят название приемных; собрана эта группа сит по схеме параллельного просеивания (рис. 15.3). Сход с приемных сит выводится из рассева, а проход собирается вместе и поступает на вторую группу из пяти сит, собранную по схеме последовательного просеивания. С последнего сита этой группы непросеявшийся продукт вы-

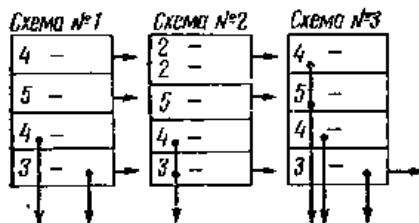
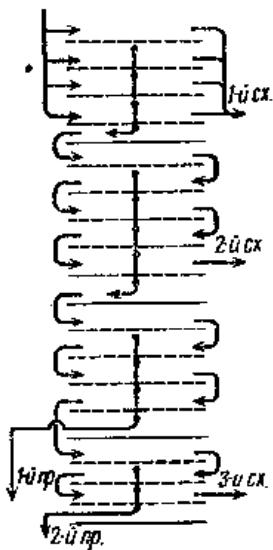


Рис. 15.4. Основные технологические схемы рассева ЗРШ.

Рис. 15.3. Распределение продукта на ситах (схема № 1 рассева ЗРШ).

водится из рассева (2-й сход), а проходы всех пяти сит совместно направляют на третью группу сит.

После последовательного прохождения по всем четырем ситам этой группы продукт разделяется на две фракции: проход выводится из рассева, а сход поступает на последнюю, четвертую, группу из трех сит. В результате последовательного просеивания на этих ситах получают 3-й сход и 2-й проход. Таким образом, при просевании в рассеве ЗРШ по схеме № 1 исходный продукт рассортировывается на пять фракций: три сходовые и две проходовые.

На нижнюю группу сит поступает не проход, а сход с предыдущей группы сит. Поэтому сита четвертой группы имеют больший размер отверстий, чем сита третьей группы; проход четвертой группы сит крупнее, чем проход третьей группы.

На рисунке 15.4 показаны три основные схемы рассева шкафного типа ЗРШ. Схему № 1 применяют на первых драных и первых шлифовочных системах, так как на них измельченный в вальцовом станке продукт содержит резко отличающиеся по крупности частицы.

Схема № 2 почти аналогична схеме № 1. Главное отличие состоит в том, что исходный продукт поступает не на четыре, а на два сита, сход с которых последовательно просеивается на третьем и четвертом ситах первой группы. Проходовые фракции можно выводить из рассева вместе или же порознь, как и по схеме № 1. Схема № 2 рассева ЗРШ рекомендуется для последних («низких») систем драного процесса, на которых вымалывают оболочечные продукты.

Схема № 3 фактически состоит не из четырех, а из трех групп сит. Первые девять сит служат для отбора проходовой фракции. Второй проходовый продукт получают на следующей группе из четырех сит, а нижняя группа из трех сит служит для разделения оставшегося в рассеве продукта на две фракции: сход и третий проход. Три проходовых продукта (или же два верхних) могут быть объединены: в этом случае по схеме № 3 получают только два продукта (или три). Схему № 3 рекомендуют для размолочных систем (на которых отбирают муку), сортировочных, последних шлифовочных, а также для контрольного просеивания муки.

На рисунке 15.5 даны схемы модернизированного рассева ЗРШ-М. На рисунке 15.6 приведены технологические схемы рассевов пакетного типа ЗРМ, которые еще эксплуатируют на многих мукомольных заво-

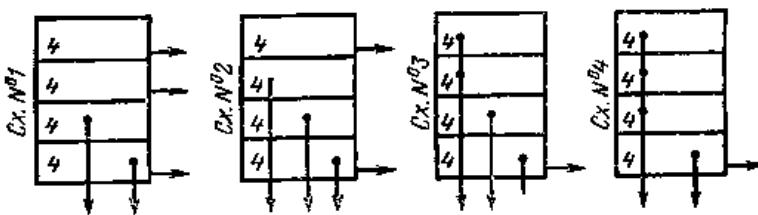


Рис. 15.5. Технологические схемы рассева ЗРШ-М.

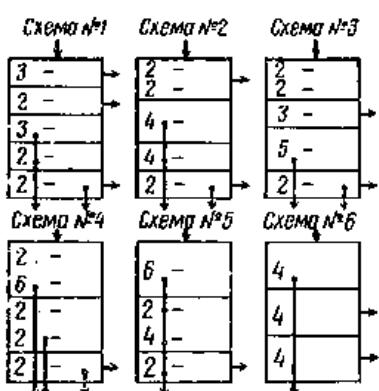


Рис. 15.6. Технологические схемы рассева ЗРМ (МКЦ).

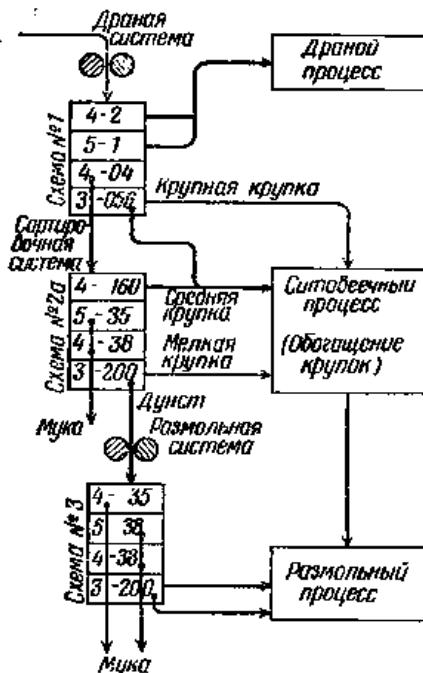


Рис. 15.7. Вариант применения различных схем рассевов ЗРШ в технологическом процессе сортового помола пшеницы.

дах. Схему № 1 рекомендуют для первых («высоких») драных и первых шлифовочных систем. Схему № 2 удобна для сортировочных систем, последних систем драного и шлифовочного процесса. Схему № 3 также устанавливают на некоторых сортировочных системах. Схему № 4 предназначена для размольных систем, а схема № 5 — для контрольного просеивания муки. Схему № 6 применяют при обойном помоле (простом помоле) зерна, при котором выход муки составляет 95—96% от массы переработанного зерна. Пример использования рассевов ЗРШ приведен на рисунке 15.7.

В крупяном производстве рассевы используют для фракционирования зерна (например, на гречезаводах), а также выделения мучки из продуктов шелушения (например, на просозаводах). На ячменезаводах рассевы применяют для предварительного фракционирования крупы. Технологические схемы таких рассевов отличаются простотой.

Глава 16

СОРТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО ДОБРОТНОСТИ

§ 16.1. НЕОБХОДИМОСТЬ СОРТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО ДОБРОТНОСТИ

Современный технологический процесс сортового помола построен по принципу избирательного измельчения. На первом этапе (драной процесс) в вальцовых станках сравнительно грубо дробят зерно и из-

влекают в рассеяна частицы эндосперма в виде крупок и дунстов. При этом крупки получаются неоднородными по добротности: наряду с частицами чистого эндосперма в их массе присутствуют также сростки (эндосперм вместе с оболочками зерна) и частицы оболочек с незначительным содержанием эндосперма.

Если направить такую смесь крупок сразу на размолные системы, то мука получится высокозольной и темной, так как наряду с эндоспермом интенсивному измельчению подвергнутся и оболочки. Для получения высококачественной муки крупки необходимо рассортировать по добротности, т. е. выделить из их массы фракцию частиц чистого эндосперма. Просеванием на ситах разделить с высокой эффективностью массу крупок на фракции не удается. Поэтому используют особые машины — ситовеевые. Этот процесс сортирования крупок по добротности называют процессом обогащения крупок.

§ 16.2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРУПОК

Непосредственно определить соотношение эндосперма и оболочек в частичках и фракциях крупок технически сложно. Поэтому в процессе обогащения крупок при оценке их качества используют косвенные признаки: цвет, зольность, форму, аэродинамические свойства и плотность частиц.

Цвет эндосперма пшеницы близок к белому или слабо-желтоватому, а цвет оболочек — к желтому, светло-коричневому или красноватому в зависимости от сорта зерна. Цвет попадающих иногда с крупками отдельных кусочков зародыша преимущественно светло-желтый.

Общая окраска смеси крупок, как и муки, зависит от соотношения в ней частиц эндосперма, сростков и частиц оболочек. Общую окраску используют для оперативной оценки качества крупок; для более полной и объективной оценки прибегают к химическому анализу, определяя зольность. Зольность анатомических частей зерна пшеницы различается в зависимости от сортовых свойств и агротехнических особенностей выращивания зерна. В основном зольность эндосперма 0,26—0,60%; оболочек 6—12, в том числе плодовых 1,8—2,2; зародыша 5,0—6,7%.

Геометрическая форма частиц в смеси крупок и в каждом классе крупности различна. Форма частиц эндосперма — неправильные многоуграничники с овальными и плоскими гранями. Встречаются и тонкие частицы в виде пластинок. Частицы из оболочек пленчатообразны, чаще многослойные, имеют зубчатые очертания краев и самую разнообразную форму. Сростки эндосперма с оболочками характеризуются промежуточными формами.

Плотность частиц крупок различна в зависимости от количественного соотношения эндосперма и оболочек. Например, при анализе частиц зерна пшеницы IV типа плотность эндосперма колебалась от 1,44 до 1,47 $\text{мг}/\text{мм}^3$, оболочек, извлеченных из смеси крупок, — от 1,37 до 1,39 $\text{мг}/\text{мм}^3$, сростков — между верхним пределом плотности эндосперма и нижним оболочек.

В связи с этим отмеченным различием геометрической формы и плотности объемная масса крупок, состоящих из эндосперма, больше, чем частиц сростков или оболочек одинакового с эндоспермом класса крупности.

Аэродинамические свойства отдельной частицы крупок принято характеризовать величиной скорости витания v_w ($\text{м}/\text{с}$). Значения этой скорости для частиц одинаковой крупности различаются и зависят от двух факторов: геометрической формы и массы P частицы.

На рисунке 16.1 приведена зависимость между зольностью и скоростью витания крупок. Участки графика слева от перегибов относятся к тонким и легким частицам оболочек зерна. На рисунке 16.2 в полуло-

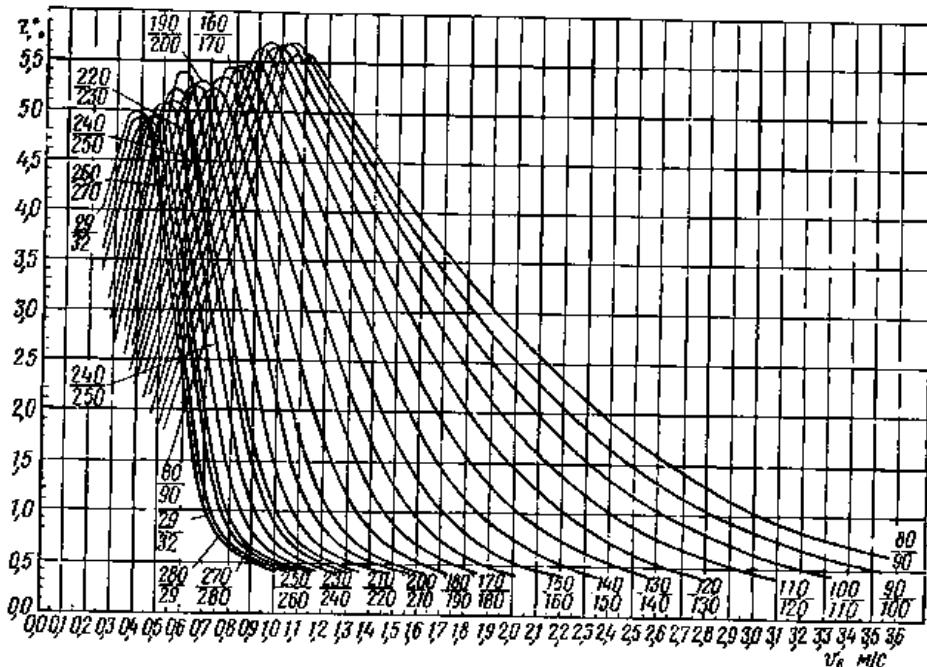


Рис. 16.1. Взаимосвязь зольности и скорости витания частиц в последовательных классах крупности.

Графических координатах приведена зависимость между массой P частиц и скоростью витания v_s . Таким образом, при фракционировании крупок по скорости витания будет происходить также разделение их по зольности и плотности, пропорциональной массе частиц при неизменной их крупности.

Вариационные кривые (рис. 16.3) показывают, что в пределах каждого класса крупности частицы заметно различаются по скорости витания; наиболее велика вариация крупной крупки (кривая I). С уменьшением размеров частиц кривые смещаются влево. Это указывает, что среднее значение скорости витания частиц снижается по мере уменьшения их размеров.

При одной и той же скорости витания зольность частиц зависит от их крупности. Например, при $v_s = 1,80$ м/с величина z частиц класса 170/180 составляет 0,45%; 150/160—0,81%; 130/140—1,57%; 110/120—2,47%; 80/90—3,34%. Поэтому для получения высокой эффективности обогащения надо предварительно рассортировать крупки на узкие классы крупности.

§ 16.3. СТРАТИФИКАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ КРУПОК

При поступательном движении равномерно распределенной насыпи крупок на плоском сите, совершающем прямолинейно-возвратные колебания, в определенные моменты периодически разрыхляется слой крупок. В этот момент увеличивается пористость насыпи и уменьшается трение между частицами, что способствует их перемещению под действием гравитационных и горизонтально направленных инерционных сил; частицы, имеющие наибольшую плотность (частицы эндосперма), перемещаются к сите в нижние слои.

Все это со временем приводят к расслоению (стратификации) насыпи крупок и группированию (сегрегации) частиц с характерными для

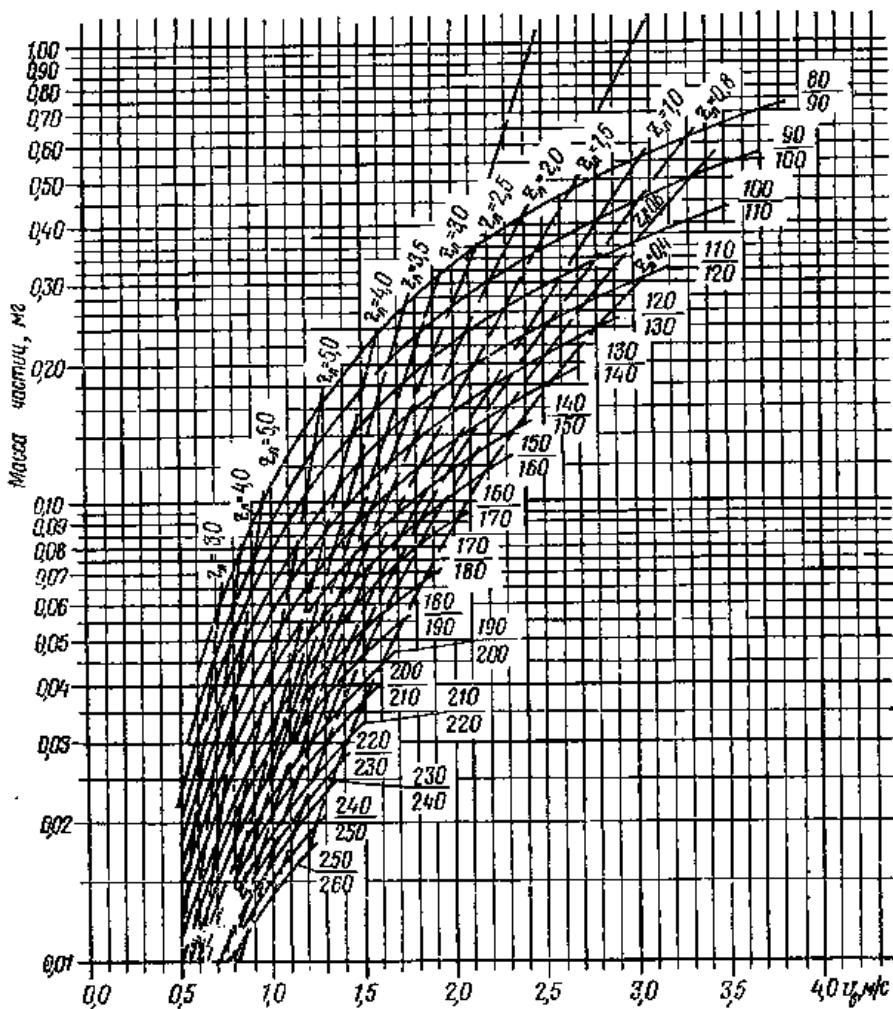


Рис. 16.2. Взаимосвязь массы и скорости витания частиц.

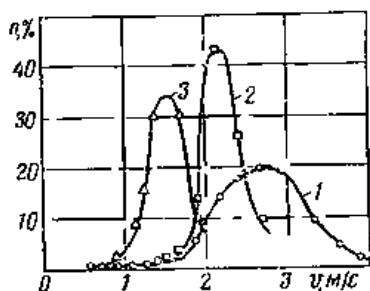


Рис. 16.3. Вариационные кривые распределения крупок по скорости витания:
1 — класса 80/90; 2 — класса 140/150;
3 — класса 190/200.

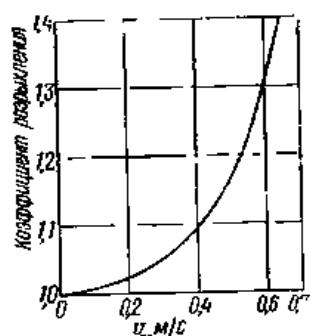


Рис. 16.4. Коэффициент разрыхления крупок на сите при разной скорости воздушного потока.

каждого слоя свойствами. После завершения стратификации насыпи крупок в нижнем слое над ситом будут наиболее богатые эндоспермом частицы, а в верхних слоях — наиболее бедные. Таким образом создаются условия для отделения богатых эндоспермом частиц крупок, просеивания их на определенном участке сита. Эффективность стратификации крупок повышается, если подают воздушный поток через сито и насыпь крупок на нем.

При некоторой величине скорости v_c , зависящей от характеристики крупок, разрыхленность на большей верхней части или на всей толщине насыпи постоянно сохраняется (рис. 16.4). Вместе с тем при увеличении скорости v_c наблюдается не только увеличение разрыхления слоя крупок, но и резко возрастают скорости v_y вертикального перемещения частиц. Поэтому необходимый для завершения стратификации период сокращается. Кроме того, заметно возрастает скорость подачи слоев насыпи вдоль сита (рис. 16.5). Необходимо иметь в виду, что для каждого класса крупности частиц существует оптимальное значение скорости воздушного потока.

§ 16.4. СХЕМЫ СОРТИРОВАНИЯ КРУПОК В СИТОВЕЧНЫХ МАШИНАХ

Процесс сортирования крупок по добротности начинается с разделения в рассевах первых драных систем продуктов измельчения зерна. Здесь отделяются фракции наиболее крупных частиц — верхний и нижний схода, идущие на следующие драные системы, мука и 2—4 фракции промежуточных между ними продуктов (крупки и дуисты). Для их обогащения перед направлением на размолочные системы используют ситовечные машины.

Основу технологической схемы ситовечной машины составляют натянутые на рамы сита, пронизываемые восходящим потоком воздуха и установленные с небольшим уклоном $\alpha = 1 \div 1,5^\circ$ к горизонту в один или несколько ярусов. Они совершают с частотой 460—530 в минуту и амплитудой 5,0—5,5 мм прямолинейно-возвратные колебания на подвесках, наклоненных к вертикали под углом $\beta = 6 \div 9^\circ$.

Методов организации работы сит в ситовечных машинах в основном два.

Первый метод базируется главным образом на том, что восходящий через сито поток воздуха при одинаковой скорости сильнее тормозит просеивание частиц, имеющих меньшую скорость витания. К таким частицам при равенстве их крупности относят частицы, содержащие большее количество оболочек. Не имея возможности просеяться, они сходят с сита.

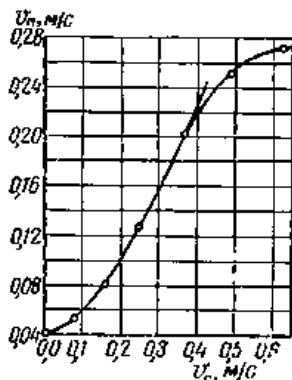


Рис. 16.5. Влияние скорости воздушного потока на скорость подачи крупок на сито.

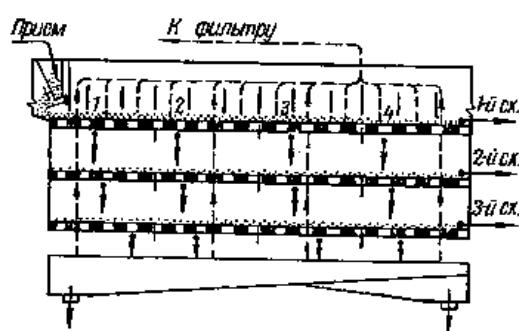


Рис. 16.6. Технологическая схема работы двух и трех ярусов рам ситовечной машины (первый метод обогащения).

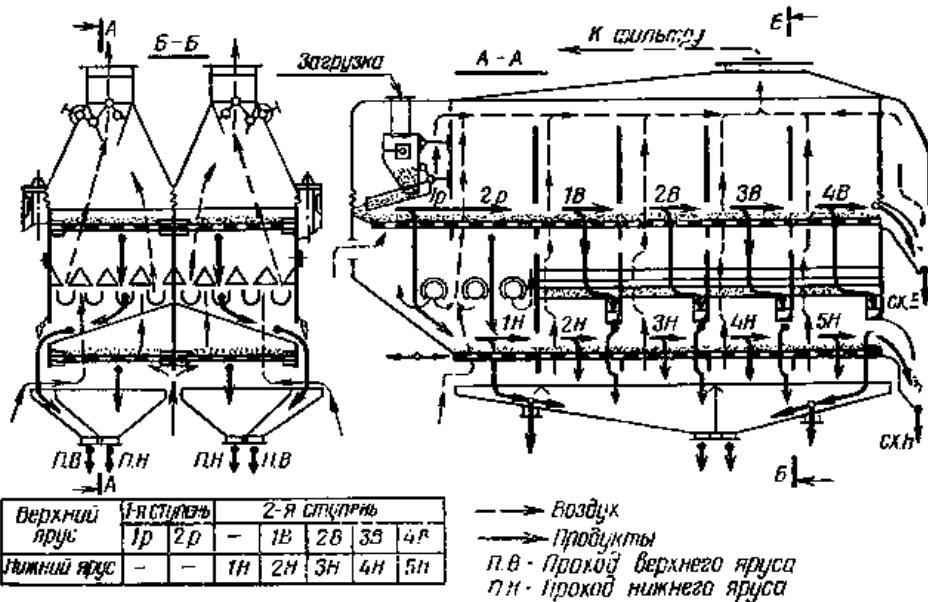


Рис. 16.7. Технологическая схема работы трех ярусов рам ситовеичнои машины (второй метод обогащения применительно к машине ЗМС-2).

Роль стратификации не является ведущей. Поэтому для обогащения смеси разнородных по крупности крупок требуется и большее число сит. В связи с тем, что расположить большое количество сит в один ряд в ситовеичнои машине по конструктивным особенностям трудно, прибегают к их установке в два и более ярусов, пронизываемых единым восходящим потоком воздуха (рис. 16.6).

В ярусе, лежащем ниже, ставят сите с меньшими отверстиями, чем на соответствующих рамках вышележащего яруса; по длине каждого яруса отверстия каждого последующего сита больше, чем предыдущего. Фракции, проходящие через сите каждого вышележащего яруса, поступают на сите соответствующей рамы ниже расположенного яруса. В обогащенные крупки направляют проходы только сите нижнего яруса.

Второй метод базируется на использовании стратификации крупок на сите ситовеичнои машины; ей принадлежит ведущая роль в разделении крупок по добротности.

В этом случае толщина насыпи крупок на сите больше, чем при первом методе. Благодаря этому стратификация крупок проявляется достаточно четко, следовательно можно уменьшить число сит в машине при отборе обогащенных проходовых фракций.

Современная отечественная двухступенчатая ситовеичноя машина ЗМС-2 позволяет осуществить оба рассмотренных варианта технологической схемы (рис. 16.7). Крупки обогащаются на двух ярусах сит. В верхний вставляют шесть рам. Они обозначены, начиная от приема: 1Р, 2Р, 1В, 2В, 3В и 4В. В нижнем ярусе пять рам: 1Н, 2Н, 3Н, 4Н и 5Н.

Воздушный поток поступает под сите нижнего яруса, проходит через них в камеру и далее к фильтру. Для облегчения подачи воздушного потока в пространстве под ситерами рам 1Р и 2Р предусмотрено постоянно открытое окошко в передней торцевой стенке кузова и три круглых отверстия в боковой стенке.

Исходную смесь крупок через питающее устройство струей равномерной толщины подают на сите рамы 1Р по всей ширине. Далее по основной схеме крупки проходят две ступени обогащения.

К первой ступени относят сите рамы 1Р и 2Р. Нормально скорость воздушного потока v_c в этих ситеах должна быть близка или равна наи-

большой скорости его в ситах остальных рам кузова. При правильном подборе сит на рамках $1p$ и $2p$ и хорошем действии восходящего потока воздуха в проход должно поступать 51—60% крупок первого качества и 40—50% крупок второго качества. Полученные две фракции (проход и сход) поступают на вторую ступень обогащения.

Ко второй ступени относят пять рам $1H$ — $5H$ нижнего яруса (для проходов сит рам $1p$ и $2p$) и четыре рамы $1B$ — $4B$ верхнего яруса (для схода с сита рамы $2p$).

Сита для основной схемы ситовечной машины ЗМС-2 надо подбирать с учетом состава направляемой на нее смеси крупок, стекловидности зерна и нумерации сит, на которых в рассеве были выделены эти крупки.

Для первой ступени на стадии предварительного подбора на раму $2p$ ставят сито на номер реже или такое же, как у проходовых сит в рассеве при отборе проходом данной смеси. Сито на раме $1p$ должно быть гуще на 1—2 номера.

Для второй ступени в нижнем ярусе на раме $1H$ требуется сито реже на один номер или такое же, как сходовое сито, с которого получают данную смесь в рассеве. На раму $5H$ ставят сито с таким же номером, что и на раму $2p$, или на один номер реже. На остальные рамы подбирают сита промежуточных номеров.

Для второй ступени в верхнем ярусе на раму $1B$ требуется сито с таким же номером, как и на раму $1H$, или гуще на один номер; на раму $4B$ такое же или гуще на один номер, чем проходовое сито в рассеве. Остальные сита подбирают из ряда, ограниченного номерами сит для рам $1B$ и $4B$.

§ 16.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИТОВЕЧНОГО ПРОЦЕССА

Условиями эффективной работы ситовечной машины являются: хорошее натяжение сит; отсутствие поперечных перекосов рабочей плоскости сит; равномерность толщины струи продукта по всей ширине сита и однородность крупности частиц; непрерывность очистки сит; точное регулирование количества воздушного потока, отсасываемого из пространства над ситами и над каждой рамой с ситом.

Эффективность обогащения крупок может быть оценена размером снижения их зольности с учетом количества выделенных низкозольных крупок. Другими словами, эту эффективность оценивают произведением двух величин

$$\eta = \eta_1 \eta_2,$$

где η_1 — определяет количественную составляющую, т. е. относительное количество обогащенных крупок; η_2 — определяет качественную составляющую, т. е. степень снижения зольности крупок в результате обогащения.

Очевидно, что

$$\eta_1 = \frac{g_n}{Q_n} 100; \quad \eta_2 = \frac{z_0}{z_n},$$

где Q_n — количество крупок, поступающих в ситовечную машину; g_n — количество извлеченных обогащенных крупок; z_0 — зольность поступающих в ситовечную машину крупок; z_n — зольность извлеченных обогащенных крупок.

Поэтому

$$\eta = g_n \frac{z_0}{z_n} 100.$$

Если принять $Q_n = 100\%$, то получим

$$\eta = g_n \frac{z_0}{z_n}.$$

Пример. В результате обогащения крупной крушки выделено проходом 38%, к пок, причем зольность их составила 0,65%, в то время как зольность поступающих кн пок 1,30%. Следовательно, технологическая эффективность обогащения крушки будет

$$\eta = 38 \frac{1,30}{0,65} = 76\%.$$

Глава 17

СОРТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ШЕЛУШЕНИЯ ПО ДОБРОТНОСТИ

§ 17.1. СОСТАВ ПРОДУКТОВ ШЕЛУШЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ СОРТИРОВАНИЯ [КРУПООТДЕЛЕНИЕ]

В результате шелушения зерна на крупяных заводах получают ядро, нешелушенные зерна, дробленые части ядра, мучку и лузгу. Эти разные по качеству продукты должны быть рассортированы и использованы по назначению. Количественный состав продуктов в смеси зависит от вида перерабатываемой культуры и качества зерна, правильности проведения операции шелушения и типа шелушильной машины, а также от состава продуктов первичного (табл. 17.1) или вторичного шелушения.

Таблица 17.1. Состав продуктов после первого шелушения зерна

Продукт	Выход, % при первом шелушении			
	в вальцедековом станке		в шелушильном постам	
	проса	гречки	овса	риса
Ядро целое	67,8	36,6	63,1	67,4
Зерно	15,2	48,5	12,8	10,9
Ядро дробленое	1,1	3,3	2,4	4,2
Мучка	0,6	0,4	0,9	1,2
Лузга	15,3	11,2	20,8	16,3
Всего	100	100	100	100

При сортировании продуктов шелушения отсеивают мучку и дробленое ядро в просеивающих машинах, отвенивают лузгу в аспирационных машинах, отделяют ядро от нешелушенных зерен (крупоотделение). Размеры и форма отверстий сит для выделения дробленого ядра и мучки в зависимости от перерабатываемой культуры приведены в таблице 17.2.

После выделения побочных продуктов (мучки, дробленого ядра и лузги) необходимо рассортировать основные продукты шелушения, т. е. смесь, состоящую из шелушенных (ядра) и нешелушенных зерен.

Таблица 17.2. Размеры отверстий сит для отсева дробленого ядра и мучки

Культура	Сито для отсева		
	дробленого ядра		мучки
	проход	сход	проход
Просо	Ø 1,4	№ 056	№ 056
Гречка	Ø 1,6 × 20	№ 08	№ 08
Овес	Ø 2,0*	№ 063	№ 063
Рис	Ø 2,7	Ø 1,5	Ø 1,5
Ячмень	—	—	№ 056
Пшеница	—	—	№ 063
Горох дробленый и сечка	Ø 2,5	Ø 1,0	Ø 1,0

* Дробленое ядро в недробленой крупе.

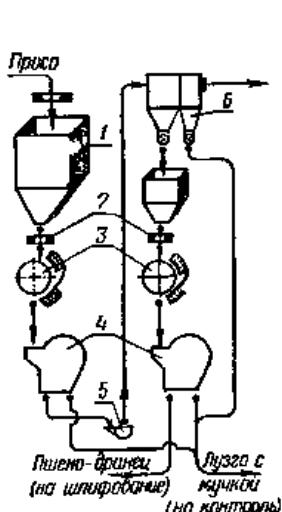


Рис. 17.1. Схема переработки проса без промежуточного отбора ядра:

1 — бункер над первой системой шелушения; 2 — магнитные аппараты; 3 — вальцедековые станки (двухдековые); 4 — аспираторы с замкнутым циклом воздуха; 5 — пневмо-приемники; 6 — пневмосепаратор.

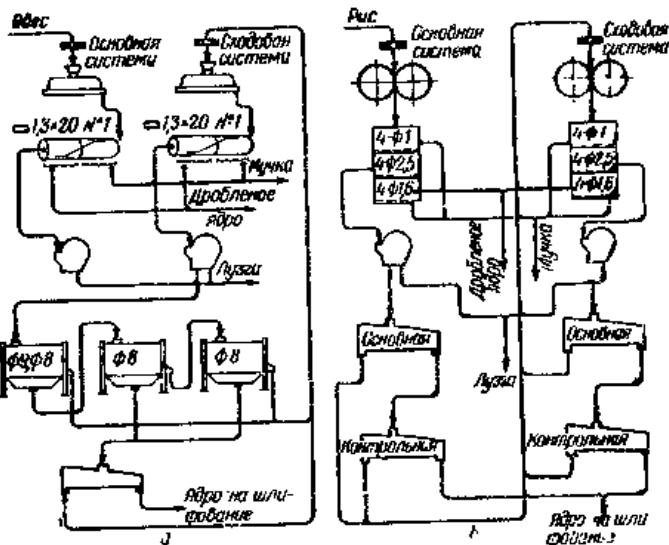


Рис. 17.2. Схема сортирования продуктов шелушения с отбором ядра:

a — на овсозаводах; *b* — на рисозаводах.

Отбор ядра из продуктов шелушения. На крупяных заводах применяют два способа обработки основных продуктов:

многократное последовательное шелущение смеси ядра с зерном до полного отделения пленок;

отбор ядра после шелушения и направление на повторное шелущение лишь нешелущенных зерен.

В качестве примера первого способа переработки может служить метод шелушения проса в вальцедековых станках «Жонвейером». Из продукта, полученного после шелушения (рис. 17.1), выделяют побочные продукты (мучку, лузгу, а иногда и дробленку). Смесь, состоящую из шелущенных и нешелущенных зерен, подвергают повторной обработке до тех пор, пока в продукте, полученном после шелушения, содержание нешелущенных зерен будет ниже предельных норм, допускаемых стандартами на крупу. Такой способ увеличивает выход дробленого ядра и мучки, так как при механическом воздействии на смесь ядро дробится значительно больше, чем зерно.

На крупяных заводах чаще применяют способ однократного шелушения (рис. 17.2), при котором из продуктов, полученных в результате шелушения, выделяют побочные продукты, а из остающейся смеси — ядро. В этом случае его не подвергают повторному воздействию шелушильных машин. Этот способ позволяет увеличить выход целого ядра, повысить эффективность использования зерна и увеличить производительность завода. Поэтому способ шелушения с промежуточным отбором ядра прочно вошел в технологию переработки таких крупяных культур, как рис, овес и гречиха.

Физические свойства шелущенных и нешелущенных зерен. Выделение ядра из смеси его с нешелущенным зерном основывается на использовании различия физических свойств обоих компонентов смеси. Ядро и зерно одной и той же культуры могут различаться по ряду признаков (табл. 17.3), а также по размерам, форме, упругости и т. п.

Коэффициенты трения шелущенных и нешелущенных зерен, их различия оказывают большое влияние на движение компонентов смеси в рабочих органах крупоотделительных машин. Упругость нешелущенных зерен больше упругости шелущенных. По этому признаку лучшие резуль-

Таблица 17.3. Физические свойства основных продуктов шелушения (при влажности 12—14,5%)

Куль- тура	Продукт	Объем- ная масса, г/л	Плот- ность, г/см ³	Масса 1000 зерен	Коэффициенты трения			Скорость, вibration, м/с
					внутрен- него	покоя	сколь- жения	
Рис	Зерно нешелушеное	490	1,20	26,1—30,2	0,66—0,74	0,50	0,37—0,44	8,5—11,2
	Зерно шелушеное (ядро)	730	1,41	21,3—25,1	0,61—0,71	0,40	0,38—0,39	12,2—13,5
Овес	Зерно нешелушеное	500	1,32	25,5—31,2	0,61—0,70	0,44	0,40—0,45	8,1—9,1
	Зерно шелушеное (ядро)	720	1,42	22—25	0,64—0,72	0,53	0,38—0,44	8,5—9,8
Гречи- ка	Зерно нешелушеное	610	1,14	18,4	0,58—0,64	0,38	0,30—0,40	7,5—7,9
	Зерно шелушеное (ядрица)	790	1,35	15,5	0,58—0,72	0,41	0,36—0,43	6,8—7,2

таты могут быть получены при сортировании продуктов переработки риса и худшие — проса. Самосортирование смеси, состоящей из шелушеных и нешелушеных зерен, при свободном движении по наклонной поверхности улучшает работу многих круроотделительных машин.

На крупяных заводах для отбора ядра из смеси его с зерном применяют просеивающие машины, триеры, круроотделители — падди-машины, самосортирующие круроотделители, круроотделители БКО и др.

В просеивающих машинах, оснащенных ситами с круглыми штампованными отверстиями, зерно сортируют по размерам максимального поперечного сечения. Для большинства крупяных культур разность в размерах поперечного сечения зерна и ядра незначительна. Только у гречихи размеры миделевого сечения зерна и соответствующие размеры ядра различаются на большую величину, позволяющую на ситах отделять ядро от зерна.

Толщина зерен гречихи H больше соответствующих размеров h ядер (рис. 17.3). Эта разность $H—h$ всегда больше 0,4 мм, а для основной массы зерен (более 90%) она 0,7—0,9 мм. Разность диаметров D окружностей, описанных вокруг миделевого сечения зерна гречихи (рис. 17.4), и такого же сечения ядра d , всегда больше, чем 0,5 мм, т. е. $(D—d) > 0,5$ мм. Если при сортировании гречихи до шелушения выделить фракцию $n = D_1 : D_2$, где $D_1 = D_2 + 0,2$ мм, то диаметр окружности, описанной вокруг самого крупного ядра, которое находится в данной фракции, будет: $d_1 < (D_1 - 0,5)$ мм, $d_1 < (D_2 - 0,3)$ мм.

Правильный подбор сит и четкое фракционирование гречихи до шелушения позволяют получить проходом чистую ядрицу и выделить сходом нешелушеные зерна с незначительным содержанием ядра.

Из зерна овса и риса — культур, у которых зерновка имеет удлиненную веретенообразную форму, ядро можно выделить в триерах.

При сортировании смеси шелушеных и нешелушеных зерен овса в цилиндрическом триере лучшие результаты получают при использовании триеров с ячейками размером 9 мм и глубиной 4,5 мм при окружной скорости основного триера 0,625 м/с (20—21 об/мин при $\varnothing 600$ мм) и контрольного 0,75 м/с (23—25 об/мин). Наклон оси триера к горизонту в пределах 8—9°. Угол подъема края лотка, улавливающего ядро, принимают в основном триере 85—90°, в контрольном 90—95°.

Для выделения ядра из зерен овса используют также дисковые триеры с карманообразными ячейками размером 9×9 мм и глубиной 4,5 мм или размером 8×8 и глубиной 4 мм. Для лучшего отбора устанавливают группу из четырех последовательно сортирующих триеров. Ядро, выделенное ячейками триеров № 1 (рис. 17.5), поступает в контрольные триеры № 2 и 3, которые отбирают ядро, содержащее около 1,0—1,5% нешелушеных зерен, дополнительно контролируемых в других круроотделителях. Сход с триера № 2 и 3 содержит большой процент ядра (~80%), поэтому его направляют в триер № 4, где дополнительно отбирают часть ядра, а сход поступает на повторное шелущение.

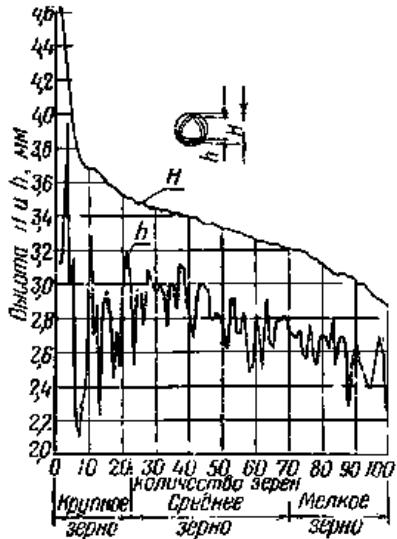


Рис. 17.3. Высота миделево сечения зерен гречихи и их ядер:
размеры зерна гречихи $H_{\min} = 2,88 \text{ мм}$, $H_{\max} = 4,64 \text{ мм}$, у 90% зерен $H = 3-4 \text{ мм}$;
размеры ядра гречихи $h_{\min} = 2,27 \text{ мм}$, $h_{\max} = 3,96 \text{ мм}$, у 94% зерен $h = 2,3-3,2 \text{ мм}$.

Оптимальные показатели сортирования в дисковом тринере получают при окружной скорости дисков $1,4-1,52 \text{ м/с}$ или $54-60 \text{ об/мин}$.

Основной недостаток триеров как круроотделителей заключается в том, что они отбирают преимущественно короткое ядро, оставляя в сходе, направляемом на повторное шелушение, наиболее ценное, крупное и хорошо выполненное ядро. Анализ показывает, что масса 1000 ядер овса, взятых из сходовых продуктов, превышает 26 г при массе 1000 ядер, выделенных ячесами триера, 20,5 г. Содержание ядра в продукте, поступающем на повторное шелушение, иногда превышает 80%, в результате чего часть его дробится.

Для того чтобы точнее разделить смесь шелушенных и нешелушенных зерен, необходимо контролировать оба получаемых с триеров продукта.

Часто после двукратного сортирования в дисковых триерах устанавливают падди-машины для окончательного контрольного сортирования продуктов.

Падди-машина состоит из кузова, в котором в несколько ярусов расположены каналы, имеющие гладкие днища и зигзагообразные боковые стени (рис. 17.6). Кузов совершает горизонтальные прямолинейные колебания в плоскости, перпендикулярной к направлению канала. Плоское днище по длине имеет перелом: больший угол наклона и меньшую длину имеет днище, идущее в сторону выхода нешелушенных зерен, а меньший угол и большую длину — в сторону выхода шелушенных зерен (ядра). Сортируемая смесь падает в канал около места перелома днища. При сортировании нешелушенное зерно перемещается вверх по каналу и выходит в его верхней, а ядро перемещается вдоль наклона и выходит в нижней части канала.

Существует несколько гипотез, по-разному объясняющих сущность процесса круроотделения. По одной из них отдают предпочтение упругим свойствам компонентов смеси, а по второй — фрикционным свойствам.

Первая гипотеза исходит из предположения, что нешелушенные зерна, имея большую упругость, чем ядра, отражаются от стенок с большей силой и попадают на следующий, более высокий выступ стенки ка-

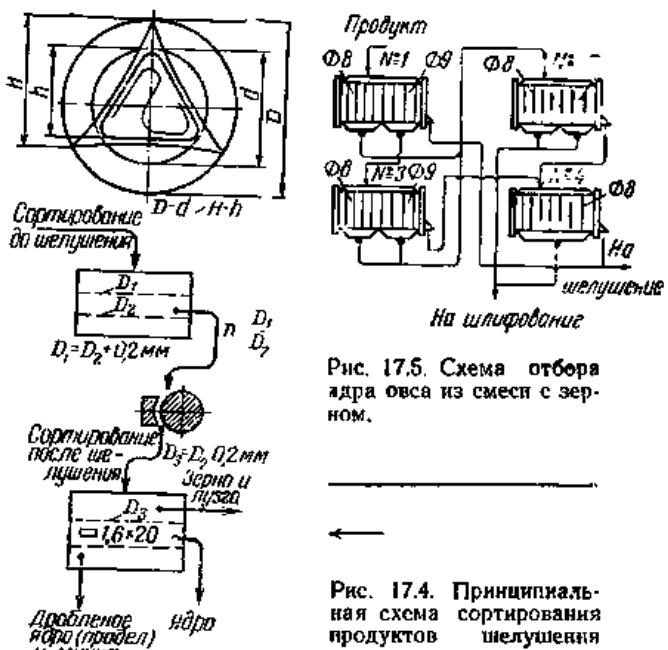
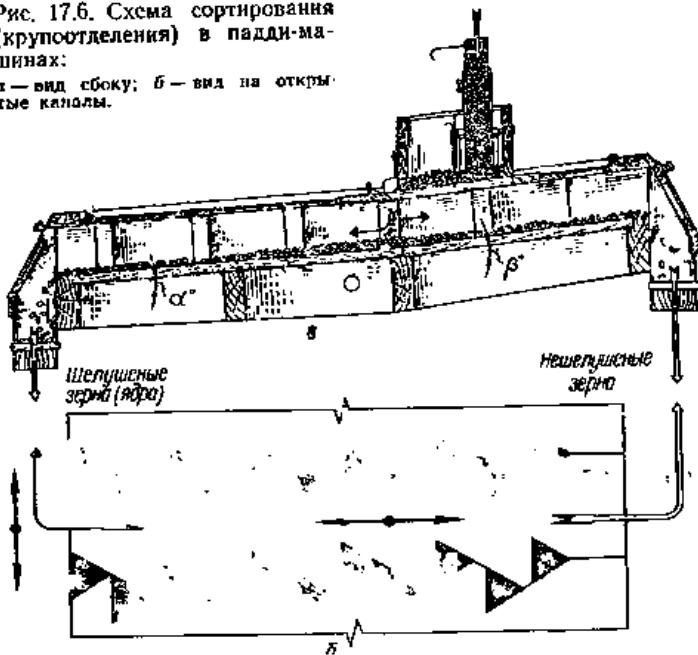


Рис. 17.5. Схема отбора ядра овса из смеси с зерном.

Рис. 17.4. Принципиальная схема сортирования продуктов шелушения гречихи на ситах.

Рис. 17.6. Схема сортирования (крупноотделения) в падди-машинах:
а — вид сбоку; б — вид на открытые каналы.



нала. Шелущенные зерна, отражаясь с меньшей силой, не могут попасть на вышележащий выступ стенки и при колебаниях постепенно спускаются вниз.

Вторая гипотеза основана на предположении, что нешелущенные зерна имеют меньший коэффициент трения о стенки, чем шелущенные, и при соприкосновении с ними они в течение некоторого времени двигаются вдоль стенок вверх по каналу. При обратном движении канала они попадают на вышележащий выступ противоположной стенки канала, а шелущенные зерна не могут подняться так высоко и при обратном движении канала не попадают на вышележащий выступ противоположной стеки.

В других гипотезах отдается предпочтение плотности компонентов смеси, массе 1000 зерен, размерам и др. При этом во всех гипотезах признается важная, а иногда и решающая роль процесса самосортирования смеси и последующее транспортирование верхних слоев вверх по каналу и нижних — вниз.

Для того чтобы четко разделить смесь, применяют двукратное сортирование: сначала в основной машине, а затем в контрольной. Режим работы первой машины (наклон рабочих каналов, число качаний) и подачу продукта регулируют так, чтобы в верхнем сходовом продукте, т. е. в выделенных нешелущенных зернах, содержалось минимальное количество ядра. Этот продукт направляют на повторное шелушение. Нижний сход, состоящий из шелущенных и небольшого количества нешелущенных зерен, направляют в контрольные машины. Их работу регулируют так, чтобы в нижнем сходе (ядре), направляемом на шлифование, было не более 2,0% нешелушепых зерен риса и не более 0,7% нешелущенных зерен овса. Такое содержание в ядре нешелущенных зерен допускают потому, что при последующем шлифовании ядра количество нешелущенных зерен снижается и становится меньше допустимой нормы его содержания в крупе высшего сорта.

На овся- и рисозаводах используют также самосортирующие крупноотделители, в которых ядро отбирают на принципе самосортирования продуктов при их свободном движении по наклонной поверхности (рис. 17.7). Продукт из приемного бункера 1 широкой струей толщиной

15—25 мм поступает на неподвижное металлическое сите, наклоненное под углом 35—38°. Часть его 2 со стороны приема продукта закрыта плотной тканью (брэзентом). В трубе продукта, совершающем равномерно-ускоренное движение, самосортируются зерна по толщине потока, в результате чего в нижние слои устремляются зерна с большей плотностью и меньшими размерами, большей объемной массой и меньшим коэффициентом трения, т. е. шелушеное зерно.

В верхних слоях потока оказываются зерна с меньшей плотностью и объемной массой, большими размерами и коэффициентом трения, т. е. нешелушеные зерна. При поступлении на открытую часть металлического сита (зону просеивания) шелушеные зерна, находящиеся в нижнем слое, просеиваются, а нешелушеные, находящиеся в верхних слоях, не успевают достичь сита и пройти через его отверстия, поэтому идут сходом. Полученные два продукта отличаются по добротности: проход (обогащенный продукт) состоит в основном из ядра с небольшим количеством нешелушеных зерен, а сход — в основном из нешелушеных зерен.

Изменяя длину зоны самосортирования, добиваются требуемой чистоты прохода или схода. Для того чтобы получить проход, содержащий меньшее количество нешелушеных зерен, увеличивают длину зоны самосортирования. Если требуется получить сходовой продукт с малым содержанием ядра, длину зоны самосортирования уменьшают.

Угол наклона сит регулируют в зависимости от физико-механических свойств продукта и нагрузки на сите.

За один пропуск через сите нельзя достаточно четко разделить продукты. Поэтому в крупоотделителях применяют контрольные сите для дополнительного сортирования сходовой и проходовой фракции.

Лучшие условия самосортирования частиц получают при относительном перемещении слоев движущегося продукта. Наибольшее относительное движение слоев происходит, если

$$f_1 > \alpha > f_0,$$

где f_0 — угол внутреннего трения зерен; f_1 — угол внешнего трения зерен; α — угол наклона плоскости.

Коэффициент трения продукта по ткани и ситу больше коэффициента внутреннего трения частиц смеси. Если угол внутреннего трения продуктов составляет 32—34°, а угол трения продукта по ткани — более 40°, то для лучшего самосортирования частиц угол наклона кузова должен быть 36—38°. Наилучшие условия самосортирования и просеивания продуктов достигаются при скорости движения продукта в начале открытого сита, равном 1,0—1,2 м/с.

Значительное увеличение угла наклона кузова влечет за собой чрезмерное повышение скорости движения продукта, при которой ухудшаются условия как самосортирования, так и просеивания, в результате чего технологическая эффективность сортирования резко снижается (рис. 17.8).

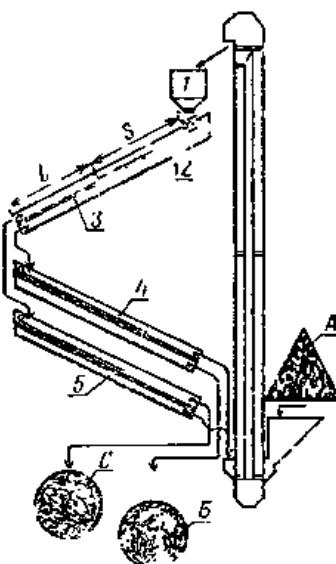
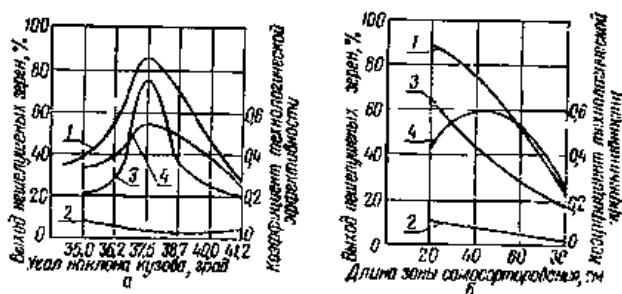


Рис. 17.7. Схема отбора ядра в самосортирующих крупоотделителях:

1 — бункер; 2 — зона сортирования, закрытая брезентом; 3 — ситовая поверхность; 4 — кузов для контроля проходовой фракции; 5 — кузов для контроля сходовой фракции; А — исходная смесь; Б — ядро; С — нешелушеные зерна.

Рис. 17.8. Влияние угла наклона кузова (а) и длины зоны самосортирования (б) на выход и качество продуктов:

1 — выход прохода; 2 — содержание шелушеных зерен в проходе; 3 — содержание нешелушеных зерен в сходе; 4 — коэффициент технологической эффективности.



Эффективность круроотделения зависит также от правильного подбора размеров отверстий сита, которые должны быть меньше длины нешелушеных зерен и примерно равны средней длине шелушеных зерен. Отбор чистого ядра и его лучшее извлечение из продуктов шелушения достигается в результате последовательного трех-, пятикратного сортирования проходовых продуктов.

Опыт эксплуатации самосортирующих круроотделительных машин на овса- и рисозаводе показал, что они дают вполне удовлетворительные результаты сортирования, просты по конструкции, не требуют привода, малогабаритны, удобны в эксплуатации и безопасны в обслуживании.

§ 17.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КРУРООТДЕЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Рассмотрим результаты сортирования, которые могут быть получены в двух разных круроотделительных машинах при разделении одинаковой по составу смеси шелушеных и нешелушеных зерен (рис. 17.9).

Если принять общее количество поступающего продукта за 100%, то состав смеси, поступающей на сортирование, можно записать так:

$$A = K + H = 100,$$

где K — количество шелушеных зерен, %; H — количество нешелушеных зерен, %.

В результате сортирования получают два продукта. Обозначим буквой B выход (%) добротного продукта, состоящего в основном из шелушеных зерен (нижний сход), а буквой C выход (%) продукта, состоящего преимущественно из нешелушеных зерен (верхний сход). Тогда $B + C = K + H = 100\%$. При идеальном сортировании должно быть $B = K$ и $C = H$.

Вследствие несовершенства работы круроотделительных машин не удается добиться такого идеального сортирования. Поэтому всегда как

в верхнем, так и в нижнем сходе содержится некоторое количество продукта, не свойственного данной фракции.

Отношение количества извлекаемых в нижнем сходе шелушеных зерен к общему их содержанию в исходной смеси является первым показателем точности сортирования

$$\alpha = \frac{K_1}{K} = \frac{B - H_1}{100 - H},$$

где K_1 — содержание шелушеного зерна в нижнем сходе, %.

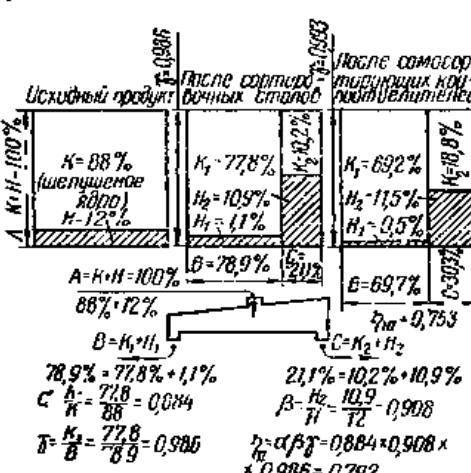


Рис. 17.9. Диаграмма результатов сортирования однокового по качеству продукта в падди-машинах и самосортирующих круроотделителях.

Вторым показателем, характеризующим точность сортирования, является отношение содержания нешелушенных зерен в продукте, изываемом в верхнем сходе, к содержанию нешелушенных зерен в исходной смеси. При этом чем больше количество выделенных нешелушенных зерен, тем точнее сортирование, т. е.

$$\beta = \frac{H_2}{H} = \frac{H - H_1}{H} = 1 - \frac{B - K_1}{100 - K}.$$

где H_1 — содержание нешелушенных зерен в нижнем сходе, %; H_2 — количество нешелушенных зерен в верхнем сходе, %.

Показатель чистоты извлеченного ядра определяется содержанием (%) чистого ядра к общему извлечению

$$\gamma = \frac{K_1}{B}.$$

Общий коэффициент технологической эффективности работы крупоотделительных машин будет

$$\eta_{\text{кп}} = \alpha \beta \gamma = \frac{K_1^2}{KB} \left(1 - \frac{B - K_1}{100 - K} \right).$$

Глава 18

ДОЗИРОВАНИЕ И СМЕШИВАНИЕ ИНГРЕДИЕНТОВ

§ 18.1. ДОЗИРОВАНИЕ ИНГРЕДИЕНТОВ

Одна из основных операций в производстве комбикормов — это дозирование ингредиентов, т. е. подача определенного, строго установленного по рецепту количества для составления смеси. Неточное дозирование того или иного ингредиента может привести к снижению питательной ценности комбикорма, а избыток отдельных ингредиентов — к повышению себестоимости комбикорма.

Дозируют ингредиенты специальными аппаратами — дозаторами. Этот процесс может быть непрерывным и периодическим. При периодическом дозировании из ингредиентов набирают порцию определенной массы, например 100, 200, 500, 1000 кг и т. д., затем ее перемешивают и направляют для дальнейшей обработки. При непрерывном дозировании все ингредиенты подают непрерывными потоками в соотношениях, соответствующих рецептам, и непрерывно перемешивают смесь.

Дозировать ингредиенты можно по объему и массе продукта. В зависимости от этого применяют два способа дозирования — объемный и весовой. Объемные дозаторы, используемые на комбикормовых заводах, производят непрерывное дозирование, весовые, как правило, периодическое.

Дозаторы должны обеспечивать необходимую точность дозирования, т. е. отклонения в количестве продуктов не должны превышать установленных норм.

При объемном дозировании нормы отклонения зависят от количества ингредиента. Для ингредиентов, входящих в комбикорм в количестве менее 1%, отклонение должно составлять не более 0,3 (30% от количества ингредиента) как в сторону увеличения, так и уменьшения. Для ингредиентов, входящих в рецепт в количестве 1—10%, отклонение должно быть не более 0,2 (20%), а для ингредиентов, входящих в рецепт в количестве более 10%, отклонение не должно превышать 0,1 (10%). Например, ингредиент входит в рецепт комбикорма в количестве 8%. В этом случае допустимое отклонение составит $\pm 0,2 \cdot 8 = 1,6\%$, т. е. верхний предел ввода ингредиента 9,6%, нижний 6,4%.

Исключение составляют микродобавки, так как они представляют собой вещества с высокой биологической активностью. Поэтому точность их дозирования повышена и составляет $\pm 0,03$ (3%).

При весовом дозировании точность определяется погрешностью весов, которая обычно равна 0,25—0,50 % от их грузоподъемности. Но так как относительная погрешность дозирования зависит от количества ингредиента, то при подборе весов стремятся, чтобы относительное отклонение количества не превышало 2—5 % от массы ингредиента.

Объемное дозирование. В комбикормовой промышленности применяют несколько типов дозаторов: барабанные, тарельчатые, вибрационные, шнековые. Первые два типа наиболее распространены.

Дозирующие аппараты должны иметь достаточно широкий диапазон производительности с сохранением точности дозирования, позволять оперативно регулировать производительность без нарушения нормальной работы других машин и отбирать пробы из всех дозаторов для контроля точности дозирования.

Дозирование в барабанных дозаторах. Достоинством таких дозаторов является высокая производительность, малые габаритные размеры, простота конструкции, недостатком — изменение производительности из-за непостоянства физических свойств продукта. Колебания влажности, крупности размола и другие факторы изменяют сыпучесть и объемную массу продукта. Вследствие этого его количество в ячейках барабана также изменяется. Продукт, налипая на стелки ячеек, уменьшает их объем, а при плохом истечении из бункера ячейки заполняются не полностью. При дозировании малого количества продукта нарушается непрерывность процесса, так как опораживание ячеек происходит с перерывом. Все это влияет на точность дозирования.

Дозирование в тарельчатых дозаторах. Они обеспечивают непрерывность дозирования и более высокую точность. Однако и им свойственны общие недостатки, характерные для объемных дозаторов. Изменение физических свойств продукта уменьшает или увеличивает угол естественного откоса и приводит к уменьшению или увеличению количества дозируемого продукта.

Дозирование в вибрационных дозаторах. Это наиболее перспективные объемные дозаторы. Рабочим органом служит вибролоток, совершающий колебательное движение, заставляющее продукт перемещаться по нему. Производительность можно изменять количеством колебаний в единицу времени или положением заслонки, регулирующей выпуск продукта из бункера.

Подготовленные к дозированию ингредиенты поступают в бункера, установленные над дозаторами. Емкость бункеров должна обеспечивать непрерывную работу в течение 8 ч. Количество дозаторов и бункеров над ними обычно несколько больше, чем число дозируемых ингредиентов, что облегчает переход с одного рецепта на другой, в состав которого входят новые ингредиенты (рис. 18.1).

Для дозирования основных продуктов обычно применяют барабанные дозаторы, для дозирования соли, мела, премиксов — тарельчатые.

Под дозаторами устанавливают скребковый транспортер или шнек, в который поступают из всех дозаторов ингредиенты. Для того чтобы они более равномерно распределялись в комбикорме, сначала устанавливают дозаторы для ингредиентов, входящих в состав комбикорма в большом количестве, а в конце схемы — дозаторы для дозирования соли, мела, премиксов. Каждый дозатор стремится закрепить за какой-либо определенной группой ингредиентов, так как объемное дозирование не гарантирует высокой точности. Поэтому производительность дозаторов периодически контролируют. Из дозаторов отбирают пробы в течение определенного времени (обычно 30—60 с), которые затем взвешивают, и рассчитывают производительность. Желательно пробы от-

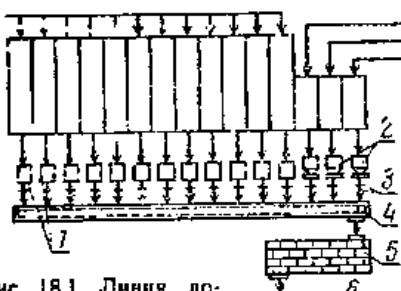


Рис. 18.1. Линия дозирования ингредиентов с использованием общих дозаторов:

1 — барабанные дозаторы; 2 — тарельчатые дозаторы; 3 — магнитные заграждения; 4 — сборный транспортер; 5 — смеситель непрерывного действия; 6 — магнитный сепаратор.

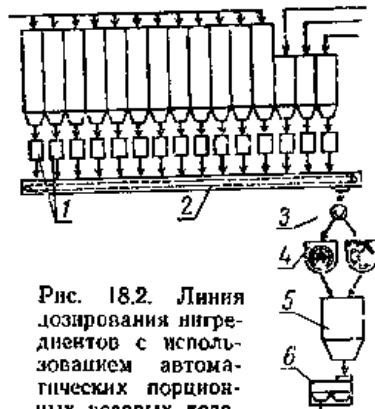


Рис. 18.2. Линия дозирования ингредиентов с использованием автоматических порционных весовых дозаторов:

1 — весовые дозаторы; 2 — сборный транспортер; 3 — клапан-распределитель; 4 — смеситель периодического действия; 5 — бункер; 6 — магнитный сепаратор.

бирать одновременно из-под всех дозаторов по 2—3 раза через каждые 2 ч. Все дозаторы должны иметь отводные патрубки для отбора проб.

Весовое дозирование. Для этой цели используют в основном автоматические порционные весы (однокомпонентные дозаторы) или многокомпонентные весовые дозаторы. И те и другие — оборудование для периодического действия. Кроме того, редко применяют весовые дозаторы непрерывного действия.

Дозирование в автоматических порционных весах (рис. 18.2). Дозаторы, блокированные в батарею, имеют различную емкость весового бункера (от 2 до 100 кг). Количество весовых дозаторов для комбикормового завода производительностью 300 т/сутки равно 14, в том числе ДК-100 — 1 шт., ДК-70 — 3 шт., ДК-40 — 4 шт., ДК-20 — 3 шт., ДК-10 — 1 шт., ДКМ-10 — 1 шт., ДК-2 — 1 шт.

В зависимости от количества ингредиента устанавливают тот или иной дозатор. Над каждым монтируют накопительный бункер. Дозирование происходит одновременно. После того как будут набраны необходимые порции во всех дозаторах, одновременно опорожняются все весовые бункера. Масса порции часто не соответствует паспортной емкости дозатора. Поэтому приходится перенастраивать указатель массы на циферблатной головке.

Достоинство этих дозаторов — высокая точность. Цикл дозирования около 1 мин. Продолжительность смешивания в 5—6 раз больше. Поэтому для батареи дозаторов рекомендуется устанавливать два смесителя. Вся установка, включающая дозаторы, смесители и промежуточные бункера, работает в автоматическом режиме.

Дозирование в многокомпонентных весовых дозаторах. Принцип работы многокомпонентных весовых дозаторов заключается в следующем. Над весовым бункером устанавливают несколько накопительных бункеров с питателями, в каждый из которых подают какой-либо ингредиент (рис. 18.3). По программе питатели поочередно подают ингредиенты в весовой бункер, причем количество фиксируется на циферблатной весовой головке.

Предположим, что по программе смесь должна включать 200 кг первого ингредиента, 100 кг второго, 150 кг третьего и т. д. Питатели над весовым бункером работают поочередно. После того как из первого бункера в весовой поступит 200 кг ингредиента, что будет зафиксировано на циферблатной головке, первый питатель отключится и включится второй, подающий ингредиент из второго накопительного бункера.

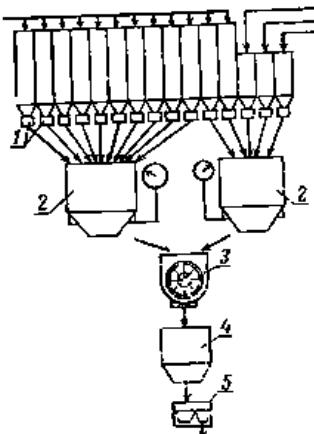


Рис. 18.3. Схема дозирования ингредиентов с использованием многокомпонентных весовых дозаторов:

1 — питатели; 2 — дозаторы; 3 — смеситель; 4 — бункер; 5 — магнитный сепаратор.

массы ингредиента. Для повышения абсолютной точности многокомпонентные весовые дозаторы изготавливают с разной суммарной грузоподъемностью: 100, 200, 500, 1000 и 2500 кг. Как правило, на комбикормовых заводах используют 2—3 дозатора различной грузоподъемности, причем основные ингредиенты, входящие в состав комбикормов в большом количестве, дозируют в дозаторах большой грузоподъемности, в меньших количествах — в дозаторах меньшей грузоподъемности.

Например, при точности взвешивания $\pm 0,5\%$ в дозаторах 10ДК-2500 абсолютное отклонение по массе ингредиентов составит 12,5 кг. При дозировании ингредиента, входящего в состав комбикорма в количестве 20% (в порции 500 кг), относительная погрешность $\pm 2,5\%$. Если же ингредиент входит в состав комбикорма в количестве 5% (125 кг), то относительная погрешность $\pm 10\%$.

Если такое количество ингредиента дозировать в дозаторах 6ДК-500, то при той же точности абсолютная погрешность для второго ингредиента составит $\pm 2,5$ кг, а относительная только $\pm 2\%$.

В настоящее время выпускают комплексы автоматического весового дозирования КДК-1, КДК-2, КДК-3, состоящие соответственно из одного, двух и трех весовых дозаторов, шnekовых питателей и систем управления.

В зависимости от требуемой производительности завода комплексы можно набирать в любых сочетаниях из перечисленных выше дозаторов. Например, технологическая схема весового дозирования и смешивания комплекса КДК-3 включает многокомпонентные весовые дозаторы: 10ДК-2500, предназначенные для дозирования основных ингредиентов, входящих в состав комбикорма в количествах более 10% (ячмень, овес, пшеница, кукуруза и т. д.); 5ДК-500, дозирующие ингредиенты, входящие в комбикорм в количестве от 3 до 10% (кормовые дрожжи, корма животного происхождения, травяная мука и др.); 5ДК-200, дозирующие ингредиенты, вводимые в количестве до 3% (микродобавки, мел, соль, фосфатиды и др.). Электрическая схема позволяет осуществить работу дозаторов в различных режимах: автоматическом, дистанционном, ручном и местном.

В автоматическом режиме программу работы дозатора записывают при помощи перфографатора МЗПП-45 (устройства записи программы на перфокарты). Перфокарту затем вводят в устройство считывания

Когда стрелка на циферблате 1 стигнет цифры 300 кг (200 плюс это значение второго ингредиента), отключится 1-й питатель и начнет работать третий и т. д. Таким образом, весь набор ингредиентов в необходимом количестве будет в весовом бункере.

Существуют различные конструкции питателей. Наибольшее распространение получили шnekовые и роторные. Роторные (центробежные) питатели наиболее надежны, а шnekовые позволяют передавать продукты из далеко расположенных бункеров, хотя их работа не всегда надежна. Питатели приводятся в действие двухскоростными электродвигателями. Бункер заполняется при большой частоте вращения ротора электродвигателя, а при подходе к заданной массе питатель работает в режиме досыпки, т. е. при малой частоте вращения ротора, что повышает точность дозирования.

Точность дозирования многокомпонентных весовых дозаторов составляет 0,25—0,5% от

УСПП-45. После этого на пульте управления задают автоматический режим работы. Контроль величины массы каждого из ингредиентов осуществляют при помощи фотоэлектрического датчика УЭФ-3, встроенного в головку весов.

По команде с пульта в соответствии с программой включают двигатель соответствующего питателя на большую скорость и производят грубую подачу ингредиента в весовой бункер. Когда масса ингредиента в бункере достигнет примерно 95% от заданной, по команде с пульта двигателя питателя включают на малую скорость, и происходит досыпка ягодки до заданной массы. Когда из всех питателей в бункере будет набрана заданная порция всех ингредиентов, поступает команда на выпуск. После чего стрелка циферблатного указателя возвращается в исходное положение, начинается новый цикл.

В дистанционном режиме дозатором управляют с пульта АД-12 (или АД-6). Количество каждого из ингредиентов задают вручную, включая соответствующий тумблер. Затем переключателем на пульте выбирают нужный питатель и включают его в работу. После дозирования переключают питатель. Когда все питатели выдадут необходимое количество ингредиентов, нажимают кнопку «разгрузка», весовой бункер разгружается. Затем цикл повторяется снова.

Ручной режим обычно используют во время наладки дозатора.

§ 18.2. СМЕШИВАНИЕ ИНГРЕДИЕНТОВ

При производстве комбикормов недостаточно ввести в их состав ингредиенты в требуемых количествах. Необходимо, чтобы все они были равномерно распределены во всем объеме комбикорма, т. е. последний должен быть однородным по составу.

Однородность состава смеси обеспечивает одинаковые качественные показатели комбикорма. При неоднородном составе питательная ценность комбикормов будет различна. Особенно важно хорошо распределить ингредиенты, имеющие высокую биологическую активность, т. е. витамины, соли микроэлементов и др.

Равномерность распределения ингредиентов обеспечивается их смещением. Под смещиванием понимают процесс, при котором ингредиенты после распределения образуют однородную смесь.

Критерии эффективности процесса смещивания. В смесителе взаимно перемешиваются различные ингредиенты. Причем в идеальном случае должна быть получена смесь, в которой в любой ее точке к каждой частице одного ингредиента примыкают частицы других ингредиентов, причем в количествах, которые определены заданным их соотношением. В действительности такого идеального расположения частиц практически не бывает, так как огромное число различных факторов влияет на их перемешивание. Возможна бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц, поэтому соотношение ингредиентов в любых точках смеси будет случайной величиной. Вследствие этого современные методы оценки качества смеси (эффективности смещивания) основаны на методах статистического анализа. Поскольку законы его для систем со многими случайными величинами весьма сложны, на практике статистический материал анализируют по одной случайной величине, т. е. по распределению одного из ингредиентов. Определить распределение нескольких ингредиентов бывает невозможным из-за методических трудностей (часто непреодолимых).

Для того чтобы оценить качество смещивания одной случайной величиной, смесь условно считают двухкомпонентной. Обычно выделяют один ингредиент, называемый ключевым, а все остальные объединяют во второй условный. Таким образом, в двухкомпонентной смеси случайной величиной x является содержание ключевого ингредиента в микр-

объеме. К ключевому ингредиенту предъявляют такие требования: срочность определения его содержания в пробе; небольшое количество; физические свойства должны отличаться от свойств остальных ингредиентов.

Такими ингредиентами являются поваренная соль, мел. Кроме того, можно в качестве ключевого использовать соли микроэлементов, например в премиксах или белково-витаминных добавках, где их количество достаточно велико. Наибольшее распространение в качестве критерия оценки качества смешивания получил коэффициент вариации (неоднородности):

$$V_c = \frac{100}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

где \bar{x} — среднее арифметическое наблюдение значений величины x , т. е. среднее содержание ключевого ингредиента в пробах; x_i — значение случайной величины x в i -ом опыте; n — количество отобранных проб.

Если смесь будет однородной, т. е. в каждой пробе количество компонента x будет равно \bar{x} , то $V_c \rightarrow 0$. Это свидетельствует о высокой эффективности процесса смешивания. И наоборот, чем больше значение V_c , тем менее однородна смесь.

При анализе обычно неясным остается требуемое количество проб и минимально допустимые их массы. Количество определяют на основе математической статистики*.

Если через \bar{C}_r и S_r обозначить соответственно среднее количество ключевого ингредиента и среднее квадратичное отклонение для всей генеральной совокупности, а через \bar{C} и S соответственно те же величины, но для выбранного количества проб. Тогда число отбиравшихся проб должно быть таким, чтобы значения \bar{C} и S были близкими по величине \bar{C}_r и S_r . При $n \rightarrow \infty$ $\bar{C}_r = \bar{C}$, $S_r = S$. Практически число проб находят при помощи теоремы Ляпунова, согласно которой вероятность неравенства $\frac{|\bar{C} - \bar{C}_r|}{S\sqrt{n}} < t$ имеет пределом нормальную функцию распределения

$$P\left(|\bar{C} - \bar{C}_r| < t \frac{S}{\sqrt{n}}\right) \approx 2\Phi(t) = a,$$

где $\Phi(t)$ — функция Лапласа, значения которой находят по таблицам; t — нормированное отклонение.

Если принять, что неравенство $(\bar{C} - \bar{C}_r) < \Delta$ выполняется с вероятностью, не меньшей a , то

$$t_a = \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \Delta \quad \text{или} \quad n \geq \frac{t_a^2 S^2}{\Delta^2},$$

в которых t_a найдена по заданной a из уравнения $2\Phi(t) = a$ с использованием таблиц. Последнюю формулу можно представить и в другом виде, для чего следует разделить числитель и знаменатель на \bar{C}^2 и умножить на 10^4 , т. е.

$$n \geq \frac{t_a^2 (S/\bar{C})^2 10^4}{(\Delta/\bar{C})^2 10^4} = \frac{t_a^2 V_c^2}{e^2},$$

где V_c — коэффициент неоднородности (вариации) смеси, %; e — относительная предельная погрешность определения \bar{C}_r по \bar{C} %.

Значение V_c перед опытом обычно неизвестно. Его можно определить предварительным отбором и последующим анализом большого числа проб или принять равным $V_c = 20\%$, так как в большинстве про-

* Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. М., Машиностроение, 1973.

мышленных смесителей получают смеси сыпучих ингредиентов с однородностью не ниже $V_c = 20\%$. Отбираемые для анализа пробы, по которым определяют эффективность смешивания, должны быть представительными. Чем меньше масса пробы, тем точнее может быть охарактеризована смесь. В то же время при весьма малом размере пробы избыток или недостаток одного из ингредиентов, исчисляемые одной или несколькими частицами, может весьма существенно сказаться на величине C_i , а в итоге и на V_c (C_i — содержание ключевого ингредиента в отдельной пробе).

Массу пробы для идеальной смеси из частиц шарообразной формы одинаковых размеров можно найти по формуле

$$G_m = \frac{n_r 100}{C_0} \cdot \frac{\pi}{6} d^3 \rho,$$

где n_r — число частиц ключевого ингредиента в пробе минимальной массы; d — диаметр частиц; ρ — плотность частиц; C_0 — теоретическое значение числа частиц ключевого ингредиента в пробе.

Следует стремиться к тому, чтобы изменение количества частиц на ± 1 шт. не изменяло значения C_0 более чем на δ (%), т. е.

$$\frac{n_r - (n_r - 1)}{n_r} 100 = \delta; \quad n_r = \frac{100}{\delta}.$$

Отсюда

$$G_m = \frac{10^4}{6C_0} \cdot \frac{\pi}{6} d^3 \rho.$$

В реальной смеси вместо C_0 следует поставить $C_0 + 3S$. Дальнейшие преобразования с учетом $\delta = 1\%$ при $V_c \leqslant 50\%$ и $S = 0,5C_0$ приведут к формуле

$$G_m = \frac{0,21 \cdot 10^4 d^3 \rho}{C_0}.$$

Для тонкодисперсных ингредиентов G_m может иметь очень малые значения, брать же небольшие пробы нецелесообразно из-за снижения точности определения количества ключевого ингредиента. Практически для комбикорма масса пробы для анализа должна быть 5—10 г.

Одной из важнейших проблем является разработка методик определения количества соли и мела в комбикормах. Количество соли можно определить химическим (например, аргентометрическим), кондуктометрическим, потенциометрическим и другими методами. Разработан также комплексометрический метод определения мела. Однако химические методы достаточно трудоемки, видимо, предпочтение следует отдать методам физико-химическим. До настоящего времени показатели однородности комбикорма в стандарты не включены. Следует полагать, что вполне удовлетворительное смешивание достигается в случае, когда $V_c < 10\%$ и удовлетворительное $V_c < 20\%$.

Элементы теории смешивания. Процесс смешивания ингредиентов в смесителях периодического и непрерывного действия имеет особенности, поэтому рассмотрим теоретические вопросы для разных случаев.

Периодическое смешивание. В смесителях периодического действия смешивающий подвергается порция комбикорма, составленная из различных ингредиентов. Процесс смешивания складывается из элементарных процессов:

перемещения группы смежных частиц из одного места смеси в другое внедрением, скольжением слоев (так называемое конвективное смешивание);

постепенное перераспределение частиц через свежеобразованную границу их раздела (так называемое диффузионное смешивание);

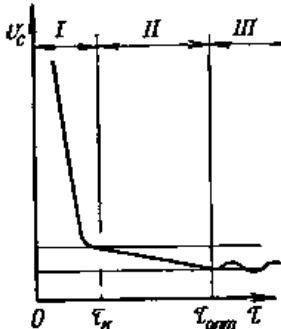


Рис. 18.4. Зависимость величины коэффициента вариации однородности комбикорма от продолжительности смещивания.

макрообъемов. Основное значение здесь имеет характер движения, что зависит от конструкции и параметров смесителя. После распределения ингредиентов по всему объему смесителя начинается процесс смещивания на уровне микрообъемов. В этом случае преобладает процесс диффузионного смещивания (зона II). Существенное влияние на процесс начинает оказывать сегрегация частиц. В какой-то момент времени эти процессы могут уравновеситься, после чего дальнейшее перемешивание теряет смысл, и процесс должен быть закончен (зона III).

Продолжительность диффузионного смещивания зависит и от физико-механических свойств смеси, из которых наибольшее значение имеют гранулометрический состав, плотность, форма и характер поверхности частиц, их влажность и сыпучесть. Чем ближе у ингредиентов указанные свойства, тем эффективнее их смещивание. Большое различие в размерах, плотности способствует сегрегации частиц. Имеет значение также число ингредиентов. С их увеличением доля каждого уменьшается, а процесс смещивания затрудняется.

Большая продолжительность смещивания необходима для равномерного распределения ингредиентов, входящих в состав комбикорма в малых количествах. Естественно, что ингредиенты с большей дисперсностью, содержащие в единице объема большее количество частиц, распределяются лучше.

Непрерывное смещивание. Существующие дозаторы не могут обеспечить непрерывное поступление ингредиентов в строго заданных количествах в каждый момент времени, т. е. будут некоторые отклонения в ту и иную сторону от нормы. Так, из барабанных дозаторов ингредиенты подаются пульсирующим потоком. При выборе конструкции смесителя и его параметров необходимо учитывать, что смесители должны не только обеспечивать хорошее перемешивание, но и соответствующее сглаживание пульсаций подаваемых дозаторами потоков продуктов.

Смесители непрерывного действия можно условно разделить на группы:

смесители, в которых ингредиенты перемещаются вдоль оси без относительного продольного перемещения частиц;

смесители, в которых ингредиенты перемещаются вдоль оси, но частицы имеют относительное продольное перемещение;

смесители, в которых поступающие ингредиенты перемещаются хаотично по всему объему.

Смесители первого типа можно применять лишь при идеальном непрерывном дозировании без пульсаций, так как они практически беспицелионны и не сглаживают этих пульсаций. Примером подобного

сосредоточение частиц, имеющих близкую массу и размеры, в соответствующих местах смесителя под действием инерционных, гравитационных сил (сегрегация частиц).

Если первые два процесса способствуют улучшению качества смеси, то последний препятствует этому. В смесителе одновременно протекают все три процесса, но их влияние в разные периоды смещивания неодинаково. В первые моменты качество смеси улучшается в результате конвективного смещивания ингредиентов на уровне макрообъемов (рис. 18.4, зона I). Между ингредиентами смеси величина поверхности раздела еще не велика и доля диффузионного смещивания незначительна. Следует отметить, что на данном этапе скорость процесса смещивания практически не зависит от физико-механических свойств смеси, так как процесс идет на уровне макрообъемов.

Основное значение здесь имеет характер движения, что зависит от конструкции и параметров смесителя. После распределения ингредиентов по всему объему смесителя начинается процесс смещивания на уровне микрообъемов. В этом случае преобладает процесс диффузионного смещивания (зона II). Существенное влияние на процесс начинает оказывать сегрегация частиц. В какой-то момент времени эти процессы могут уравновеситься, после чего дальнейшее перемешивание теряет смысл, и процесс должен быть закончен (зона III).

Продолжительность диффузионного смещивания зависит и от физико-механических свойств смеси, из которых наибольшее значение имеют гранулометрический состав, плотность, форма и характер поверхности частиц, их влажность и сыпучесть. Чем ближе у ингредиентов указанные свойства, тем эффективнее их смещивание. Большое различие в размерах, плотности способствует сегрегации частиц. Имеет значение также число ингредиентов. С их увеличением доля каждого уменьшается, а процесс смещивания затрудняется.

Большая продолжительность смещивания необходима для равномерного распределения ингредиентов, входящих в состав комбикорма в малых количествах. Естественно, что ингредиенты с большей дисперсностью, содержащие в единице объема большее количество частиц, распределяются лучше.

Непрерывное смещивание. Существующие дозаторы не могут обеспечить непрерывное поступление ингредиентов в строго заданных количествах в каждый момент времени, т. е. будут некоторые отклонения в ту и иную сторону от нормы. Так, из барабанных дозаторов ингредиенты подаются пульсирующим потоком. При выборе конструкции смесителя и его параметров необходимо учитывать, что смесители должны не только обеспечивать хорошее перемешивание, но и соответствующее сглаживание пульсаций подаваемых дозаторами потоков продуктов.

Смесители непрерывного действия можно условно разделить на группы:

смесители, в которых ингредиенты перемещаются вдоль оси без относительного продольного перемещения частиц;

смесители, в которых ингредиенты перемещаются вдоль оси, но частицы имеют относительное продольное перемещение;

смесители, в которых поступающие ингредиенты перемещаются хаотично по всему объему.

Смесители первого типа можно применять лишь при идеальном непрерывном дозировании без пульсаций, так как они практически беспицелионны и не сглаживают этих пульсаций. Примером подобного

смесителя может быть вертикальная труба, в которой врачаются радиальные мешалки.

Смесители второй группы вследствие продольного перемещения частиц обладают определенной инерционностью и способны сглаживать пульсации ингредиента. Примером могут служить горизонтальные лопастные смесители, в которых в результате разного наклона лопастей создаются противотоки.

Смесители третьей группы отличаются наиболее высокой эффективностью, так как обладают большой инерционностью и малочувствительны к пульсации ингредиентов, но они имеют относительно большие размеры.

Глава 19

ПРЕССОВАНИЕ

Под прессованием понимают механическую обработку различных продуктов давлением. В зерноперерабатывающей промышленности прессование применяют с целью соединения сыпучих продуктов в более крупные — гранулы и брикеты. Процесс получения крупных прессованных брикетов носит название брикетирования, более мелких — гранулирования.

Прессованию подвергают отруби, лузгу и комбикорма. При прессовании значительно уплотняется продукт, увеличивается его объемная масса, что облегчает транспортирование и хранение. Кроме того, при гранулировании готовых продуктов им придается форма, удобная для осуществления процесса кормления животных, птиц, рыб.

§ 19.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ

Сыпучий продукт уплотняется вследствие относительного смещения составляющих его частиц, а также в результате остаточных (необратимых) и упругих (обратимых) деформаций. В процессе уплотнения непрерывно изменяются структурно-механические свойства сжимаемого тела.

На первой стадии процесса уплотнения сближаются частицы, подгоняются формы частиц друг к другу. Из области высоких давлений частицы перемещаются в область более низких. Уплотнение происходит главным образом в результате изменения порозности частиц без значительного их деформирования. На этой стадии уже незначительное приращение давления приводит к заметному уплотнению продукта.

Во второй стадии процесса происходят необратимые деформации — хрупкие и пластичные. Хрупкие деформации протекают с разрушением частиц, приводят к их более плотной укладке, а пластичные — без разрушения частиц.

В третьей стадии преобладают упругие деформации, при этом даже значительные повышения давления приводят к незначительному увеличению плотности. Конечно, провести четкую грань между этими стадиями нельзя.

Следовательно, происходит сближение частиц, и в результате проявления сил сцепления образуются прочные агломераты. Сцепление частиц объясняется капиллярной, коллоидной, молекулярной и другими теориями.

Наиболее распространена молекулярная теория, объясняющая сцепление отдельных частиц проявлением сил межмолекулярного взаимодействия. В процессе прессования частицы настолько тесно сближаются между собой, что силы межмолекулярного притяжения становятся весьма заметными. Капиллярная теория объясняет сцепление частиц действием сил капиллярного давления вогнутых менисков. Для этого

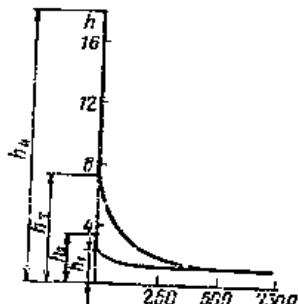


Рис. 19.1. График прессования материала в прессах.

необходимо достаточное количество влаги, заполняющей образовавшиеся капилляры между поверхностью частиц.

В начальный период (рис. 19.1) прессования до толщины брикета h_3 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_4 и продолжает увеличиваться с течением времени до h_2 в результате проявления упругих деформаций и расширения запрессованного в продукт воздуха.

Показателем плотности брикета является коэффициент уплотнения β

$$\beta = \frac{V_4 - V_1}{V_4} = \frac{h_4 - h_3}{h_4},$$

где V_4 — объем прессуемого продукта; V_1 — объем брикета.

Кроме того, процесс брикетирования характеризуется величиной относительного упругого расширения брикета ϵ :

$$\epsilon = \frac{V_3 - V_0}{V_0} = \frac{h_2 - h_0}{h_0},$$

где V_3 — объем брикета; V_0 — 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 прессуемых продуктов.

К числу первых относят давление прессования, продолжительность выдерживания продукта под давлением, кратность нагружения, температуру рабочих органов и материала, конструктивные особенности и техническое состояние рабочих органов. Среди второй группы факторов можно выделить химический состав продукта, его 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, так как она определяет состояние влаги и прочность ее связи с продуктом. Повышение температуры способствует миграции влаги, пластифицирует продукт, снижая величину показателя упругого расширения брикета ϵ . С повышением влажности увеличивается сцепление частиц, но избыток влаги препятствует их сближению.

Химический состав продуктов также влияет на прочность брикетов. Комбикорма, содержащие много клетчатки, образуют менее прочные брикеты или гранулы, требуют больших усилий для прессования. Более прочные гранулы образуют комбикорма с высоким содержанием белка и крахмала.

Основными критериями процесса прессования, кроме прочности готовых изделий, являются производительность прессовых установок и расход энергии.

§ 19.2. ГРАНУЛИРОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ

Гранулированные комбикорма имеют, как правило, форму небольших цилиндриков диаметром от 2,4 до 20 мм, длина их обычно не превышает 1,5—2,0 диаметров. Размеры гранул зависят от их применения. Мелкие гранулы предназначены в основном для молодняка птиц (шыпят, утят и т. д.), гранулы размером около 5 мм используют для взрослой птицы, рыбы, крупные гранулы — для крупного рогатого скота, лошадей.

Каждая гранула представляет собой полный набор всех питательных веществ, заключенных в комбикорме, тогда как при кормлении рассыпным комбикормом птицы едят только то, что им нравится, оставляя часть комбикорма. Гранулированные комбикорма также важны для жвачных животных и свиней. Удобны гранулы для рыб, так как целая гранула долго может находиться в воде, сохраняя питательные вещества.

Некоторые исследователи считают, что благодаря высокой температуре и увлажнению при пропаривании и прессовании повышается питательность комбикорма вследствие декстринизации крахмала и частичной денатурации белков. В то же время имеются данные о частичном разрушении ряда аминокислот, например, метионина, некотором снижении количества биологически активных веществ. Однако результаты кормления гранулированными комбикормами птиц и животных говорят о том, что такие комбикорма по крайней мере не хуже, чем рассыпные. Многие исследования свидетельствуют о более высокой питательной ценности гранулированных комбикормов.

Гранулированные комбикорма имеют еще одно важное достоинство — повышенную объемную массу, в связи с чем требуют для хранения меньших емкостей, хорошо транспортируются механическим и пневматическим транспортом без нарушения однородности, удобны для бесстарных перевозок и полной механизации раздачи корма на фермах.

На комбикормовых заводах применяют два способа производства гранулированных комбикормов — сухой и влажный. При первом способе сухие рассыпные комбикорма перед прессованием пропаривают, иногда добавляют в них жидкие связующие добавки — мелассу, гидрол, жир и т. д. При влажном способе в комбикорм добавляют горячую воду (70—80°C) в количестве, обеспечивающем получение теста с влажностью 30—35%, затем из теста формуют гранулы, сушат и охлаждают.

Гранулирование сухим способом. Для этого используют пресс с вращающейся кольцевой матрицей. Наиболее распространены установки ДГ производительностью до 10 т/ч и пресса С-125, имеющие несколько большую производительность. В комплект установки входит пресс-гранулятор, охладительная колонка, измельчитель гранул.

Вначале комбикорм поступает через питатель-дозатор в смеситель. Питатель-дозатор представляет шnek, который приводится во вращение электродвигателем через редуктор и вариатор, позволяющий увеличить или уменьшить подачу комбикорма в десять раз.

В лопастном смесителе установлены форсунки для подачи горячей воды или какой-либо связующей жидкости, а также камеры для подачи пара. Подготовленный и пропаренный комбикорм поступает в прессующую часть установки, которая представляет собой вращающуюся матрицу и два прессующих ролика (рис. 19.2). Продукт увлекается в зазор между вращающимися в одну сторону матрицей и валиком, уплотняет-

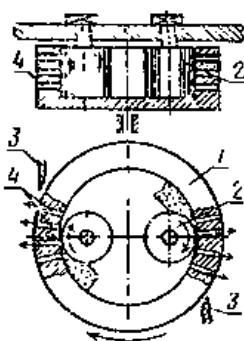


Рис. 19.2. Схема пресса с кольцевой матрицей:

1 — матрица; 2 — прессующий валок; 3 — нож для срезания гранул; 4 — отверстия в матрице.

Для просеивания применяют сепараторы ЗСП, рассевы, а также сисиальные машины. В просеивателе используют сложное движение сит — в месте поступления продукта сите совершают круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости, у выхода — возвратно-поступательное в направлении, параллельном длине сита. Размер отверстий сит зависит от размера гранул, обычно рекомендуют соотношение $\text{D}_{\text{сита}} : \text{D}_{\text{гранула}} = 0,8$.

Эффективность работы прессов определяется их производительностью, коэффициентом полезного действия, удельным расходом энергии и прочностью гранул. Коэффициент полезного действия представляет собой отношение количества целых гранул ко всему продукту, полученному после прессования. Прочность гранул весьма важный показатель их качества. Недостаточно прочные гранулы разрушаются при транспортировании внутризаводским транспортом, при перевозках, при хранении в сilosах и мешках и т. д. В то же время излишняя прочность гранул приводит к тому, что животные и птица неохотно поедают такой корм. Эффективность работы прессов зависит от параметров прессования и физико-химических свойств комбикорма.

Величина давления в рабочей зоне определяется зазором между матрицей и валком. Оптимальное значение рабочего зазора 0,2—0,4 мм. В этом случае могут быть получены умеренно прочные гранулы при относительно высокой производительности пресса. При увеличении зазора в результате большего уплотнения продукта повышается давление, гранулы получаются более прочные, но падает производительность пресса. Зазоры величиной более 1 мм снижают производительность пресса на 20—30 %.

Пропаривание пластифицирует продукт, облегчает его прохождение через отверстия матрицы. Для получения прочных гранул комбикорм целесообразно увлажнять до 15—16 % и прогревать до температуры 75—85 °C при рабочем давлении пара 0,2—0,4 МПа.

Важное значение для получения прочных гранул имеет состояние поверхности отверстий в матрице. Хорошая их чистота способствует повышению производительности пресса и получению прочных гранул. Шероховатая поверхность увеличивает коэффициент трения продукта о стеники, повышает давление прессования, снижает производительность пресса. При использовании новой матрицы ее спачала прирабатывают, пропуская смесь комбикорма, песка и масла. Стенки отверстий матрицы в нерабочем состоянии требуются оберегать от коррозии, заполняя отверстия смесью жира и отрубей.

ся, сжимается и проталкивается в отверстия, приобретая форму, размеры и прочность. При выходе из матрицы гранулы срезаются двумя ножами, приближая или отодвигая, которые от наружной поверхности матрицы можно регулировать длину гранулы. При изменении зазора изменяется давление в зоне прессования, что влияет на прочность гранул. Из пресса выходят гранулы с температурой до 80 °C. Горячие гранулы отличаются малой прочностью, легко разрушаются, раздавливаются. Поэтому сразу же после получения их охлаждают в колонке до температуры не более чем на 5—10 ° выше температуры окружающей среды.

Эффективность процесса гранулирования определяют содержанием мелкой фракции, проходящей через сите с отверстиями $\text{D} = 2$ мм, причем количество ее не должно превышать 5 %. После охлаждения гранулы просеивают, так как наличие мелких частиц вызывает потери и перерасход комбикорма.

Дисперсность комбикорма также влияет на эффективность прессования. Опыт работы заводов показывает, что комбикорм со средним размером частиц 0,5—1,0 мм образует более прочные гранулы при высокой производительности пресса.

Лучше гранулируются комбикорма с высоким содержанием белка и крахмала, хуже — с повышенным содержанием таких продуктов, как травяная мука. Некоторые химические изменения под влиянием высокой температуры и давления (лекстрилизация крахмала, денатурация белков) также способствуют лучшему связыванию частиц. В последнее время большое значение придают использованию связующих веществ, которые вводят с целью: улучшения прочностных свойств гранул; повышения эффективности установки (увеличения производительности, снижения расхода энергии, пара и т. д.); повышения кормовой ценности гранул и их водостойкости.

В качестве связующих веществ используют разнообразные продукты животного и растительного происхождения, синтетические, минеральные. Наиболее распространены связующие вещества — это меласса, жиры, соленый гидрол, кукурузный экстракт, лигносульфонаты, бентониты. Некоторые связующие вещества не только повышают производительность пресса, прочность гранул, но и их питательность. К таким продуктам относят мелассу, жиры, гидрол и др.

При использовании связующих веществ можно отказаться от паривания комбикорма. Однако, как правило, лучшие результаты получают при одновременном применении связующих веществ и пропаривания. В этом случае пар используют также для распыления связующих веществ из форсунок, установленных в смесителе пресса-гранулятора.

Гранулирование влажным способом. Этот способ гранулирования применяют значительно реже. Проведенные исследования показывают, что влажный способ наиболее удобен при получении комбикорма для рыб. Гранулируют комбикорм в специальных прессах ДПР.

Схема гранулирования включает автоматические весы, просеивающую машину с ситами. Пройдя магнитную защиту, комбикорм поступает в пресс, куда также подают горячую воду. Полученные гранулы высушивают в калориферной сушилке, затем охлаждают в колонке и контролируют в просеивающей машине, где отделяют мелкие фракции. Полученные проходом сита с отверстиями \varnothing 2,0—2,5 мм мелкие частицы возвращают на повторное гранулирование.

Исследования процесса влажного гранулирования показали, что на производительность пресса и энергоемкость влияют влажность теста, температура, состав и крупность комбикорма. Величина оптимальной влажности теста зависит от материала, из которого изготовлена матрица. С увеличением влажности уменьшаются удельная энергоемкость процесса, плотность и объемная масса гранул. Снижение удельной энергоемкости при увеличении влажности объясняется повышением пластичности комбикорма, снижением коэффициента трения о стенки матрицы и прессующего шнека, а уменьшение плотности — снижением давления прессования. При низкой влажности комбикорма (16—20%) могут быть получены гранулы, плотность которых менее 1000 кг/м³. Применение фторопластовых вкладышей в матрице улучшает процесс прессования.

Увеличение температуры воды приводит к повышению технологических показателей, увеличению плотности и объемной массы гранул, но несколько снижает их водостойкость. С повышением крупности рассыпного комбикорма снижается расход энергии на гранулирование и повышается плотность гранул.

Гранулы сушат в калориферных сушилках ВШ-2 подогретым воздухом с температурой 100—110°C при скорости движения 3,5—4,0 м/с. После охлаждения гранулы сортируют. Недостатком существующей

схемы является малая производительность линии — до 0,5 т/ч. В настоящее время разработан проект новой линии производительностью до 5 т/ч.

Сушат гранулы также в вибрационных сушилках. Виброкипящий слой создает условия, при которых поверхность частиц равномерно обдувается, в результате чего скорость сушки увеличивается. Продолжительность сушки в виброкипящем слое невелика, поэтому нагрев продукта кратковременен и не происходят разрушения биологически активных веществ.

Метод влажного гранулирования по сравнению с сухим требует значительных капитальных затрат, его себестоимость в 4—5 раз выше. Однако высокая эффективность кормов, полученных методом влажного гранулирования, оправдывает дополнительные затраты. Опыты показали, что по сравнению с гранулами сухого прессования эффективность скармливания гранул, полученных способом влажного гранулирования, выше на 18—21 %. Кроме того, влажный способ позволяет получить гранулы, имеющие различные физико-химические свойства. В частности, можно изготовить гранулы, которые тонут в воде или плавают на поверхности, зависают в воде на определенной глубине.

§ 19.3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГРАНУЛ

Важным показателем качества гранул является их прочность. Недостаточно прочные гранулы легко разрушаются, например, во время транспортирования. Методы оценки прочности основаны на механических испытаниях как отдельных гранул, так и значительной их массы. Методы, основанные на принципе однократного силового нагружения гранул до их разрушения, например при сжатии, изгибе, срезе, растяжении, недостаточно полно характеризуют прочностные свойства гранул, а главное, не обеспечивают стабильности результатов даже при значительном числе повторностей. Поэтому они не нашли применения. Наиболее целесообразным оказался метод, предусматривающий испытание большого числа гранул при многократных повторно-переменных нагрузлениях. Созданы приборы для испытания гранул на истирание, хорошо имитирующие реальные условия, например транспортирование гранул.

Рабочим органом прибора ППГ-2 для определения прочности (крошкимости) гранул является четырехгранный трехкамерный барабан-истиратель и просеиватель. Образец гранулированного комбикорма массой 0,5 кг в течение 10 мин находится внутри вращающейся камеры, и в результате трения, ударов при падении внутри камеры гранулы частично разрушаются. Чем менее прочны гранулы, тем большее их количество будет разрушено при испытании. После указанного времени продукт просеивают на сите с размером отверстий, равным 0,75 диаметра гранул. Крошкимость гранул определяют как отношение $a:b$, где a — количество разрушенных гранул, прошедших через сито; b — начальное количество гранул.

Исследования, проведенные во ВНИИЗ, показали высокую корреляционную зависимость между результатами разрушения гранул в приборе ППГ-2 и в реальных условиях при транспортировании комбикормов.

§ 19.4. БРИКЕТИРОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ

Полнорационные комбикорма, в состав которых входят грубые корма (сено, солома), имеют очень неравномерный гранулометрический состав. Наряду с мелкими мучнистыми частицами в них содержатся и крупные, длиной до 50 мм, части сена или соломы. Структура такого комбикорма очень рыхлая, объемная масса невелика. В нем при пере-

возках бестарным способом легко происходит самосортирование, такой комбикорм имеет высокую гигроскопичность, для его хранения требуется большая емкость. Для устранения этих недостатков применяют прессование.

Комбикорм прессуют в основном в штемпельных прессах. Рассыпной комбикорм поступает в отверстие в матричном канале и штемпелем проталкивается в канал, а затем в транспортирующий лоток (мульштук). Полезное сопротивление брикетируемой массы создается в результате трения столба брикетов о стенки канала матрицы и транспортирующего лотка; последний имеет приспособление для изменения размера канала. Уменьшая или увеличивая размер поперечного сечения, можно регулировать плотность и прочность брикетов. Длина транспортирующего лотка 20–30 м. При такой длине в канале и лотке одновременно находится большое количество брикетов, которые оказывают сопротивление, приводящее к созданию высокого давления в матричном канале. Кроме того, брикеты находятся в канале относительно большое время, что приводит к релаксации внутренних напряжений, которая предотвращает расширение брикета после выхода из пресса.

Повысить пластичность продукта можно нагреванием, увлажнением, пропариванием, вводом некоторых добавок. В современных прессах предусмотрено нагревание канала матрицы горячей водой. Перед прессованием продукт можно пропаривать, но так, чтобы его влажность не превышала 15–16%. Одновременно с пропариванием в комбикорм вводят мелассу.

Расход энергии зависит от размеров брикета, давления, состояния прессуемого продукта, коэффициента трения его о стенки канала. Размеры брикетов зависят от конструкции прессов: так, на прессе В-8230 получают брикеты размером 160×130×68, на прессе БПС-3 — 140×160×40 мм.

Глава 20

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Организация и ведение технологического процесса на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах предусматривают решение двух задач:

во-первых, требуется выбрать оптимальные режимы подготовки зерна к переработке и режимы работы основных систем технологического процесса;

во-вторых, необходимо поддерживать неизменные значения выбранных параметров режима в течение всего периода переработки данной партии.

Первую задачу решают, используя рекомендации, изложенные в правилах организации и ведения технологического процесса, или же перерабатывают сырье в лабораторных установках.

Вторая задача требует наличия на предприятии определенной системы контроля заданных параметров режима. Организация такой системы сопряжена с трудностями вследствие сложности построения современных технологических процессов производства муки, крупы и комбикормов. Решение обеих задач имеет цель обеспечения заданных выходов готовой продукции при условии высокого ее качества.

§ 20.1. СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Процесс производства муки, крупы и комбикормов построен сложно и включает множество операций, которые выполняют машины, работающие в заданном режиме. Однако в условиях современного произ-

водства полная неизменность режима не может быть обеспечена вследствие влияния таких факторов, как отклонения в качестве изготавления машин, допущенные на заводе, особенности монтажа, степень износа рабочих органов и других нагруженных деталей, удельные нагрузки и т. п. Это вызывает нестабильность выполнения технологических операций.

Свойства поступающего в переработку сырья также подвержены значительным колебаниям. Особенно это характерно для зерна, свойства которого формируются под влиянием его биологических особенностей, почвенно-климатических условий, метода уборки, послеуборочной обработки, условий хранения и т. п. Технолог фактически имеет дело каждый раз с материалом, исходные свойства которого индивидуальны.

Используемое в технологических процессах сырье и продукты переработки в большинстве принадлежат к гидрофильным материалам. Поэтому их свойства могут заметно изменяться в самом процессе производства в зависимости от состояния окружающей атмосферы, прежде всего от ее влагонасыщенности и температуры. Определенную роль играют также особенности организации технологического процесса на данном предприятии.

Таким образом, процесс производства муки, крупы и комбикормов определяется огромным количеством разнородных факторов, причем степень влияния большинства из них не поддается количественной оценке. Неизбежным следствием этого будет непрерывная вариация условий, определяющих выполнение технологических операций, что сказывается на эффективности, оцениваемой выходом и качеством готовой продукции. Следовательно, система контроля технологического процесса мукомольного, крупяного и комбикормового производства должна учитывать эту вариацию условий и обеспечивать высокую эффективность переработки сырья независимо от перечисленных выше факторов.

Контроль технологического процесса может быть выборочным и непрерывным.

Выборочный контроль предусматривает проверку режимов работы технологического оборудования или же качества готовой продукции по специальному графику через заданные промежутки времени. Использовать систему выборочного контроля можно только при хорошо отрегулированном технологическом процессе, когда все определяющие параметры его ведения длительно сохраняются на неизменных заданных уровнях.

Непрерывный контроль обеспечивает постоянное наблюдение за уровнями определяющих параметров. В этом случае целесообразен автоматический контроль, при котором действия оператора полностью или частично заменены действиями механизмов измерительных устройств. Цель автоматического контроля — это сокращение времени, а также устранение субъективного фактора, который обязательно вносится оператором в конечную оценку.

Наиболее эффективны приборы активного контроля, которые могут работать со счетно-решающими устройствами, выдающими усредненные показатели состояния технологического процесса за определенный промежуток времени.

Главная задача контроля технологического процесса состоит в обеспечении высокого качества продукции и заданных ее выходов, т. е. в управлении качеством готовой продукции. Поэтому в мукомольном, крупяном и комбикормовом производстве можно применять только статистические методы управления качеством продукции, учитывающие вариацию отдельных факторов или же их комплексов. Это настоятельно требует широкого внедрения автоматизированных систем, так как применение ручного труда в системе контроля плохо сочетается с ис-

пользованием статистических методов управления качеством продукцией, что является причиной запаздывания решений.

Качество готовой продукции определяет ее потребительскую стоимость. Часто повышение качества продукции равнозначно росту ее количества, по при сравнительно меньших затратах. Поэтому мероприятия по улучшению качества продукции всегда экономически оправданы.

Управление качеством продукции осуществляют посредством систематического контроля, т. е. проверки соответствия показателей качества установленным стандартным требованиям, а также посредством целенаправленного воздействия на условия и факторы, определяющие качество продукции.

§ 20.2. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

При контроле технологического процесса на мукомольном, крупыном и комбикормовом заводах необходимо обеспечить регистрацию параметров, непрерывно изменяющихся под влиянием различных факторов, с целью поддержания этих параметров на некоторых статистически заданных уровнях.

Важно правильно выбрать контролируемые параметры: каждый из них должен быть определяющим на данном этапе технологического процесса. Система контроля должна быть построена рационально, с тем чтобы регистрировать только определяющие параметры, но в полном их объеме.

Количественный контроль позволяет определить соответствие фактических выходов готовой продукции заданным расчетом. Необходимым условием этого является равенство массы израсходованного сырья сумме масс готовой продукции и отходов с учетом потерь, если они предусмотрены для данного технологического процесса. Уравнение баланса имеет вид:

$$\sum_{j=1}^{n+1} M_j = \sum_{i=1}^n M_i,$$

где $\sum_{j=1}^n M_j = M_{I_1} + M_{I_2} + \dots + M_{I_n}$; $\sum_{i=1}^n M_i = M_{I_1} + M_{I_2} + \dots + M_{I_n}$;

M_{I_1}, M_{I_2} — индивидуальные массы различных видов сырья, используемого в данном технологическом процессе; M_{I_1}, M_{I_2} — индивидуальные массы различных видов готовой продукции, отходов и потерь сырья, полученных при реализации данного технологического процесса.

Например, при переработке зерна базисного качества на мукомольном заводе многосортного помола пшеницы должно быть получено: муки всех сортов и манной крупы 75%; отрубей с мучкой 21,5; отходов годных 2,8; отходов негодных 0,7%. В сумме это составляет 100%, т. е. равно количеству зерна, поступившего с элеватора.

На комбикормовом заводе необходимо суммировать массу всех ингредиентов, соотношение которых задано рецептом.

Количественный учет желательно осуществлять по каждому технологическому цеху раздельно. Для этого предприятия снабжают автоматическими весами или же расходомерами, которые устанавливают в местах поступления сырья и на конечных продуктах, включая отходы. Такая система позволяет практически вести непрерывный количественный учет технологического процесса, причем за любой промежуток времени может быть проверен баланс. При этом следует учитывать, что масса сырья и конечных продуктов может в технологическом процессе измениться в результате возрастания или же снижения влажности. По-

этому при составлении количественного баланса необходимо учитывать важность всех компонентов по данным лабораторного анализа.

Важное значение имеет рациональное построение контроля качества сырья и готовой продукции. Особенность состоит в том, что на определение большинства показателей качества зерна, муки, крупы и комбикормов требуется значительное время. Поэтому их анализ проводят 1—3 раза в течение смены. Исключение составляет определение белизны муки. Для этого существуют установки дистанционного контроля (ДКБ) с непрерывной записью показателя на диаграммной ленте. Это позволяет технологу постоянно контролировать этот важный показатель, значение которого в пределах каждой отдельной партии зерна тесно коррелирует с показателем зольности, принятым в настоящее время для оценки сортности муки. Для остальных показателей качества муки, крупы и комбикормов, а также сырья, для их производства пока что не разработаны методы анализов, позволяющие автоматизировать их определение.

§ 20.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Под эффективностью технологического процесса следует понимать достигнутую степень решения поставленной задачи. Например, при сортовом помоле пшеницы необходимо оценить, насколько полно извлечена крахмалистая часть эндосперма при отсутствии частиц оболочек, алейронового слоя и зародыша, а также при соответствии установленным показателям качества. В комбикормовом производстве при оценке эффективности технологического процесса важно определить достигнутую степень однородности при заданном выходе готовой продукции (комбикормов).

При производстве крупы основными показателями являются выход и качество готовой продукции по сортам.

Косвенные методы оценки технологической эффективности. Существует несколько методов, позволяющих оценить технологическую эффективность. Например, построение кумулятивной кривой зольности муки, представляющей зависимость средневзвешенной зольности от выхода муки, рассчитанной на основании данных баланса помола или же баланса муки:

$$z = \frac{H_1 z_1 + H_2 z_2 + \dots + H_n z_n}{H_1 + H_2 + \dots + H_n} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i z_i}{\sum_{i=1}^n H_i},$$

где H_i — извлечение муки на данной системе технологического процесса, % к I драной системе; z — зольность данного потока муки; $i = 1, 2, \dots, n$.

Анализируя кумулятивную кривую, можно установить возможный выход муки по сортам и разработать конкретную компоновку потоков муки для формирования высшего, первого и второго сортов.

Исходные данные для расчета кумулятивной кривой получают, определяя извлечение муки по системам и ее зольность, т. е. снимая баланс муки. Для этого с каждой системы технологического процесса отбирают в строго определенные промежутки времени муку, с тем чтобы в дальнейшем рассчитать ее извлечение по отношению к I драной системе и определить ее зольность. Можно также воспользоваться данными баланса помола, для получения которого отбирают в течение точно известного промежутка времени все продукты со всех систем технологического процесса.

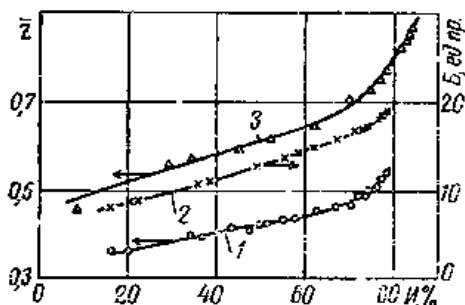


Рис. 20.1. Кумулятивные кривые:
1 — зольности на мукомольном заводе ВНИИЗ;
2 — белизны на мукомольном заводе ВНИИЗ;
3 — зольности на мукомольном заводе СибНИИЗ.

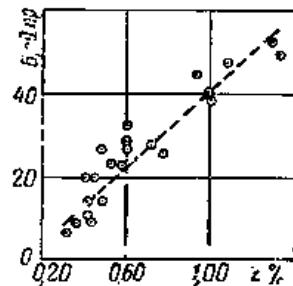


Рис. 20.2. Зависимость белизны от зольности муки.

На рисунке 20.1 показаны кумулятивные кривые зольности муки, полученные на мукомольном заводе СибНИИЗ (двухсортный помол пшеницы с выходом 78%) и на заводе ВНИИЗ (односортный помол пшеницы в муку высшего сорта с выходом 70—72%). Кривая 1 расположена заметно ниже кривой 3, разность в зольности муки 0,16—0,22%, при одном и том же извлечении. Это является следствием внедрения на мукомольном заводе ВНИИЗ новой технологической схемы и режимов измельчения зерна.

Однако некоторое влияние на взаимное расположение кривых может оказать разность в зольности зерна и особенно в зольности его крахмалистого эндосперма. Совершенство организации и ведения технологического процесса на мукомольном заводе можно оценить по наклону начального прямолинейного участка кумулятивной кривой и его протяженности. Чем меньше наклон и чем более вытянут этот участок вдоль горизонтальной оси, тем меньше разность в зольности муки с отдельных систем технологического процесса и тем совершеннее сам процесс. В рассматриваемом случае такие различия кумулятивных кривых 1 и 3 невелики.

Получение исходных данных, их обработка, расчет и построение кумулятивной кривой и ее анализ требуют значительной затраты времени; обычно на это уходит несколько дней. Поэтому данный способ можно использовать только для периодического контроля технологического процесса, его корректировки, например, один раз в квартал.

Еще больше времени требуется снятие полного количественно-качественного баланса помола. Поэтому проводят его не чаще двух раз в течение года. Однако следует помнить, что после ежегодного капитального ремонта, после изменения технологической схемы, проведения реконструкции обязательно надо снимать полный количественно-качественный баланс. На основе его анализа уточняют режимы по технологическим системам, компоновку потоков промежуточных продуктов, формирование муки по сортам и т. п. Можно также оценить и достигнутую эффективность технологического процесса сортового помола.

Для постоянного контроля технологического процесса необходим метод, не требующий значительной затраты времени. Хорошие результаты могут быть получены при организации контроля муки по белизне.

На рисунке 20.1 приведена кумулятивная кривая белизны муки, выработанной на мукомольном заводе ВНИИЗ. Видно, что ее развитие согласуется с развитием кумулятивной кривой зольности. Высокая корреляция между белизной и зольностью муки следует из рисунка 20.2. В данном случае взаимосвязь зольности и белизны оценивается коэффициентом корреляции $r = +0,909$. Это типично для индивидуальных пар-

т. ё зерна. Однако взаимосвязь существенно снижается, если совместно организовать данные для разных партий. Следовательно, по бензине муки можно непрерывно косвенно контролировать ведение технологического процесса помола для каждой отдельной партии зерна.

На крупяном и комбикормовом заводах осуществляют только лабораторный контроль качества готовой продукции, так как еще нет установок для непрерывной регистрации показателей организации и ведения технологического процесса.

Прямой метод оценки технологической эффективности. Этот метод должен в количественном виде позволить оценить достигнутую на данном предприятии полноту решения основной задачи сортового помола, т. е. полноту извлечения из зерна крахмалистого эндосперма. Только в этом случае метод будет непосредственно определять степень использования потенциальных возможностей зерна.

Исходя из этого условия, технологическая эффективность (%) процесса сортового помола в общем виде может быть выражена следующим образом:

$$\eta = \frac{\Sigma I_i}{m_0} 100, \quad (20.1)$$

где ΣI_i — суммарный выход машинной крупы и муки всех сортов в расчете на массу сухого вещества; m_0 — относительное содержание эндосперма в зерне на массу сухого вещества.

Но формула (20.1) не содержит оценки чистоты муки, наличия в ней частиц оболочек, албигонового слоя и зародыша, неизбежно попадающих в процессы дробления зерна или промежуточных продуктов помола. Следовательно, необходим дополнительный фактор качества, который вводим на основании рассмотрения уравнения баланса

$$m_0 x_0 = \Sigma I_i x_i, \quad (20.2)$$

где m_0 — масса переработанного зерна; x — показатель качества, по которому оценивают чистоту муки, т. е. соответствие ее по этому показателю чистому крахмалистому эндосперму.

Правая часть уравнения (20.2) представляет собой сумму произведений выходов каждого из конечных продуктов помола на соответствующую величину показателя качества, т. е.

$$\Sigma I_i x_i = I_1 x_1 + I_2 x_2 + I_3 x_3 + I_4 x_4,$$

где I_1, I_2, I_3, I_4 — выход машинной крупы и муки по сортам.

Муку и машинную крупу получают только в результате измельчения крахмалистого эндосперма. Поэтому в идеальном случае имеем равенство:

$$\Sigma I_i x_i = m_0 x_0. \quad (20.3)$$

В реальных условиях произведение величин в левой части формулы (20.3) меньше, чем в правой, т. е.

$$I_i x_i < m_0 x_0.$$

Исходя из этого, технологическая эффективность процесса (%) помола может быть выражена следующим образом:

$$\eta = \frac{\Sigma I_i x_i}{m_0 x_0} 100. \quad (20.4)$$

Это выражение определяет полноту извлечения эндосперма в муку. В данном случае неизвестны две величины: m_0 — массовое содержание эндосперма в зерне и его показатель качества x_0 . Однако, если выбрать

такой показатель качества, который присущ только крахмалистому эндосперму, получим

$$m_0x_0 = m_3x_3.$$

Тогда можно выразить x_3 , следующим образом:

$$x_3 = \frac{m_0x_0}{m_3}. \quad (20.5)$$

Подставив формулу (20.5) в формулу (20.4), имеем

$$\eta = \frac{\Sigma M_i \cdot x_i}{m_0x_0} \cdot 100. \quad (20.6)$$

Принципиально важно выбрать показатель качества, входящий в формулу (20.6). По условию он должен быть основан на определении содержания таких веществ, которые присутствуют только в крахмалистом эндосперме и совершенно отсутствуют в оболочках, алейроновом слое и зародыше. Такими веществами будут крахмал и клейковина. Их распределение по конечным продуктам размола непосредственно отражает распределение по ним крахмалистого эндосперма зерна, который более чем на 90% по массе сухих веществ состоит именно из крахмала и клейковины. Поэтому содержание именно этих веществ в зерне и продуктах размола принято при расчете технологической эффективности.

Особенностью методики применения этого метода является ведение расчета только по относительному содержанию сухих веществ. Это позволит исключить влияние влажности, различной для зерна и продуктов его переработки и имеющей в каждом конкретном случае разное значение.

Количество крахмала в зерне и продуктах его переработки определяют по методу Эверса или методу Архиповича, а содержание сухой клейковины — по упрощенному методу Аузермана — Блохиной. Этот метод имеет достаточно высокую точность и основан на определении содержания сырой клейковины и испытания ее качества в приборе ИДК-1. Вначале находят коэффициент пересчета по уравнению

$$K\pi = 2,375 - 0,0105H_{\text{вдк}}. \quad (20.7)$$

Затем определяют содержание сухой клейковины

$$x_{\text{кл}}^c = \frac{x_{\text{кл}}^{\text{пд}}}{K\pi}.$$

Метод имеет достаточно высокую чувствительность. Например, показатели технологической эффективности размола зерна на Ленинградском мелькомбинате им. С. М. Кирова лежат в пределах 89,5—95,0%. Эти колебания объективно отражают действительные изменения в реализации потенциальных возможностей зерна в каждом конкретном случае. Полученные данные могут быть сопоставлены для сравнения.

Чувствительность метода видна также из следующих примеров. Предположим, что при одной и той же влажности зерна перед I драной системой, одинаковой влажности муки, одншаковом ее выходе, равном 75%, и содержании в зерне 70% крахмала и 10% сухой клейковины в двух помолах получено следующее. Содержание крахмала в муке равно 65%, сухой клейковины в одном случае 15%, во втором — 10%. Технологическая эффективность в первом случае 88,2%, во втором — 82,7%.

Если при тех же исходных данных содержание сухой клейковины в муке в обоих помолах было 15%, а содержание крахмала во втором случае 70%, т. е. повысилось на 5%, то технологическая эффективность возросла с 88,2 до 93,7%. Следовательно, изменение качества муки (по-

т.ч. существо в ней содержания эндосперма) сразу же отражает соответствующим колебанием значения технологической эффективности. Точно так же изменяется эта эффективность и при изменении выхода муки.

Однако если выход муки повышается в результате измельчения алейронового слоя, оболочек и зародыша, то технологическая эффективность снижается. Например, предположим, что выход муки увеличился с 66 до 70% в расчете на сухое вещество при том же относительном извлечении крахмалистого эндосперма (табл. 20.1). Расчет показывает, что в результате технологическая эффективность процесса сортового помола пшеницы снизилась с 87,3 до 82,5%. Таким образом, предлагаемый метод обеспечивает действительно объективную оценку результатов переработки зерна на мукомольном заводе, и его можно использовать в производственных условиях для объективной оценки результатов сортового помола пшеницы.

Таблица 20.1. Пример расчета технологической эффективности процесса помола

Продукт	Фактический выход из продукта, %	Влажность, %	Выход продукции %, на сухую массу		Содержание сырой клейковины		Показатель И.П.К.1, ед. прибора	Коэффициент пере- счета из Ауреваку— Блохиной сухой клей- ковины	Содержание %, на сухую массу	
			при данной влажности	при 14,6%	6	6			9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Зерно перед I драной системой	100,00	15,8	84,20	25,0	24,6	60,0	3,005	8,19	68,20	
Манная крупа	1,84	14,6	1,57	26,8	26,8	65,0	3,058	8,76	81,07	
Мука:										
высшего сорта	24,64	14,4	21,09	26,8	26,8	67,5	3,078	8,70	80,39	
первого >	44,36	14,6	37,88	31,0	31,0	68,0	3,089	10,03	73,10	
второго >	6,28	13,5	5,43	30,6	31,0	79,0	3,205	9,67	70,47	

Исходя из фактического выхода готовой продукции и ее влажности (данные колонок 2 и 3, табл. 20.1), находим расчетный выход каждого из ее видов на сухую массу по формуле

$$I_c = \frac{I_{n,p} (100 - w_t)}{100}. \quad (20.8)$$

где $I_{n,p}$ — фактический выход данного вида готовой продукции при данной влажности % к массе зерна I драной системы; w_t — влажность, % на общую массу.

По данным колонок 2 и 3, по формуле (20.8) находим выход манной крупы и муки всех сортов (% на сухую массу)

$$I_{n,c} = \frac{24,64 (100 - 14,4)}{100} = 21,09;$$

$$I_{1c} = \frac{44,36 (100 - 14,6)}{100} = 37,88;$$

$$I_{2c} = \frac{6,28 (100 - 13,5)}{100} = 5,43;$$

$$I_{m,kp} = \frac{1,84 (100 - 14,6)}{100} = 1,57.$$

Содержание сухих веществ в зерне, поступающем на I драную систему, будет

$$M_0 = \frac{100 (100 - 15,8)}{100} = 84,20\%.$$

Полученные данные записываем в колонку 4. Рассчитываем содержание в зерне и готовой продукции сухой клейковины на основе данных о сырой клейковине и ее качестве (колонки 6 и 7).

Для этого по формуле (20.7) находим для каждого из этих продуктов коэффициент пересчета, величина которого определяется показателями прибора ИДК-1. Содержание сухой клейковины вычисляем, разделив количество сырой клейковины на коэффициент пересчета. Данные заносим в колонку 9.

Затем на основании данных колонок 4, 9 и 10 находим технологическую эффективность процесса помола:

$$\eta = \frac{1,57(81,07 + 8,76) + 21,09(80,39 + 8,70) + 37,88(73,10 + 10,03) + 5,43(70,47 + 9,67)}{84,20(68,20 + 8,19)} \cdot 100 = 87,3\%.$$

Таким образом, этот метод позволяет непосредственно определить извлечение крахмалистого эндосперма. В рассмотренном примере извлечение составило 87,3%. Метод обеспечивает высокую точность и чувствительность к малейшим изменениям в организации и ведении процесса размола. Все входящие в формулу (20.7) величины имеют вполне определенный физический смысл, и их легко можно определить в лаборатории.

Из-за небольшой затраты времени (в пределах 1 ч) на проведение анализов и обработку результатов данный метод можно использовать не только для систематического, но и оперативного контроля эффективности технологического процесса сортового помола пшеницы.

§ 20.4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Ручное управление технологическим процессом на зерноперерабатывающем предприятии приводит к существенным колебаниям его параметров даже на одном предприятии. Неравномерность выхода и показателей качества муки достигает 20—35 %. При этом значительное влияние оказывают случайные возмущения, общий вклад которых в нестабильность процесса может превышать 50 %. В то же время существующий высокий уровень механизации, поточность и непрерывность процессов являются благоприятными условиями для автоматизации.

При разработке и внедрении автоматизированных систем управления технологическим процессом или же отдельными его этапами необходимо руководствоваться следующими принципами:

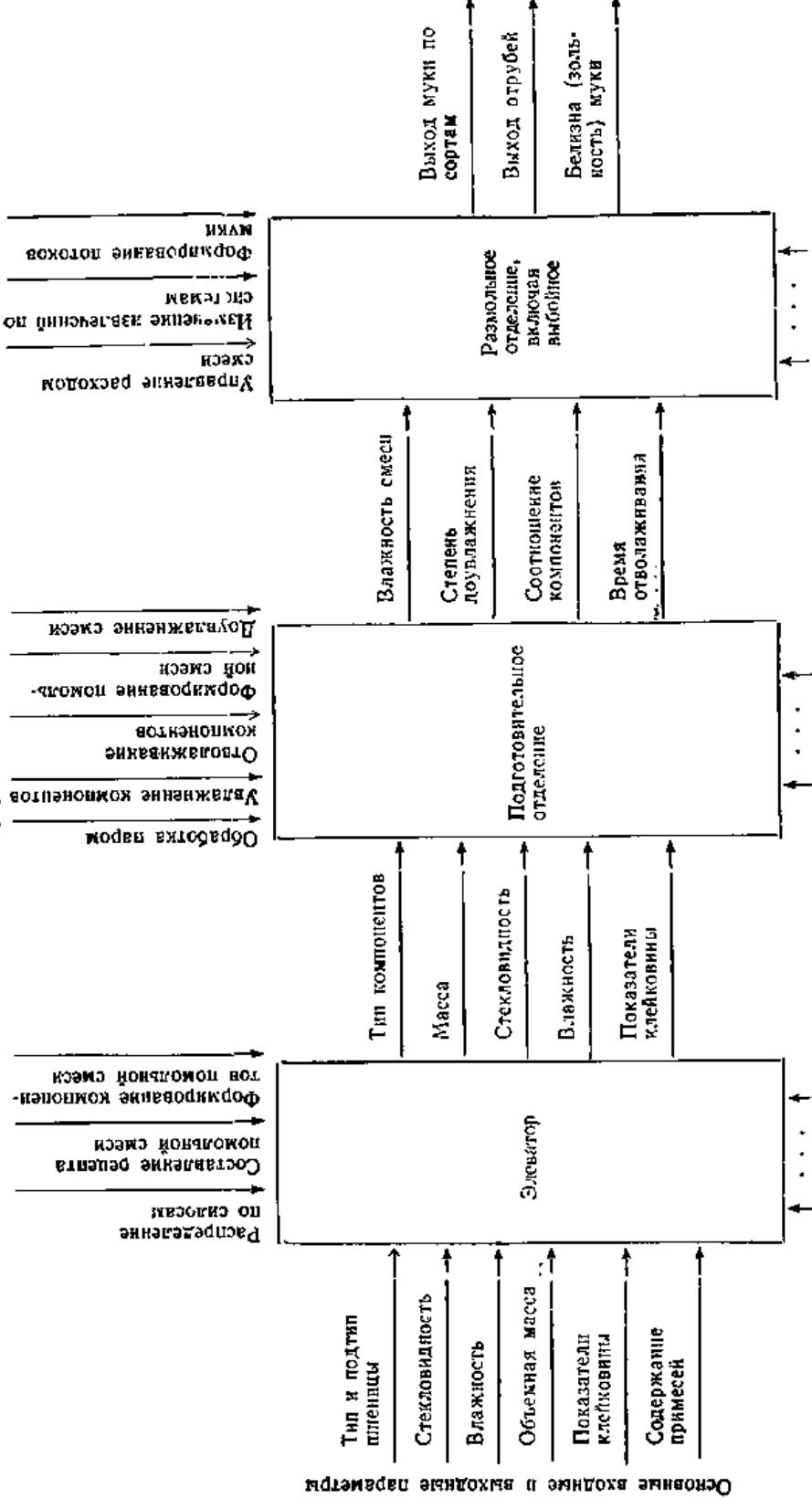
использование автоматизированных систем управления должно быть экономически оправдано, т. е. достигаемый в результате их внедрения экономический эффект должен перекрывать необходимые затраты средств, материалов, энергии и т. п.;

автоматизированные системы управления должны обеспечивать оптимизацию процесса, т. е. поддерживать параметры процесса на заданных оптимальных уровнях, обеспечивающих наиболее целесообразное с технологической и экономической точки зрения ведение процесса;

автоматизированные системы управления должны быть достаточно простыми, в связи с чем при их построении следует исходить из минимально необходимого объема информации, достаточного для их функционирования.

Технологический процесс производства муки, крупы и комбикормов является сложной системой управления, состоящей из большого числа последовательно или одновременно выполняемых операций. Каждая технологическая операция оказывает определенное влияние на конечный результат процесса — выход и качество готовой продукции. В свою

Основные управляющие воздействия



Возмущающие воздействия

Рис. 20.3. Структурная схема мукоцементного завода как объекта управления.

очередь, каждая операция зависит от некоторого числа разнородных факторов, взаимосвязи между которыми могут быть неизвестными, а влияние каждого из них на результат данной операции может изменяться во времени в зависимости от конкретных условий. Благодаря этим особенностям разработка автоматизированных систем управления технологическим процессом мукомольного, крупыного и комбикормового заводов до сих пор не завершена.

В качестве примера на рисунке 20.3 приведена структурная схема мукомольного завода как объекта управления. На ней не перечислены возмущающие воздействия, которые при построении автоматизированной системы обязательно надо учитывать непосредственно или же посредством автоматического учета отклонений режима и возвращения его на заданный оптимальный уровень.

Технологический процесс на зерноперерабатывающем предприятии целесообразно рассматривать как многостадийный, что позволяет управлять процессом по его отдельным стадиям (этапам). Для обеспечения высокой эффективности систем управления необходимо выполнить следующие условия:

помольная партия должна иметь неизменные в течение длительного периода показатели качества, т. е. свойства зерна должны быть стабилизированы;

должен быть обеспечен непрерывный количественный контроль основных технологических потоков, таких, как поступление зерна на I драную систему, извлечение продуктов первого качества и т. п.;

технологическая схема должна быть по возможности упрощена и иметь высокую структурную устойчивость;

система датчиков должна обеспечивать непрерывное поступление информации о параметрах технологического процесса в некоторых основных («узловых») его стадиях.

Исследования позволили выявить, что на выход и качество муки основное влияние оказывают режимы измельчения на первых трех драных системах, I и 2-й шлифовочных, 1—3-й размольных системах, а также на сходовых системах. Следовательно, именно на этих системах и необходимо обеспечить стабилизацию процесса.

Задача стабилизации процесса измельчения в вальцовом станке достаточно сложна, так как его результат зависит от величины зазора между вальцами, удельной нагрузки на систему, технической характеристики вальцов, а также заданных кинематических параметров работы вальцового станка. Однако две последние группы факторов для каждой системы постоянны или же медленно изменяются во времени, например состояние поверхности вальцов в результате срабатывания рифлей. Поэтому при стабилизации удельной нагрузки на систему можно обеспечить управление режимом измельчения регулированием межвальцового зазора.

На рисунке 20.4 показана схема автоматизированной системы стабилизации (ACC) I драной системы, являющейся головной в технологическом процессе размола зерна. Система ACC включает три подсистемы: стабилизацию удельной нагрузки, стабилизацию расхода зерна и стабилизацию извлечения фракций.

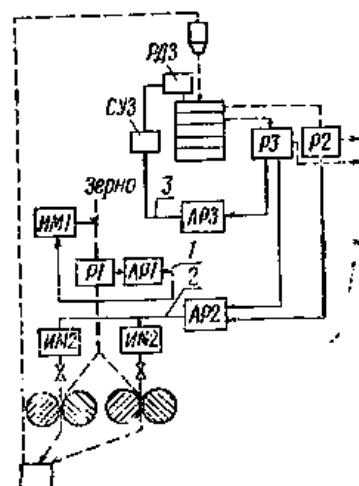


Рис. 20.4. Функциональная схема автоматической стабилизации режима на I драной системе:

P_1, P_2, P_3 — расходомеры; AP_1, AP_2, AP_3 — регуляторы; IM_1, IM_2 — исполнительные механизмы; CUZ — силовой усилитель; PDZ — двигатель; 1 — контур стабилизации расхода; 2 — контур стабилизации извлечения; 3 — контур стабилизации фракций.

затем суммарного извлечения продуктов, стабилизацию выхода фракций продуктов с рассева.

Проводимая в настоящее время комплексная автоматизация управления технологическим процессом на мукомольном, крупорюном и комбикормовом заводах позволяет существенно повысить эффективность их работы.

§ 20.5. РОЛЬ ПРАВИЛ ОРГАНИЗАЦИИ И ВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Организация и ведение технологических процессов производства муки, крупы и комбикормов регулируются руководящими положениями и рекомендациями, изложенными в специальных сборниках, утвержденных Министерством заготовок СССР.

- В этих документах регламентированы:
 - схемы технологических процессов производства муки, крупы и комбикормов;
 - показатели качества зерна, а также незерновых ингредиентов комбикормов;
 - показатели качества зерна, прошедшего подготовительное отделение мукомольного или крупорюного завода;
 - показатели качества готовой продукции;
 - режимы ведения процесса гидротермической обработки зерна;
 - режимы измельчения на основных системах технологического процесса размола зерна на мукомольных или же режимы шелушения на крупорюных заводах;
 - формирование муки по сортам;
 - порядок расчета выходов готовой продукции;
 - рецепты комбикормов, премиксов и БВД.

Таким образом, правила организации и ведения технологического процесса являются для технолога основным документом, которым он должен руководствоваться при конкретной организации технологического процесса. Необходимо иметь в виду, что технологические свойства зерна формируются под воздействием огромного количества разнородных факторов как в процессе созревания зерна в поле, так и при последующем хранении и обработке (сушка, очистка и т. п.). Это обуславливает наличие у каждой партии зерна индивидуальных особенностей. Поэтому правила не содержат и не могут содержать конечные рекомендации на все случаи жизни. Технолог должен строить свои действия по руководству технологическим процессом, опираясь на указания правил, но корректируя их каждый раз применительно к конкретным условиям (вполне понятно, что это не относится к требованиям государственных стандартов, выполнение которых обязательно во всех случаях).

Раздел четвертый

ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МУКОМОЛЬНОГО, КРУПЯНОГО И КОМБИКОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА



Глава 21

МУКОМОЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

§ 21.1. ЗАДАЧИ ПОДГОТОВКИ ЗЕРНА К РАЗМОЛУ

Совокупность машин и операций, используемых в определенной последовательности и взаимосвязи, составляет процесс подготовки зерна к размолу. Он один из основных при производстве муки. Конкретная организация процесса подготовки зерна в значительной степени предопределяет степень его использования, выход муки, ее качество и другие показатели работы мукомольного завода.

В зерноочистительном отделении ставят задачу не только отделить примеси от зерна и очистить его поверхность, но и изменить свойства в желаемом направлении, а также подготовить зерновую смесь, обладающую необходимыми мукомольными и хлебопекарными свойствами.

Процесс подготовки зерна к размолу обычно изображают графически в виде технологической схемы, на которой условными обозначениями показывают расположение машин и аппаратов, приводят их марки, техническую характеристику, а также указывают направление движения зерна и побочных продуктов.

§ 21.2. ПОДГОТОВКА РЖИ К РАЗМОЛУ

При выработке ржаной муки схема подготовки включает: предварительную очистку зерна от примесей в элеваторе; очистку зерна от сорных, зерновых и металломагнитных примесей в зерноочистительном отделении;

очистку поверхности зерна в шелушильных или обоечных машинах; увлажнение и последующее отволаживание зерна (холодное кондиционирование);

повторную очистку поверхности зерна в щеточных или обоечных машинах;

поверхностное увлажнение и непродолжительное отволаживание зерна перед размоловом (при выработке ржаной обойной муки эту операцию не выполняют).

Таким образом, процесс подготовки ржи к размолу включает холодное кондиционирование и характеризуется трехкратным сепарированием, однократным пропуском через триеры, камнеотделительную машину и шелушитель для удаления оболочек, однократным пропуском через щеточные машины для очистки поверхности и бороздки зерна.

На мукомольных заводах поверхность зерна очищают в обоечных с абразивным цилиндром и щеточных машинах. В обоечной машине удаляют бороздку зерна, частично плодовую оболочку и зародыш, а в щеточной очищается поверхность и бороздка зерна от минеральной пыли, а также удаляются надорванные оболочки.

В процессе шелушения в обоечной машине зерно сильно травмируется, а поверхность очищается недостаточно эффективно. Зольность зерна снижается незначительно, на оболочках образуются надрезы, царапины и другие повреждения.

В современных схемах подготовки зерна к размолу используют шелушильные машины АІ-ЗШН-3, в которых с поверхности зерна снимаются верхние, наиболее загрязненные оболочки. Вместе с ними удаляется минеральная пыль, а также значительное количество бактерий и плесневых грибов. Изменяются физико-химические показатели ржи, зольность (при отделении 4 % оболочек) снижается на 0,11—0,12%, а содержание клетчатки — на 0,92—0,96%; относительное содержание крахмала повышается на 2,44—2,62%, а объемная масса — на 56—58 г/л.

При обработке ржи в шелушильной машине изменяются структурно-механические свойства, что приводит к снижению прочности и твердости зерна, уменьшению сопротивляемости измельчению и расхода энергии на размол. Происходит более интенсивное проникновение влаги во внутренние части зерна, что способствует сокращению времени отволаживания почти в два раза по сравнению с нешелушеным зерном (2,5—3,0 ч).

Обработка зерна в шелушильных машинах способствует улучшению качества муки. Хорошие результаты получены при отделении оболочек в количестве 3,5—4,0% от массы зерна. При этом зольность муки и соответственно содержание клетчатки снижаются, а показатель белизны улучшается. Увеличивается также выход муки и улучшаются ее хлебопекарные свойства, увеличивается удельный объем хлеба, мякиш становится более эластичным и светлым, с лучшей структурой пористости. По мере отделения оболочек повышается максимальная высота амилограммы муки и снижается ее автолитическая активность.

Построение схемы подготовки ржи к размолу (рис. 21.1) в основном зависит от качества вырабатываемой муки, характера и степени засоренности зерна.

Зерно после предварительной очистки в элеваторе поступает в закрома емкостью на 30—36 ч работы мукомольного завода. Далее зерно проходит через подогреватели, в которых в зимнее время года подогревается до температуры 15—20°C, или мимо них поступает на автоматические весы для учета зерна, поступающего в зерноочистительное отделение. После весов зерно последовательно проходит через сепаратор, камнеотделительную машину и триеры.

Из зерновой смеси выделяется часть сорной, зерновой и металломагнитной примесей. Далее зерно подвергается шелушению, в результате чего его поверхность очищается от минеральной пыли, частично отделяются плодовые оболочки и зародыш. Во втором сепараторе выделяются неотобранные примеси при первом сепарировании и вновь образованные при шелушении зерна. Этим заканчивается первый этап очистки зерна от примесей.

Далее проводят холодное кондиционирование. Зерно поступает в аппарат для увлажнения и далее в закрома для отволаживания, где выдерживается в зависимости от качества вырабатываемой муки (1—5 ч).

После отволаживания в щеточной машине вторично очищается поверхность зерна и его бороздка от минеральной пыли, а в сепараторе отделяются оставшиеся примеси.

На этом процесс очистки зерна завершается, зерно передается в размольное отделение. Здесь его подвергают увлажнению в аппарате распыливающего действия, отволаживают в течение 0,3—0,5 ч, после чего взвешивают и передают на размол (на I драную систему).

Магнитные заграждения устанавливают после первого пропуска через сепаратор, а также перед шелушильными и щеточными машинами.

В рассмотренной схеме зерно вначале поступает в куколеотборочную машину, где выделяются короткие примеси, а затем в овсюгоотбо-

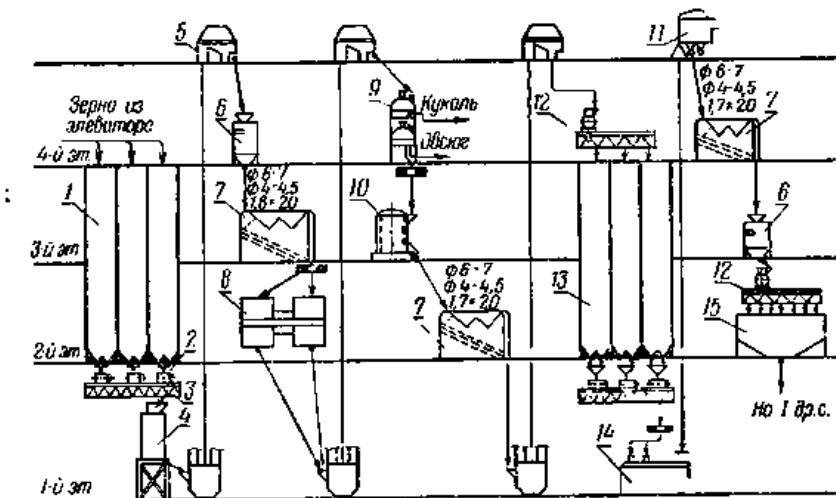


Рис. 21.1. Схема подготовки зерна ржи к размолу:

1 — вакуум для неочищенного зерна; 2 — дозатор; 3 — шnek; 4 — подогреватель; 5 — нория; 6 — автоматические весы; 7 — сепаратор; 8 — камнеотделительная машина; 9 — триеры; 10 — шелушильная машина; 11 — пневмосепаратор; 12 — увлажнительные машины; 13 — вакуум для отволаживания зерна; 14 — горизонтальная щеточная машина; 15 — бункер над 1 драной системой.

рочную машину для отделения длинных примесей. Если зерно спачало направить в овсюгоотборочную машину, то короткие примеси будут попадать в ячейки и тем самым затруднить выделение зерен пшеницы. Камнеотделительную машину иногда устанавливают в конце схемы подготовки, т. е. после третьего сепарирования.

Указанная схема очистки зерна ржи примерная. В зависимости от качества вырабатываемой муки выбирают большее или меньшее количество систем и изменяют последовательность их в схеме. Так, при выработке обойной муки в схеме предусматривают один пропуск через шелушильную машину. Но наряду с этим должна быть достаточно развитая очистка (двух-трехкратное сепарирование), выделение примесей в триерах и камнеотделительной машине.

При поступлении зерна влажностью менее 13,5% его увлажняют на 0,5—1,0% и отволаживают в течение 1—2 ч.

§ 21.3. ПОДГОТОВКА ПШЕНИЦЫ К РАЗМОЛУ

Технологические схемы подготовки пшеницы к размолу строят в зависимости от структурно-механических свойств зерна (в первую очередь от стекловидности), качества и ассортимента вырабатываемой муки.

При выработке обойной муки схему подготовки строят на тех же принципах, что и схему подготовки ржи, т. е. включают (кроме предварительной очистки в элеваторе) очистку от примесей в зерноочистительном отделении и поверхности зерна в шелушильных машинах.

При выработке хлебопекарной муки одного или нескольких сортов схема подготовки более развитая. Она включает:

предварительную очистку зерна от примесей (в сепараторах и магнитных аппаратах) на элеваторе и в зерноочистительном отделении мукоомольного завода;

очистку зерна от примесей и его поверхности в обоечных и щеточных машинах;

гидротермическую обработку зерна;

повторную очистку поверхности зерна в щеточных машинах и очистку зерна от примесей в сепараторах;

поверхностное увлажнение зерна и непродолжительное отволаживание перед размолом.

Зерно к размолу подготавливают последовательно или параллельно. Первый способ применяют для мукомольных заводов небольшой производительности, примерно до 200—220 т/сутки. В этом случае вначале проводят подготовку мягкой пшеницы первой группы стекловидности, а затем второй или третьей группы. Смешивают зерно после отволаживания.

При параллельном способе мягкую высокостекловидную и низкостекловидную пшеницу подготавливают раздельно в двух секциях, а смешивают партии в необходимой пропорции после отволаживания или перед I драной системой. Этот способ применяют на мукомольных заводах средней производительности (250—300 т/сутки), так как на заводах небольшой производительности оборудование, выделяемое для подготовки мягкой пшеницы различных групп стекловидности, не будет полностью загружено.

Подготовку озимой (IV тип) и яровой (I и III типов) пшеницы также рекомендуется проводить раздельно.

При параллельной подготовке зерна на отдельных технологических линиях можно добиться не только лучшего технологического эффекта работы машины (путем подбора сит в сепараторах и размеров ячей в триерах), но и применять оптимальные режимы гидротермической обработки (режимы увлажнения, пропаривания и времени отволаживания) в зависимости от природных особенностей зерна.

Опыт Московского мелькомбината № 4, Николаевского комбината хлебопродуктов и некоторых других предприятий показывает, что непрерывное и раздельное отволаживание пшеницы по стекловидности способствует повышению эффективности технологического процесса размола. На этих предприятиях все закрома для отволаживания зерна работают по поточной схеме. Размер увлажнения и время отволаживания зерна подбирают опытным путем для каждого сорта в зависимости от стекловидности, закрома для отволаживания разделены на отдельные группы, в каждую из которых направляют зерно определенного сорта или типа. Количество и емкость закромов для каждой партии выделяют по процентному соотношению зерна в смеси, стекловидности, начальной и конечной влажности.

Раздельная подготовка зерна, проведенная при наиболее благоприятных режимах гидротермической обработки, обеспечивает более высокие показатели работы мукомольного завода как по выходу и качеству муки, так и по удельному расходу энергии. Хлебопекарные свойства муки, полученной при раздельной подготовке пшеницы, также отличаются лучшими показателями.

Раздельная подготовка зерна к размолу возможна лишь при условии строгого соблюдения правил размещения и хранения пшеницы по показателям его физико-химических и технологических свойств.

На мукомольных заводах большой производительности и при наличии в размольном отделении нескольких секций можно проводить не только раздельную подготовку пшеницы по стекловидности, но и раздельно измельчать каждую партию в отдельных секциях. Так, на Московском мелькомбинате № 1 им. А. Д. Цюрупы с целью более рационального использования зерна применяют раздельную подготовку и размол озимой и яровой пшеницы.

В таблице 21.1 приведены машины, используемые при построении схем подготовки пшеницы к размолу в соответствии с правилами ведения технологического процесса.

Схема параллельной подготовки пшеницы (рис. 21.2). Низкостекловидная (до 40%) и высокостекловидная (60—80%) пшеница из элеватора поступает в закрома зерноочистительного отделения. Наличие

Таблица 21.1. Машины, используемые при построении схем подготовки пшеницы к размолу

Процесс	Машина
Прием зерна из элеватора	Закрома для неочищенного зерна
Взвешивание	Автоматические весы
Подогрев зерна, имеющего низкую температуру	Аппарат для подогрева зерна
Первое сепарирование	Воздушно-ситовой сепаратор
Отделение металломагнитных примесей	Магнитный аппарат
Отделение минеральных примесей	Камнеотделительная машина
Очистка зерна от примесей: коротких длинных	Куколеотборочная машина Овсюгоотборочная машина Обоечная машина с металлическим цилиндром (при механическом транспорте)
Первая очистка поверхности зерна	Пневмосепаратор или сепаратор
Сепарирование	Моечная машина, аппарат для увлажнения, закрома для отволаживания
Кондиционирование: холодное	Моечная машина, воздушно-водяной кондиционер, аппарат для увлажнения, закрома для отволаживания
горячее	Аппарат для скоростного кондиционирования, бункер, моечная машина, влагоснижатель, аппарат для увлажнения, закрома для отволаживания
скоростное	Обоечная машина с абразивным цилиндром или щеточная машина Пневмосепаратор, воздушно-ситовой сепаратор
Вторая очистка поверхности зерна	Увлажнительная машина, закрома для отволаживания
Сепарирование	Щеточная машина
Второе кондиционирование	Пневмосепаратор
Третья очистка поверхности зерна	Аппарат распыливающего действия, бункер для отволаживания
Сепарирование	Автоматические весы или расходомер
Увлажнение оболочек зерна перед размолом	
Взвешивание очищенного зерна	

нескольких закромов для пшеницы разной стекловидности позволяет дозаторами составлять партии зерна по стекловидности. Из закромов пшеница двумя потоками поступает в подогреватели или, минуя их, в порцию и далее в автоматические весы.

В зимнее время года зерно из элеватора, особенно в восточных районах страны, поступает с пониженной и даже отрицательной температурой. Такое зерно, особенно его оболочки, отличается повышенной хрупкостью, а эффективность кондиционирования незначительна. Поэтому в зимнее время года зерно предварительно подогревают до температуры 20—25°C.

После взвешивания зерно проходит через машины первого этапа очистки (сепараторы, камнеотделительные машины, триеры и аспирационные колонки*). Далее проводят гидротермическую обработку. Зерно поступает в скоростные кондиционеры, моечные машины, влагоснижатели и в закрома для отволаживания. Наряду со скоростным по данной схеме можно проводить и холодное кондиционирование. В этом случае зерно, минуя кондиционеры, поступает в моечные машины и далее по схеме.

После проведения указанных операций очищают поверхность зерна в обоечных машинах с абразивным цилиндром или щеточных машинах. При последующем сепарировании выделяют оставшиеся примеси. Затем

* Аспирационные колонки устанавливают в том случае, если вместо сепаратора установлен сепаратор шкафного типа ЗСШ-20.

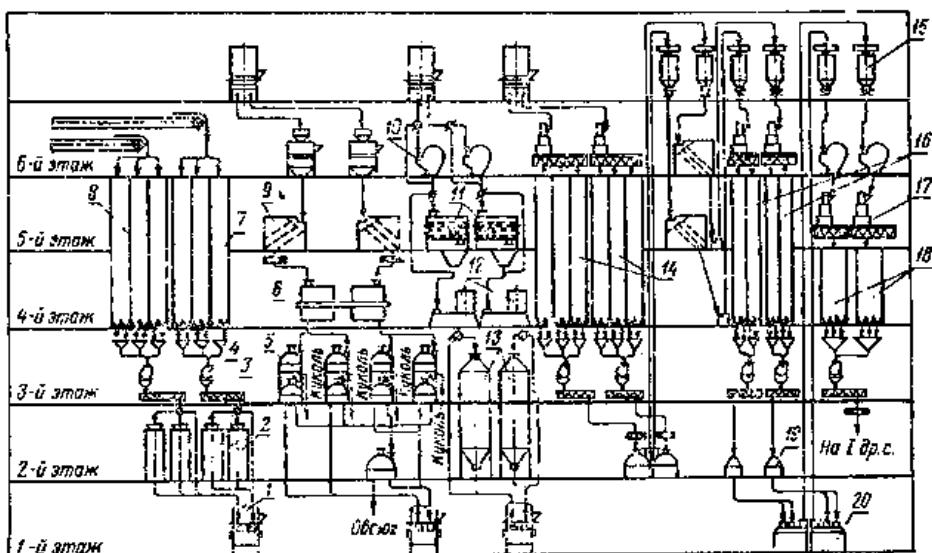


Рис. 21.2. Схема параллельной подготовки высокостекловидной и низкостекловидной пшеницы:

1 — корыль; 2 — подогреватель; 3 — шнек; 4 — дозатор; 5 — тринер; 6 — камнеотделительная машина; 7 — закрома для низкостекловидной пшеницы; 8 — закрома для высокостекловидной пшеницы; 9 — сепаратор или рассев; 10 — пневмоаспиратор; 11 — скоростной кондиционер; 12 — мокрые машины; 13 — влагосниматели; 14 — закрома для отволаживания высокостекловидной и низкостекловидной пшеницы; 15 — циклон-разгрузитель; 16 — закрома для повторного отволаживания; 17 — увлажнительные машины; 18 — закрома для дополнительного отволаживания; 19 — магнитный аппарат; 20 — щеточная машина.

зерно подают в увлажнительные аппараты и далее в закрома для отволаживания, т. е. осуществляют холодное кондиционирование.

После отволаживания зерно проходит через магнитные заграждения и щеточные машины, пневмоаспиратор, а затем его передают в размольное отделение. Здесь зерно увлажняют в аппаратах распыливающего действия, чтобы увеличилась влажность оболочек, и передают в бункера на непроложительное отволаживание. После бункеров низкостекловидное и высокостекловидное зерно смешивают в необходимой пропорции и одним потоком направляют после взвешивания на I драную систему.

К особенностям данной схемы необходимо отнести скоростное кондиционирование с переходом, если необходимо, на обработку зерна по методу холодного кондиционирования.

При подготовке высокостекловидной пшеницы проводят двукратное увлажнение и отволаживание, а низкостекловидной — однократное увлажнение и отволаживание. Высокостекловидная пшеница по сравнению с низкостекловидной отличается повышенной прочностью эндосперма. Поэтому только при двукратном увлажнении и отволаживании можно ослабить ее структуру и тем самым снизить сопротивляемость при последующем измельчении. Поэтому режимы гидротермической обработки выбирают индивидуально для зерна разной стекловидности. Влажность низкостекловидной пшеницы доводят до 14,5—15,5%, а высокостекловидной — до 15,5—16,5%.

Емкость закромов при первом отволаживании низкостекловидной пшеницы рассчитывают на 7,0—9,0 ч, высокостекловидной — на 12—15 ч и соответственно для второго отволаживания — на 3—4 и 4—6 ч. Для третьего отволаживания (перед I драной системой) продолжительность соответственно 10—15 и 10—25 мин.

Схема подготовки зерна к размолу для мукомольных заводов большой производительности (400—600 т/сутки) отличается от приведенной тем, что процесс ведут тремя отдельными потоками: для низкостекло-

видной (стекловидность до 40%), среднестекловидной (40—60%) и высокостекловидной (свыше 60%) пшеницы. Соответственно этому в схему включают три группы закромов.

При последовательной схеме вначале подготавливают высокостекловидную пшеницу и после второго увлажнения зерно направляют в закрома для отволаживания. Затем подготавливают низкостекловидную пшеницу, но ее не подвергают второму увлажнению. После отволаживания высокостекловидное и низкостекловидное зерно смешивают при помощи дозаторов в необходимой пропорции и одним потоком направляют в щеточную машину для очистки поверхности и бороздки зерна от минеральной пыли. Заключительный этап очистки зерна проходит общим потоком. Подготовку зерна к размолу заканчивают увлажнением его на 0,3—0,5% в аппаратах распыливающего действия и кратковременным отволаживанием.

Кроме перечисленных этапов, схема подготовки зерна к размолу включает сортирование и контроль отходов в сепараторах, бурацах и аспирационных колонках.

Пневматический транспорт предусматривают только на подъеме зерна из обоечных, щеточных машин и сборе отходов, на остальных операциях используют механический транспорт.

В рассмотренную схему в зависимости от наличия оборудования вносят те или другие изменения. Так, в некоторых случаях зерно перед направлением в триеры рассортируют в сепараторе на крупное и мелкое. Крупное зерно, в котором наряду с длинными примесями находится и крупный куколь, вначале поступает в куколеотборочную, а затем в овсюгоотборочную машину. Мелкое зерно направляют в куколеотборочную машину.

При делении зерна на крупное и мелкое эффективность работы триеров увеличивается в результате снижения нагрузки на них, так как часть зерна поступает только в куколеотборочную машину. Если зерно содержит большое количество овсюга, крупную фракцию зерна направляют в овсюгоотборочную машину (минуя куколеотборочную), а мелкую фракцию — в машину для выделения короткой примеси. Кроме разделения зерна на крупное и мелкое, в сепараторах иногда отбирают мелкую фракцию зерна проходом сит с отверстиями $2,0 \times 20$ или $2,2 \times 20$ мм и сходом сит $1,7 \times 20$ мм в количестве 3—5%.

Разработаны схемы подготовки зерна к размолу с применением новых машин: сепаратора шкафного типа ЗСШ-20, камнеотделительной машины АІ-БОК и вибропневматической камнеотделительной машины АІ-БКВ.

При однопоточной схеме подготовки (рис. 21.3) поступившее из элеватора зерно после взвешивания очищают от грубых и легких примесей в скальператоре и пневмоаспираторе БВЗ-10.

Зерно от длинных и коротких примесей очищают в три стадии. На первой в сепараторе ЗСШ-20 зерно разделяют на две фракции: 75% (крупная) и 25% (мелкая). В крупной фракции содержатся только длинные примеси, в мелкой — короткие и длинные.

На второй стадии зерно разделяют на фракции по размерам и плотности в машине АІ-БОК. Из поступившей с сепаратора крупной фракции (75%) получается до 25% чистого зерна, не содержащего ни длинных, ни коротких примесей, и 50% зерна, содержащего только длинные примеси. Мелкая фракция зерна (25%) с сепаратора ЗСШ-20 в машине АІ-БОК также разделяется по размерам и плотности: примерно 5% зерна имеет лишь короткие примеси, а 20% как длинные, так и короткие.

В машине АІ-БОК выделяются также мелкие примеси (подсев) и промежуточная фракция зерна (800 кг/ч со всей машины) с большим количеством минеральных примесей, которую подвергают окончатель-

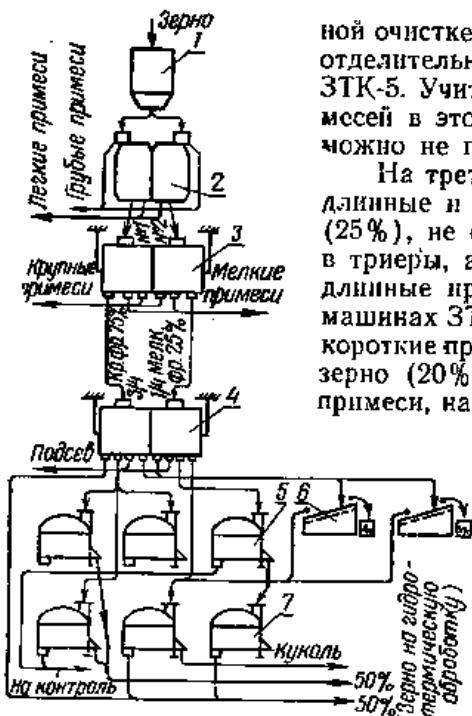


Рис. 21.3. Схема подготовки зерна пшеницы к размолу:

1 — автоматические весы; 2 — гравиосепаратор БВЗ; 3 — сепаратор ЗСШ-20; 4 — камнеотделительная машина АИ-БОК; 5 — триер ЗТО-5; 6 — камнеотделительная машина АИ-БКВ; 7 — триер ЗТК-5.

ность в них; повышается степень очистки зерна в результате снижения нагрузок на триеры; усиливается различие физико-механических свойств полученных фракций, что позволяет проводить их раздельную гидротермическую обработку.

Поэтапное фракционирование зерна осуществлено на экспериментальном мукомольном заводе ВНИИЗ. Содержание сорной примеси в зерне, направляемом на I драную систему, составляло 0,06—0,08% (коэффициент очистки 84%).

При двухпоточной схеме подготовки зерна к размолу высокостекловидное и низкостекловидное зерно очищают от примесей параллельно (производительность комплекса машин одного потока 10 т/ч).

Подготовка твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы к размолу в макаронную муку. В построении схемы необходимо отметить следующие особенности:

- не отбирают мелкую фракцию зерна;
- используют только холодное кондиционирование;
- сокращают время отволаживания по сравнению с подготовкой мягкой пшеницы при помоле ее в хлебопекарную муку.

При выработке макаронной муки в процессе подготовки к размолу стремятся обеспечить максимальное увлажнение поверхностных слоев зерна при сохранении кристаллической структуры эндосперма. Для этого следует применять дифференцированные режимы увлажнения:

· первое — твердой пшеницы до влажности 13,5—14,5%, высокостекловидной пшеницы до 13,0—13,5%, отволаживание 7—8 ч;

· второе — на 2,0—3,0% до влажности зерна 16,0—16,5% с отволаживанием твердой пшеницы 2,5—3,0 ч и высокостекловидной 2,0—2,5 ч;

ной очистке на двух вибропневматических камнеотделительных машинах АИ-БКВ и в триере ЗТК-5. Учитывая, что содержание коротких примесей в этой фракции не превышает 0,2%, ее можно не подвергать очистке в триерах.

На третьей стадии окончательно выделяются длинные и короткие примеси в триерах. Зерно (25%), не содержащее примеси, не направляют в триеры, а зерно (50%), содержащее только длинные примеси, подвергают очистке в трех машинах ЗТО-5. Зерно (5%), содержащее только короткие примеси, очищают в машине ЗТК-5, а зерно (20%), содержащее длинные и короткие примеси, направляют в овсяного- и куколеотборочные машины.

Каждый из двух потоков зерна, направляемого на гидротермическую обработку, формируют из фракций, сходных по физико-механическим свойствам, причем определяющим является крупность, характеризуемая объемом, линейными размерами и массой 1000 зерен.

Применение новой технологии очистки зерна с поэтапным фракционированием имеет преимущества: выделяется зерно, не требующее очистки в триерах, что позволяет снизить нагрузки на эти машины и уменьшить потреб-

третье — перед I драной системой на 0,3—0,5% до влажности зерна твердой пшеницы 17,0% с отволаживанием 10—15 мин и до влажности высокостекловидной пшеницы 16,5% с отволаживанием 10—15 мин.

При подготовке твердой пшеницы к размолу в макаронную муку особое внимание уделяют очистке от семян сорных растений, черных и потемневших зерен и других примесей, так как при попадании их в муку резко ухудшается внешний вид макаронных изделий.

Для очистки поверхности зерна рекомендуется применять моечные и щеточные машины, так как в обочинах с абразивным цилиндром происходит разрушение зерна. В остальном схемы подготовки твердой пшеницы в макаронную муку мало отличаются по построению от схем подготовки к размолу мягкой пшеницы в хлебопекарную муку.

§ 21.4. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ОХОДОВ

Классификация отходов. В процессе обработки возможно попадание в отходы зерен основной культуры, что ведет к потерям и уменьшению выхода муки. Отходы, получаемые с машин зерноочистительного отделения, в зависимости от их кормовой ценности подразделяют на три категории.

К первой категории относят зерновые отходы с содержанием зерна 30—50% (включительно), зерновые отходы с содержанием зерна 10—30% (включительно), пыль обочинную (белую) и др.

Во вторую категорию входят зерновые отходы с содержанием зерна от 2 до 10% и пыль обочинная (серая).

К третьей категории относят отходы от очистки зерна (сход с приемного сита сепаратора, проход подсевных сит первого сепарирования), содержащие зерна не более 2%, пыль аспирационную и обочинную (черную).

К отходам первой и второй категорий относят такие, которые получают в процессе мойки или первого (второго) увлажнения зерна. Эти отходы в основном состоят из частиц оболочек и некоторого количества разрушенных зерен. Сюда же относят шуплые зерна, сорные семена и т. п. Таким образом, отходы первой и второй категорий содержат то или иное количество продуктов, пригодных для питания животных. Поэтому их называют кормовыми.

Отходы первой и второй категорий обычно получают с сепараторами сходом с сортировочных сит при втором и третьем сепарировании, проходом через подсевные сита, а также с обочинных машин при втором шелушении и щеточных машин.

К третьей категории относят отходы, непригодные для кормовых целей, т. е. пыль с обочинных машин первого шелушения, пыль от фильтров, схода приемных сит сепараторов, ядовитые и вредные для корма сорняки и т. п. Таким образом, в эту категорию входят все виды отходов с высоким содержанием минеральных примесей, которые называют также некормовыми. Отходы третьей категории получают обычно с машин, установленных до мойки или первого увлажнения зерна.

При очистке зерна базисного качества количество отходов первой и второй категорий должно составлять до 2,8% и третьей — с механическими потерями 0,7% по отношению к массе зерна. Это соотношение может изменяться в зависимости от характера примесей, содержащихся в зерне, интенсивности процесса шелушения, а также состава оборудования.

Контроль отходов. В процессе подготовки зерна к размолу возможно попадание (при плохой работе машин) в отходы полноценных зерен основной культуры, а также отдельных его частей. Для выделения их из отходов, а также разделения на отдельные фракции отходы подвер-

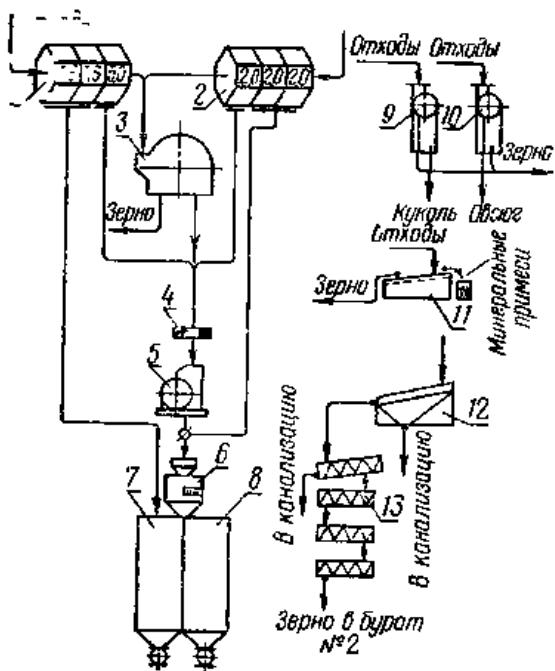


Рис. 21.4. Схема контроля отходов:

1 — бурат № 1; 2 — бурат № 2; 3 — аспиратор; 4 — магнитное заграждение; 5 — дробилка; 6 — автоматические весы; 7 — бункер для отходов третьей категории; 8 — бункер для отходов первой и второй категории; 9 — контрольная куколеотборочная машина; 10 — контрольная саскогоотборочная машина; 11 — камнеотделительная машина; 12 — зерноуловитель; 13 — шнековая сушилка.

битое, а сходом с бурата — полноценное зерно передают непосредственно в бункер кормовых отходов — в молотковую дробилку, затем в автоматические весы и бункер отходов первой и второй категории. Сходом с бурата № 2 получают полноценное зерно, которое также направляют в аспиратор и далее для повторной очистки в сепаратор второго прохода.

Отходы с контрольных куколеотборочных машин передают в бункер, а саскогоотборочных машин через магнитное заграждение — в молотковую дробилку для последующего измельчения, затем в автоматические весы и бункер отходов первой и второй категории.

§ 21.5. НОРМЫ КАЧЕСТВА ЗЕРНА

В таблице 21.2 приведены требования к качеству зерна, направляемого в зерноочистительное отделение и в размол (на I драную систему).

На некоторых мукомольных заводах в результате хорошего обслуживания машин содержание сорной примеси в зерне, направляемом на I драную систему, снижается до 0,15—0,20% и ниже. Наряду с этим снижается зольность зерна при обработке его в обоечных, щеточных и моечных машинах (примерно на 0,07—0,10%), а в результате гидротермической обработки изменяются структурно-механические и технологические свойства.

§ 21.6. ПОДГОТОВКА РЖИ И ПШЕНИЦЫ К РАЗМОЛУ НА ЗАРУБЕЖНЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Схемы подготовки зерна к размолу на зарубежных мельницах во многом совпадают с нашими, однако имеются и некоторые отличия. На мельницах Западной Европы учитывают показатель твердости и стек-

гают контролю (рис. 21.4). Отходы с сепаратора первого прохода, камнеотделительной и обоечной машины первого прохода поступают в бурат № 1. Проходом первых двух сит получают минеральные примеси, которые передают в бункер отходов третьей категории, а проходом следующего сита — битое зерно, которое направляют в молотковую дробилку. С нее продукты измельчения поступают в автоматические весы и далее в бункер. Сходом сит бурата получают зерно с крупными примесями, которое направляют в аспиратор. Легкие примеси передают в дробилку, а годное зерно для повторной очистки — в сепаратор.

Отходы с сепаратора третьего прохода, щеточной и обоечной машины второго прохода направляют в бурат № 2. Через первые два сита отбирают органические примеси, проходом последнего —

Таблица 21.2. Нормы качества зерна

Показатели	Зерно, направляемое	
	в зерноочистительное отделение	на I драную систему
Влажность	Не выше 12,5—13,5% с применением мойки зерна и до 13,5—14,5% без мойки	В зависимости от технологических свойств зерна: для пшеницы от 15,5 до 16,5% и для ржи от 13,5 до 15%
Сорная примесь	Не более 2%, в том числе вредной до 0,20%	Не выше 0,4%, в том числе куколя до 0,1%, вредной примеси (спорыни, головня, горчака, вязеля, мышатника) до 0,05%, в том числе горчака и вязеля не более 0,04%; содержание минеральной и металломагнитной примеси не допускается
Зерновая примесь	Не более 5% в пшенице и 4% во ржи, в том числе проросших зерен не более 3%	Содержание ржи и ячменя в пшенице не более 4% и ячменя во ржи не более 4%
Клейковина	Количество и качество клейковины в пшенице должно обеспечивать выработку стандартной муки по клейковине	—

ловидности. Подготовку разнокачественных партий проводят последовательно (на мельницах небольшой производительности) или в параллельных секциях. Во всех случаях применяют разделальное увлажнение и отволаживание пшеницы в зависимости от ее типового состава, стекловидности и других показателей. На зарубежных мельницах обычно применяют непрерывный (поточный) способ отволаживания.

Закрома для отволаживания разделены на группы, в которые направляют отдельные партии зерна. Количество и емкость закромов для каждой партии определяют в зависимости от процентного соотношения смеси, показателя твердости и стекловидности, начальной и конечной влажности пшеницы. В соответствии с этими характеристиками устанавливают величину увлажнения и продолжительность отволаживания.

Увлажнение проводят два или даже три раза с последующим отволаживанием. Под каждым закромом монтируют дозаторы, после которых подготовленное зерно в соответствии с рецептом смешивают и направляют на второй этап очистки. Перед подачей на I драную систему сформированную смесь зерна дополнительно увлажняют на 0,5—0,7% и отволаживают в течение 10—15 мин.

На подавляющем большинстве зарубежных мельниц камнеотделительные машины флотационно-воздушного типа устанавливают в начале схемы подготовки зерна к размолу, что позволяет уменьшить износ рабочих органов последующего оборудования (триеров, щеточных и обоечных машин), а также транспортных механизмов.

В последнее время в результате недостатка пресной воды в странах Западной Европы, высокой ее стоимости, а также необходимости строительства очистных сооружений вместо моечных машин устанавливают вертикальные шелушильные машины с увлажнением пшеницы. Это обеспечивает снижение расхода воды до 0,25 л на 1 кг зерна вместо 2 л, расходуемых в моечных машинах.

Все кормовые отходы, получаемые в зерноочистительном отделении, пропускают через магнитные аппараты, измельчают в дробилке и подают в цех гранулирования, где их смешивают с отрубями. Гранулы, полученные из смеси отрубей и отходов, используют для выработки комбикормов.

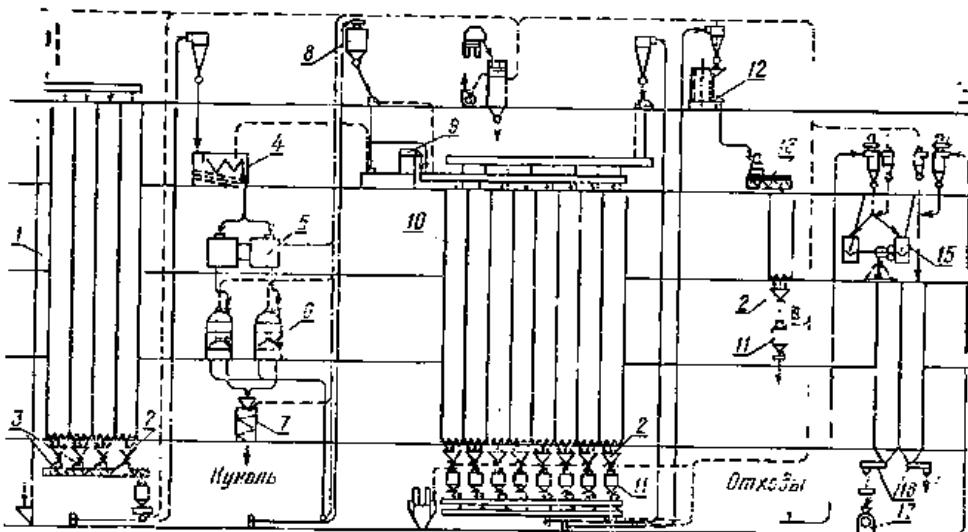


Рис. 21.5. Схема подготовки зерна пшеницы на одной из мельниц Швейцарии:

1 — закрома для зерна; 2 — выпускные устройства; 3 — дозирующие смесительные аппараты; 4 — сепаратор; 5 — камнеотделяльная машина; 6 — триер с контрольным триером; 7 — спиральный сепаратор; 8 — пневмоспиратор; 9 — мокрая машина; 10 — закрома для отволаживания зерна; 11 — автоматические весы; 12 — шелушильная машина; 13 — увлажнительная машина; 14 — циклон с встроенным вентилятором; 15 — рассев; 16 — выпускные устройства; 17 — дробилка.

Управление задвижками, клапанами, пуском и остановкой всех машин зерноочистительного отделения, а также контроль за работой оборудования проводят с центрального пульта.

Характерной тенденцией для зарубежных мельниц является фракционирование зерна по крупности в рассевах. Получают три фракции зерна в соотношении: 15% (крупное), 70% (среднее) и 15% (мелкое). Наибольшее количество специфических примесей содержится в крупной и мелкой фракциях, поэтому их подвергают очистке раздельно. Потоки крупного и мелкого зерна не смешивают на протяжении всего цикла подготовки к размолу и направляют раздельно на драные системы.

Специалисты-мукомолы считают, что эффективность очистки зерна в настоящее время неоправданно низка по отношению к затратам. Поэтому стремятся к ее упрощению при одновременном увеличении эффективности. Намечается также широко применять высокоеффективные пневматические, ситовые и воздушно-ситовые сепараторы.

По схеме подготовки пшеницы к размолу на одной из мельниц Швейцарии зерно последовательно очищают в сепараторах, камнеотделительных машинах флотационного типа, триерах, пневматическом аспираторе, после которого увлажняют в аппаратах типа наших машин Мануйлова (рис. 21.5). Затем зерно подвергают мокрому шелушению в вертикальной шелушильной машине и направляют в закрома для отволаживания.

Время отволаживания устанавливают отдельно для каждой партии зерна (от 16 до 72 ч). По закромам зерно влажностью 16—17% проходит непрерывным потоком со строго установленной скоростью. Под каждым закромом установлены автоматические весы «Хронос», на которых поток зерна дозируется в соответствии с рецептурой и временем отволаживания. Подготовленное зерно после весов смешивают в шнеках и направляют для дальнейшей обработки (вторая очистка) в машины сухого шелушения, энтолеторы, аспираторы. После них пшеницу увлажняют на 0,5—0,7%, отволаживают, взвешивают в автоматических весах. Затем зерно проходит через магнитный аппарат и поступает в вальцовый станок I драной системы.

На мельницах, вырабатывающих макаронную муку, применяют развитую схему очистки, варьируя ее в зависимости от свойств сорной примеси. Если зерно содержит повышенное количество примесей, то вначале устанавливают вибрационный сепаратор, на котором поток зерна разделяется на две фракции — крупную и мелкую. Фракция мелкого зерна, идущая через нижнее сито, проходит через воздушный сепаратор, где выделяется легкое зерно. Для основной фракции крупного зерна предусмотрен еще проход через камнеотделительную машину. Каждая фракция проходит через отдельный триер, ячей которых подбирают в зависимости от размеров обрабатываемого зерна.

При повышенном содержании минеральной примеси зерно после воздушно-ситового сепаратора вновь пропускают через сепаратор, на котором оно разделяется по размерам на крупную и мелкую фракции, которые направляют в отдельные камнеотделительные машины. Окончательно очищают зерно в щеточных, моечных, увлажнятельных и обоченных машинах. После 3—5 ч отволаживания зерно снова направляют в щеточную машину, а затем в обоченную и пневмоаспиратор. После дополнительного увлажнения в машине распыливающего действия и отволаживания (3—5 мин) зерно поступает на I драную систему.

Ассоциацией мукомолов США предложена схема подготовки к размолу твердой пшеницы для мельниц производительностью 325 т/сутки. Особенностью является горячее кондиционирование зерна в подогревательных шпеках. В верхний шпек поступает пар, во второй — вода, третий шнек перемешивает увлажненное зерно и направляет его в замора для первого отволаживания. Между первым и вторым отволаживанием устанавливают охладительную колонку.

Высокая стоимость зерна, особенно твердой пшеницы, обусловливается применением развитой схемы контроля отходов, что позволяет полностью извлечь зерно и направить его в размол. На некоторых мельницах США, Англии, ФРГ на контроле отходов используют фотоэлектрические сепараторы «Сортекс» производительностью до 0,5 т/ч, позволяющие выделить до 70% битого зерна. На мельницах макаронного помола эти сепараторы применяют для отбора рожков спорышей, а также других темноокрашенных частиц, имеющих с зерном одинаковые размеры.

§ 21.7. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМОЛОВ РЖИ И ПШЕНИЦЫ

Помолом принято называть совокупность связанных между собой в определенной последовательности операций по переработке зерна в муку. Процесс помола обычно изображают графически в виде технологической схемы, на которой условными обозначениями указывают машины, дают их техническую характеристику, а также направление движения продуктов.

Обычно в специальной литературе помолы классифицируют по формальным признакам (одно-, двух-, многосортные, сортовые и т. д.) и реже по одному из признаков, отражающих их сущность (разовые, повторительные). Однако чаще всего первые признаки смешиваются со вторыми (помолы простые и повторительные, разовые и сортовые и т. п.). Таким образом, в ранее существовавших классификациях помолов отсутствуют точные признаки, отражающие сущность того или иного помола.

Необходимо также отметить, что существующие классификации чаще всего относят к помолам, применявшимся на мельницах дореволюционной России.

В основу классификации помолов (рис. 21.6) положены следующие признаки: кратность измельчения зерна; степень развитости помола в целом; степень развитости процесса обогащения крупок.

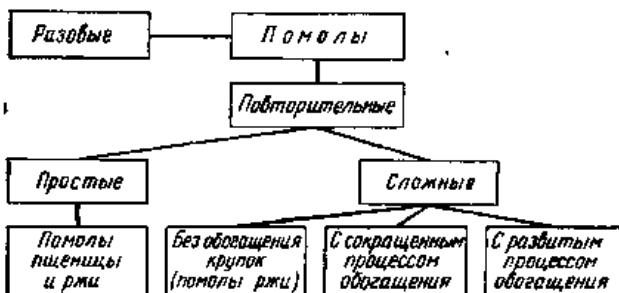


Рис. 21.6. Классификация помолов ржи и ячменя.

По первому признаку помолы подразделяют на разовые и повторительные. При разовых муку получают в результате однократного пропуска зерна через измельчающую машину, а при повторительных — в результате многократного и последовательного пропуска продуктом дробления зерна.

Повторительные помолы подразделяют на простые и сложные. Простые отличаются наименее развитым процессом и включают один драный процесс или драной и сокращенный размольный. Сложные помолы более развиты, чем простые, и включают драной и развитый размольный процессы или драной, процесс обогащения, шлифовочный и размольный.

Сложные помолы в зависимости от степени развитости процесса обогащения могут быть: без процесса обогащения; с сокращенным процессом обогащения; с развитым процессом обогащения.

К сложным помолам, при которых процесс обогащения не используют, относят помолы ржи при выработке муки сеянной и обдирной или только сеянной. В этих случаях промежуточные продукты, полученные с драных систем, подвергают измельчению на размольных системах.

При сложных помолах с сокращенным процессом обогащения промежуточные продукты или крупки, полученные с драных систем, частично подвергают обогащению в ситовечных машинах, а затем измельчению в муку на размольных системах.

При сложных помолах с развитым процессом обогащения промежуточные продукты, полученные с драных систем, обогащают в ситовечных машинах, дополнительно обрабатывают на специальных системах (шлифовочных). После этого их вторично обогащают, а затем измельчают в муку на размольных системах.

§ 21.8. ПРОДУКЦИЯ, ВЫРАБАТЫВАЕМАЯ ИЗ ЗЕРНА РЖИ

Выходом муки называют отношение массы полученной муки к массе зерна, поступившего в зерноочистительное отделение, выражение в процентах.

В таблице 21.3 приведены виды помолов и базисные нормы выхода продукции при переработке ржи в хлебопекарную муку, а в таблице 21.4 нормы качества продукции.

Ржаную муку вырабатывают трех сортов: обойную, обдирную и сеянную. Каждый сорт муки различается зольностью и крупностью.

Обойную муку получают при односортном 95 %-ном помоле проходом металлотканого сита № 067.

Размер частиц муки примерно от 30 до 600 мкм. Обойная мука богата водорастворимыми веществами, сахаром, содержит 12—14% белка и 2,0—2,5% клетчатки, зольность ее должна быть ниже зольности зерна на 0,07%.

Обдирная мука, как и обойная, богата водорастворимыми веществами, сахарами, но содержит меньше белка (10—12%) и клетчатки (0,9—1,1%). Обдирная мука отличается от обойной меньшим содержанием оболочек и алейронового слоя, а также более высокой степенью измельчения. Обдирную муку вырабатывают при односортном помоле

Таблица 21.3. Помолы ржи и базисные нормы выхода продукции

Продукция	Двухсортный 60%-ный	Сеянный 63%-ный	Обдирный 87%-ный	Ржаной 95%-ный	Ржано-пшеничный 95%-ный	Пшенично-ржаной 96%-ный
Мука:						
сейная	15,0	30,0	63,0	—	—	—
обдирная	65,0	50,0	—	87,0	—	—
обойная	—	—	—	—	95,0	95,0
Побочные продукты:						
мучка кормовая	—	—	15,0	—	—	—
отруби	16,0	16,0	18,0	9,0	2,0	2,0
Отходы категории:						
первой и второй	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0
третьей с механическими потерями (без мойки зерна)	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

Приложение. Ржано-пшеничным считают помол смеси зерна, состоящей из 60% ржи и 40% пшеницы, а пшенично-ржаным — помол смеси зерна, состоящей из 70% пшеницы и 30% ржи.

Таблица 21.4. Нормы качества ржаной хлебопекарной муки

Мука	Зольность (не более), %	Крупность помола				Цвет (органолептическое определение)	
		остаток на сите		проход через сите			
		номер	не более, %	номер	не менее, %		
Сеянная	0,75	27	2	38	90	Белый	
Обдирная	1,45	045	2	38	60	Серовато-белый	
Обойная	2,00*	067	2	38	30	Серовато-белый с заметными частичками оболочек	

* Но не менее чем на 0,07% ниже зольности зерна до очистки.

(выход 87%) или при двухсортном (выход 50—65%) после отбора 15—30% сеянной муки. Размер частиц муки примерно от 80 до 400 мкм.

Сеянная мука — это наиболее высокий по качеству сорт ржаной муки. Она состоит из тонкоизмельченного эндосперма с небольшой примесью частиц алеришевого слоя и оболочек. Получают ее при односортном (выход 63%) или двухсортном помоле (выход 15—30%) проходом через капроновые сите № 38—43. Размер частиц примерно от 20 до 200 мкм. Мука богата крахмалом, сахарами, содержит значительное количество водорастворимых веществ и сравнительно немного белка (8—10%) и клетчатки (0,3—0,4%).

Для каждого сорта муки установлены нормы крупности (проход через сите и остаток на сите соответствующих номеров). Для сеянной муки остаток на щелковом сите № 27 должен быть не более 2%, для обдирной на металлотканом сите № 045 и для обойной на сите № 067 — не более 2%. Соответственно проход через щелковое сите № 38 для сеянной муки не менее 90%, для обдирной 60% и для обойной 30%.

§ 21.9. ПРОСТЫЕ ПОВТОРИТЕЛЬНЫЕ ПОМОЛЫ РЖИ

Зерно ржи по внешним признакам отличается от зерна пшеницы. Как правило, оно более длинное и тонкое. Бороздка довольно глубокая, но менее развита и менее открыта. Во ржи меньше эндосперма

(примерно 75—79 против 80—83% в пшенице) и сравнительно невысокая стекловидность (в среднем 10—30%).

Другой характерной особенностью зерна ржи является то, что оболочки более плотно срослись с эндоспермом и они большей толщины (100—140 против 70—90 мкм в пшенице). Рожь отличается от пшеницы меньшим содержанием белка (11—13 против 14—15%), а зольность зерна выше (1,80—1,93 против 1,65—1,83%). Наряду с этим рожь содержит больше слизи (1,5—2,5%), в результате чего эндосперм и оболочки ржи более пластичны.

Указанные особенности обуславливают построение отдельных процессов и схемы помола в целом.

При дроблении ржи в драном процессе из-за рыхлой мучнистой структуры эндосперма получается незначительное количество промежуточных продуктов и больше муки. Промежуточные продукты мучнистой консистенции и состоят из сросшихся частиц эндосперма с оболочками. Их обогащение в ситовечных машинах малоэффективно, ввиду чего этот процесс не используют.

Размольный процесс применяют сокращенный, так как промежуточных продуктов сравнительно мало и они отличаются малой прочностью. Поэтому большую часть муки отбирают с драных систем.

Эластичные и более толстые оболочки ржи оказывают большее сопротивление в рабочей зоне вальцового станка, чем оболочки пшеницы. Удельный расход энергии на измельчение ржи выше, чем пшеницы. Большая степень срастания оболочек с эндоспермом приводит к тому, что процесс вымоля оболочек усложняется. Поэтому приходится применять более развитый процесс вымоля в вальцовых станках и бичевых машинах.

До недавнего времени бичевые машины использовали на мукомольных заводах для отделения от оболочечных продуктов оставшихся частиц эндосперма (вымоля оболочек), их устанавливали обычно после III, IV и V драных систем.

Продукты (крупные оболочки), получаемые сходом присмых сит бичевых машин, передавали в отруби, а проходовые фракции (более мелкие и мучнистые) — в специально выделенный рассев. Здесь отсеивалась мука, а продукты передавали в отруби. При такой обработке сходовых продуктов оболочки в меньшей степени подвергаются измельчению, чем при вымOLE в вальцовых станках. Вырабатываемая мука менее зольная и лучше по цвету.

В современных схемах бичевые машины устанавливают не только для вымоля оболочек с последних драных систем, но и для дополнительного измельчения и сортирования продуктов после вальцовых станков драных систем. В данном случае после вальцовых станков I, II, III, IV и V драных систем устанавливают бичевые машины (для заводов с механическим транспортом) и пневмобичевые (для заводов с пневматическим транспортом).

Продукт из-под вальцового станка поступает в бичевую машину и в результате трения о ситовую поверхность и многократного ударно-стирающего воздействия интенсивно измельчается (нарушаются связи между эндоспермом и оболочками), а также одновременно рассортируется на две фракции, отличающиеся по размерам частиц и зольности. Сходовую фракцию направляют на следующую драную систему, а проходовую — в рассев данной системы. В результате этого снижается нагрузка на рассевы, что позволяет устанавливать мучные сита более высоких номеров, следовательно получать с первых драных систем более дисперсную муку, лучшего качества по зольности и цвету. Учитывая, что в бичевых машинах дополнительно измельчается продукт, можно увеличить нагрузки на вальцовые станки и в целом производительность мукомольного завода примерно на 15—20%. Обработка

продуктов в бичевых машинах позволяет получить дополнительно 8—10% муки по отношению к массе продукта, поступающего на данную систему.

Ориентировочное разделение продукта в бичевой машине после вальцового станка I драной системы — 50% сходовой фракции и 50% проходовой, для продукта после вальцового станка II драной системы — 60—70% проходовой фракции и 40—30% сходовой.

Окружную скорость ротора бичевых машин рекомендуется принимать 14—17 м/с при обработке крупных продуктов и 8—11 м/с — мелких продуктов. В бичевых машинах устанавливают примерно следующие сита с отверстиями диаметром: на I драной системе 2,0 мм; II — 1,5; III — 1,2; на IV драной системе 1,0 мм.

В практике мукомольного производства режимы измельчения принято оценивать извлечением, т. е. количеством продукта (%) по массе, просеивающегося через определенный номер сита. Для нахождения извлечения на какой-либо системе отбирают навеску продукта до станка (из-под питающих валиков) 6—8 раз с интервалами 1—2 мин. Одновременно берут навеску при выходе продукта из-под вальцов. Для анализа выделяют среднюю пробу (100 г) из навесок, взятых до и после станка. Полученную пробу просеивают через определенный номер сита в течение 3 мин. Затем отдельно взвешивают сход и проход. По результатам просеивания вычисляют коэффициент извлечения (%) по формуле

$$I_{\text{систем}} = \frac{(K_2 - K_1) 100}{100 - K_1},$$

где K_1 — количество продукта в проходе до станка, %; K_2 — количество продукта в проходе после станка, %.

Для I драной системы величину K_1 не определяют и принимают равной нулю.

Исследования и опыт работы предприятий показывают, что коэффициент извлечения или общее извлечение на любой системе при постоянных кинематических и геометрических параметрах работы вальцового станка обусловливается величиной межвальцового зазора. С его уменьшением общее извлечение увеличивается.

В таблице 21.5 приведены основные показатели построения схем помола.

При выработке обойной муки количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов принимают по системам минимальное (от 5 до 7), так как обойную муку вырабатывают более крупной по размерам частиц.

Уклон рифлей с целью интенсивного измельчения зерна выбирают максимальный (12—14%), а рифли на всех системах устанавливают «острие по острию». При таком расположении рифлей в зоне измельчения будут преобладать деформации сдвига и среза, что снижает расход энергии и увеличивает удельные нагрузки на вальцовые станки. Рекомендуется на последней системе рифли располагать «спинка по спинке». При этом оболочки будут меньше подвергаться измельчению, а мука будет не только более дисперсной, но и менее зольной.

При выработке обдириной и сеянной муки плотность нарезки рифлей несколько увеличивают, что способствует получению более дисперсной муки. Укли рифлей уменьшают для предохранения оболочек от повышенного измельчения.

При выработке двухсортной муки и односортной сеянной муки рифли на вальцах всех драных систем располагают «острие по острию» и на всех размольных — «спинка по спинке». При таком расположении рифлей на первых драных системах можно получить больше промежуточных продуктов, муку лучшего качества, а с каждой размольной системы — максимальное количество муки.

Таблица 21.5 Техническая характеристика систем

Показатели	При выработке муки	
	обойной	обдирной
Количество систем:		
драних	3—4	4—5
размольных	—	1—2
Количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов на системах:		
драних	5—7	С 5,0—5,5 до 8—9
размольных	—	9
Уклон рифлей на системах:		
драних	12—14	12—14
размольных	—	10
Расположение рифлей на системах:		
драних	ос/ос*	ос/ос
размольных	—	ос/ос
Профиль рифлей на системах:		
драних	35/65°	35/65°
размольных	—	35/65°
Отношение окружных скоростей вальцов на системах:		
драних	2,5	2,5
размольных	—	2,5
Окружная скорость быстровращающегося вальца на системах, м/с:		
драних	6	6
размольных	—	6

* На последней драной системе можно расположить рифли «спинка по спинке».

Построение схем простых помолов ржи. При простых повторительных помолах ржи получают муку обойную и обдирную. При выработке обойной муки зерно подвергают простому измельчению и лишь незначительную часть оболочек отбирают в виде отрубей. Выход обойной муки 95%, отрубей 2%. Схема помола ржи в обойную муку включает только драной процесс.

Для дополнительного измельчения продуктов после вальцовых станков устанавливают бичевые машины.

При помоле ржи в обдирную муку драной процесс подразделяют на этап отбора промежуточных продуктов (с I драной системы) в виде смеси крупок и дунстов, на этап отбора максимального количества муки с первых трех драных систем и этап отделения оставшихся частиц эндосперма от оболочек на последующих драных системах (вымол оболочек). Промежуточные продукты в дальнейшем передаются на I-ю размольную систему для измельчения в муку. После вальцовых станков всех драных систем устанавливают бичевые машины для дополнительного измельчения сходовых продуктов и рассортирования их на две фракции.

Муку обойную в соответствии с утвержденным стандартом вырабатывают проходом металлотканого сита № 067, а обдирную — проходом сита № 045.

С целью выработки муки лучшего качества сита по системам выбирают более высоких номеров. Так, для обойной муки сита по системам устанавливают в пределах № 067—080, а для обдирной — капроновые № 23—27, причем на первых двух драных системах сита более высоких номеров. Это позволяет получить с этих систем более дисперсную муку, лучшую по качеству, чем на следующих системах.

Помол ржи в обойную муку (рис. 21.7). Предусмотрено четыре системы. После вальцовых станков установлены бичевые машины. Основная задача при выработке обойной муки заключается в том, чтобы под-

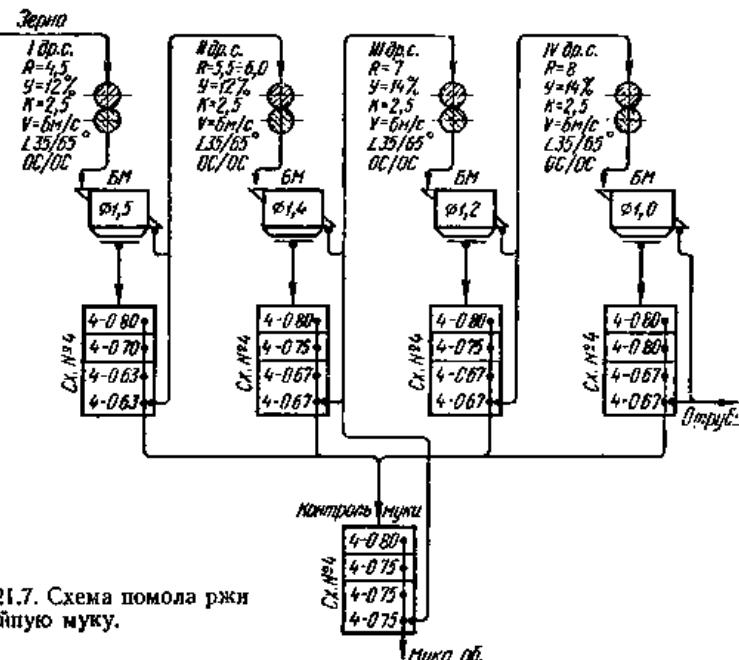


Рис. 21.7. Схема помола ржи в обойную муку.

вернуть части зерна интенсивному измельчению для получения муки по крупности не ниже норм, предусмотренных стандартом.

Продукты (сход с бичевых машин и рассевов), начиная с I драной системы, последовательно передают с одной системы на другую, а с последней — в отруби. Продукты (проход сит с бичевых машин) передают в рассевы соответствующих систем.

Проходом сит № 063—080 получают муку, которую направляют в контрольный рассев. С него готовый продукт (муку) передают на выбой, более крупные частицы — для дополнительного измельчения на одну из последних драных систем (на III драную).

Режим измельчения (табл. 21.6) при выработке обойной муки устанавливают на максимальное извлечение муки с каждой системы, при этом количество сходовых продуктов с последней системы должно быть минимальным (не более 3% от массы зерна, поступающего на переработку). При таких режимах с первых двух драных систем отбирают примерно 75—85% муки (по отношению к массе зерна, поступающего на I драную систему) и на последующих системах — до установленного выхода. При недостаточном извлечении муки с первых двух систем большая часть сходов будет поступать на последующие системы, что приведет к перегрузке и соответственно к снижению выхода муки.

Таблица 21.6. Примерные режимы измельчения при помоле зерна в обойную муку

Показатели	Драные системы		
	I	II	III
Контрольный номер сита Извлечение, % от массы продукта, направляемого на систему	067 60—65	067 80—85	067 90—95

На мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы разработана схема выработки обойной муки из зерна ржи на трех драных системах с применением рассевов ЗРШ-4М и без бичевых машин.

Количество рифлей на 1 см окружности вальцов принято: на I драной системе 12, на II — 16, на III — 18; уклоны рифлей на всех системах 14%; отношение окружных скоростей вальцов 2,5; расположение рифлей «острие по острию», окружная скорость быстровращающегося вальца на всех системах 8,8 м/с.

Разработаны рекомендации по выработке обойной муки для мукомольных заводов различной производительности.

Для завода производительностью 100 т/сутки следует принимать следующие режимы измельчения (проход сита № 067): I — драная система 60—65%; II — 85; III — 90—95%. В случае увеличенного против норм выхода отрубей на III драной системе в рассевах последней группы следует установить сита № 080, направив проходовую фракцию этой группы сит снова в вальцовый станок III драной системы, а сходовую — в отруби.

Технологическая схема для мукомольного завода производительностью 200 т/сутки может включать три или четыре драные системы. Если зерно размалывают на четырех драных системах, рекомендуются следующие режимы измельчения (проход сита № 067): I драная 35—45%; II — 55—70; III — 80; IV — 95%.

Наиболее эффективно используется оборудование для заводов производительностью 350 т/сутки, что выражается в повышенных удельных нагрузках на рассевы [7050—7680 кг/(м²·сутки)] и вальцовые станки [359—392 кг/(см·сутки)].

По результатам испытаний секции обойного помола ржи мелькомбината им. А. Д. Цюрупы определены для рассевов ЗРШ-4М нагрузки по системам: I драная — 21 000—23 500; II — 14 000—16 500; III — 9500—12 000; IV — 3500—4500; контроль муки — 20 000—22 000 и на помол в целом 6000 кг/(м²·сутки).

Помол ржи в обдирную муку. При выработке обдирной муки зерно подвергают менее интенсивному измельчению на драных системах с целью получения не только муки, но и необходимого количества промежуточных продуктов для последующего измельчения их на размольных системах.

Выход обдирной муки 87%, зольность не выше 1,45%, выход отрубей 9%. Обдирная мука характеризуется остатком на металлотканом сите № 045 в количестве не более 2% и проходом через шелковое сите № 38(IX) не менее 60%. Таким образом, обдирная мука по сравнению с обойной не только более дисперсная, но и менее зольная.

Схема помола состоит из пяти драных и двух размольных систем (рис. 21.8). После вальцовых станков драных систем установлены бичевые машины, а для вымоля сходовых продуктов последней драной системы — вымольная машина А1-БВУ. Для пересева мучнистых продуктов, полученных проходом сит с этой машины, выделена специальная сортировочная система.

Продукты, полученные сходом с бичевых машин и нижних сит рассевов (за исключением I драной системы), распределяются по тому же принципу, что и при выработке обойной муки, а продукты с I драной системы — в зависимости от их крупности и качества. Так, продукты, полученные сходом сит бичевой машины № 1 (наиболее крупные и высокозольные), передают на II драную систему, сходом верхних приемных сит рассева (более мелкие и менее зольные) тоже на II драную систему, но на другую пару вальцов, а сходом нижних сит в виде смеси наиболее доброкачественных продуктов — на 1-ю размольную систему.

Сходом сит машины А1-БВУ получают крупные оболочки, которые направляют в отруби, а проходом более мелкие мучнистые продукты передают на сортировочную систему. Здесь отсеивается мука, поступающая в контрольный рассев, а сходом получают более мелкие частицы оболочек, которые передают в отруби.

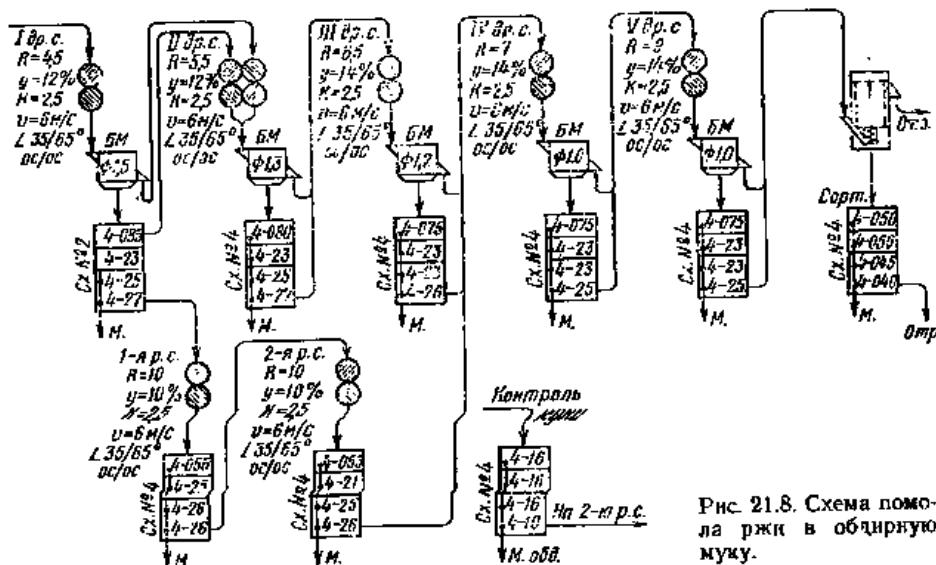


Рис. 21.8. Схема помола ржи в обдирную муку.

С 1-й размольной системы продукт, получаемый сходом нижних сит, передают на следующую по порядку размольную систему (на 2-ю) и с нее для дополнительного вымоля на IV драную систему.

Муку со всех систем направляют в контрольный рассев, где она смешивается и выравнивается по крупности. С контрольного рассева муку передают на выбой, а сходом получают более крупные частицы, чем мука, которые направляют для дополнительного измельчения на 2-ю размольную систему.

Режимы измельчения (табл. 21.7) при выработке обдирной муки выбирают так, чтобы можно было получить возможно большее количество муки с I, II и III драных систем и промежуточных продуктов с I драной в количестве, достаточном для загрузки размольной системы.

Таблица 21.7. Примерные режимы измельчения на основных системах драного процесса при помоле ржи в обдирную муку

Показатели	Драная система	
	I	II
Проход через ситео Извлечение, % от массы продукта, поступающего на данную систему	08 40—46	08 45—55

На последующих системах режимы устанавливаются на максимальное извлечение муки. В указанное извлечение входит мука и промежуточные продукты в виде смеси крупок и дунстов.

При извлечениях, указанных в таблице, получают примерно следующее количество муки и промежуточных продуктов (табл. 21.8).

Режимы измельчения по размольным системам устанавливают на максимальное извлечение муки с каждой системы и получение сходовых продуктов с последней системы в минимальном количестве (2—3%). Ориентировочные показатели, характеризующие режимы измельчения на размольных системах (% по отношению к массе продукта, поступающего на систему), следующие:

Система	Количество, %
1-я размольная	40—50
2-я *	60—80

Таблица 21.8. Количество продуктов к массе зерна, поступающего на I драную систему

Система	Извлечение, %	
	муки	промежуточных продуктов
I драная	20,5	20,0
II >	22,0	—
III >	15,0	—
IV >	8,5	—
V >	5,0	—
Пересевивание	3,0	—
Итого	74,0	20,0

При указанных режимах муки с 1-й размольной системы извлекают (по отношению к массе зерна, поступающего на I драную систему) примерно 9,5% и со 2-й — 6,0%. Таким образом, основную массу обдирной муки извлекают с драных систем (74,0%) и значительно меньшую — с размольных (15,5%). Всего на контроль поступает $74,0 + 15,5 = 89,5\%$, сход с контроля 2,5%, муки после контроля 87%.

§ 21.10. СЛОЖНЫЕ ПОВТОРИТЕЛЬНЫЕ ПОМОЛЫ РЖИ БЕЗ ОБОГАЩЕНИЯ КРУПОК

При сложных помолах ржи вырабатывают сеянную и обдирную муку с общим выходом 80% и сеянную муку с выходом 63%. При выработке двух сортов обдирная мука должна иметь такие же качественные показатели, как и при помоле с выходом 87%, а сеянная мука должна быть менее зольной (не выше 0,75%) и более дисперсной (проход шелкового сита № 38 не менее 90%). Количество отбираемых оболочек в виде отрубей значительно выше и составляет при выработке сеянной и обдирной муки 17% и одной сеянной 19%. Таким образом, при получении сеянной и обдирной муки или только сеяной степень избирательного измельчения проявляется в большей степени, чем при выработке обдирной муки с выходом 87%.

Драной процесс подразделяют на этап отбора муки и промежуточных продуктов, включающий первые две системы, и этап отбора муки с последующих систем. Промежуточные продукты при помолах 15+65 и 30+50% получают с первых двух драных систем, а при выработке сеянной муки в количестве 63% — с I, II и III драных. Кроме того, в первом случае промежуточные продукты отбирают в виде смеси крупок и дунстов, а во втором — раздельно. Вымол оболочек в драном процессе начинают с IV драной системы в вальцовых станках, бичевых и щеточных машинах. При выработке сеянной муки во избежание повышенного измельчения оболочек и ухудшения качества муки вымол проводят только в вальцовых станках и щеточных машинах. По этой же причине бичевые машины после вальцовых станков устанавливают только при выработке сеянной и обдирной муки.

Перед I драной системой используют дробильную (подготовительную) или плющильную систему. На первой принимают три рифли на 1 см длины окружности вальцов, уклон рифлей 8%, расположение «острие по острию» и отношение окружных скоростей 1,2. При этих параметрах зерно раздробляется на крупные части и затем через сито № 040 отбирают небольшое количество обдирной муки (до 1%).

На плющильной системе устанавливают гладкие вальцы с отношением окружных скоростей $v_b : v_m = 1$ и относительной скоростью $v_o = v_b - v_m = 0$. В этом случае в зоне измельчения преобладает деформа-

ция сжатия, в результате чего нарушаются внутренние связи частей зерна и улучшаются условия отделения оболочек от эндосперма. Частично также выделяется минеральная пыль из бороздки и с поверхности зерна, что улучшает качество муки, отбираемой с I драной системы. Режим работы плющильной системы устанавливают на извлечение небольшого количества обдирной муки.

При выработке обдирной и сеянной муки количество рифлей на 1 см по сравнению с простыми помолами несколько увеличивают (это способствует более тонкому измельчению продуктов и выработке более дисперсной муки), а уклон рифлей (для предохранения оболочек от повышенного измельчения и улучшения качества муки) снижают. При расположении рифлей (табл. 21.9) на первых драных системах получают больше промежуточных продуктов (преобладает деформация сдвига), а на размольных — больше муки лучшего качества.

Таблица 21.9. Техническая характеристика систем

Показатели	При выработке муки	
	сеянной + обдирной 15+65 и 30+50 %	сеянной 63%-ной
Количество систем:		
драных	4—5	6—7
размольных	3—4	5—7
Количество рифлей на 1 см длины окружностей вальцов на системах:		
драных	5—9	5,5—9
размольных	9,5—10,0	10,0—11,0
Уклон рифлей на системах:		
драных	8—14	8—10
размольных	10—14	8—10
Расположение рифлей на системах:		
драных	ос/ос	ос/ос
размольных	сл/сп	сл/сп
Профиль рифлей на системах:		
драных	25/65°	25/65°
размольных	25/65°	40/70°
Отношение окружных скоростей вальцов на системах:		
драных	2,5	2,5
размольных	2,5	2,5*; 1,5**
Окружная скорость быстровращающегося вальца на системах, м/с:		
драных	6	6
размольных	6	6

* На первых трех размольных системах.

** На вымольных системах.

При помоле с выходами муки 15+65 и 30+50% капроновые сита для отделения обдирной муки по системам выбирают в пределах № 23—29, т. е. более густые, чем при выработке обдирной муки с выходом 87%. Это объясняется тем, что после отбора сеянной муки в количестве 15—30% обдирную муку требуемого качества можно получить только просеванием ее на более густых ситах.

Сита для отделения сеянной муки при двухсортном помоле выбирают в пределах № 38—43, а при выработке сеянной муки в количестве 63% — в пределах № 38—52. В первом случае сеянную муку (до 30%) получают с первых двух драных и размольных систем, а во втором (63%) — со всех драных и размольных систем. Для того чтобы не допустить ухудшения качества муки, ее просеивают через более густые сита.

В пределах системы сита подбирают в порядке возрастающих номеров, т. е. вначале меньших, а затем больших номеров (рис. 21.9, а).

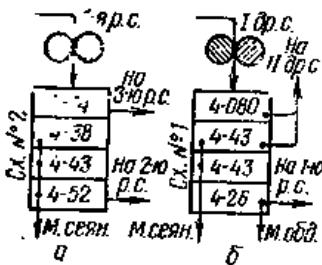


Рис. 21.9. Порядок установки сит на системе при отборе муки:
а — одного сорта; б — двух сортов.

При установке сит одних и тех же номеров мука получается неоднородной по зольности: проходом через верхние сите идет мука с меньшей зольностью, а проходом через нижние — с более высокой зольностью, так как при снижении нагрузок на нижние сите вместе с мукой просеиваются и частицы оболочек.

При отборе с рассева двух сортов вначале устанавливают сите для отделения первого, а затем второго по качеству сорта муки (рис. 21.9, б). Например, для сеянной муки сите № 43, а обдирной — № 26. На контрольных рассевах сите принимают на 1—2 номера реже, чем по системам. Сход с контрольных рассевов не должен превышать 2,0% от массы

продукта, поступающего в рассев.

Приведенные данные о нумерации сит ориентировочные, так как на выбор мучных сит влияет не только качество муки, но и стекловидность зерна, его влажность, нагрузки на сите, режимы измельчения и т. п.

Муку по сортам в основном группируют по показателям зольности. При выработке двух сортов — первый по качеству сорт составляют из потоков лучшей муки (с I, II драных проходом верхних мучных сит и с 1-й и 2-й размолочных систем верхних мучных сит), а следующий по порядку сорт из потоков с остальных систем. Обдирную муку направляют в контрольный рассев одним потоком.

Сеянную муку отбирают в небольшом количестве и с незначительным колебанием по зольности. Поэтому ее направляют в контрольный рассев также одним потоком. При выработке 63% сеянной муки она получается неоднородной по качеству (по зольности). Поэтому ее рекомендуется направлять в контрольный рассев двумя потоками, каждый из которых составляют из муки, близкой по качеству с последующим смешиванием.

При группировке потоков сеянной муки перед направлением в контрольный рассев направляют: в первый поток муку с I, II, III драных систем и с 1, 2, 3, 4-й размолочных, а муку со всех остальных систем во второй поток.

Помол ржи с выходом 15—30% сеянной и 65—50% обдирной муки. Схема включает одну подготовительную, пять драных и четыре размолочные системы (рис. 21.10). Для обработки продуктов после валко-вальных станков драных систем установлены горизонтальные бичевые машины. Вымоль крупных оболочечных продуктов с IV и V драных систем проводят в бичевых машинах, а более мелких, полученных сходом с V драной и 4-й размолочной систем, — в щеточных машинах.

Продукты с первых трех драных систем в основном распределяют так же, как и ранее рассмотренным схемам. Верхний сход IV драной системы передают в бичевую машину № 1, с V драной — в машину № 2, а нижний сход с V драной системы — в щеточную машину. Сходы с бичевых и щеточных машин направляют на специально выделенную сортировочную систему № 3, а проходы — на системы № 1 и 2.

На сортировочной системе № 3 отсеивается мука, а сходом получают крупные оболочки (зольность 5,0—5,5%), которые направляют в отруби. С сортировочных систем № 1 и 2, на которых просеиваются более мелкие продукты, проходом сите также отсеивается мука. Сходом получают оболочечные продукты, которые передают для дополнительного вымоля с системы № 2 на V драную, а с системы № 1 на пересев в сортировочную систему № 3.

Смесь крупок и душиков, получаемых сходом нижних сите № 26 с I и II драных систем, направляют на 1-ю размолочную. Продукты с

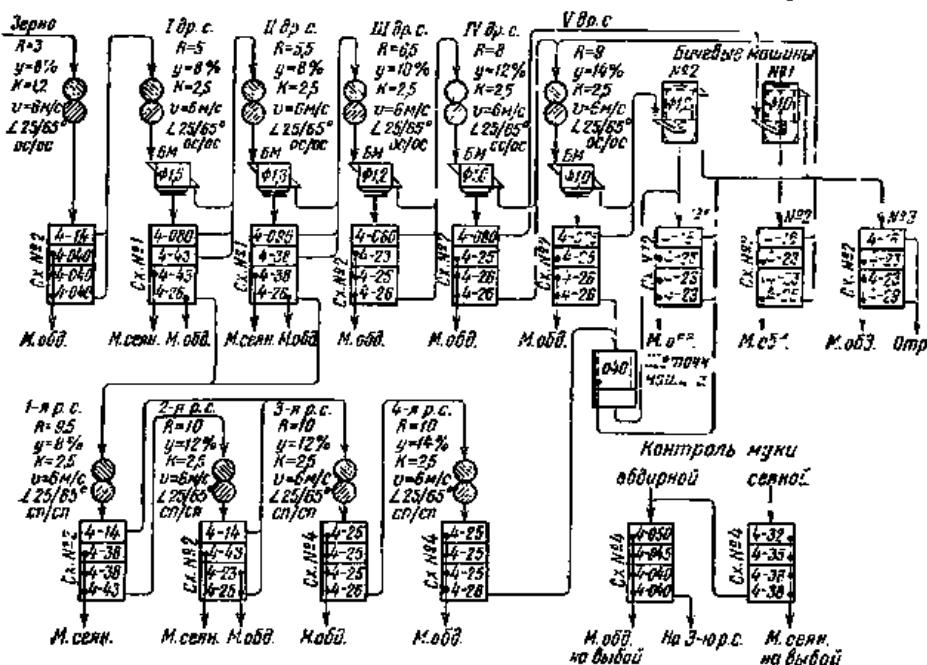


Рис. 21.10. Схема помола ржи с выходом муки сеянной 15—30% и обдирной 50—65%.

размольных систем распределяют в зависимости от их крупности и качества. Верхние сходовые с 1 и 2-й размольных систем передают на 3-ю размольную, которая в данном случае будет сходовой, а нижние сходовые продукты (более добротные) — последовательно с одной системы на другую, а с последней — в щеточную машину для дополнительного вымоля. Величину рабочего зазора устанавливают в соответствии с крупностью поступающего продукта, в результате чего, повышается эффективность измельчения и как следствие увеличивается извлечение муки, а также улучшается ее качество.

Сеянную муку отбирают с I и II драных, с 1 и 2-й размольных систем (проходом верхних сит), а обдирную проходом нижних сит с I и II драных, с 1 и 2-й размольных и со всех остальных систем. Муку каждого сорта в отдельности направляют в контрольные рассевы.

Режимы измельчения на первых двух драных системах (табл. 21.10) устанавливают на извлечение муки и промежуточных продуктов в количестве, достаточном для загрузки размольных систем (примерно 30—35%). На остальных системах режимы выбирают на максимальное извлечение муки с минимальной зольностью.

Таблица 21.10. Примерные режимы измельчения на первых драных системах при выработке сеянной и обдирной муки

Показатели	Драная система	
	I	II
Проход через сито	08	08
Извлечение, % от массы продукта, поступающего на данную систему	35—45	50—55

При извлечениях, указанных в таблице, получают примерно следующее количество муки и промежуточных продуктов в процентах по отношению к массе зерна, поступающего на I драную систему (табл. 21.11).

Таблица 21.11. Примерные извлечения муки

Система	Мука		Промежуточные продукты	Общее извлечение
	сейная	обдирная		
I драная	8,5	4,5	20,0	33,0
II "	8,0	6,0	12,0	26,0
III "	—	5,5	—	5,5
IV "	—	4,5	—	4,5
V "	—	4,0	—	4,0
Пересевание	—	3,5	—	3,5
Итого	16,5	28,0	32,0	76,5

Режимы измельчения по размольным системам устанавливают на извлечение с каждой системы наибольшего количества муки с минимальной зольностью. Количество сходов с последней системы должно быть небольшое (3—5%). Режимы измельчения на I-й размольной системе устанавливают на извлечение муки примерно 40—50% (от массы продукта, поступающего на систему) и на последующих системах 60—70% (табл. 21.12).

Таблица 21.12. Примерные извлечения муки, % по отношению к массе зерна, поступающего на I драную систему

Система	Мука	
	сейная	обдирная
I-я размольная	9,0	—
2-я "	5,5	10,0
3-я "	—	9,0
4-я "	—	4,5
Итого	14,5	23,5

В таблице 21.13 приведен баланс двухсортного помола ржи, составленный по опыту работы мелькомбината им. А. Д. Цюрупы. Как видно, обдирной муки получено 50,6% зольностью 1,35%, а сейной — 30,8% зольностью 0,60%.

Помол ржи с 63%-ным выходом сейной муки. Особенностью схемы является:

наличие плющильной системы, на которой выделяют до 1% кормовой мучки;

отбор крупок и дунстов с I, II и III драных систем;

вымол сходовых продуктов с IV драной системы в вальцовых станках и щеточных машинах (оболочки в меньшей степени подвергаются измельчению, что способствует улучшению качества муки);

последовательный размол крупок и дунстов с драных систем на I, 2, 3 и 4-й размольных системах;

контроль муки по потокам, близкой по качеству с последующим ее смешиванием.

Продукты распределяют так, что крупки (наиболее добротные) с I и II драных систем, полученные сходом нижних сит, передают на I-ю размольную и с III драной — на 4-ю размольную; дунсты с I и III драных систем (проход нижних сит), как близкие по качеству, одним потоком направляют на 3-ю размольную, а дунсты со II драной, как более добротные, — на 2-ю размольную.

Продукты с семи размольных систем распределяют в соответствии с принципами, изложенными ранее. Продукты, полученные сходом верх-

Таблица 21.13. Баланс двухсортного помола ржи

Система	Просыпание, % 1 др. с.	Шелушение (ЗШН)	Система					Мука					
			I др.	II др.	III др.	IV др.	V др.	1-я р.	2-я р.	3-я р.	обдир- ной	севной	обтир- ная
Шелушение (ЗШН)													
I драная	100 1,82	100 1,82	96,8 1,74	96,8 1,74	55,8 2,35	31,1 3,37		18,7 1,14	10,3 1,54	16,2 0,68	6,10 0,90		3,2 4,45
II *	55,8 2,35									10,1 0,61	4,3 1,02		
III *	31,1 3,37										8,4 1,45		
IV *	20,6 3,52										6,8 1,66		15,5 5,23
V *	21,3 4,61										5,8 2,50		
1-я размоленная													
2-я *	18,7 1,14												
3-я *	20,0 1,55												
Контроль муки:													
севной	31,1 0,60												
обдирной	51,1 1,35												
Итого			100 1,82	96,8 1,74	55,8 2,35	31,1 3,37	20,6 3,52	21,3 4,51	18,7 1,14	20,1 1,55	11,3 1,57	31,1 0,60	30,8 1,35
Причесанное. В числителе доля выхода (%), в знаменателе — засорность (%).													18,7 5,10

них сит с I, 2 и 3-й размольных систем, передают на 4-ю размольную, а с нее на 6-ю и затем в щеточную машину, сходом с которой получают отруби. Продукты, полученные сходом нижних сит (более добротные по сравнению с продуктами, полученными сходом верхних сит), начиная с 1-й размольной системы последовательно передают с одной системы на другую и с последней — в щеточную машину.

В таблице 21.14 приведены ориентировочные показатели, характеризующие режимы измельчения по дранным системам. На остальных режимах измельчения устанавливают на максимальное извлечение муки с каждой системы. На 1-й размольной системе добиваются извлечения муки в количестве 25—35%, а на последующих 35—45% по отношению к массе продукта, поступающего на систему.

Таблица 21.14. Примерные режимы измельчения на первых дранных системах

Показатели	Дробильная система	Дральная система	
		I	II
Проход через сито	190	08	08
Извлечение, % от массы продукта, поступающего на данную систему	До 1,0	25—35	35—40

Извлечение муки в драчом процессе составляет около 33,0% (в том числе с первых трех систем 24%), муки с размольных систем — 32,5%. Всего на контроль поступает 65,5% муки, сход с контроля 2,5%, а муки после контроля 63,0%.

При выработке ржаной муки принимают следующие нормы нагрузки на 1 см длины парноработающих валцов q_a (кг/сутки) и на 1 м² просеивающей поверхности рассевов ЗРШ-М q_p (кг/сутки): сеянной муки с общим выходом 63% — $q_a=70 \div 75$; $q_p=800 \div 1000$; двухсортной муки с общим выходом 80% — $q_a=140 \div 170$, $q_p=1600 \div 2000$; обдирной муки с общим выходом 87% — $q_a=170 \div 200$; $q_p=1700 \div 2300$; обойной муки с общим выходом 95% — $q_a=295 \div 340$, $q_p=4000 \div 4800$.

§ 21.11. ПРОДУКЦИЯ, ВЫРАБАТЫВАЕМАЯ ИЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

В таблице 21.15 приведены виды помолов и базисные нормы выходов продукции при переработке мягкой пшеницы в хлебопекарную муку, а в таблице 21.16 — нормы качества продукции согласно правилам ведения технологического процесса на мельницах.

В СССР из мягкой пшеницы вырабатывают пять сортов хлебопекарной муки: крупчатку, высшего, первого, второго и обойную.

Крупчатку в количестве 10% получают при трехсортном и двухсортном помоле. Для этой муки характерны относительно крупные (200—300 мкм) частицы, высокая их однородность, кремовый цвет, большое содержание белка и выход сырой клейковины (не менее 30%) хорошего качества. Мука содержит до 0,15% клетчатки, зольность ее не должна превышать 0,6%.

Муку высшего сорта получают при трехсортном помоле с выходом 10—35% и при двухсортном с выходом 10—40%. Она состоит из тонкоизмельченных частиц центральной части эндосперма (средний размер 30—40 мкм), отличается белым цветом, наибольшим (79—80%) содержанием крахмала и средним или низким количеством (10—14%) белков, выход сырой клейковины примерно 28%, зольность не более 0,55%. Мука высшего сорта содержит минимальное количество клетчатки (0,10—0,15%), жира и сахара.

Муку первого сорта получают при односортном помоле с выходом 72%, при двухсортном с выходами 33—50, 40—60 и 32—62% и при

Таблица 21.15. Помолы при переработке зерна мягкой пшеницы в хлебопекарную муку

Продукция	Трехсортный											
	75%-ный						78%-ный					
Мука:												
высший сорт	10,0	15,0	20,0	20,0	25,0	30,0	10,0	10,0	15,0	15,0	20,0	
первый >	50,0	45,0	40,0	45,0	35,0	40,0	40,0	45,0	40,0	45,0	40,0	
второй >	15,0	15,0	15,0	10,0	15,0	5,0	28,0	23,0	23,0	18,0	18,0	
обойная пшеничная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Побочные продукты:												
мучка кормовая	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	—	—	—	—	—	
струбы	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	
Отходы категорий:												
первой и второй	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	
третьей с механическими потерями	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
(без мойки зерна)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Усушка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Продукция	Трехсортный 78%-ный	Двухсортный				Односортный					
		75%-ный		78%-ный		72%-ный		85%-ный			
Мука:											
высший сорт	25,0	—	—	—	40,0	—	—	—	—	—	—
первый >	40,0	50,0	55,0	60,0	—	45,0	50,0	72,0	—	—	—
второй >	13,0	25,0	20,0	15,0	38,0	33,0	28,0	—	85,0	—	96,0
обойная пшеничная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Побочные продукты:											
мучка кормовая	—	3,0	3,0	3,0	—	—	—	6,0	—	—	—
струбы	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	11,5	—	1,0
Отходы категорий:											
первой и второй	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,0
третьей с механическими потерями	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
(без мойки зерна)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3
Усушка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Причтания. 1. Крупчатку вырабатывают в результате уменьшения выхода муки высшего сорта в количестве до 10%.

2. Малую крупу отбирают при сортовых помолах пшеницы до 2% за счет выхода муки более высокого сорта, получаемого при помоле.

3. При двухсортных помолах с общим выходом 75–78% разрешается выработка муки высшего сорта до 5%.

4. При односортном помоле 85% разрешается выработка муки первого сорта в количестве до 15% при снижении общего выхода на 0,18% за каждый процент муки первого сорта.

5. Кормовую мучку направляют в отруби, если нет плана на отдельную реализацию.

трехсортном помоле с выходами 30–50% (последние после отбора 10–30, 10–35 и 10–40% муки высшего сорта). Мука состоит из тонкоизмельченных частиц (размером 40–60 мкм) эндосперма и небольшого количества (3–4% от массы муки) измельченных оболочечных частиц. Крахмала в среднем 75%, относительно много (13–15%) белка, выход сырой клейковины 30%. В муке первого сорта несколько больше сахаров (до 2%) и жира (1%), чем в муке высшего сорта, зольность ее не более 0,75%, клетчатки в среднем 0,27–0,3%. Цвет муки от чисто белого до белого с желтоватым или сероватым оттенком.

Таблица 21.16. Нормы качества пшеничной хлебопекарной муки

Мука	Зольность (не более), %	Крупность помола				Содержание клейкови- ны (не менее), %	Цвет (органолептиче- ское определение)	Документы			
		Остаток на сите		Пройдя через сито							
		номер и име- ние	не более, % и менее, %	име- ние	не менее, %						
Крупчат- ка	0,60	23	2	35	10*	30	Белый или кремо- вой с желтым от- тенком	Приказ по Нар- комзагу СССР от 8 апреля 1938 г. № 1084			
Высшего сорта	0,55	43	5	—	—	28	Белый или белый с кремовым оттен- ком	То же			
Первого сорта	0,75	35	2	43	75	30	Белый или белый с кремовым оттен- ком	» »			
Второго сорта	1,25	27	2	38	60	25	Белый с желтова- тным или серова- тым оттенком	» »			
Обойная	Не менее чем на 0,07% ниже зольности зер- на до очистки	067	2	38	30	—	Белый с желтова- тным или серова- тым оттенком с заметными части- цами оболочек	ВТУ № 1-53			

* Не более.

Муку второго сорта вырабатывают при одно-, двух- и трехсортных помолах. Она состоит из измельченных частиц эндоцерма (при многосортных помолах преимущественно из наружных его слоев) со значительной примесью (8—10% от массы муки) оболочечных частиц. Размер частиц муки от 30—40 до 150—200 мкм. Мука содержит несколько меньше крахмала (70—72%), белка 13—16%, выход сырой клейковины не менее 25%, сахаров 1,5—2,0%, жира около 2,0%, зольность 1,1—1,2%, клетчатки в среднем 0,7%. Цвет муки второго сорта от светлого с желтоватым оттенком до более темного — серого и коричневатого. Несмотря на сравнительно высокую пищевую ценность (по содержанию витаминов, макро- и микроэлементов), эта мука обладает невысокими и непостоянными потребительными свойствами.

Обойную муку получают при односортном помоле с выходом 96%. Она отличается несколько меньшим количеством плодовых оболочек и зародыша. Обойная мука сравнительно крупная, неоднородная по размеру частиц (наибольший их размер 600, а наименьший 30—40 мкм). Химический состав близок к составу зерна (зольность на 0,07—0,10%, а содержание клетчатки на 0,15—0,20% меньше, чем в зерне). Эта мука обладает высокой влагоемкостью и сахараобразующей способностью, выход сырой клейковины от 20% и более (в зависимости от качества зерна).

Паряду с оценкой сортов муки по зольности и крупности широко используют оценку качества муки по белизне. В таблице 21.17 приведены

Таблица 21.17. Нормы белизны пшеничной хлебопекарной муки

Цвет муки	Сорт муки		
	высший	первый	второй
Белый и сероватый	20	37	68
Кремовый	22	40	70
Желтый	27	45	75

ны временные нормы белизны (в условных единицах шкалы прибора) пшеничной муки по фотоэлектрическому прибору ФПМ-1.

При переработке озимой и яровой краснозерной пшеницы (I и IV типов) с примесью твердой и белозерной пшеницы I, III и V типов в отдельности или в смеси за каждые полные 5% примеси твердой и белозерной пшеницы свыше 5% предельные нормы белизны муки уменьшают по высшему и первому сорту на 0,5 деления и по второму на одно деление шкалы прибора ФПМ-1.

§ 21.12. ПРОСТЫЕ ПОВТОРИТЕЛЬНЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ

При простых повторительных помолах пшеницы, так же как и ржи, вырабатывают обойную муку. Схема помола при выработке пшеничной обойной муки ничем не отличается от схемы, принятой при помоле ржи в обойную муку.

Выход обойной муки (учитывая, что зерно пшеницы содержит больше эндосперма, чем зерно ржи) на 1% больше (96%), а отрубей на такое же количество меньше. Зольность и крупность муки такие же, как и при помоле ржи. Обойную муку можно вырабатывать также из смеси зерна, состоящей из 70% пшеницы и 30% ржи. В последнем случае выход и качество муки такие же, как и при переработке одной пшеницы, но ее называют пшенично-ржаной.

§ 21.13. СЛОЖНЫЕ ПОВТОРИТЕЛЬНЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ С СОКРАЩЕННЫМ ПРОЦЕССОМ ОБОГАЩЕНИЯ КРУПОК

К сложным помолам пшеницы с сокращенным процессом обогащения относят помолы с выработкой муки:

второго сорта с общим выходом 85%;

первого и второго сортов с выходами 50+25; 55+20 и 60+15 (общий выход 75%);

первого и второго сорта с выходами 45+33 и 50+28 (общий 78%).

Схема помола пшеницы в муку второго сорта с выходом 85% состоит из драного процесса, сокращенного процесса обогащения и размольного. Количество драных систем 4—5. Крупную и мелкую крупики отбирают с I и II драных систем.

Процесс обогащения включает три системы, из них одна предназначена для отбора майнной крупы. Обогащению подвергают крупную крупу с I и II драных систем. После вальцовых станков всех драных систем устанавливают бичевые машины для сортирования продуктов, поступающих с вальцовых станков, и раздельного их измельчения и просевания. Окружную скорость ротора бичевых машин выбирают такой же, как и при простых помолах ржи (14—17 м/с при обработке крупных продуктов и 8—11 м/с при обработке мелких). Режимы и сита устанавливают на получение с каждой машины примерно 4—6% муки. Окружную скорость быстровращающихся вальцов на всех системах выбирают 6 м/с.

Вымол сходовых продуктов начинают с III драной системы в вальцовых станках, бичевых и щеточных машинах.

Размольный процесс состоит из 4—6 систем.

Приемные сита для отделения сходовых продуктов металлотканые № 050—056, для дунстов — капроновые № 21 и для муки — капроновые № 38—49.

При выработке двух сортов муки с общим выходом 75—78% количество драных систем 4—5, из них II или II и III (в зависимости от производительности) разделяют на крупные и мелкие (с общим или отдельным просеванием продуктов измельчения), что способствует более эффективному измельчению и получению большего количества про-

межуточных продуктов лучшего качества. После вальцовых станков первых драных систем допускается применение (если не ухудшается качество муки) бичевых машин для дополнительной обработки продуктов измельчения и разделения их на две фракции. Вымоль сходовых продуктов начинают с III драной системы в вальцовых станках и бичевых машинах.

Продукты измельчения с I, II и III драных систем просеивают в два этапа: вначале в рассевах драных систем и затем на специально выделенных сортировочных. Это позволяет более тщательно рассортировывать продукты измельчения для последующего направления их в ситовечные машины и размолочные системы. В результате на первые размолочные системы поступают мелкие крупки и дунсты наиболее высокого качества, что обеспечивает извлечение на первых размолочных системах муки в большем количестве и лучшего качества.

Промежуточные продукты первого качества отбирают с I, II и частично с III драных систем и сортировочных.

Процесс обогащения включает пять систем. Обогащению в ситовечных машинах подвергают: крупную крупу с I и II драных систем, мелкую крупу и жесткий дунст с сортировочных систем № 1 и 2. Крупные крупки отбирают в виде сходовых продуктов и передают на соответствующие драные системы.

Количество размолочных систем для крупок, поступающих с ситовечных машин и дунстов, направляемых с вымалывающими системами, 7—9, в том числе две шлифовочные.

На шлифовочных системах дополнительно обрабатывают крупки, удаляя с их поверхности оболочки, а также переводят крупки в более мелкие и добрые фракции. Крупки передают в ситовечную машину, а затем на 1-ю размолочную систему для выработки муки первого сорта.

В таблице 21.18 приведены основные показатели построения схем помола и техническая характеристика систем.

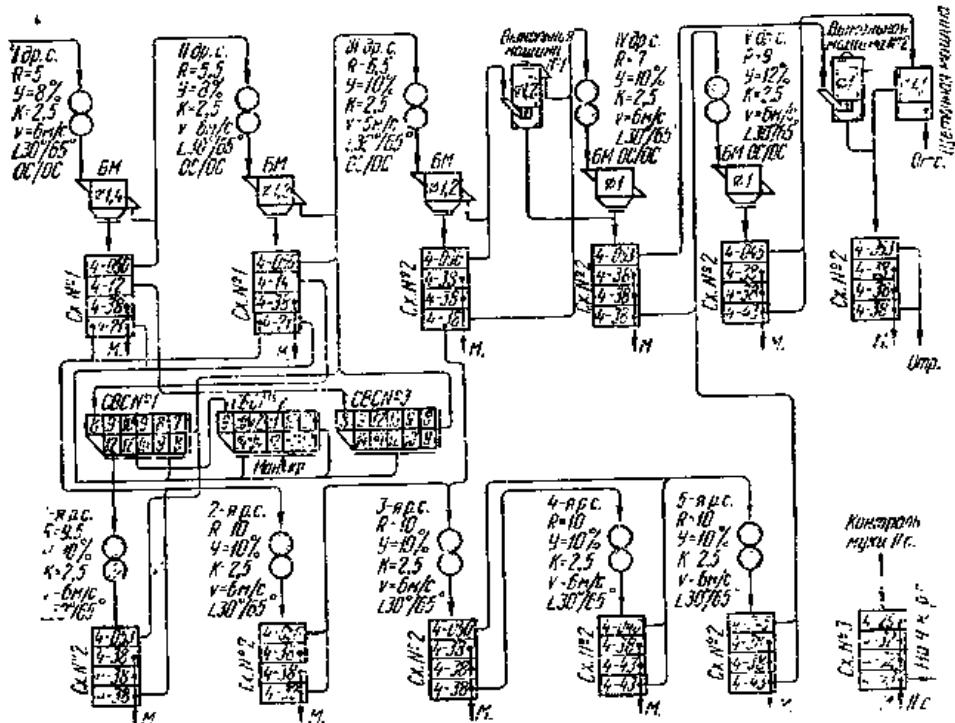


Рис. 21.11. Схема помола пшеницы в муку второго сорта с выходом 85%.

Таблица 21.18. Техническая характеристика систем

Показатели	При выработке муки	
	второго сорта с выходом 85 %	первого и второго сортов с общим выходом 75 и 78 %
Количество систем:		
драных	4—5	4—5
шлифовочных	—	1—2
размольных	4—6	7—8
Количество рифлей на 1 см длины окружностей вальцов на системах:		
драных	5,0—9,0	4,5—7—9
шлифовочных	—	9,0—9,5
размольных	9,5—10,0	10,0—11,0
Уклон рифлей на системах:		
драных	10—12	От 4—6 до 8—10
шлифовочных	—	6—8
размольных	10	8—10
Расположение рифлей на системах:		
драных	ос/ос	сп/ст
шлифовочных	—	сп/сп
размольных	ос/ос	сп/сп
Профиль рифлей на системах:		
драных	30°/65°	65°/45°*
шлифовочных	—	—70°25°**
размольных	30°/65°	
Отношение окружных скоростей вальцов на системах:		
драных	2,5	2,5
шлифовочных	—	1,5
размольных	2,5	2,5***; 1,5****
Окружная скорость быстровращающегося вальца на системах, м/с:		
драных	6,0	6,0
шлифовочных	—	5,5
размольных	6,0	6,0

* На I, II, III драных системах.

** На IV, V драных системах.

*** I, 2, 3-й размольных системах.

**** На остальных системах.

Расположение рифлей «спинка по спинке» при выработке муки первого и второго сортов позволяет в меньшей степени подвергать измельчению оболочки, в результате чего мука получается лучшего качества. При окружных скоростях вальцов, указанных в таблице, и расположении рифлей можно получить с первых трех размольных систем максимальное количество муки (не менее 55—60% к системе) наиболее высокого качества.

При выработке муки первого и второго сортов в рассевах для отбора сходовых продуктов устанавливают капроновые приемные сита в пределах № 11—19, для средних крупок № 15 и для муки № 46-49-52-55.

Помол пшеницы в муку второго сорта с выходом 85% (рис. 21.11). Предусмотрено пять драных, три ситовеечных и пять размольных систем. Вымолов сходовых продуктов проводят в бичевой, щеточной машинах, а также в вальцовом станке.

Сходовые продукты, полученные с бичевых машин и приемных сит рассевов, начиная с I драной системы, последовательно направляют с одной системы на другую, с III и IV драных — в вымольные машины и с V драной системы — в щеточную машину. При таком распределении оболочки в меньшей степени подвергаются измельчению, в результате чего мука получается лучшего качества по зольности и цвету. Продукты, полученные проходом сит с бичевых машин, передают в рассевы соответствующих драных систем.

Крупные крупки (сход сит № 12, 14 с I и II драных систем) направляют для последующего обогащения в ситовеевые системы № 3 и 1, мелкие (сход нижних сит № 21) — непосредственно на размол (на 1-ю размольную), а дунсты (проход этих сит) — на 2-ю размольную систему.

С ситовеевыми системами № 1 и 3 обогащенные крупки передают на 1-ю размольную систему, а крупки, полученные проходом средних сит системы № 1, — на контрольную ситовеевую систему № 2. С нее проходом первых сит получают мелкие фракции крупных крупок, которые передают на 1-ю размольную систему, а проходом сит № 14, 12, 11, 10 получают готовый продукт — манную крупу в количестве 2%. Схода с системами № 1 и 3 в виде крупных частиц эндосперма с остатками оболочек направляют на III драную систему.

Продукты с пяти размольных систем распределяют в такой последовательности: верхний сход с 1-й размольной направляют на III драную систему или (в зависимости от качества) вместе со сходом 2-й размольной — на 3-ю размольную. Сход с нее и с 4-й размольной поступает на 5-ю размольную, а затем на V драную систему для дополнительного вымоля.

Нижние схода (более добротные), начиная с 1-й размольной, последовательно передают с одной системы на другую, а с последней на V драную. При таком распределении продуктов на 2 и 4-й размольных системах измельчаются продукты, полученные сходом нижних сит, т. е. более однородные по размерам частицы. В результате этого повышается эффективность измельчения и как следствие увеличивается извлечение муки с каждой системы и улучшается ее качество. Муку со всех систем направляют в контрольный рассев.

Режимы измельчения (табл. 21.19) устанавливают на извлечение с I, II и III драных систем необходимого количества крупок, дунстов и муки с минимальной зольностью, а на последующих системах — муки. При таких режимах измельчения можно получить примерно следующее количество крупок, дунстов и муки (табл. 21.20) по отношению к массе зерна, поступающего на I драную систему.

Режимы измельчения по размольным системам устанавливают на максимальное извлечение муки с каждой системы с минимальной зольностью.

Таблица 21.19. Примерные режимы измельчения по драным системам

Показатели	Драная система	
	I	II
Контрольное сито		
Извлечение, % от массы продукта, поступающего на систему	I 40—60	080 50—60

Таблица 21.20. Примерные показатели извлечения крупок, дунстов и муки

Система	Извлечение, %			
	крупок		дунстов	муки
	крупных	мелких		
I драная	5	20	15	15
II »	10	5	15	15
III »	—	—	—	6
IV »	—	—	—	5
V »	—	—	—	3
Пересевивание	—	—	—	3
Итого	15	25	30	47

нностью и на получение небольшого количества сходовых продуктов (3—4%) с последней системой. На I-й размольной системе извлекают примерно 55—65% муки (по отношению к массе продукта, поступающего на систему) и на каждой последующей системе 35—45%. При указанных режимах можно получить с отдельных систем примерно следующее количество муки (табл. 21.21) в процентах по отношению к I драной системе.

Таблица 21.21. Примерные показатели извлечения муки

Система	Извлечение, %
I-я размольная	13
2-я "	11
3-я "	7
4-я "	6
5-я "	5
Итого	42
Всего муки на контрольный рассев 47 + 42	89
Сход с контрольного рассева	4
 Муки второго сорта на выбой	 85

Помол пшеницы с общим выходом муки первого и второго сортов 75—78% (рис. 21.12). Принято пять драных систем, из них II и III системы разделены на крупные и мелкие с общим просеиванием продуктов измельчения. После вальцовых станков первых четырех драных систем установлены бичевые машины.

Промежуточные продукты отбирают в основном с I и II драных и частично с III системы. Вымоль сходовых продуктов начинают с III драной системы в вальцовых станках и бичевых машинах. Сортировочных машин принято четыре, из них три для продуктов первого качества с I, II и III драных систем и одна для пересева проходов сит последних двух бичевых машин.

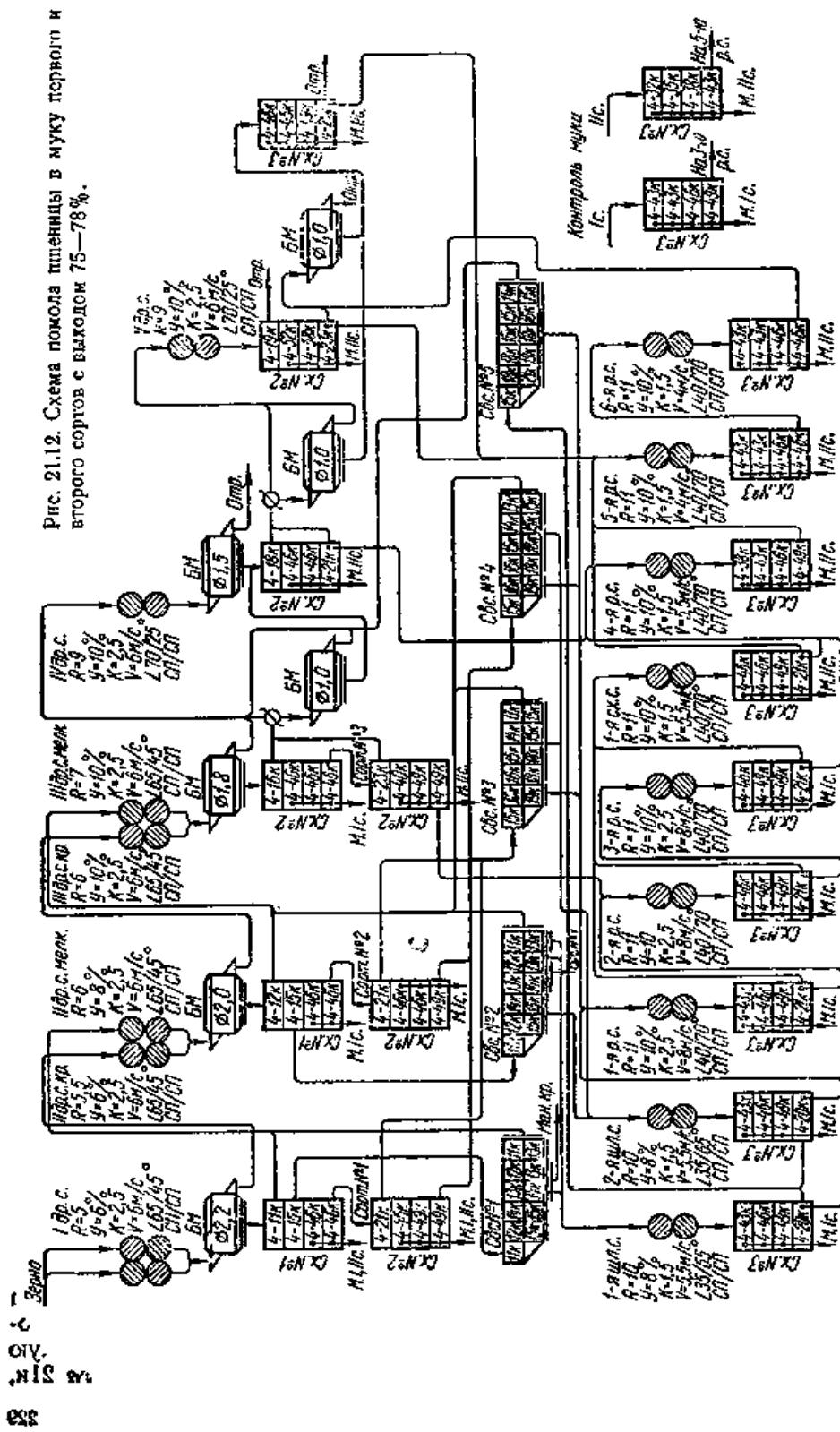
Процесс обогащения включает пять систем, из них одна служит для отбора манной крупы. Обогащению подвергают крупную крупу первого качества с I и II драных систем, мелкую крупу и жесткий дунст с сортировочных систем.

Размольных систем девять, из них две шлифовочные и одна сходовая. Сходовые продукты с бичевых машин, начиная с I драной и заканчивая II системой, направляют с одной системы на другую крупную, а наиболее крупную фракцию крупных крупок с высокой зольностью, полученную сходом приемных сит рассевов, — на одноименные системы мелкие.

Мелкую фракцию крупок с I и II драных систем, полученную сходом сит № 15, направляют для последующего обогащения в ситовеющие системы № 1 и 2, а с них — на шлифовочные. Более мелкие фракции крупок (проход первых сит) поступают на 2-ю шлифовочную, а более крупные (проход последующих сит) — на 1-ю шлифовочную систему.

Продукты, полученные сходом нижних сит № 46к с I, II и III драных систем, в виде смеси мелких крупок, дунстов и муки передают на сортировочные системы № 1, 2, 3. Здесь отсеивается мука и, кроме того, продукты рассортируются на мелкую крупу и дунст. Мелкую крупу с систем № 1 и 2, полученную сходом приемных сит № 21к,

Рис. 21.12. Схема панели управления в муку первой и второго сортов с выходом 75—78%.



одним потоком передают для последующего обогащения в ситовеенную систему № 3, а с нее более мелкую фракцию этой крупки (проход первых сит) — на 1-ю размольную систему для измельчения в муку первого сорта, а более крупную (проход последующих сит) — на 2-ю шлифовочную систему.

Дунсты с сортировочных систем № 1 и 2, полученные сходом мучных сит № 49к, направляют на ситовеенную систему № 4, с нее более мелкую фракцию — на 1-ю размольную, а более крупную — на 2-ю шлифовочную. С сортировочной системы № 3 сходом нижних сит № 49к получают более мелкий и мучистый дунст, поэтому его передают непосредственно на размол в муку первого сорта (на 2-ю размольную систему).

Со шлифовочных систем мелкую крупку, полученную сходом нижних сит № 20к, направляют для последующего обогащения на ситовеенную систему № 5, с которой крупки одним потоком поступают на 1-ю размольную систему, а дунсты, полученные проходом нижних сит, непосредственно на 1-ю размольную систему.

Нижние сходы с 1, 2 и 3-й размольных систем передают на 1-ю сходовую, с нее на 5-ю размольную, а затем на 6-ю размольную систему. Сход с нижних сит этой системы поступает для дополнительного вымоля в бичевую машину, сход с которой направляют в отруби. Продукты (проход дунстовых сит), начиная с 1-й размольной системы, последовательно передают с одной системы на другую и с последней в бичевую машину.

Муку со II и III драных систем, 2-ю сортировочной, шлифовочных и с I, 2 и 3-й размольных направляют в контрольный рассев муки первого сорта. С I драной и 1-й сортировочной систем в зависимости от качества получают муку первого или второго сорта. Мука со всех остальных систем поступает в контрольный рассев муки второго сорта. В таблице 21.22 приведены показатели, характеризующие режимы измельчения по драным системам.

Таблица 21.22. Примерные режимы измельчения по драным системам

Показатели	Драная система		
	I	II	III
Контрольное сите	1(19)	08(24)	066(32)
Извлечение, % от массы продукта, поступающего на данную систему	45—50	50—55	55—60

Таким образом, на I драной системе применяют «низкий» режим измельчения (проход через металлотканое сите № 1 составляет 45—50%).

Режимы измельчения на I, 2 и 3-й размольных системах устанавливают на извлечение муки (проход через сите № 49) примерно 60—70% от массы продукта, поступающего на систему; на каждой последующей системе 35—45%. При этих режимах извлекают муки при помоле с общим выходом 75%: с драных систем 28,0%, со шлифовочных 5,5 и размольных 43,5%; соответственно при помоле с общим выходом 78%: 29,0%, 5,5 и 45,5%. Таким образом, со шлифовочных и размольных систем извлекается муки больше, чем с драных. На контрольный рассев поступает муки при 75%-ном помоле 77% и при 78%-ном помоле 80%. Сход с контрольных рассевов составляет 2%, а на выбой поступает 75 и 78% муки.

Ниже приведены нормы нагрузок на вальцовые станки, рассевы и ситовеенные машины при выработке хлебопекарной муки с общим выходом 75%, 78 и 85%: на 1 см длины парноработающих вальцов 80—100 кг/сутки; на 1 м² просеивающей поверхности рассевов ЗРШ-М

1100—1300 кг/сутки; на 1 см ширины приемного сита верхнего яруса ситовечной машины 500—900 кг/сутки; соответственно при выработке односортной муки с выходом 85%: 95—125; 1100—1500; 1100—1500.

§ 29.14. СЛОЖНЫЕ ПОВТОРИТЕЛЬНЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ С РАЗВИТЫМ ПРОЦЕССОМ ОБОГАЩЕНИЯ КРУПОК

К сложным помолам пшеницы с развитым процессом обогащения относят помолы с выработкой муки:

высшего, первого и второго сортов с выходами 10+50+15; 15+45+15; 20+40+15; 20+45+10; 25+35+15 и 30+40+5 (общий 75%);

высшего, первого и второго сортов с выходами 10+40+28; 15+40+23; 10+45+23; 15+45+18; 20+40+18 (общий 78%);

высшего и первого сортов с выходами 40+38%;
первого сорта с выходом 72%.

Общие принципы построения схемы помола. На построение схемы существенное влияние оказывает стекловидность зерна.

Стекловидное зерно отличается от мучнистого, как правило, более высоким содержанием белка, структурой эндосперма, большей плотностью, прочностью, упругостью и меньшей деформируемостью.

При переработке в муку стекловидное зерно дает больший выход крупок, что увеличивает выход муки высоких сортов. При помоле такого зерна во избежание повышенного измельчения оболочки и попадания их в промежуточные продукты и муку применяют развитый драной процесс, т. е. увеличивают количество систем, с которых отбирают крупки и дунсты.

Мука из стекловидной пшеницы из-за хрупкости эндосперма, как правило, более рассыпчатая (крупноточечная) и легко просеивается через сита. В то же время стекловидное зерно легче вымалывается, чем мучнистое, ввиду менее прочной структуры субаллеронового слоя. Поэтому при размоле такого зерна получается больше муки, чем при размоле мучнистого, а отруби с более высокой зольностью.

Процесс обогащения и шлифовочный применяют развитые, так как в ситовечные машины и шлифовочные системы поступает значительное количество крупок с повышенной зольностью. Кроме того, при измельчении стекловидного зерна оно разрушается преимущественно на крупную и среднюю крупки, которые по сравнению с мелкой крупкой нуждаются в большей степени в обработке на шлифовочных системах.

Размольный процесс также развитый не только вследствие поступления большого количества крупок на системы, но и более высокой их прочности. При прочих равных условиях с каждой системы получают небольшое количество муки. Поэтому для выработки требуемого количества муки увеличивают число размольных систем.

Мучнистое зерно отличается структурой эндосперма и незначительной прочностью. При его измельчении в драном процессе получают меньше крупок, но качество их по зольности выше и больше муки. Мучнистое зерно вымалывается труднее, чем стекловидное. Отруби крупные, с большим содержанием частиц эндосперма. Мука просеивается труднее.

При размоле мучнистого зерна процессы обогащения и шлифовочный развиты меньше, так как в этом случае на драных системах получают меньше крупок и дунстов. Размольный процесс также сокращенный в связи с поступлением относительно небольшого количества крупок и дунстов и сравнительно небольшой их прочности.

При размоле мучнистого зерна оболочки труднее поддаются измельчению и, следовательно, промежуточные продукты и мука в меньшей степени засоряются ими. Хотя в данном случае драной процесс

также развитый, но из-за увеличения количества систем для вымоля оболочек.

Бичевые и щеточные машины в драном процессе применяют на вымOLE сходовых продуктов, т. е. после IV и V драных систем.

Эффективность работы бичевой машины в значительной степени зависит от величины зазора между кромками бичей и сетчатым цилиндром, размера отверстий сит, окружной скорости бичевого барабана и удельной нагрузки на единицу площади сетчатого цилиндра. При обработке продуктов, получаемых сходом с III драной системы, рекомендуется устанавливать сито с отверстиями $\varnothing 1,8$ мм, а при обработке сходов с IV и V систем $\varnothing 0,8-1,0$ мм. Оптимальное значение величины удельной нагрузки на 1 м² рабочей поверхности сетчатого цилиндра в пределах 900—1000 кг/м².

Практика эксплуатации бичевых машин показала, что извлечение муки колеблется в пределах 8—10% по отношению к системе или 1—2% по отношению к I драной системе.

В современных схемах драного процесса на приемных рамках рассевов чаще всего устанавливают металлотканые сита, а на последующих — капроновые.

На первой драной системе для выделения первого схода используют металлотканые сита № 2,5—1,6, а затем по мере перехода к последующим системам, т. е. по мере уменьшения размеров частиц продукта, сита сгущают до № 09—060. Сита для выделения второго схода выбирают на I драной системе № 1—095, а затем по мере перехода к последующим системам до № 060—056.

Для отделения крупной и средней крупок с I, II, III драных систем принимают капроновые сита № 12к—15к и для смеси крупок, дунстов и муки (проход средних сит) — в пределах № 17к—19к. В сортировочных рассевах для выделения мелкой крупки и жесткого дунста устанавливают сита № 21к—23к, а для мягкого дунста № 25к—27к. Сита для отбора муки с рассевов IV, V и VI драных систем, пересева сходов и проходов бичевых, щеточных машин подбирают в пределах № 46к—55к. Для высевания муки по системам применяют сита следующих номеров (табл. 21.23).

Таблица 21.23. Примерные номера сит

Мука	Капроновое	Шелковое	Мука	Капроновое	Шелковое
Крупчатка Высший сорт	25—27 46—58	23—25 38—46	Первый сорт Второй »	46—49 43—46	35—43 32—43

В рассевах для контроля муки устанавливают сита на 1—2 номера реже против сит, применяемых для отбора соответствующего сорта муки на системах. Это обусловлено тем, что нагрузка муки на сита в контрольных рассевах больше, чем на системах.

Приведенный порядок и установка сит являются ориентировочными. На выбор номера сит влияют стекловидность зерна, его влажность, нагрузки, качество вырабатываемой муки и другие показатели. Для низкостекловидной пшеницы используют сита более редких номеров, чем для высокостекловидной, так как мука из мучнистой пшеницы на густых ситах просеивается труднее. При поступлении более влажного зерна сита также разрежают (просеивание влажных продуктов ухудшается).

При подборе сит необходимо учитывать, что капроновые сита с одинаковыми размерами отверстий имеют большую севкость, чем шелковые из-за большей гладкости капроновых нитей. Поэтому для полу-

енич аналогичного результата при просеивании капроновые сита должны быть взяты с меньшими размерами отверстий.

Потоки муки, полученные с отдельных систем и незначительно отличающиеся по зольности, цвету и другим показателям, группируют для составления сортов. При односортном помоле муку со всех систем объединяют в общий поток и направляют в контрольный рассев.

При выработке двух сортов лучший по качеству сорт формируют из потоков муки с 1, 2, 3-й сортировочных систем, обслуживающих первые три драные системы, с первых 3—4 шлифовочных систем и с 1-й по 5-ю или 6-ю размольную систему до установленного выхода. Следующий по качеству сорт муки отбирают со всех остальных систем зольностью не выше 1,0—1,25%.

При выработке трех сортов лучший по качеству сорт формируют из потоков с 1, 2, 3-й размольных систем. Эта мука состоит из частиц эндосперма с незначительным содержанием оболочек, зольность ее приближается к зольности эндосперма (не выше 0,55%). Следующий по качеству сорт (первый) формируют из потоков муки, оставшейся после отбора установленного количества муки высшего сорта, а также из муки, получаемой с 3, 4, 5 и 6-й размольных систем до установленного выхода. Следующий по качеству сорт (второй) формируют из потоков муки со всех остальных систем.

Муку, сгруппированную в потоки, направляют в контрольные рассевы: муку высшего сорта одним потоком: первого и особенно второго сорта — двумя потоками, близкими по качеству.

Муку первого сорта формируют перед направлением ее в контрольные рассевы:

первый поток — со 2 и 3-й сортировочных систем; с 1-й по 5-ю размольную систему;

второй поток — со шлифовочных систем; с 6-й размольной системы (проходом верхних сит).

Муку второго сорта формируют перед направлением ее в контрольные рассевы:

первый поток — с 1-й по 4-ю сортировочную систему; с 1-й сходовой; с 6 и 7-й размольных систем (проходом нижних сит);

второй поток — с V, VI драных систем; с 8, 9 и 10-й размольных; со 2-й сходовой системы.

В настоящее время намечается тенденция к формированию сортов муки в цехе бестарного хранения и отгрузки муки. Потоки муки, полученные с отдельных систем, объединяют в 3—5 потоков, которые направляют в бункера цеха бестарного хранения, а затем используют для формирования сортов в зависимости от требований потребителей.

Сорта муки составляют на многокомпонентных весовых дозаторах, а смешивают в смесителях периодического действия или объемных дозаторах и смесителях непрерывного действия. На каждом потоке муки, направляемой с мукомольного завода в цех бестарного хранения, после смесителей и перед отпуском устанавливают цветомеры для контроля белизны.

Построение схем технологического процесса основано на следующих принципах.

1. Драпой процесс включает 5—6 систем, из них II и III или II, III, IV и V (в зависимости от производительности) подразделяют на крупные и мелкие для отдельной переработки крупных и мелких сходов. Продукты измельчения со II и III драных систем крупных просеивают раздельно, а с IV и V драных крупных или мелких совместно или раздельно.

2. Продукты измельчения с I, II, III и IV драных систем просеивают в два последовательных этапа с получением на первом (с рассевов драных систем) крупных и мелких сходов, крупной и средней крупок,

а на втором — мелкой крупки, дунстов и муки. На мукомольных заводах малой производительности допускается сортировать совместно крупки и дунсты с I и III драных систем, а на заводах большой производительности вводят дополнительное сортирование дунстов с первых трех сортировочных систем.

3. Крупки и дунсты первого качества отбирают с I, II и III драных систем, крупки второго качества — с IV драной, а дунсты второго качества — с IV и V драных систем.

4. Вымолов сходовых продуктов начинают с III или IV драной системы в вальцовых станках, бичевых и щеточных машинах.

5. Обогащению в ситовечных машинах подвергают крупную и среднюю крупку, а при развитом процессе также мелкую крупку и жесткий дунст:

крупную крупку с I, II и III драных систем подвергают обогащению раздельно с каждой системы, можно объединять крупную крупку с I и II драных систем мелких;

среднюю крупку с I и II драных систем — раздельно или совместно, с III драной — раздельно;

мелкую крупку с I, II, III драных систем — раздельно или совместно, с IV драной — раздельно;

жесткий дунст — раздельно со II драной системы, допускается смешивание дунстов с I и III драных систем.

6. Шлифовочный процесс включает 2—5 систем с последующим обогащением крупок в ситовечных машинах.

7. Размолочный процесс состоит из 8—11 систем, в том числе 1—2 сходовые. Крупки и дунсты первого качества размалывают на первых 3—4 системах с максимальным извлечением муки высшего сорта, а крупки и дунсты второго качества на 4, 5 и 6-й размолочных системах с максимальными извлечением муки первого сорта.

8. Вымолов продуктов со шлифовочных и размолочных систем проводят на сходовых и последних размолочных системах в бичевых и щеточных машинах с просеиванием проходов сит в рассевах. Отруби пересеивают в рассевах, а относы ситовечных машин — в отдельных рассевах.

В таблице 21.24 приведена техническая характеристика драных систем.

Таблица 21.24. Техническая характеристика драных систем

Система	Количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов	Уклон рифлей, %	Система	Количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов	Уклон рифлей, %
I драная	3,5—4,5	4—6	IV драная	5,5—6,5	6—8
II >	4,0—5,5	4—6	V >	6,5—8,0	7—8
III >	5,0—6,5	4—6	VI >	7,5—8,5	8—9

Примечание. Расположение рифлей в зависимости от стекловидности зерна.

При измельчении пшеницы стекловидностью выше 40%, зерно которой отличается повышенной хрупкостью оболочек, рифли на I, II и III драных системах располагают «спинка по спинке», а при дроблении мучнистого (стекловидность 40% и ниже) — «острие по остирю», на остальных драных системах — «спинка по спинке».

Окружные скорости быстровращающихся вальцов на всех системах выбирают 5—6 м/с. Рифли нарезают с углом острия $\alpha=20\div40^\circ$, углом спинки $\beta=60\div80^\circ$ и углом заострения рифлей $\gamma=90\div110^\circ$, причем большие углы заострения и углы граней применяют на последних драных системах, а меньшие — на первых. Отношение окружных скоростей быстро- и медленновращающихся вальцов на драных системах 2,5.

Режимы измельчения по системам оцнивают извлечением через контрольное сите определенного номера. При постоянных геометрических и кинематических параметрах рабочих поверхностей валцов эти режимы зависят в основном от величины рабочего зазора между валцами. По мере его уменьшения общее извлечение или проход через контрольное сите увеличивается. Эта зависимость может быть выражена формулой

$$I = f(b),$$

где I — общее извлечение; b — величина рабочего зазора между валцами.

Наряду с общим извлечением повышается также извлечение отдельных фракций продуктов (крупок, дунстов и муки), которое находится в линейной зависимости от величины общего извлечения I , т. е.

$$I_t = K_t I,$$

где K_t — коэффициент пропорциональности, имеющий различные значения для крупок, дунстов и муки.

Качество отдельных фракций продуктов при прочих равных условиях зависит от величины общего извлечения, назначения системы, структурно-механических свойств зерна, величины удельных нагрузок и других факторов.

На экспериментальной (лабораторной) мельнице Московского мелькомбината № 3 были проведены сравнительные помолы с извлечением на I драной системе 56,3 и 7,7%, но с небольшим отклонением общего извлечения с трех драных систем (77,6—74,2%). Помольная партия состояла из 50% озимой пшеницы Краснодарского и Ставропольского краев и 50% яровой Оренбургской и Тургайской областей. Большое извлечение на I драной системе, но в пределах одинакового общего извлечения с первых трех драных систем не дает значительного различия в количестве крупок и дунстов и в конечном итоге в выходе и зольности муки.

Экспериментальные помолы показывают, что оптимальное общее извлечение с I, II, III драных систем находится в пределах величины общего выхода для данного помола (табл. 21.25, 21.26). При 78%-ном помоле общее извлечение должно быть 78%, при 75%-ном помоле соответственно 75%.

Таблица 21.25. Извлечение по системам при сравнительных помолах

Система	Первый вариант		Второй вариант	
	К системе	К I др. с	К системе	К I др./с.
I драная	56,3	56,3	7,7	7,7
II >	35,7	15,6	51,5	47,5
III >	20,4	5,7	43,4	19,0
Итого		77,6		74,2

При сложном повторительном помоле пшеницы с развитым процессом обогащения технологический процесс подразделяют на четыре основных этапа: драной процесс, обогащения, шлифовочный и размольный процессы.

Драной процесс. Его относят к наиболее сложным, так как измельчению подвергают анизотропное тело с весьма сложной структурой. При измельчении зерна процесс строят последовательно (избирательно) и осуществляют на нескольких системах. Причем на первых процесс

Таблица 21.26. Результаты сравнительных помолов

Движение продуктов	Выход, % к I др. с.	
	Первый вариант	Второй вариант
Получено с I, II и III драных систем:		
крупной крупки (71/140)	38,88	38,89
средней и мелкой крупок (140/200)	16,75	15,95
дунста (200/38)	10,53	9,17
муки	11,43	10,23
Итого	77,59	74,24
Поступило крупок на обогащение	55,63	54,84
Направлено крупок на 1, 2, 3, 4-ю шлифовочные системы	36,45	35,33
Поступило на 1-ю размоленную систему	40,37	39,01
Выход муки с 1, 2, 3-й размолочных систем	35,28	35,43
Выход и зольность муки:		
высшего сорта	35,28/0,47	35,43/0,43
первого >	25,80/0,68	25,65/0,69
высоких сортов	61,08/0,56	61,08/0,54
второго сорта	17,65/0,97	17,97/1,07
Итого муки	78,73/0,65	79,05/0,66

проводят так, чтобы, не подвергая измельчению оболочки, извлечь из зерна возможно большую часть эндосперма в виде промежуточных продуктов и небольшое количество муки, а на последующих системах отделить от оболочек оставшиеся частицы эндосперма.

Задачей драного процесса является первичное дробление зерна с целью возможно более полного извлечения эндосперма в виде крупок и дунстов с минимальной зольностью.

В драном процессе зерно разделяется на сравнительно крупные части.

Между вальцами зерно подвергается сложному динамическому нагрузению и деформированию — сжатию, сдвигу, кручению и т. п. В результате возникающих в зерне предельных напряжений оно разрушается.

Муку с драных систем стремятся отбирать в небольшом количестве, так как по качеству она уступает муке, полученной в размольном процессе после обогащения промежуточных продуктов.

Драной процесс подразделяют на этап отбора промежуточных продуктов первого качества в виде крупок и дунстов, который включает первые три системы, и этап вымоля или отделения от оболочек оставшихся частиц эндосперма, включающего последние системы.

Схема драного процесса (рис. 21.13) включает шесть систем, из которых II, III, IV разделены на крупные и мелкие с общим просеиванием продуктов измельчения. Необходимость деления систем на крупные и мелкие обусловлена большим различием формы, размеров и зольности частиц, получающихся при дроблении зерна. При четком фракционировании по крупности эффективность избирательного измельчения увеличивается. Так, на вальцовых станках для измельчения крупной фракции продуктов, т. е. на крупных системах, можно применять более высокие режимы, а на мелких системах — более низкие. Все это способствует эффективному измельчению продуктов и получению большего количества промежуточных продуктов лучшего качества.

Из шести драных систем первые три относят к системам, с которых отбирают промежуточные продукты (крупки и дунсты) первого качества, с IV драной системы отбирают мелкую крупку, дунсты второго качества, а последние две системы относят к вымалывающим, т. е.

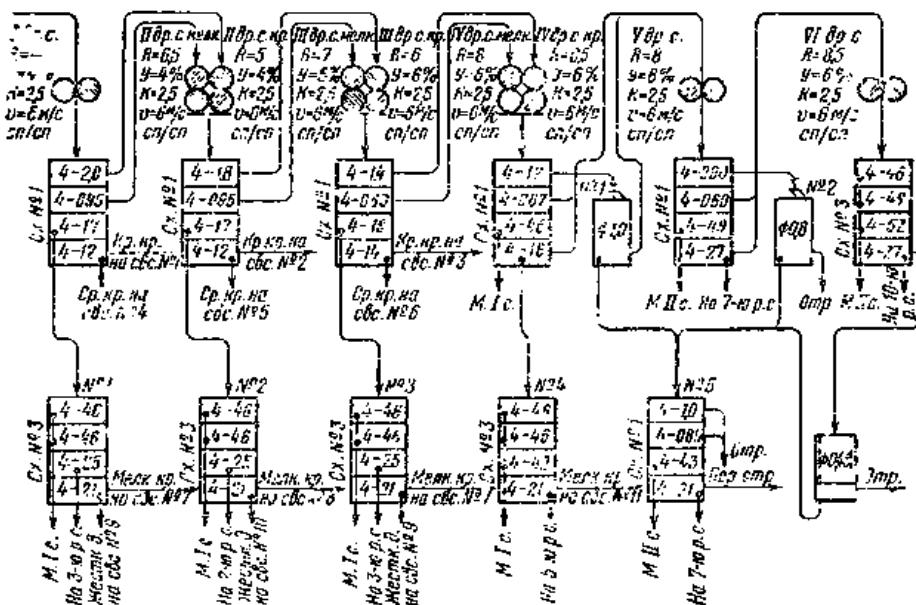


Рис. 21.13. Схема драного процесса.

на них отделяют от оболочек оставшиеся частицы эндосперма. С этих систем отбирают дунсты второго качества и муку второго сорта.

Сортировочных систем принято пять, из них три для продуктов первого качества, одна для продуктов второго качества (с IV драной системы) и одна для пересева продуктов с бичевых и щеточных машин. Вымоль сходовых продуктов начинают с IV драной системы в валяцовых стаках, бичевых и щеточных машинах.

Верхние сходы с I по III драные системы включительно последовательно передают с одной системы на другую (крупную), а с IV и V драных систем — в бичевые машины. Сход с бичевой машины № 1 направляют для дополнительного вымоля на V драную систему, а с бичевой машины № 2 — в отруби. Вторые сходы с I по III драную систему передают с одной системы на другую (мелкие) и, начиная с IV драной, последовательно с одной системы на другую.

Крупную крупку с I драной системы (сход нижних сит) направляют для последующего обогащения в ситовечную систему № 1, со II драной (наиболее добротной) — в систему № 2 и с III (менее добротной, чем с первых двух систем) — в ситовечную систему № 3.

Среднюю крупку (проход нижних сит) также передают для обогащения, с I драной — в ситовечную систему № 4, со II драной — в систему № 5 и с III — в ситовечную систему № 6.

Продукты, полученные проходом средних сит с I, II и III драных систем в виде смеси мелкой крупки, дунстов и муки, направляют в соответствующие сортировочные системы (№ 1, 2 и 3), а дунсты второго качества с IV драной системы (проход нижних сит) — в сортировочную систему № 4. На этих системах отсеивается мука и, кроме того, продукты рассортировываются на отдельные фракции: мелкую крупку и дунсты. С сортировочных систем № 1, 2, 3 мелкую крупку (сход нижних сит) направляют для обогащения, а жесткий дунст, полученный проходом этих сит, — в ситовечные системы № 9 и 10 (мелкая крупка и жесткий дунст с сортировочных систем № 1 и 3 близки по качеству, поэтому в ситовечную машину они поступают одним потоком).

Мягкий дунст, полученный проходом средних сит № 25 с систем № 1, 2 и 3, направляют на размол дунстов первого качества, причем

более добротный (с сортировочной системы № 2) — на 2-ю размольную, а менее добротный (с системами № 1 и 3) — одним потоком на 3-ю размольную для выработки муки высоких сортов.

С сортировочной системы № 4 сходом нижних сит получают мелкую крупку второго качества, которую передают на ситовеочечную систему № 11, а дунст (проход нижних сит) — на размол дунстов второго качества (на 5-ю размольную систему).

Продукты (сход нижних сит), начиная с IV драной системы, в виде мелких оболочечных частиц направляют для последующего вымоля с одной системы на другую и с VI системы в щеточную машину, с которой сход передают в трубу. Дунст (проход сит № 27) с вымалывающих систем (с V и VI драных) более низкого качества направляют на вымол, на 7- и 10-ю размольные системы.

Продукты, полученные проходом сит бичевых и щеточной машин, передают на сортировочную систему № 5, на которой отсеивается мука, а сходом приемных сит получают крупные оболочки. Сход нижних сит (более мелкие и мучнистые оболочки) передают на дополнительное просеивание, а проход (дунст второго качества) направляют на 7-ю размольную систему.

Муку с сортировочных систем № 1, 2 и 3 наиболее высокого качества направляют в контрольный рассев муки первого сорта, с системы № 4 в зависимости от качества в рассев муки первого или второго сорта, а муку с V и VI драных систем в рассев муки второго сорта.

В схему драного процесса в зависимости от наличия оборудования могут быть внесены дополнения. Так, может быть включен пересев дунстов первого качества с сортировочных систем № 1, 2, 3.

В рассевах не происходит полного высева продуктов, в результате чего в дунсте содержится некоторое количество муки. Кроме того, продукт, называемый дунстом, неоднороден по составу и фактически состоит из смеси мелкой крупки, жесткого и мягкого дунста. Необходимо также отметить, что в силу молекулярного притяжения между частичками муки и дунстов происходит образование конгломератов, состоящих из мелких фракций крупок, дунстов и муки. Образование конгломератов усиливается с увеличением влажности продуктов и снижением стекловидности зерна. На образование конгломерата оказывает влияние также район произрастания зерна. При прочих равных условиях мучнистая пшеница из некоторых восточных районов СССР по природным свойствам более склонна к образованию конгломерата.

Измельчить такие продукты трудно, так как они не разрушаются вальцами, а сплющиваются. Вследствие этого ухудшается процесс просеивания, спрессованные частицы идут сходом и передаются с одной системы на другую, что приводит к недобору муки с систем и ухудшению вымоля.

Для высева из дунстов муки, а также разделения их на фракции в отдельных случаях в схему драного процесса вводят сортирование дунстов (рис. 21.14).

Дунсты с сортировочных систем № 1, 2 и 3 передают на специально выделенную систему, с которой нижним сходом получают жесткий дунст, а проходом — мягкий. Жесткий дунст направляют на последующее обогащение или непосредственно на размол в муку высшего сорта (на 2-ю размольную систему), а мягкий дунст также на размол, но на отдельную пару вальцов (на 3-ю размольную систему). Проходом сит № 46—49 получают муку первого сорта, которую передают в контрольный рассев.

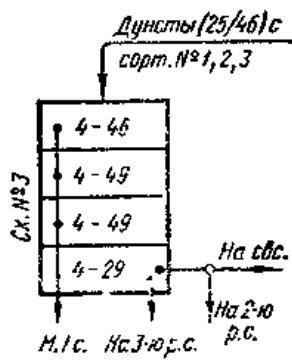


Рис. 21.14. Схема сортирования дунстов.

Используя пересев дунстов, дополнительно получают 8—10% муки по отношению к данной системе или 1—2% по отношению к I драной системе (зольность муки 0,5—0,6%). Наряду с пересевом дунстов в современных схемах драного процесса применяют пересев отрубей для выделения из них невысечных мучнистых частиц. В результате этого дополнительно получают 0,5—1,0% муки.

Режимы измельчения устанавливают на получение с первых 3—4 драных систем возможно большего количества крупок и дунстов с минимальной зольностью и небольшого количества муки. В таблице 21.27 приведены режимы измельчения на I, II, III, IV драных системах для зерна стекловидностью 40—60%.

Таблица 21.27. Примерные режимы измельчения на драных системах

Показатели	Драная система			
	I	II	III	IV
Контрольное сито Извлечение, % от массы продукта, поступающего на данную систему	1 (19) 8—15	1 (19) 45—55	080 (29) 40—50	056 (32) 30—40

На остальных драных системах режимы измельчения устанавливают на извлечение муки (характеризуемое проходом через капроновое сито № 46) с каждой системы в количестве 5—8% по отношению к массе продукта, поступающего на систему. При указанных режимах можно получить примерно следующее количество крупок, дунстов и муки в процентах от массы зерна, поступающего на I драную систему (табл. 21.28).

Таблица 21.28. Примерные извлечения (%) продуктов первого и второго качества в драном процессе

Система	Крупные крупки	Средние крупки	Мелкие крупки	Всего крупок	Дунсты	Крупны е и кусты	Мука	Общее извлече ние, %
I драная	5,0	1,5	1,0	7,5	1,5	9,0	1,0	10,0
II >	20,0	6,5	4,5	31,0	5,0	36,0	5,0	41,0
III >	5,5	4,0	3,0	12,5	3,5	16,0	3,0	19,0
Итого крупок и дунстов:								
первого качества	30,5	12,0	8,5	51,0	10,0	61,0	9,0	70,0
второго качества	—	1,5	2,5	4,0	3,0	7,0	3,0	10,0
Всего	30,5	13,5	11,0	55,0	13,0	68,0	12,0	80,0

Процесс обогащения. Следующий этап в технологической схеме производства муки на современном мукомольном заводе — это процесс сортирования промежуточных продуктов на отдельные фракции по крупности и добротности.

При сортировании продуктов измельчения в рассевах промежуточные продукты получаются неоднородными по составу и состоят из смеси частиц эндосперма, оболочек и их сростков. Прежде чем направить эти продукты на дальнейшее измельчение, необходимо рассортировать их не только по размерам, но и по добротности в ситовеочных машинах.

После этого каждую фракцию в зависимости от качества направляют на шлифовочные системы или на измельчение.

Процесс сортирования промежуточных продуктов по добротности в ситовеочных машинах называют обогащением. Это один из важнейших технологических процессов в современных схемах производства муки, от правильного построения которого в значительной степени зависит качество муки.

Процесс обогащения подразделяют на три группы: к первой относят ситовеочные машины, на которых обогащают крупки первого качества с I, II, III драных систем и сортировочных, ко второй — машины, на которых обогащают крупки второго качества с IV драной системы, и к третьей — ситовеочные машины, на которых обогащают крупки со шлифовочных систем. Преобладающее значение в процессе обогащения крупок имеют машины первой группы, так как на них поступает наибольшее количество крупок.

В ситовесчных машинах принимают сита в зависимости от крупности и состава крупок, а также от нумерации сит в рассевах, с которых крупки поступают на обогащение.

В двухступенчатой ситовеочной машине при обогащении крупной крупки в верхнем ярусе устанавливают первые два сита таких номеров, чтобы проходом поступило на нижний ярус сит примерно 50—60% от количества продукта (рис. 21.15). Последующие сита в верхнем ярусе подбирают в пределах номеров, принятых для крупной крупки, причем с переходом от первого к последнему сита разрежают примерно на один номер. Сита в нижнем ярусе по сравнению с ситами верхнего яруса устанавливают примерно на 1—2 номера гуще.

При обогащении крупной крупки с III драной системы сита принимают на 1—2 номера гуще по сравнению с ситами, выбранными при обогащении крупной крупки с I и II драных систем, так как зольность крупок с этой системы выше, чем крупок, полученных с I и II систем.

При обогащении средней и мелкой крупок, жесткого дунста в верхнем ярусе устанавливают первые два сита, чтобы проходом на нижний ярус поступило 50—60% продукта. Сита в верхнем и нижнем ярусах подбирают примерно в пределах номеров, принятых для отбора указанных фракций крупок в рассеве. С переходом от одного сита к другому их разрежают на 1—2 номера.

Рассмотренный порядок установки сит ориентировочный. На выбор сит для ситовеочных машин наряду с крупностью крупок влияют стекловидность зерна, величина удельной нагрузки и т. п. При обогащении крупок, полученных из стекловидной пшеницы, сита сгущают, а при обогащении крупок, полученных из мучнистой пшеницы, — разрежают. Точно так же при перегрузке машин сита разрежают, а при недогрузке — сгущают.

Крупки перед обогащением группируют в основном в зависимости от качества вырабатываемой муки и производительности мукомольного завода. На заводе средней производительности (свыше 200 т/сутки) подвергают раздельно обогащению с каждой системы: крупную и среднюю крупки с I, II, III драных систем; мелкую крупку и жесткий дунст с сортировочных систем. Допускается обогащать совместно крупную или среднюю крупки с I и II драных систем, как близкие по размерам частиц и качеству, а также мелкие крупки с I, II и III драных систем.

На мукомольных заводах небольшой производительности можно совместно обогащать крупную крупку с I драной и II драной мелкой, среднюю крупку с I, II, III драных систем; мелкую крупку с I и

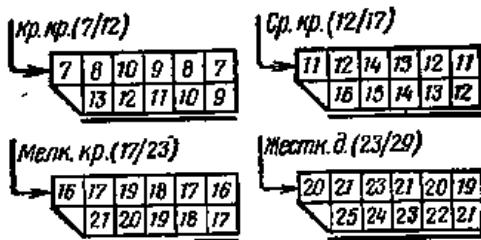


Рис. 21.15. Схема сит в ситовеочных машинах.

3-й сортировочных систем. Таким образом, лишь небольшую часть крупок (близких по размерам и качеству) группируют в потоки, а большую подвергают обогащению раздельно.

Необходимо отметить, что при раздельном направлении крупок в ситовечные машины эффективность обогащения выше, чем в смеси, так как сита и воздушный режим в этом случае устанавливают в соответствии с крупностью и качеством поступающих крупок.

В схеме процесса обогащения крупок (рис. 21.16) ситовечные системы (№ 1, 2, 3) загружаются крупной крупкой с I, II, III драных систем, следующие три (№ 4, 5, 6) — средней крупкой с этих систем и две (№ 7 и 8) — мелкой крупкой.

Продукты распределяют следующим образом. С ситовечных систем № 1 и 2 крупки одним потоком направляют на 1-ю шлифовочную систему для дополнительной обработки.

Зольность крупной крупки с III драной системы выше, чем зольность крупок, полученных с I и II драных систем. Поэтому с ситовечной системы № 3 отбирают два потока обогащенных крупок. Более добротные, полученные проходом первых сит (по качеству они приближаются к обогащенным крупкам с системами № 1 и 2), направляют на 1-ю шлифовочную систему, а более высокозольные (проход последних сит) передают на отдельную шлифовочную систему (на 4-ю). С ситовечных систем № 4, 5, 6 обогащенные крупки одним потоком поступают на следующую по порядку шлифовочную систему (на 2-ю), а с системами № 7 и 8 (наиболее добротные крупки) — на 3-ю шлифовочную.

Схода с ситовечных машин, на которых обогащают крупную крупку, направляют на следующую по порядку драную систему, т. е. с машинами № 1 и 2 на III драную, с машины № 3 на IV драную систему.

Схода с остальных ситовечных систем (более мелкие и более добротные по сравнению со сходами с системами № 1, 2, 3) поступают в специально выделенную сортировочную машину. В ней отсеивается мука и часть других продуктов. Сход приемных сит (оболочки с незначительным содержанием эндосперма) направляют для дополнительного вымолова на V драную систему, сход сита № 16 — (средняя крупка) — на шлифование; сход нижних сит (мелкая крупка) — на повторное обогащение, а проход нижних сит (дунст) — на размол продуктов первого

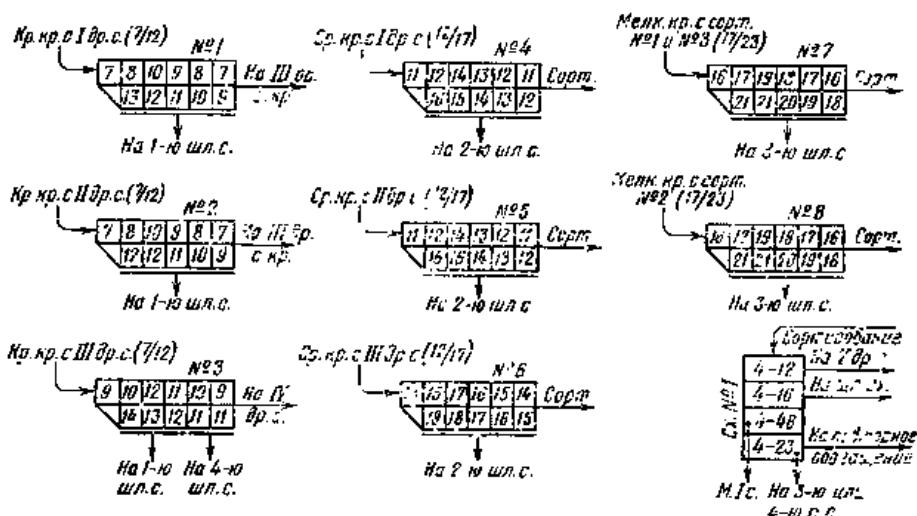


Рис. 21.16. Схема процесса обогащения крупок.

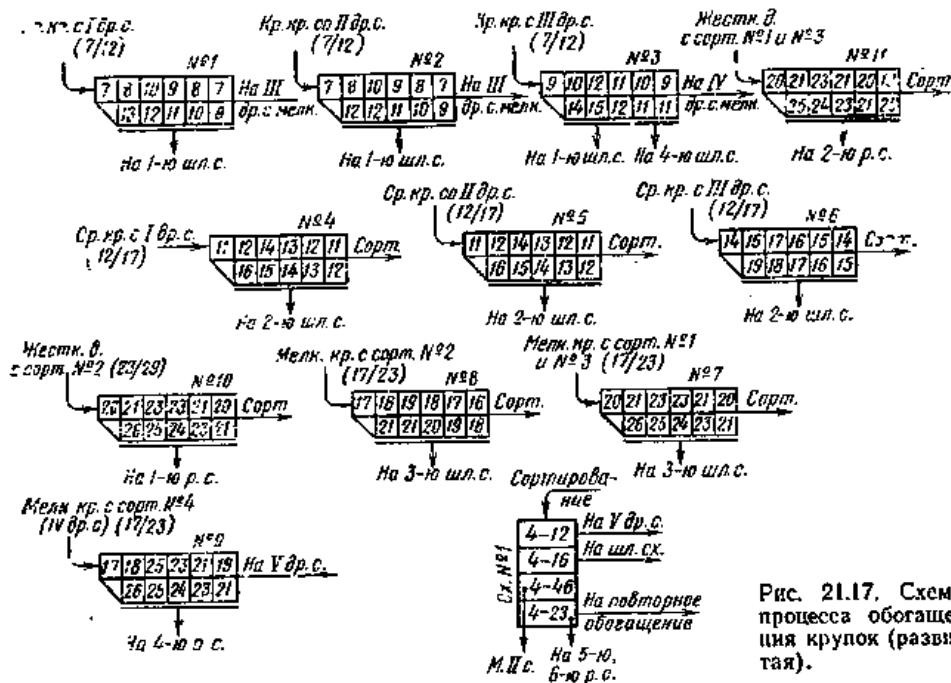


Рис. 21.17. Схема процесса обогащения крупок (развитая).

качества (на 3 или 4-ю размольную систему). Проходом сит № 46 получают муку, которую направляют на контроль муки первого сорта.

В более развитой схеме обогащения (рис. 21.17), кроме крупной, средней и мелкой крупок, подвергают обогащению жесткий дунст, мелкую крупку второго качества с сортировочной системы № 4, обслуживающей IV драную систему.

Продукты с ситовесчных машин распределяют так же, как и по ранее рассмотренной схеме, за исключением машин № 10, 11. С них обогащенные крупки, по зольности приближающиеся к зольности эндосперма, передают для размола в муку высшего сорта (на 1 и 2-ю размольные системы), а с ситовесчной машины № 9 крупки (менее добротные) поступают для размола в муку первого сорта на 4-ю размольную систему. Сходовые продукты передают на отдельную сортировочную систему.

Технологическая эффективность процесса обогащения складывается из работы отдельных машин, и оценивают ее по выходу обогащенных крупок и их зольности (табл. 21.29).

Таблица 21.29. Примерная эффективность работы ситовесчных машин

Продукт	Эффективность, %		
	по выходу очищенных крупок № 1	по снижению зольности очищенных крупок № 2	суммарно № = № 1 + № 2
Крупка:			
крупная	70—80	1,7—1,8	125—135
средняя	75—85	1,4—1,5	110—120
мелкая	85—90	1,2—1,3	110—115
Жесткий дунст	90—95	1,1—1,2	105—110

На эффективность работы ситовесчных машин будут оказывать влияние стекловидность зерна, подбор сит, работа аспирации, однородность крупок, нагрузки и т. п.

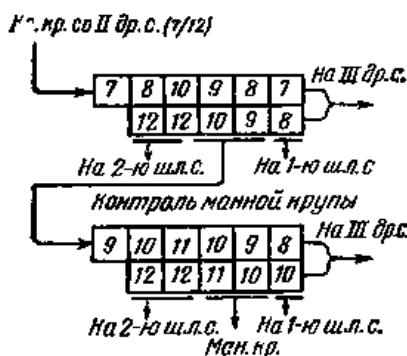


Рис. 21.18. Схема отбора манной крупы.

три потока очищенных крупок. Проход первых двух сит (мелкая фракция) передают на 2-ю шлифовочную систему, проход последующих двух сит в контрольную ситовечную машину, а проход последнего сита (крупная фракция) — на 1-ю шлифовочную.

В контрольной ситовечной машине проход первых двух сит (мелкая фракция крупной крупы) передают на 2-ю шлифовочную систему, а проходом последующих двух сит получают манную крупу. Проход последнего сита (крупная фракция крупной крупы) направляют на 1-ю шлифовочную систему.

Зольность манной крупы не должна превышать 0,60 при переработке мягкой пшеницы и 0,85 твердой. Крупность манной крупы определяют просеванием ее на ситах № 23 и 38. Остаток первого сита не должен превышать 8%, а проход второго — 2%.

Шлифовочный процесс. После обогащения в ситовечных машинах в массе крупок остаются еще сростки эндосперма и оболочек. Прежде чем направить такие крупки на измельчение, необходимо подвергнуть их дополнительной обработке в вальцовых стапках, просеять и обогатить в ситовечных машинах, где выделяют наиболее добротные части эндосперма. Этот процесс называют шлифовочным.

В современных схемах производства муки шлифовочный процесс является частью размольного или выделяют его в самостоятельный. Шлифование осуществляют при легком воздействии вальцов на крупки, в результате чего они разрушаются на более мелкие с получением небольшого количества муки.

Оболочки по сравнению с эндоспермом отличаются большей сопротивляемостью сдвигу. Поэтому крупки в основном разрушаются по граням эндосперма и в меньшей степени по граням, покрытым оболочками. Таким образом, в результате шлифования и последующего просеивания смеси происходит не только обогащение крупок в результате отделения частиц оболочек, но и разрушение их на более мелкие крупки и дусты, свободные от оболочек. Крупки затем подвергают повторному обогащению в ситовечных машинах и последующему измельчению на размольных системах в муку высоких сортов.

Количество шлифовочных систем на мукомольных заводах большой производительности обычно не превышает 4—6, а средней — 2—4.

На шлифовочные системы, когда число их не более 2—4, направляют в основном крупную и среднюю крупу с I, II, III драных систем после обогащения их в ситовечных машинах и реже мелкую крупу с сортировочных систем (первого качества). При большем числе систем на шлифование дополнительно направляют сходовые продукты с ситовечных систем и мелкую крупу второго качества с IV драной системы.

Крупки, поступающие в ситовечные машины, должны состоять из однородных по размерам частиц. Содержание мелких и крупных фракций в пределах указанных групп не должно превышать 25% в крупной крупе, 35% в средней и 40% в мелкой. Однородность крупок контролируют, просеивая навеску продукта (100 г) в рассеве-анализаторе на соответствующих ситах в течение 3 мин.

Наряду с обогащением крупок в ситовечных машинах отбирают манную крупу (рис. 21.18). Крупную крупу со II драной системы (более добротную, чем с других драных систем) направляют в ситовечную машину, из которой выходят

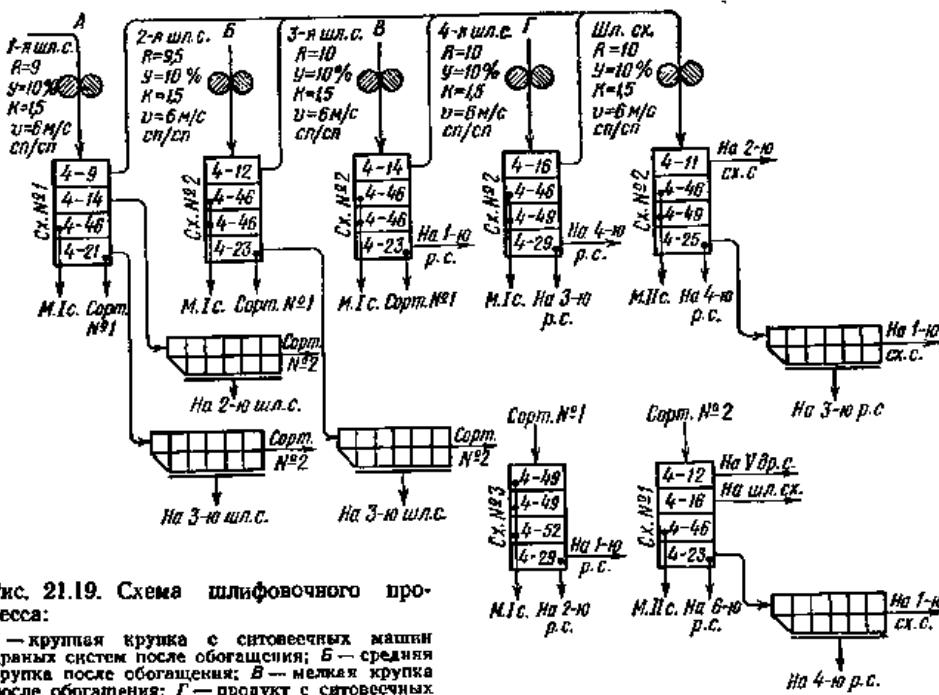


Рис. 21.19. Схема шлифовочного процесса:

A — крупная крупа с ситовечных машин дранных систем после обогащения; *B* — средняя крупа после обогащения; *C* — мелкая крупа после обогащения; *D* — продукт с ситовечных машин при обогащении крупных крупок (сита капроновые).

На вальцах шлифовочных систем нарезают 9—10 рифлей на 1 см длины окружности, угол рифлей 6—10%, их устанавливают «спинка по спинке». Окружные скорости быстровращающихся вальцов на всех системах обычно 5—6 м/с, отношение окружных скоростей 1,5, диаметр вальцов 250 мм. Рифли нарезают с углом $\alpha = 20 \div 40^\circ$, $\beta = 60 \div 80^\circ$ при общем угле заострения $\gamma = 90 \div 110^\circ$. Большие углы заострения граней используют на последних шлифовочных системах.

В схеме шлифовочного процесса (рис. 21.19) предусмотрено пять систем, из которых одна предназначена для шлифования сходов. В нее включены две сортировочные системы: одна для пересева дунстов первого качества с первых трех шлифовочных, а другая для сходов с ситовечных машин.

Продукты, полученные сходом приемных сит с 1, 2, 3 и 4-й шлифовочных систем, передают на специально выделенную систему. Сходом верхних сит получают наиболее высокозольные продукты, которые передают на 2-ю сходовую систему, сходом нижних сит — жесткий дунст и проходом — мягкий.

Жесткий дунст после дополнительного обогащения направляют на измельчение в муку первого сорта (на 3-ю размольную систему), а мягкий — непосредственно на 4-ю размольную.

Дунсты с 1, 2 и 3-й шлифовочных систем (проходом нижних сит) передают на специально выделенную сортировочную. В этих дунстах содержится некоторое количество муки, поэтому, прежде чем направить на размол, целесообразно их рассортировать на отдельные фракции.

Проходом сит № 49к — 52к отбирают муку первого сорта, которую передают в контрольный рассев, сходом нижних сит получают жесткий дунст, а проходом — мягкий. Дунсты передают на размол в муку высшего сорта — на 1 и 2-ю размольные системы.

На сортировочную систему № 2 поступают более разнородные по размерам и качеству продукты. Наряду с мукой в сходах содержится некоторое количество мелкой крупы, дунстов и оболочечных продуктов.

которые не высеиваются полностью и идут сходом. С сортировочной системы № 2 сходом приемных сит получают оболочечные частицы с остатками эндосперма, которые передают для последующего вымолова на V драную систему. Сход сит № 16к (более добротной продукт) направляют для повторного шлифования, сход нижнего сита № 23к (мелкая крупка) после обогащения в ситовечной машине передают на 4-ю размольную систему для получения муки первого сорта, а проход нижних сит (дунст второго качества) — на 6-ю размольную систему.

Муку с первых четырех шлифовочных систем и после пересева дунстов направляют в контрольный рассев муки первого сорта, а муку со шлифования сходов и пересева сходовых продуктов ситовечных машин шлифовочных и драных систем — в контрольный рассев муки второго сорта.

Назначение шлифовочных систем состоит не в получении муки, а в подготовке крупок и дунстов для последующего обогащения и измельчения их на первых размольных системах. Поэтому режимы измельчения устанавливают на максимальное извлечение промежуточных продуктов и небольшого количества муки.

На I и 2-й шлифовочных системах извлечение муки должно быть не более 12% (проход через сито № 43к), на 3 и 4-й шлифовочных — не более 15% и на шлифование крупок второго качества — не более 18% по отношению к массе продукта, поступающего на системы. Всего муки со шлифовочных систем отбирают по отношению к I драной системе примерно 6—8%. При указанных режимах измельчения получают примерно 60—70% крупок и дунстов (по отношению к системе).

Эффективность измельчения на шлифовочных системах в значительной степени зависит от окружных скоростей вальцов, рабочего зазора между ними, нагрузок и других геометрических и кинематических параметров работы вальцовых станков. Только путем правильного сочетания этих параметров можно получить со шлифовочных систем оптимальное количество промежуточных продуктов и муки.

Размольный процесс. В технологической схеме производства муки размольный процесс завершающий. От его совершенства в значительной мере зависят выхода и качество муки. Цель размольного процесса состоит в измельчении в муку крупок и дунстов, полученных в драном и шлифовочных процессах и прошедших обогащение. При этом стремятся извлечь с каждой размольной системы возможно большее количество муки с минимальной зольностью.

На современных мукомольных заводах при выработке высококачественной муки одного или нескольких сортов принимают от 9 до 12 размольных систем. Весь процесс можно расчленить на ряд последовательных этапов: размол крупок и дунстов первого качества, включающий 3—4 системы; размол крупок и дунстов второго качества (3—4 системы); вымол (2—3 системы); 1—2 сходовые системы.

Количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов выбирают 10—11, уклон 6—10%, расположение рифлей на всех системах «спинка по спинке», отношение окружных скоростей вальцов на первых двух-трех размольных 2,5, а на остальных системах с использованием шероховатых вальцов 1,5. Окружные скорости для быстроворачивающихся вальцов принимают 5—6 м/с, а при использовании шероховатых 4,5—5,0 м/с. Рифли нарезают так же, как и по драным системам, т. е. с углами $\alpha=20\div40^\circ$, $\beta=60\div80^\circ$ при общем угле заострения рифли $\gamma=90\div100^\circ$.

До недавнего времени на всех размольных системах применяли нарезные вальцы, что объяснялось необходимостью интенсификации процесса измельчения и повышения удельных нагрузок. Однако использование на размольных системах только нарезных вальцов приводило

к значительному дроблению оболочек, особенно на последних системах, и снижению качества муки.

В настоящее время на размольных системах с целью улучшения качества муки начинают применять вальцы с шероховатой поверхностью, обработанные электроискровым методом. Использование шероховатых двухслойных вальцов приводит к уменьшению зольности муки при измельчении крупок и дунстов первого качества примерно на 0,03—0,08%. Более заметное улучшение зольности (на 0,12—0,32%) достигается при измельчении дунстов второго качества. Средневзвешенная зольность муки снижается на 0,02—0,03%, в том числе зольность муки первого сорта на 0,01—0,02%, а второго на 0,07—0,08%.

Эффективность работы шероховатых вальцов зависит от удельной нагрузки на пару вальцов, которую надо подбирать в соответствии с крупностью продукта (табл. 21.30).

Таблица 21.30. Величины нагрузок на системы

Наименование	Значения			
Нагрузка на систему, кг/(см·сутки):				
1—5-ю размольные	200—250	150—200	120—150	До 100
6—8-ю "	130—170	100—150	75—100	До 75
9-ю и последующие	120—200	100—150	50—100	До 50
ходовую	120—200	100—150	50—100	До 50
R_s , мкм	120—140	80—100	50—65	20—35
K , лунок/см ²	90—120	160—220	300—450	650—900
Режимы микроэррозионной обработки	2;3 ^{1*}	4;5 ^{**}	6;7 ^{**}	8;9 ^{**}

*—** Для обработки вальцов, работающих соответственно на крупных продуктах, на средних, на средних и мелких, на мелких продуктах.

В таблице 21.30 принято обозначение: R_s — среднее расстояние (мкм) между пятью соседними высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин; K — плотность лунок, т. е. среднее количество лунок на 1 см² рабочей поверхности вальца.

Для муки высшего сорта устанавливают капроновые сита № 46к—53к или шелковые № 38—46, для первого № 43к—49к и № 35—43, второго № 38к—49к и № 32—43, дунстов № 22к—27к. В контрольных рассевах сита подбирают на 1—2 номера реже по сравнению с ситами, установленными по системам.

Приведенный порядок подбора сит ориентировочный, так как на него влияют стекловидность зерна, его влажность, нагрузка на данную систему, требования к качеству вырабатываемой муки и т. п. Наряду с этим на выбор сит оказывают влияние тип и район произрастания зерна.

Исследования и опыт работы мукомольных заводов показывают, что мука, выработанная из пшеницы IV типа, просеивается лучше, чем мука из пшеницы I типа. Анализ муки, выработанной из пшеницы I типа восточных районов, показал, что в ней образуется значительное количество спрессованных частиц и, следовательно, севость ее будет несколько ниже. Поэтому при переработке пшеницы восточных районов приходится устанавливать сита для отделения муки на 1—2 номера реже или увеличивать просеивающую поверхность.

На рисунке 21.20 показана схема размольного процесса, включающая семь систем, в том числе одну ходовую. Продукты с размольных систем распределяют по принципу, изложенному ранее, т. е. жесткий дунст (ход нижних сит 1, 2, 3-й размольных систем) передают на специально выделенную ходовую систему, а с нее на 5-ю размольную. Сход с этой системы направляют на 6-ю размольную, а затем в щеточ-

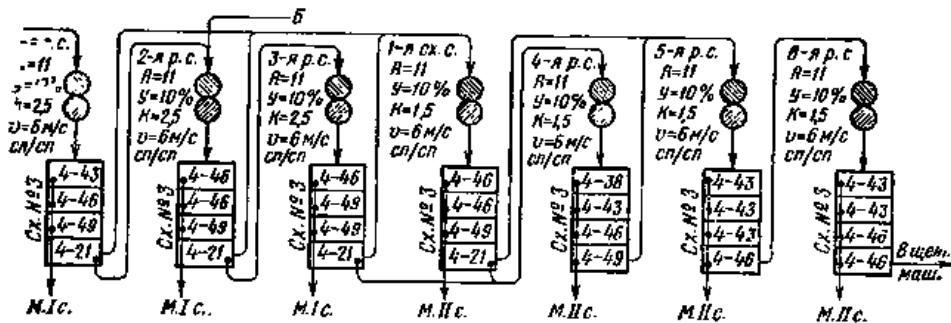


Рис. 21.20. Схема размольного процесса (сокращенная):

A — мелкая крупа и дунст с драных и шлифовочных систем после обогащения в ситовечных машинах; *B* — дунст с 3-й сортировочной системы.

ную машину. Мягкий дунст (проход нижних сит), начиная с 1-й размольной, последовательно передают с одной системы на другую.

Муку первого сорта отбирают с 1, 2 и 3-й размольных систем, на них поступают наиболее доброкачественные продукты (жесткий и мягкий дунсты). Со всех остальных систем получают муку второго сорта. Каждый сорт подвергают контрольному просеиванию в рассевах.

Более развитая схема размольного процесса (рис. 21.21) включает 12 систем, в том числе четыре (1, 2, 3 и 4-я размольные) для измельчения крупок и дунстов первого качества, четыре (5, 6, 7 и 8-я размольные) для измельчения крупок и дунстов второго качества, две сходовые, а 9 и 10-я размольные являются вымольными. На всех системах (за исключением последней) наряду с ситами для отделения муки установлены сита для отбора дунстов.

Продукты с размольных систем (при наличии двух сходовых) распределяют следующим образом. Нижние схода с 1, 2, 3 и 4-й систем направляют на 1-ю сходовую систему; с 1-й сходовой, 5, 6, 7 и 8-й размольной — на 2-ю сходовую; со 2-й сходовой, 9 и 10-й размольной — в щеточную машину, сходом с которой получают отруби. Дунсты (проход нижних сит), начиная с 1-й размольной системы, последовательно передают с одной системы на другую. Таким образом, на 1 и 2-й сходовых системах обрабатывают сходовые продукты, а на остальных размольных измельчают дунсты, т. е. более боротные продукты. Это улучшает качество муки, извлекаемой на размольных системах.

Муку с 1, 2 и 3-й размольных систем направляют в контрольный рассев муки высшего сорта, с 4, 5 и 6-й размольных и 1-й сходовой — в рассев муки первого сорта, а муку с остальных систем — в контрольный рассев муки второго сорта.

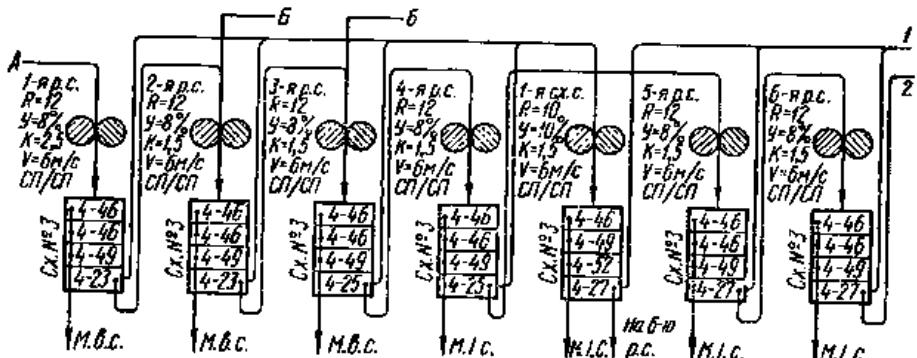


Рис. 21.21. Схема размольного процесса (развитая):

A — мелкая крупа и жесткий дунст после обогащения в ситовечных машинах; *B* — дунст с 3-й сортировочной системы.

Режимы измельчения по размолльным системам устанавливают, исходя из максимального извлечения муки с каждой системы наиболее высокого качества. Оценивают режимы величиной извлечения муки через сито определенного номера.

На 1, 2, 3-й размолльных системах извлечение муки (через сито 49к) должно быть не менее 50% по отношению к массе поступающего продукта; на размолльных системах, перерабатывающих крупки и дунсты первого качества, извлечение муки через сито 49к поддерживает в пределах не менее 35%; на размолльных системах, перерабатывающих крупки и дунсты второго качества и сходовые продукты с предыдущих размолльных систем (через сито 43к), — не менее 20%; на вымольных системах — не менее 10—15% (через сито 46к). В результате в размолльном процессе получают примерно 50—55% муки по отношению к I драной системе, причем основную массу муки (около 40%) отбирают с первых четырех размолльных систем.

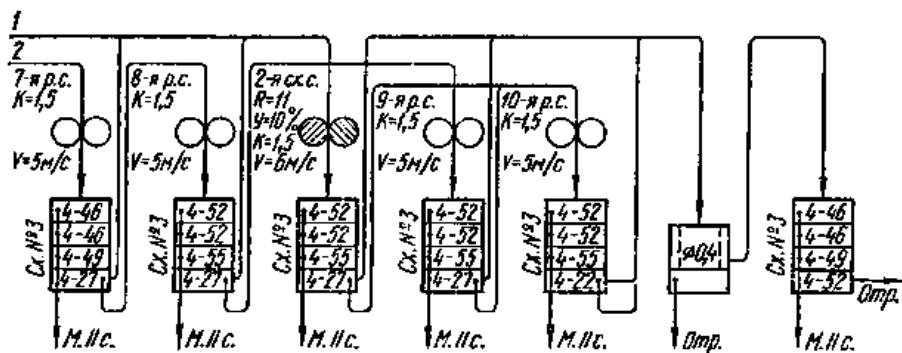
Режимы измельчения по размолльным системам определяют просеванием в течение 3 мин на лабораторном рассеве навески продукта массой 100 кг, взятой из-под вальцов.

Эффективность измельчения на размолльных системах при прочих равных условиях в значительной степени зависит от величины рабочего зазора между вальцами. С его уменьшением извлечение муки возрастает. Однако это продолжается лишь до определенного предела, после чего продукт начинает спрессовываться, а извлечение муки уменьшается, причем удельный расход энергии на измельчение продукта резко возрастает. Следовательно, наивыгоднейшим режимом является такой, при котором не происходит спрессовывания частиц продукта.

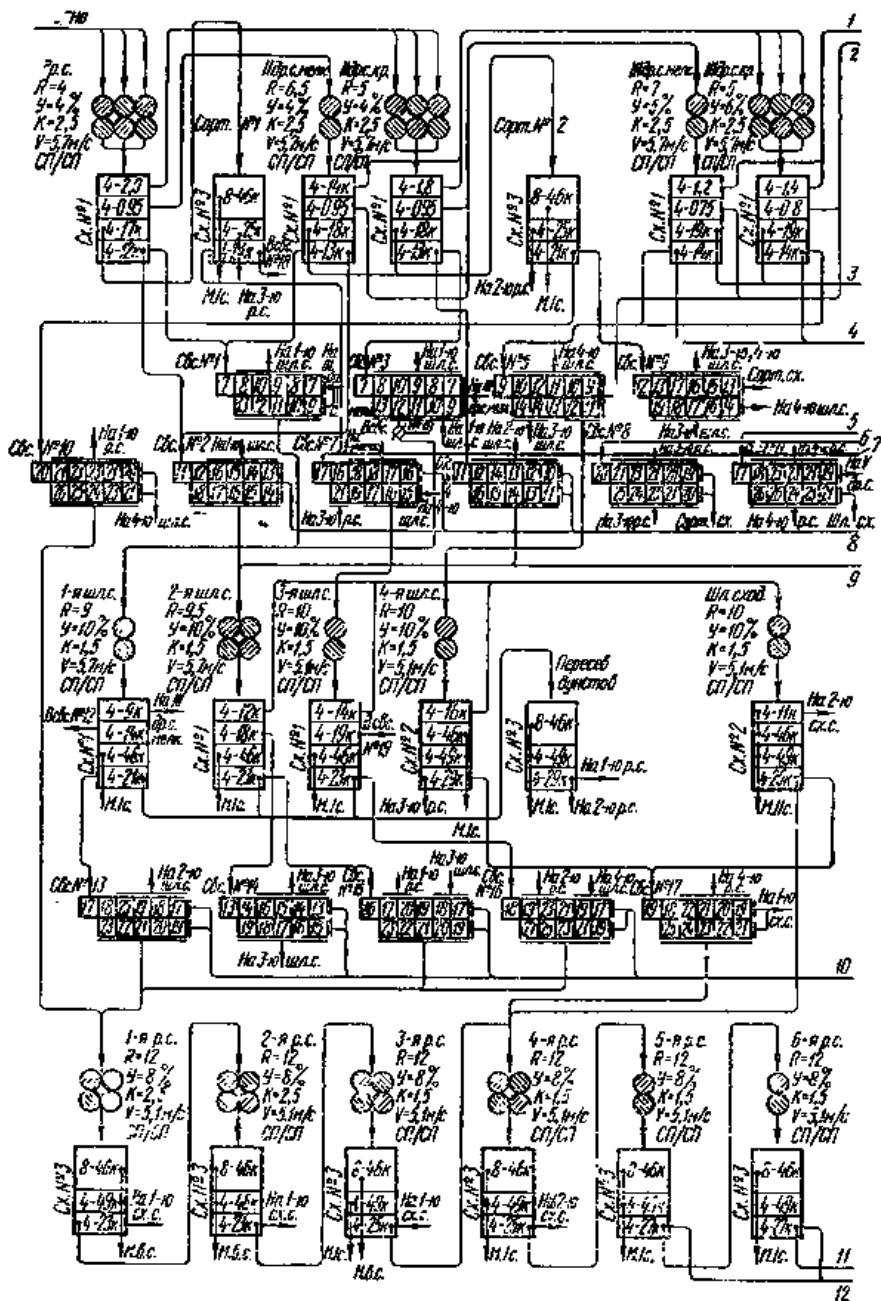
Наряду с величиной рабочего зазора между вальцами на эффективность измельчения влияют: влажность, удельные нагрузки, окружные скорости вальцов и т. п. Следовательно, только при правильно подобранных режимах измельчения в сочетании с геометрией вальцов и скоростью измельчения можно получить с каждой системы не только максимум муки, но и с наибольшим качеством.

Технологический процесс переработки мягкой пшеницы в хлебопекарную муку. Драной процесс технологического процесса выработки муки высшего сорта 30%, первого 33 и второго 15% состоит из шести систем, причем II, III и IV драные поделены на крупные и мелкие с разделенным просеванием продуктов измельчения (рис. 21.22). Сортировочных систем пять, в том числе для первых четырех драных — четыре и одна для продуктов с бичевых машин. Вымоль сходовых продуктов начинают с IV драной системы в вальцовых станках, бичевых и щеточных машинах.

Процесс обогащения включает 19 систем, из них одна служит для отбора машинной крупы. Обогащению подвергают крупную крупу перво-



после сортирования.



го качества с первых трех драных систем, среднюю крупку с этих систем, мелкую крупку и жесткий дунст с сортировочных систем, мелкую крупку второго качества с сортировочной системы № 4.

Шлифовочный процесс включает пять систем, из них одна для шлифования сходов, первые три для крупной, средней и мелкой крупок и одна для крупок второго качества. Обогащению со шлифовочных систем подвергают среднюю и мелкую крупки.

Размольный процесс состоит из 12 систем. Вымол оболочек осуществляют в вальцовых станках и щеточной машине.

Первые сходы, начиная с I по III драную включительно, передают с одной системы на другую (крупную), а вторые — на одноименные системы мелкие.

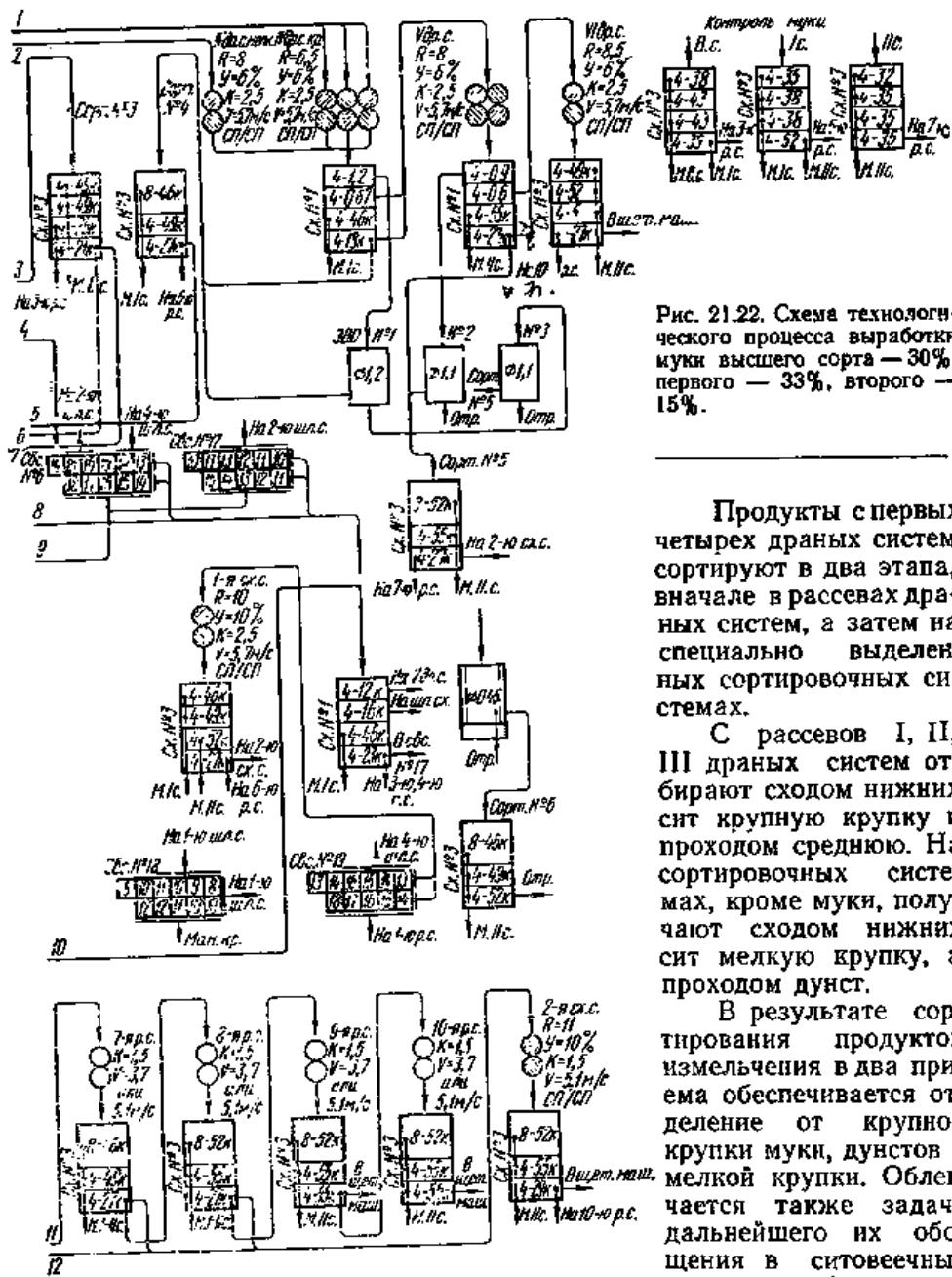


Рис. 21.22. Схема технологического процесса выработки муки высшего сорта — 30%, первого — 33%, второго — 15%.

Продукты с первых четырех драных систем сортируют в два этапа, вначале в рассевах драных систем, а затем на специально выделенных сортировочных системах.

С рассевов I, II, III драных систем отбирают сходом нижних сит крупную крупу и проходом среднюю. На сортировочных системах, кроме муки, получают сходом нижних сит мелкую крупу, а проходом дунст.

В результате сортирования продуктов измельчения в два приема обеспечивается отделение от крупной крупы муки, дунстов и мелкой крупы. Облегчается также задача дальнейшего их обогащения в ситовечных машинах (поступают

крупки, более однородные по крупности) и на шлифовочных системах.

Обогащению подвергают: крупную и среднюю крупу с I, II, III драных систем (отдельными потоками); мелкую крупу с сортировочных систем № 1, 2 и 3 и жесткий дунст; мелкую крупу второго качества с сортировочной системы № 4. Мягкий дунст с сортировочных систем № 1, 2 и 3 направляют на размол дунстов первого качества (на 2 и 3-ю размольные системы).

Продукты (верхний сход с IV и V драных систем) после обработки в бичевых машинах направляют на пересев, а сход с VI драной после обработки в щеточной машине — в отруби. В результате этого оболочки в меньшей степени подвергаются измельчению, что способствует получению муки второго сорта лучшего качества.

С бичевой машины № 1 сходовую фракцию зольностью 4,5—5% направляют на повторную обработку в бичевую машину № 3, сходом с которой отбирают отруби. В результате повторной обработки продуктов с машины № 3 отбирают отруби с зольностью 6,0—6,5%.

С ситовеечных машин обогащенные крупная и средняя крупки первого качества направляют для дополнительной обработки на первые две шлифовочные системы: мелкую крупку на 3-ю шлифовочную, дунсты на 1-ю размольную для измельчения в муку высшего сорта, а мелкую второго качества на 4-ю размольную систему.

После шлифования и обогащения в ситовеечных машинах среднюю крупку подвергают повторному шлифованию, мелкую крупку после обогащения направляют на 1-ю размольную, дунсты со шлифовочных систем — на пересев и затем на 1 и 2-ю размольные для получения муки высшего сорта. Таким образом, 1-ю размольную систему загружают мелкой крупкой после двукратного обогащения, а 3-ю размольную — дунстами.

Нижние сходы с 1, 2 и 3-й размольных систем направляют на 1-ю сходовую для измельчения в муку первого или второго сорта. Нижние сходы с 1-й сходовой и последующих пяти систем (с 4, 5, 6, 7 и 8-й размольных) поступают на 2-ю сходовую систему, нижний сход с которой, а также с 9 и 10-й размольных направляют в щеточную машину.

Дунсты с 1-й размольной по 9-ю последовательно передают с одной системы на другую.

Муку с 1, 2 и 3-й размольных систем направляют в контрольный рассев муки высшего сорта; муку с сортировочных систем № 1, 2, 3 и 4, с 1, 2, 3 и 4-й шлифовочных и с 4, 5 и 6-й размольных — в рассев муки первого сорта. С 1-й сходовой, 7 и 8-й размольных в зависимости от качества получают муку первого или второго сорта, а со всех остальных систем — второго сорта.

По рассмотренной схеме с небольшими изменениями можно вырабатывать муку с другим соотношением сортов, изменив номера сит, коммуникацию продуктов и группировку потоков (табл. 21.31).

Таблица 21.31. Группировка потоков муки по сортам

Сорт и выход муки	Сорт муки		
	высший	первый	второй
Первый и второй 60—15 с общим выходом 75%	С 1, 2 и 3-й р. с.	С сорт. № 1, 2, 3, 4; с IV др. с. кр.; с 1, 2, 3, 4-й шл. с.; 1, 2, 3, 4, 5-й р. с.; с 1 ск. с.; с пересева дун- стов; с 1 и 3-й шл. с.	С остальных систем
Высший и второй 40—38 с общим выходом 78%	С 1, 2, 3-й р. с.; со 2 и 3-й шл. с.	С остальных систем	—

Одним из основных направлений современной технологии переработки является сокращение процесса подготовки и размола зерна, позволяющее при меньшем количестве оборудования и обслуживающего персонала с большим экономическим эффектом перерабатывать зерно.

Разработанные технологические схемы отличаются меньшим количеством систем в драном, шлифовочном и размольном процессах. Ситовеечные машины используют только для отбора манной крупы. Вместе с тем применение сокращенных схем обуславливает необходимость проведения комплекса технологических приемов. После вальцовых станков первых четырех драных систем рекомендуется устанавливать бичевые

машины, которые разделят измельченный продукт по крупности на две фракции.

Одновременно с этим стремятся снизить удельные нагрузки на вальцовые станки и перераспределить длину вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности между драным и размоленным процессом в соотношении 1:1 вместо 1:1,2 или 1:1,3.

На I драной системе применяют низкий режим измельчения — 40—45% (проход через сито № 1,0). При этом для улучшения качества крупок, дунстов нагрузку на 1 см вальцовой линии выбирают в пределах 750—800 кг/сутки.

Крупную крупку, получаемую на первых двух драных системах, направляют в вальцовый станок последующей системы (II—III драные системы мелкие), а среднюю и мелкую — на шлифовочные системы.

Для улучшения качества продуктов на IV—V драных системах окружные скорости быстровращающихся вальцов снижают до 4,0—4,5 м/с и отношение окружных скоростей на V драной системе до 1,5.

Для сокращения размольного процесса на первых системах (при условии обеспечения высокого качества поступающего продукта) применяют интенсивные режимы измельчения, что достигается увеличением отношения скоростей с 1,5 до 2,5 на 2 и 3-й размольных системах. Режим работы вальцовых станков этих систем должен обеспечивать извлечение муки не менее 50—60% [проход через сито № 43 при нагрузке не более 250—300 кг/(см·сутки)].

Начиная с 5-й размольной системы, рекомендуется окружную скорость быстровращающихся вальцов принимать 4—5 м/с, а отношение окружных скоростей 1,25, что снижает интенсивность измельчения оболочек и улучшает качество муки.

В рассевах драных, шлифовочных и размольных систем применяют сита № 43к—58к.

Удельные нагрузки при двухсортном помоле на вальцовую линию составляют 110 кг/(см·сутки), на просеивающую поверхность 1340 кг/(м²·сутки), при трехсортном соответственно 87 и 1176.

§ 21.15. ОПЫТ ПЕРЕДОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ВЫХОДОВ И УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА МУКИ

К числу передовых предприятий, добившихся хороших показателей выхода муки высоких сортов и улучшения ее качества, необходимо отнести Московские мелькомбинаты № 3, 4, им. А. Д. Цюрупы, Ленинградский мелькомбинат им. С. М. Кирова и др. На этих предприятиях технологии особое внимание уделяют изучению технологических свойств зерна и составлению помольных партий. Путем лабораторных помолов они определяют технологические свойства зерна: выход муки по сортам, зольность, белизну, расход энергии, количество и качество клейковины, объемный выход хлеба и другие показатели. Устанавливают также оптимальные режимы увлажнения и отволаживания. Затем на основе получения данных технолог разрабатывает не только рецептуру зерновой смеси, но и дает рекомендации по подготовке и переработке зерна в производственных условиях.

На передовых мелькомбинатах проводят раздельное увлажнение и отволаживание зерна по типам и стекловидности при поточном (непрерывном) отволаживании. Размер увлажнения и продолжительность отволаживания зерна подбирают опытным путем для каждого сорта в зависимости от стекловидности зерна. Закрома для отволаживания разделены на отдельные группы, в каждую из которых направляют определенный сорт зерна. Количество и емкость закромов для каждого сорта выделяют по соотношению его в смеси, стекловидности, начальной и конечной влажности. Это позволяет направлять на I драную систему каж-

зую партию зерна при оптимальной влажности, обеспечивающей его размол в наиболее благоприятных условиях.

Различные типы зерна на мелькомбинате № 3 подготавливают в одной секции, на мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы — в двух параллельных секциях, а на мелькомбинате № 4 — в четырех. Увлажнение и отволаживание зерна двукратное, а на мелькомбинате № 3 — трехкратное. На мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы на увлажнительных аппаратах установлены ротаметры для регулирования и контроля расхода воды, что позволяет более точно выдерживать заданные режимы увлажнения.

Раздельно подготовленные партии зерна на мелькомбинате № 3 смешивают только перед направлением их в размол. Партии состоят из преимущественно из 3—4 компонентов, что позволяет равномерно использовать имеющееся зерно.

На мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы осуществляют не только раздельную подготовку пшеницы восточных и южных районов, но и раздельный их размол в двух самостоятельных секциях со смешиванием полученной муки перед выбоем. Яровую пшеницу направляют на подготовку, а затем в размол в секцию А; озимую пшеницу из южных районов после подготовки передают в секцию Б.

На мелькомбинатах отбирают мелкое зерно в количестве 3—4%, которое передают для использования в комбикормах или направляют на специально выделенный вальцовый станок для размола в муку второго сорта (мелькомбинат № 3).

Драной процесс включает пять систем с раздельным измельчением и просеиванием крупных и мелких продуктов. Обработку верхних сходов в бичевых машинах начинают с III драной системы. В отруби направляют верхние схода с IV драной и все схода с V драной системы. Проходы бичевых машин III, IV и V драных систем просеивают на специально выделенных сортировочных системах. Крупки, дунсты с I, II и III драных систем сортируют в три этапа, а с IV и V систем — в два. На мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы продукты размола II, III драных систем в секции А предварительно сортируют в бичевых машинах, проход которых направляют в рассев, а сход — в вальцовый станок последующей системы.

Крупную и среднюю крупки первого качества отбирают с рассевов I, II, III драных систем (на мелькомбинате № 3 крупную крупку отбирают с I, II драных и среднюю с II драной системы), а мелкую крупку второго качества — с IV драной системы мелкой. Мелкую крупку первого качества и дунсты отбирают с сортировочных систем, обслуживающих I, II и III драные системы, а жесткий и мягкий дунсты первого качества (с I, II и III драных систем) — с сортировочных систем для дунстов.

Обогащению в ситовеческих машинах подвергают: крупную и среднюю крупки с I, II, III драных систем, мелкую крупку с IV системы, мелкую крупку и жесткий дунст с сортировочных систем.

Шлифовочный процесс включает шесть систем, из них четыре системы для крупок первого качества, одна для продуктов второго качества и одна для шлифования сходовых продуктов.

Размольный процесс состоит из девяти систем, из них первые две разделены по качеству поступающих продуктов для выработки муки высшего и первого сортов.

Особенностью размольного процесса на мелькомбинате № 4 является раздельное измельчение и просеивание продуктов первых четырех размольных систем с учетом их качества, что позволяет устанавливать оптимальные режимы измельчения и отбирать муку высшего сорта вплоть до 4-й размольной системы. Для интенсификации измельчения на размольных системах отношение окружных скоростей принято 2,5 (мелькомбинат им. А. Д. Цюрупы).

Муки в драном процессе отбирают примерно 20—22%, в шлифовочном 9—10 и размольном 44—46%, т. е. основное количество муки получают в размольном процессе.

Окружные скорости быстровращающихся вальцов на мелькомбинате № 3 на всех драных системах 6 м/с, расположение рифлей «спинка по спинке», уклон рифлей на I, II, III, IV драных системах крупных 3%, на остальных 5%.

На мелькомбинате им. А. Д. Цюрупы окружная скорость быстровращающихся вальцов на I—IV драных системах принята 9 м/с, на других 6 м/с, расположение рифлей «спинка по спинке»; на мелькомбинате № 4 на всех системах 6 м/с с расположением рифлей на первых драных «острие по острюю» и на остальных «спинка по спинке».

Выход муки высоких сортов на мелькомбинате № 3 составляет 71—72% при общем выходе 78%, в том числе муки высшего сорта 32—34%, а на мелькомбинатах им. А.Д. Цюрупы и № 4 71—72% при общем выходе 75%, в том числе муки высшего сорта 32—34%.

Московские мелькомбинаты с 1974 г. определяют качество муки по показаниям прибора ФПМ-1, т. е. по белизне муки. Средние значения для муки высшего сорта 18—19 ед., первого 33—36 ед., второго 55—60 ед. Ниже приведены нормы производительности на вальцовые станки, рассевы и ситовечевые машины при выработке хлебопекарной муки с общим выходом 72%, 75 и 78%: на 1 см длины парноработающих вальцов 63—85 кг/сутки, на 1 м² просеивающей поверхности рассевов ЗРШ-М 1000—1200 кг/сутки, на 1 см ширины приемного сита верхнего яруса ситовечной машины 350—450 кг/сутки.

При указанных средних технических нормах ориентировочные нагрузки на вальцовые станки по системам следующие: на I драную 800—1200, на I-ю шлифовочную 300—400, на I-ю размольную 220—300 кг/сутки. Ориентировочные нагрузки на одну секцию рассева ЗРШ-М следующие: для I драной системы 85—95, для I-й шлифовочной 30—40, для I-й размольной 35—40 т/сутки.

§ 21.16. ПОМОЛЫ ТВЕРДОЙ И ВЫСКОКОСТЕКЛОВИДНОЙ ПШЕНИЦЫ В МАКАРОННУЮ МУКУ

Виды помолов и базисные нормы выхода продукции (табл. 21.32 и табл. 21.33). При двухсортном помоле вырабатывают муку высшего сорта (60—65%) и одновременно муку хлебопекарную в количестве 10—15%, а при трехсортном — муку высшего сорта (30—50%), первого (10—30%) и хлебопекарную (10—20%).

При выработке макаронной муки из мягкой высокостекловидной пшеницы (со стекловидностью не менее 60%) выход муки высшего сорта (крупки) 15—30 и 20—35% и первого 35—45%. Одновременно получают 18—23 и 15—20% хлебопекарной муки второго сорта. Таким образом, при размоле мягкой стекловидной пшеницы вырабатывают меньше муки высшего сорта (крупки), больше первого (полукрупки) и хлебопекарной муки второго сорта.

Мука для макаронного производства из твердой пшеницы существенно отличается от хлебопекарной. Она состоит из относительно крупных и однородных по размеру частиц эндосперма. Цвет муки высшего сорта (крупка) кремовый с желтоватым оттенком, а муки первого сорта (полукрупка) светло-кремовый. Мука отличается крупнитчатой структурой, высоким содержанием белка, большим выходом и хорошим качеством клейковины, обладает высокой способностью образовывать упругопластичное тесто и обеспечивает получение макаронных изделий стекловидной консистенции, не klejkiх в сваренном виде.

Несмотря на высокое содержание белка (15—16%, а иногда и более), макаронная мука обладает небольшой водопоглотительной способ-

нностью. Это объясняется сравнительно крупным размером ее зерен — (100—150 мкм).

Муку высшего сорта получают из центральных слоев эндосперма — а первого — преимущественно из частиц периферийного эндосперма с более или менее заметным количеством оболочечных частиц сравнительно малозаметных в муке из-за слабой пигментации оболочек твердой пшеницы, но все же отрицательно влияющих на качество изделий. Мука способна образовать 32—35% (до 40%) светлоокрашенной эластичной клейковины.

Макаронная мука из твердой пшеницы отличается не только относительно высоким содержанием белка и выходом сырой клейковины, но и сравнительно большим количеством растворимых веществ, большей зольностью и содержанием клетчатки. Это объясняется тем, что эндосперм твердой пшеницы по сравнению с мягкой содержит больше минеральных веществ, а его клетки имеют несколько более грубое строение.

Таблица 21.32. Помолы при переработке зерна твердой и высокостекловидной пшеницы в макаронную муку

Продукция	Помол твердой пшеницы				Трехсортные помолы высокостекловидной мягкой пшеницы			
	двуесортный 72—75%-ный	трехсортный 75%-ный	трехсортный 78%-ный		75%-ный	78%-ный		
Мука:								
высшего сорта (крупка)	40,0	60,0	30,0	40,0	25,0	30,0	40,0	20,0
первого сорта (полукрупка)	32,0	—	25,0	20,0	30,0	25,0	15,0	30,0
второго сорта	—	15,0	20,0	15,0	23,0	23,0	23,0	25,0
Побочные продукты:								
кормовая мучка отруби	6,0	3,0	8,0	3,0	—	—	3,0	3,0
	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
Отходы категории:								
первой и второй	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
третьей с механическими потерями (без мойки зерна)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
								100,0

Макаронная мука высшего сорта из мягкой высокостекловидной пшеницы отличается белым цветом с желтоватым оттенком, а мука первого сорта — белым цветом с кремовым оттенком, относительно высоким содержанием белка (14—16%) и выходом сырой клейковины (30—32%), достаточно эластичной, светлой и растяжимой, отличающейся несколько большим размером крахмальных зерен и физико-химическими свойствами (большей вязкостью крахмала и др.) и меньше — количеством растворимых веществ. Изделия из такой муки белого цвета, менее стекловидные, по внешнему виду они почти не уступают изделиям, полученным из твердой пшеницы, но макароны из мягкой пшеницы в процессе варки дают более мутный отвар и получаются более клейкими.

Мука второго сорта при переработке твердой пшеницы лишь по цвету (из-за слабой пигментации оболочек твердых пшениц) похожа на хлебопекарную муку второго сорта, но содержит около 2% клетчатки, а зольность ее 1,75%. В чистом виде для хлебопечения макаронная мука второго сорта непригодна; ее используют как примесь к обычной хлебопекарной муке. Мука второго сорта из мягкой стекловидной пшеницы не отличается от обычной хлебопекарной муки такого же сорта.

Таблица 21.33. Нормы качества муки из твердой и мягкой стекловидной пшеницы для макаронных изделий

Продукция	Зольность (не более), %	Крупность помола				Содержание клейковины (не менее), %	Цвет (органолептическое определение)	ГОСТ			
		Остаток на сите		Проток через сито							
		номер	не более, %	номер	не более, %						
Мука из твердой пшеницы:	0,75	140/36	3	260/70	12	30	Кремовый желтоватым оттенком	ГОСТ 1230—66			
	1,10	190/50	3	43	40	32	Светло-кремовый	ГОСТ 1226—76			
	1,75	27	2	38	65*	28	Кремовый желтоватым оттенком	ГОСТ 16439—70			
Мука из мягкой стекловидной пшеницы:	0,55	150/40	3	260/70	15	25	Белый с желтоватым оттенком	ГОСТ 121—77			
	0,75	190/50	3	43	50	30	Белый с кремовым оттенком	ГОСТ 1206—66			

* Не менее.

Построение схемы помола. При построении схемы следует учитывать, что структурно-механические и технологические свойства зерна твердой и мягкой пшеницы существенно различаются.

Твердая пшеница, как правило, характеризуется крупным и выравненным зерном, высокой стекловидностью и объемной массой, что позволяет получать из нее достаточно высокий выход макаронной крушки. Зерно твердой пшеницы отличается большой механической прочностью, плотностью и упругостью. Вместе с тем стекловидное зерно дает высокий выход муки, частицы муки более крупные, что высоко ценят в макаронной промышленности. Стекловидное зерно, кроме того, содержит больше белковых веществ, чем мукистос, характеризуется средним и высоким качеством сырой клейковины. Большая концентрация желтого пигмента имеет решающее значение для получения макаронных изделий высокого качества.

При измельчении твердой пшеницы в драном процессе эндосперм почти целиком разделяется на крупки. Толкоизмельченной муки получается незначительное количество. Вследствие хорошей вымалываемости оболочек отруби почти не содержат муку и поэтому высокозольны (6—7%).

При помоле твердой пшеницы зольность промежуточных продуктов, как правило, повышается по мере перехода от крупных фракций к мелким.

Это объясняется тем, что алеброновый слой зерна твердой пшеницы менее прочен. В процессе измельчения зерна он разрушается на мельчайшие частицы, которые, попадая в мелкие фракции продуктов и в муку, повышают их зольность.

Наряду с этим мука второго сорта из твердой пшеницы, несмотря на высокую зольность, светлее, чем мука из мягкой, и является хорошим улучшителем в хлебопечении.

Наличие в муке алебронового слоя увеличивает содержание в ней белка, липидов, минеральных веществ и витаминов, а цвет муки, особенно второго сорта, не ухудшается. В этом существенное отличие алеб-

рохового слоя от плодовых оболочек, которые, попадая в муку, не только повышают ее зольность, но и ухудшают цвет.

Несмотря на высокую прочность зерна твердой пшеницы, при размоле ее в макаронную муку расходуется меньше энергии, чем при размоле зерна мягкой пшеницы в хлебопекарную муку. Это объясняется тем, что при измельчении твердая пшеница разрушается с преобладанием крупных фракций. В результате этого суммарная поверхность измельченных частиц меньше, чем при разрушении мягкой пшеницы.

В соответствии с обобщенным законом измельчения расход энергии пропорционален увеличению суммарной поверхности полученных частиц или степени измельчения. Поэтому и расход энергии в первом случае меньше, чем во втором. Однако на размольных системах расход энергии выше, так как крупки из твердой пшеницы подвергаются измельчению в муку такой же крупности, что и при измельчении крупок, полученных из мягкой пшеницы, но разность суммарных поверхностей частиц до и после размола в первом случае будет больше, чем во втором.

На всех размольных и шлифовочных системах устанавливают вальцы с мелкой нарезкой (табл. 21. 34). Уклон рифлей принят более высокий (12—14%), а окружная скорость вальцов на всех системах снижена до 5,0—5,5 м/с. В этом случае промежуточные продукты получаются преимущественно крупных и средних фракций, что особенно желательно при выработке макаронной муки. При принятых окружных скоростях вальцов хрупкие оболочки зерна твердой пшеницы в меньшей степени подвергаются измельчению, что способствует получению крупок и дунстов с минимальной зольностью.

Таблица 21.34. Техническая характеристика схемы помола

Показатели	Значения
Количество рифлей на 1 см длины окружности вальцов на системах:	
драних	От 4—4,5 до 6—7
шлифовочных	9—10
размольных	10
Уклон рифлей на системах, %:	
драних	12—10
шлифовочных	12
размольных	14
Расположение рифлей на системах:	
I—IV драных и I—6-й шлифовочных	ос/ос
на остальных драных, шлифовочных и размольных	сп/сп
Угол заострения рифлей на системах:	
I, V и VI драных	35°/65°
остальных драных, шлифовочных и	30°/60°
размольных	35°/70°
Отношение окружных скоростей вальцов на системах:	
драних	2,5
1—6-й шлифовочных	2,5
на остальных шлифовочных и размольных	1,5
Окружная скорость быстровращающихся вальцов на системах, м/с:	
драних и шлифовочных	5,0
размольных	5,5

Драной и шлифовочный процессы при переработке твердой пшеницы в макаронную муку развитые, а размольный процесс сокращенный. Количество драных систем шесть (из них II, III, IV и V разделены в зависимости от производительности на крупные и мелкие), шлифовочных систем 6—8, размольных 3—4.

Крупную крупку первого качества отбирают с I, II и III драных систем, среднюю с I, II, III и IV систем, мелкую с I, II, III, IV и V систем и дунсты с I, II, III, IV, V и VI драных систем.

Процесс обогащения также развитый. Обогащению подвергают крупную, среднюю и мелкую крупики с I, II, III драных систем, среднюю и мелкую крупики с IV драной системы, жесткий дунст с V и VI драных систем. Со шлифовочных систем обогащают среднюю, мелкую крупики и дунсты.

Сортировочных систем 3—6, в том числе одна для чешуйчатой крупики с первых трех драных систем (для крупок примерно одного и того же качества), одна для дунстов с IV драной системы, одна для сходовых продуктов с ситовечных машин и одна для сортирования дунстов со шлифовочных систем.

Назначение сортировочных систем сводится не к высеву зерни из поступающих продуктов, как при выработке хлебопекарной муки, а в основном к рассортированию и выравниванию крупок по крутизне в рассевах и последующему их обогащению в ситовечных машинах.

Режимы измельчения на I, II, III и IV драных системах устанавливаются на получение максимального количества крупок и дунстов в чешуйчатого качества и минимального количества муки (табл. 21.35). Таким образом, в драном процессе поддерживается высокий режим измельчения зерна, так как только при этом можно получить крупики и дунсты со всех драных систем наиболее высокого качества.

Таблица 21.35. Примерные режимы измельчения

Показатели	Драная система			
	I	II	III	IV
Контрольное ситео Извлечение, % от массы продукта, направляемого на данную систему	1 7—10	1 40—55	080 35—45	056 15—20

На V и VI драных системах режимы измельчения подбирают на извлечение в необходимом количестве дунстов для последующего обогащения их в ситовечных машинах.

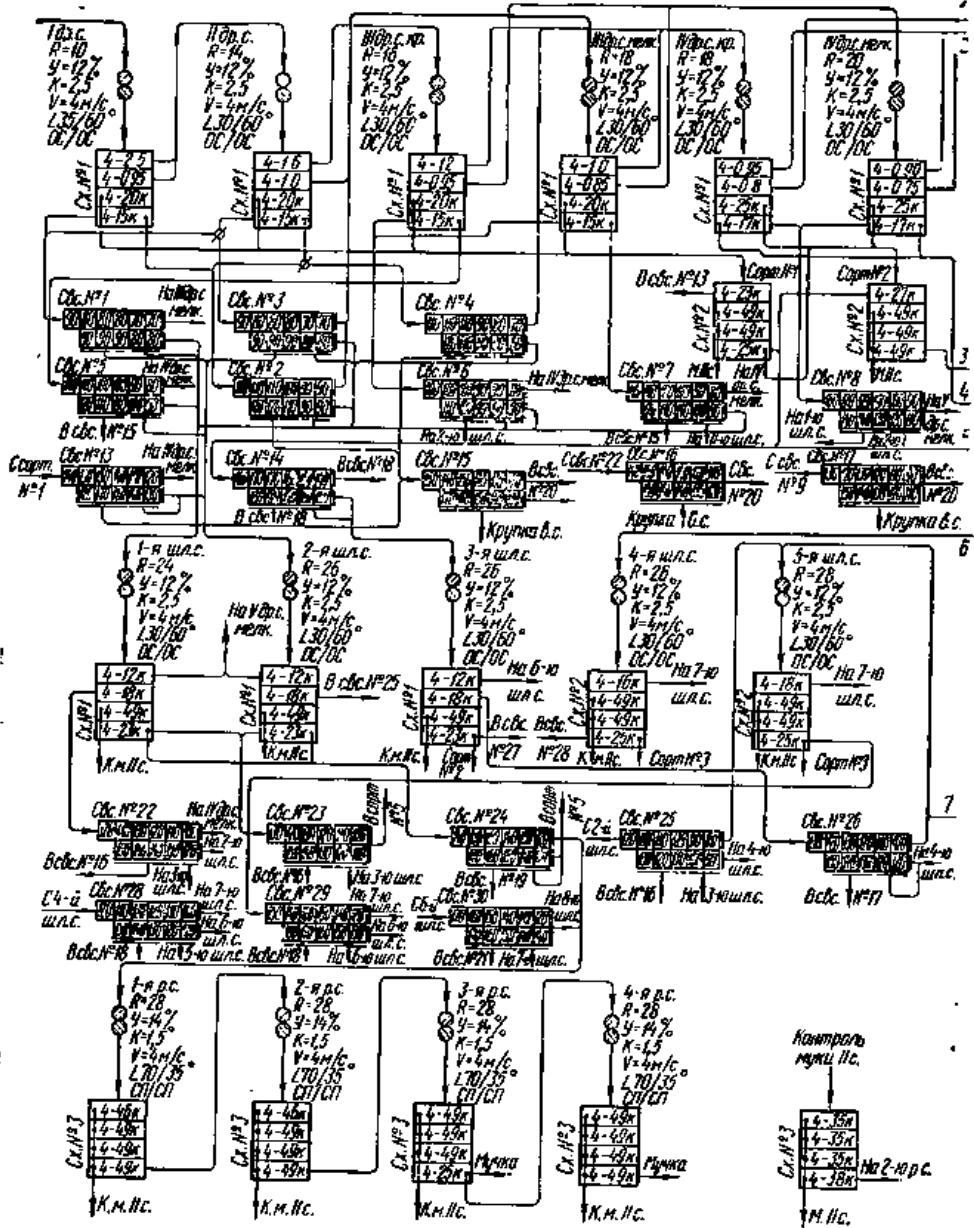
На шлифовочных системах режимы устанавливают на получение крупики и дунстов высокого качества при минимальном количестве муки, а на размолочных — на извлечении муки с каждой системы.

При выработке двух сортов муку высшего сорта формируют из обогащенных крупок первого качества с драных и шлифовочных систем и муку второго сорта (хлебопекарную) — с сортировочных систем, с рассевов V и VI драных систем и с размолочных. Макаронную муку высшего сорта контролируют в ситовечных машинах, а хлебопекарную муку — в рассевах.

При выработке трех сортов муку высшего сорта формируют из обогащенных крупок и дунстов первого качества, полученных с первых драных и шлифовочных систем, муку первого сорта — из обогащенных крупок и дунстов первого качества с последующих драных и шлифовочных систем, а муку второго сорта — со всех размолочных, сортировочных и с последних драных систем.

Таблица 21.36. Размеры ситео

Продукция	Шелковые ситео для продукта		Капроновые ситео для продукта	
	из твердой пшеницы	из мягкой высоко-стекловидной пшеницы	из твердой пшеницы	из мягкой высоко-стекловидной пшеницы
Крупка	130—150	150—170	13—16	16—19
Полукрупка	190—210	190—240	21—25	21—29
Мука второго сорта	35—46	35—46	38—58	38—58



Макаронную муку высшего и первого сортов контролируют в сито-весчих машинах, а второго сорта — в рассевах. Для отбора крупы и полукрупки с отдельных систем применяют сита следующих номеров (табл. 21.36).

Схема выработки муки высшего сорта 60% и второго 15% (рис. 21.23). Драной процесс включает шесть систем, из них III, IV, V и VI поделены на крупные и мелкие с раздельным просеиванием продуктов измельчения. Сортировочных систем пять, из них первая предназначена для мелкой крупы с I, II, III драных систем, вторая — для дунстов с IV драной, третья — для дунстов со шлифовочных систем, четвертая — для сортирования продуктов, полученных сходом бичевых машин, и пятая — для сходовых продуктов ситовечих машин. В результате такого разделения улучшается работа ситовечих машин, что способствует увеличению выхода муки высшего сорта и улучшению ее

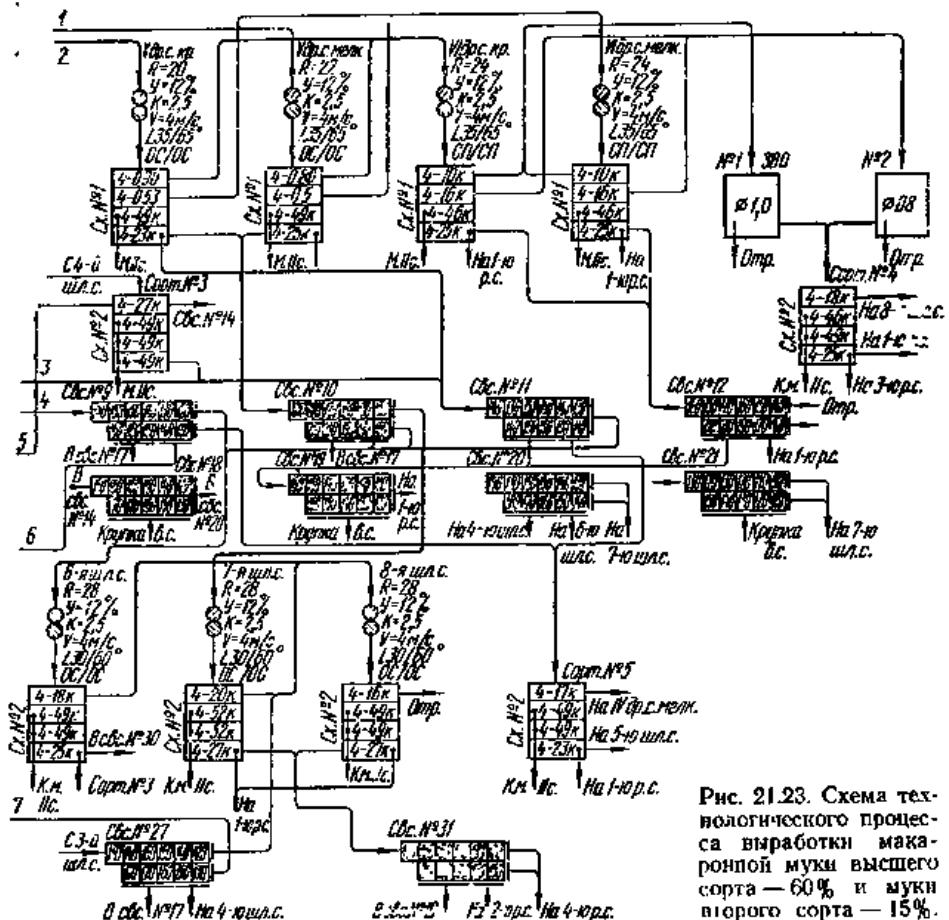


Рис. 21.23. Схема технологического процесса выработки макаронной муки высшего сорта — 60% и муки второго сорта — 15%.

качества. Вымоль сходовых продуктов осуществляют с VI драной стадией в бичевых машинах.

Процесс обогащения развитый, включает 31 систему. Обогащению подвергают крупки и дунисты со всех драных и шлифовочных систем.

Шлифовочных систем восемь, из них четыре предназначены для шлифования крупок с первых пяти драных систем, а последующие четыре — для сходовых продуктов со шлифовочных и ситовеющих систем. Размолочных систем четырь.

Схема помола характеризуется развитым транзитным процессом, процессом обогащения в ситовеющих машинах, шлифовочным, сокращенным размолочным процессом и вымоловом оболочек.

Распределяют продукты с драных систем так:

крупную крупу с I, II и III драных после обогащения в ситовеющих машинах передают для дополнительной обработки на 1 и 2-ю шлифовочные системы;

среднюю крупу с I, II, III драных систем (как более добротную) и мелкую крупу с сортировочных систем после обогащения (более мелкие и добротные фракции, полученные проходом первых сит) направляют на контроль, а затем в муку высшего сорта, менее добротные (полученные проходом последующих сит) на следующую по порядку шлифовочную систему;

среднюю крупу с IV драной системы после обогащения в ситовеющей машине передают на повторное обогащение и затем в муку высшего сорта, а проход последних двух сит на 4-ю шлифовочную систему;

мелкая крупка с IV и V драных систем после обогащения поступает на контроль (проход первых сит), а затем ее направляют в муку высшего сорта, более крупные фракции крупок (проход последующих сит) передают на повторное шлифование;

дунсты с V, VI драных систем, 2 и 3-й сортировочных (проход первых сит) после обогащения передают в контрольные ситовечные машины, а затем в муку высшего сорта, проход последующих сит на 6-ю шлифовочную и на 1-ю размольную системы для получения хлебопекарной муки. Продукты со шлифовочных систем распределяют по указанному выше принципу, т. е. более мелкие и добротные фракции (проход первых сит ситовечных машин) направляют на контроль, а затем в муку высшего сорта, более крупные и менее добротные (проход последующих сит) — на повторное шлифование.

Продукты с размольных систем распределяют в обычном порядке, принятом при выработке хлебопекарной муки. Продукты с ситовечных машин, полученные сходом первого яруса сит, подают в зависимости от крулности и качества на соответствующие драные и шлифовочные системы, а продукты, полученные сходом нижнего яруса сит, как более добротные, — на шлифовочные системы или на специально выделенную сортировочную систему.

Муку высшего сорта (крупку) отбирают из средней, мелкой крупок и дунстов после двукратного обогащения их в ситовечных машинах, а муку второго сорта — с сортировочных систем, с V и VI драных, со всех шлифовочных и размольных систем.

С первых четырех драных систем получают крупок значительно больше, чем при помолах мягкой пшеницы в хлебопекарную муку (табл. 21.37): особенно много крупной крупки (53,10%) со средневзвешенной зольностью 1,13%.

Таблица 21.37. Извлечение продуктов на первых системах драного процесса, % по отношению к I драной системе

Система	Крупная крупка		Средняя и мелкая крупка		Дунст	
	Выход	Зольность	Выход	Зольность	Выход	Зольность
I драная	2,20	1,05	0,35	1,10	0,42	1,31
II ,	24,75	1,00	5,40	1,00	3,85	1,31
III ,	16,00	1,16	3,50	1,15	2,85	1,36
Итого	42,95	1,06	9,25	1,05	7,12	1,32
IV драная	10,16	1,47	2,10	1,10	1,70	2,05
Всего	53,10	1,13	11,35	1,07	8,82	1,47

Выход муки в драном процессе 2,5% (с I драной системы муку направляют в кормовую мучку) и в шлифовочном 1,2%, т. е. всего на драных и шлифовочных системах получают 3,7% муки. Эта мука отличается высокой зольностью (1,65—2,37 и 2,02—2,42%). Хлебопекарную муку более высокого качества отбирают на размольных системах (зольность от 1,4 до 1,59%, выход 11,32%).

При выработке макаронной муки с общим выходом 75 и 78% принимают нагрузку на 1 см длины парноработающих вальцов 50—90 кг/сутки, на 1 м² просеивающей поверхности рассевов ЗРШ-М 700—1000 кг/сутки, на 1 см ширины приемного сита верхнего яруса ситовечной машины 100—200 кг/сутки.

§ 21.17. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА МУКИ

Обогащение муки витаминами. Процесс витаминизации заключается во введении в муку синтетических витаминов в необходимом количестве, что улучшает ее питательную ценность. Количество витаминов,

вводимых в отдельные сорта муки, устанавливают, исходя из утвержденных норм и с учетом средних норм потребления хлеба в рационе питания. В таблице 21.38 приведен ассортимент и минимальные нормы ввода синтетических витаминов, утвержденные Министерством здравоохранения СССР 31 октября 1973 г. № 11—129—73.

Для приготовления витаминного концентрата отвешивают на технических весах соответствующее количество витаминов, затем их кладут в малый смеситель 1 агрегата АУВМ-1, который одновременно растирает витамины (рис. 21.24). В этот же смеситель дозатор 2 подает 3 кг муки. После смешивания витаминов и муки получают витаминный концентрат, который высыпается в шнековый смеситель 4.

Второй дозатор 3 отмеривает порцию муки массой 51 кг в смеситель 4. Вместе с мукой, содержащейся в витаминном концентрате, общая масса смеси составляет 54 кг. Приготовленная витаминная смесь высыпается из смесителя 4 в бункер 5 над микродозатором МТД-3 для ввода в муку высшего сорта. На этом же агрегате АУВМ-1 аналогично приготавливают витаминную смесь для муки первого сорта.

Потоки муки высшего и первого сортов из-под контрольных рассевов поступают в бункера 7 и 6, из них в дозаторы ДДТ 9. Дозаторы для витаминной смеси и муки настраивают так, чтобы была выдержанна установленная норма содержания витаминов. Витаминная смесь и мука после дозаторов поступают в горизонтальный смеситель МСН 10, а затем на выбой.

Таблица 21.38. Нормы ввода в муку синтетических витаминов

Мука	Количество витаминов (не менее), мг-%*		
	B ₁ (тиамин)	B ₂ (тирофлавин)	РР (никотиновая кислота)
Пшеничная: высший сорт	0,4	0,4	2,0
первый *	0,4	0,4	2,0

* мг-%* — это количество витаминов в миллиграммах на 100 г муки.

При витаминизации муки необходимо правильно готовить витаминную смесь и знать точную концентрацию в ней витаминов. По содержанию витаминов в смеси, производительности дозатора и величине потока муки данного сорта можно проверить количество витаминов, введенных в муку. Так, фактическое количество витамина B₁ (мг%) определяют по формуле:

$$B_1 = KB_1(C : M) 100,$$

где B₁ — содержание витамина B₁, мг на 1 кг муки; KB₁ — содержание витамина B₁ в смеси, %; C — количество дозируемой смеси, кг/ч; M — величина потока муки, кг/ч.

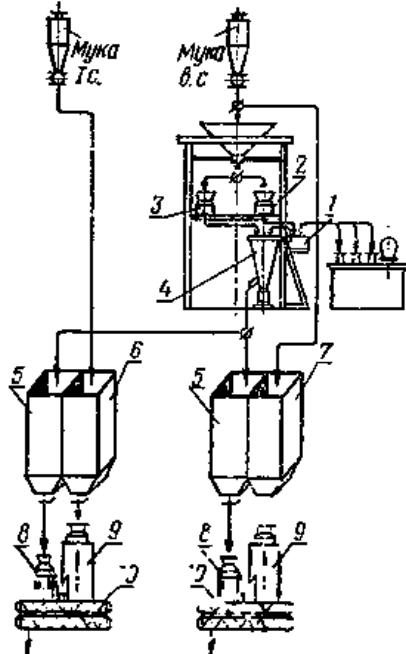


Рис. 21.24. Схема витаминизации муки:

1 — смеситель; 2, 3 — дозаторы; 4 — вертикальный шнековый смеситель ВШС-2; 5 — бункера для витаминной смеси; 6 — бункер для муки первого сорта; 7 — бункер для муки высшего сорта; 8 — микродозаторы МТД-3; 9 — дозаторы ДДТ; 10 — горизонтальные смесители МСН.

Если проверка показывает, что фактическое содержание витамина отклоняется от нормы больше чем на 10 %, дозатор необходимо отрегулировать.

Кроме ввода в муку синтетических витаминов, содержание их в муке можно повысить при гидротермической обработке зерна. При оптимальных режимах, особенно при скоростном кондиционировании, содержание витаминов в сортовой муке приближается к утвержденным нормам.

Выработка высокобелковой муки. Хлебопекарная мука крайне неоднородна и состоит в основном из смеси белковых веществ и крахмала. Можно отметить следующие основные фракции муки, отличающиеся содержанием белка и крахмала:

фракция частиц эндосперма, состоящих из белковой основы с включенными в нее крахмальными гранулами; размеры не превышают 50 мкм;

фракция частиц крахмальных гранул, имеющих на поверхности прикрепленный белок; размеры 15—50 мкм;

фракция мелких частиц крахмальных зерен, а также частиц свободного белка; размеры от 1 до 15 мкм.

Наибольшее количество белковых веществ содержится в третьей фракции муки с частицами размером менее 15 мкм, а наименьшее — в средней с частицами размером от 17 до 40 мкм.

Технология выработки высокобелковой муки состоит в выделении из основной массы наиболее тонкой фракции муки с большим содержанием белка.

В результате исследований, проведенных во ВНИИЗ, установлено, что можно получить высокобелковую муку на мукомольных заводах, работающих на пневмотранспорте. Такая мука представляет тонкодисперсный продукт, попадающий в аспирационные относсы. В этом случае имеют сравнительно небольшое количество (1,5—1,7 %) тонкой фракции муки, но с большим содержанием белковых веществ (примерно 20—25 вместо 12—14 % в обычной хлебопекарной муке).

Для увеличения количества муки, выделяемой из измельченного продукта в процессе осаждения его в центробежном разгрузителе, используют регулируемый подсос воздуха в нижнюю часть циклона-разгрузителя.

Струя воздуха пронизывает продукт, выходящий из циклона, и уносит с собой наиболее мелкие частицы муки в пылесосадочное устройство. Подсос воздуха увеличивает количество тонкой фракции муки в 3—12 раз по сравнению с обычным режимом работы центробежных разгрузителей.

Регулируя поступление воздуха, можно получить различное количество тонкой фракции муки. Хлебопекарные свойства основного потока муки после выделения из нее высокобелковой фракции практически не изменяются.

Высокобелковая мука — ценный обогатитель, так как обладает повышенными хлебопекарными свойствами. Такую муку используют для добавления в различных соотношениях к обычной хлебопекарной муке, для формирования новых сортов муки или для производства диетического хлеба.

§ 21.18. ОПЫТ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА НА ЗАРУБЕЖНЫХ МЕЛЬНИЦАХ

В большинстве капиталистических стран мельницы вырабатывают муку различного ассортимента и качества в зависимости от требований рынка. В Англии распространен односортный помол с выходом муки 75—77 %, иногда выход муки достигает 80 % зольностью 0,72—0,77 %.

На мельницах Швейцарии вырабатывают 72—75 % муки с зольностью до 0,48—0,52 % или 78 % с зольностью до 0,58 %. На мельницах

США выход муки составляет 72—75% с зольностью 0,48—0,55%, в том числе муки высшего сорта — Патент 65—70% с зольностью 0,44—0,50%. Кроме сорта Патент, вырабатывают в небольшом количестве сорт Клир I (типа первого), а также Клир II с зольностью 1,40—1,50%.

В Швейцарии и других странах Западной Европы, а также в США специалисты считают экономически невыгодным повышать выход муки свыше 72—73%. Мука, получаемая выше этого предела, например фракция от 72 до 78%, имеет низкое качество и для ее использования на пищевые цели требуется добавление значительной части высокосортной муки. Кроме того, для комбикормовой промышленности необходимо большое количество отрубей, цена на которые примерно на уровне цены на неклассную пшеницу.

Технологические схемы размола зерна в многосортную хлебопекарную муку на зарубежных мельницах по общему построению мало что отличаются от отечественных. Однако в построении отдельных процессов имеются отличия. Схема помола обычно состоит из 4—6 драных систем, 2—4 шлифовочных и 10—12 размольных. Ситовеющие систем 10—12. Окружные скорости быстровращающихся вальцов на мельницах Европы поддерживают на уровне 4,5—6,0 м/с, а на мельницах США 6,4 м/с.

На большинстве мельниц Западной Европы применяют пониженные удельные нагрузки на вальцовые станки [45—50 кг/(см·сутки)], более высокие на просеивающую поверхность [1200—1500 кг/(м²·сутки)] и ситовеющие машины [450—650 кг/(см·сутки)]. На мельницах США нагрузки на вальцовые станки составляют 60—70 кг/(см·сутки).

Схемы помола в США, как правило, составлены с учетом переработки определенного типа пшеницы и в связи с этим стабильны. Американские мукомолы применяют в основном три технологические схемы переработки: высокостекловидной пшеницы в хлебопекарную муку с высоким содержанием протеина; твердой пшеницы в макаронную муку; мягкой низкостекловидной пшеницы в кондитерскую муку с небольшим содержанием протеина.

Характерной чертой мельниц США является небольшие размеры зерноочистительных отделений. Отволаживание продолжается от нескольких часов до суток и даже больше, перед I драной системой 15 мин. Иногда зерно подвергают горячему кондиционированию в специальных подогревательных шnekах. При обработке зерна паром время отволаживания сокращают. Влажность зерна перед I драной системой 17—18%.

Важной особенностью технологического процесса являются низкие режимы измельчения на I драной системе. Извлечение составляет 25—40% и более. При правильно выбранных режимах гидротермической обработки и при низких режимах измельчения можно получить большее количество крупки и дунстов мелких фракций, которые не требуют развитого процесса обогащения в ситовеющих машинах и на шлифовочных системах. Смесь верхних сходов и крупной крупки измельчают совместно на последующих драных системах. Этот процесс может быть завершен на четырех системах. Несмотря на низкий режим измельчения в драном процессе, получают 19,5—21,0% муки.

Большое внимание уделяется стабилизации установленных крупчатником режимов измельчения в течение долгого времени (10—15 дней). Этому способствует также постоянство нагрузки на I драную систему.

На всех шлифовочных и размольных системах используют вальцы с абразивно-шлифованной поверхностью (нарезные вальцы применяют только на драных системах). В этом случае получают больше светлой муки с меньшей зольностью.

На некоторых мельницах Западной Европы и Англии применяют вальцы с водяным охлаждением. По мнению английских специалистов,

такое охлаждение валцов имеет преимущества: продукт в зоне измельчения сильно не нагревается, улучшается его севкость в рассевах, уменьшается недосев, ухудшаются условия для развития насекомых-вредителей в конусе станка, снижается расход энергии и т. д.

Ситовечные машины имеют три яруса сит, крупки последовательно проходят по всем трем ярусам. Схода получают с каждого яруса, а проход только с нижнего ряда сит. Такая схема позволяет получить высокую степень обогащения крупок и дунстов, рационально распределить их по качеству для дальнейшей обработки на размолочных системах.

В последнее время наблюдается тенденция к интенсификации отдельных процессов, сокращению технологических схем, прежде всего за счет ситовечного процесса, и расширению ассортимента вырабатывающей муки. Для интенсификации процесса дробления зерна и сокращения традиционных схем помола дополнительно используют измельчающие машины: бичевые на драных системах и центробежные измельчители (энтолеторы) на размолочных. После II и III драных систем устанавливают бичевые машины, которые делят продукт на две фракции. Схода с IV и V драных систем также обрабатывают в бичевых машинах. Благодаря хорошей подготовке зерна к помолу и применению бичевых машин драной процесс сокращен до 4—5 систем.

В размолном процессе для интенсификации измельчения на 1, 2 и 3-й размолочных системах и на вымольных устанавливают после валцовых станов энтолеторы, которые способствуют значительному повышению извлечения муки. На всех других размолочных системах используют деташеры. Установка машин ударного действия после валцовых станов первых трех размолочных систем позволяет увеличить извлечение муки с этих систем до 70%, причем содержание в ней мелких фракций существенно повышается. При использовании энтолеторов улучшается дисперсность частиц муки, что облегчает процесс просеивания. Отмечено, что при таком измельчении меньше повреждаются крахмальные гранулы, снижается содержание мальтозы в муке и улучшаются хлебопекарные свойства муки.

В настоящее время большое внимание за рубежом уделяют сокращению ситовечного процесса при переработке мягкой пшеницы в хлебопекарную муку. Некоторые зарубежные специалисты считают, что ситовечные машины следует применять только в тех случаях, когда на мельнице вырабатывают манную крупу, муку крупчатку или хлебопекарную муку с зольностью не выше 0,45%. Сокращение ситовечного процесса стало возможным благодаря разделной подготовке зерна к размолу по стекловидности и твердости, а также применению рассевов с безгонковым перемещением продуктов. В них вследствие процесса самосортирования более четко разделяются продукты не только по крупности, но и по добротности. Наряду с мельницами, использующими сокращенный ситовечный процесс, в ФРГ, Швейцарии и в других странах Западной Европы построены мельницы без применения ситовечных машин. Однако целесообразность и возможность исключения ситовечных машин из процесса помола до сих пор спорные.

На некоторых зарубежных мельницах получил распространение способ формирования сортов муки широкого ассортимента из отдельных потоков (компонентов) в складе бестарного хранения. Экономически более выгодно отдельные партии зерна перерабатывать раздельно и направлять в склад бестарного хранения и отпуска определенное количество потоков муки, из которых затем можно формировать необходимые сорта.

Количество составляемых сортов, по данным зарубежных специалистов, достигает более десяти. Наряду с хлебопекарной выпускают кексовую, кулинарную и кондитерскую муку.

Намечаются также новые тенденции в автоматизации производственных процессов. Устанавливают приборы для непрерывного измерения влажности зерна до очистки и после первого отволаживания. Применяют также автоматическое управление процессом взвешивания и другими производственными процессами.

За последние годы в США и Западной Европе уделяют большое внимание выработке муки с высоким содержанием белка или протеина. Производство такой муки освоено в США, Англии, Франции и в других странах.

Широкое распространение получил следующий способ выработки высокобелковой муки. Мука, выработанная по обычной схеме, поступает на пневмосортирование для разделения на грубую фракцию (с частицами размером от 40 до 200 мкм и содержащую мало протеина) и тонкую (с частицами размером до 40 мкм). Последняя поступает для дополнительного измельчения в штифтовую дробилку, а затем на пневмосортирование. Здесь эта фракция разделяется на крупную, бедную протеином, и тонкую высокобелковую с частицами размером 17 мкм и ниже, которую направляют на выбой.

Штифтовые дробилки способны обеспечить весьма тонкий помол при минимальном разрушении крахмальных гранул. Окружная скорость рабочих дисков 150—200 м/с. При скорости более 200 м/с некоторые крахмальные гранулы начинают разрушаться, при скорости менее 150 м/с не отделяются полностью крахмальные гранулы от белковых матриц.

В процессе пневмосортирования муки, полученной из мучнистой пшеницы с содержанием белка 9,5—10,0%, извлекается от 3 до 10% фракций с содержанием белка 20,0—25,6%. Необходимо отметить, что при пневмосепарировании муки из стекловидной пшеницы выход высокобелковой фракции меньше, поскольку эндосперм такой пшеницы труднее измельчается.

За рубежом придают большое значение состоянию крахмала муки, получаемой при интенсивном измельчении зерна. Механическое повреждение крахмальных гранул оказывает положительное влияние на амилолитическую активность, водопоглотительную способность, скорость формирования теста, выход, качество и усвояемость хлеба. Оптимальное количество поврежденного крахмала, однако, колеблется в значительных пределах (от 35 до 4,65%). Это объясняется отсутствием единой методики количественной оценки поврежденного крахмала. Количество поврежденных крахмальных гранул зависит от консистенции эндосперма пшеницы и возрастает при низких режимах измельчения, с увеличением отношения окружных скоростей (особенно свыше 2,5—3,0), числа рифлей на 1 см, при использовании вальцов с шероховатой поверхностью.

За рубежом уделяют большое внимание гранулированию отрубей, для чего устанавливают прессующие установки. Это уменьшает объем отрубей до 50% и более. Такие отруби удобно транспортировать и хранить, они приобретают хорошую сыпучесть.

На мельницах Западной Европы при переработке твердой пшеницы получают 64—65% макаронной крупки зольностью до 0,7% и 6% полукурупки зольностью 0,9—1,0% или 66% макаронной крупки и полукрупки, в том числе специальной крупки 45% зольностью 0,62%, полукрупки первого сорта 19% зольностью 0,80% и второго 2—3% зольностью 1,00%. Кроме того, получают 6% хлебопекарной муки первого сорта при общем выходе 72—73%.

Крупность специальной крупки: остаток на сите № 140—0,4% и проход через сито № 27—около 3,0%; полукрупки: остаток на сите № 190—1,5% и проход через сито 43—около 9,0%. При этом содержание протеина соответственно равно 13 и 15%, а количество сырой клейковины 30 и 32%.

Вырабатывают макаронную муку и с другим соотношением сортов. Например, в Италии многие мельницы выпускают несколько сортов муки: крупку 000 с максимальной зольностью 0,65% или несколько более мелкую крупку 0, затем крупку 0,70 с максимальной зольностью 0,70%, крупку 0,85 с зольностью 0,85%.

В Швейцарии и в других странах при макаронных ломолах размолочные системы называют сходовыми, так как они обрабатывают схода с ситовесчных машин. Для получения макаронной крушки высшего качества используют двухкратный пропуск через ситовесчные машины, в связи с чем их располагают в два яруса. Нагрузки на 1 см ширины приемного сита составляют: при обогащении крупной крушки 290, средней 240, мелкой 190, дунстов 145 кг/(см·сутки).

Качество макаронной крушки высшего и первого сортов по белизне контролируют при помощи цветометров, которые регистрируют отклонения белизны муки от белизны контрольного образца.

§ 21.19. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПОМОЛА

Под балансом помола принято понимать количественную или количественно-качественную характеристику промежуточных и конечных продуктов, получаемых в процессе переработки зерна в муку. Различают количественный и количественно-качественный баланс. В первом случае указывают количество продуктов, поступающих на систему и полученных с системой, а во втором, кроме количества, указывают и зольность. Баланс может быть составлен для отдельной системы, отдельного процесса и помола в целом. Суммарный баланс помола складывается из балансов отдельных систем.

При составлении баланса помола количество зерна, поступающего на I драную систему, условно принимают за 100%. При переработке зерна базисных кондиций на I драную систему поступает 96,5%, так как 3,5% остается в подготовительном отделении в виде отходов. Поэтому проводят перерасчет выходов муки и отрубей. Например, при трехсортном помоле 30+30+18% (по отношению к зерну, поступившему в зерноочистительное отделение) количество муки высшего сорта при заданном выходе 30% составит по балансу $\frac{30 \cdot 100}{96,5} \approx 31,0\%$; соответственно муки первого сорта 31,0%, второго сорта 18,6 и отрубей 19,4%. Общий выход муки по балансу $31,0+31,0+18,6=80,6\%$, а муки и отрубей $80,6+19,4=100\%$.

При составлении баланса и определении количества продукта, поступающего на данную систему, необходимо также учитывать количество сходов, поступающих с контрольных рассевов и ситовесчных машин. Например, количество сходов с контрольного рассева для муки высшего сорта составило 0,5%, для муки первого сорта 1,0 и второго 1,17%. Тогда муки высшего сорта в контрольный рассев должно поступить $31,0+0,5=31,5\%$, первого $31,0+1,0\%=32,0$ и второго $18,6+1,17=19,77\%$.

Условно можно принять, что на III драную систему поступает сходовых продуктов с ситовесчных машин примерно 3—5%, на IV 1—3 и V драную 1,0—0,5%. Это уточняют по балансу ситовесчных машин.

Количественный баланс начинают составлять с драного процесса. Вначале задаются извлечением (%) по отношению к массе зерна, поступающего на I драную систему) по отдельным системам, например I драная 8—25%; II 40—42; III 19—20; IV 8—10; V 7—5; VI драная 4—3%. В указанные величины извлечений входят крушки, дунсты и мука, ориентировочный выход которых для отдельных систем (при размоле пшеницы стекловидностью 40—60%) приведен в таблице 21.39. Затем данные переносят на схему драного процесса (рис. 21.25).

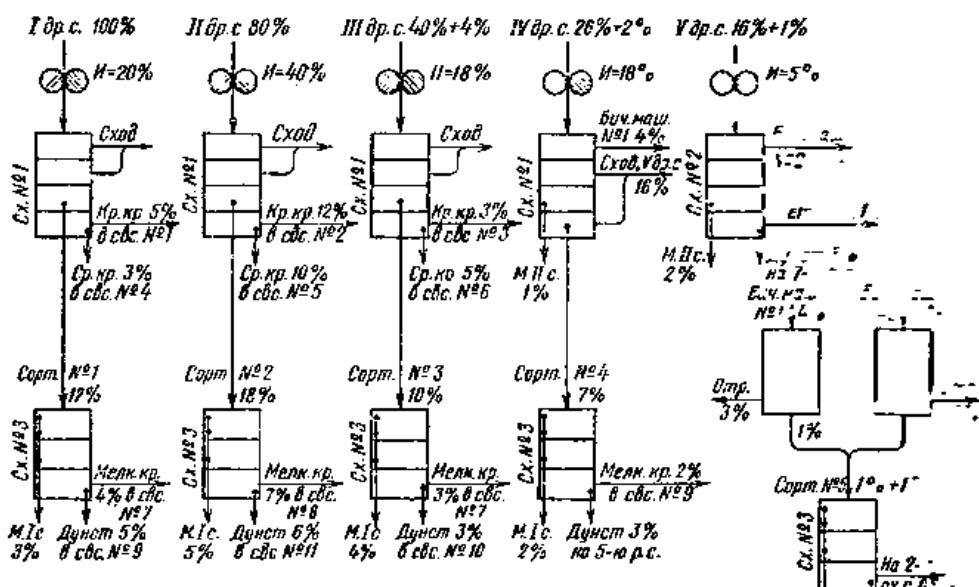


Рис. 21.25. Баланс драного процесса в графическом исполнении (4%, 2 и 1% условные сходовые продукты с ситовесчных машин).

Из баланса следует, что на I драную систему поступает зерна 100% и сходов с ситовесчных машин 7%. Таким образом, всего на драной процесс поступило $100+7=107\%$. В ситовесчные машины поступает крупных, средних и мелких крупок с I, II и III драных систем в количестве $20+18+14=52\%$, мелких крупок с IV драной системы 2; дунстов первого качества 14; дунстов с IV и V драных систем 6; муки в контрольный рассев 17%. Всего получено крупок, дунстов и муки $52+2+14+6+17=91\%$, отрубей 13% и муки с сортировочной системы № 5 1%. Продуктов с ситовесчных машин 4%, 2 и 1% условно сходовые продукты.

Таблица 21.39. Примерное извлечение (%) крупок, дунстов и муки на драных системах

Система	Крупки				Дунсты	Всего крупок и дунстов	Мука	Общее извлечение
	крупные	средние	мелкие	итого				
I драная	5,0	3,0	4,0	12,0	5,0	17,0	3,0	20,0
II *	12,0	10,0	7,0	29,0	6,0	35,0	5,0	40,0
III *	3,0	5,0	3,0	11,0	3,0	14,0	4,0	18,0
Итого	20,0	18,0	14,0	52,0	14,0	66,0	12,0	78,0
IV драная	—	—	2,0	2,0	3,0	5,0	3,0	8,0
V *	—	—	—	—	3,0	3,0	2,0	5,0
Пересев проходов бичевых машин	—	—	—	—	—	—	1,0	1,0
Всего	20,0	18,0	16,0	54,0	20,0	74,0	18,0	92,0

№ 5 1%. Кроме того, с V драной системы в щеточную машину направлено сходовых продуктов 1%, с сортировочной системы на 2-ю сходовую 0,5% и дунстов на 7-ю размолыню 0,5%. Всего получено продуктов с драных систем 91,0+13,0+1,0+1,0+0,5+0,5=107%. Таким образом, сохраняется равенство величин: количества зерна, поступившего на I драную систему, и полученных продуктов в драном процессе.

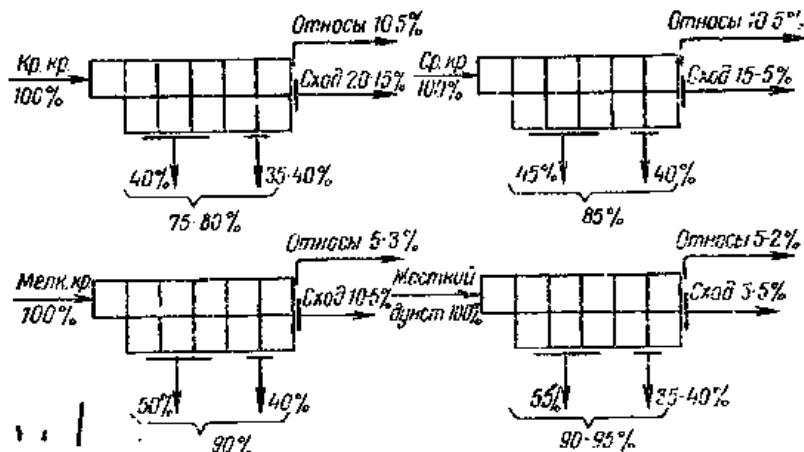


Рис. 21.26. Ориентировочное распределение продуктов с ситовеесчих машин.

Следующий этап — это составление баланса процесса обогащения. При этом используют данные о количестве крупок, поступающих в ситовеесчие машины с драных систем (по отношению к I драной), и продуктов, полученных с ситовеесчих машин (по отношению к данной системе).

На рисунке 21.26 приведены ориентировочные данные о распределении продуктов с ситовеесчих машин при обогащении крупок различных фракций по отношению к массе продукта, поступившего в ситовеесчу машину и принимаемого за 100%. Для подсчета продуктов, по-

Таблица 21.40. Примерный количественный баланс процесса обогащения крупок

Продукты	Поступило на ситовеесчу машину, % по отношению к I др. с.	Поступает с ситовеесчной машиной, %							
		крупок				сходов на			
		на шлифовальные системы				на I-ю р. с.	драные системы	сортировочную систему	относов в рас- сев б-й р. с.
I-ю	2-ю	3-ю	4-ю						
Крупная круяка:									
с I др. с.	5	4,00	—	—	—	—	0,75	—	0,25
с II др. с.	12	9,60	—	—	—	—	1,80	—	0,60
с III др. с.	3	2,40	—	—	—	—	0,45	—	0,15
Средняя крука:									
с I др. с.	3	—	2,50	—	—	—	—	0,35	0,15
с II др. с.	10	—	8,50	—	—	—	—	1,00	0,50
с III др. с.	5	—	4,25	—	—	—	—	0,50	0,25
Мелкая крука с сорти- ровочной системой:									
1 и 3-й	7	—	—	6,30	—	—	—	0,45	0,25
2-й	7	—	—	6,30	—	—	—	0,45	0,25
Жесткий дунст с сорти- ровочной системой:									
1 и 3-й	8	—	—	—	—	7,60	—	0,25	0,15
2-й	6	—	—	—	—	6,70	—	0,20	0,10
Итого		16,00	15,25	12,60	—	13,30			
Мелких крупок второго качества с 4-й сортиро- вочной системы	2	—	—	—	1,80	—	—	0,15	0,05
Всего	68	16,00	15,25	12,60	1,80	13,30	3,00	3,35	2,70

лученных с ситовесчных машин по отношению к I драной системе, проводят соответствующий перерасчет. Например, в ситовесчную машину № 1 поступило 5% крупных крупок с I драной системы. Принимаем, что с нее получено обогащенных крупок 80%, сходов 15 и относовых 5% (по отношению к нагрузке на данную машину, принимаемой за 100%). Тогда по отношению к массе продукта, поступившего на I драную систему, получим (%):

$$\text{обогащенных крупок } \frac{5 \cdot 80}{100} = 4;$$

$$\text{сходов } \frac{5 \cdot 15}{100} = 0,75;$$

$$\text{относовых } \frac{5 \cdot 5}{100} = 0,25.$$

В сумме имеем 5%.

Такой же расчет проводят и по другим ситовесчным машинам (табл. 21.40).

На рисунке 21.27 приведен баланс процесса обогащения в процентах по отношению к I драной системе. В ситовесчные машины поступило всего крупной, средней и мелкой крупок 52%, жесткого дунста 14 и мелкой крупки второго качества 2%. Всего крупок и дунстов 68%.

На шлифовочные системы направлено крупок из ситовесчных машин 45,65%, дунстов на I-ю размольную систему 13,30, сходовых продуктов на драные системы 3,00, сходовых продуктов на сортирование 3,35, относовых в рассевы 6-й размольной системы 2,70%. Всего 68,0%.

Таким образом, и в данном случае выдерживается равенство количества продукта, поступающего в ситовесчные машины и полученного с них.

Затем составляют баланс для шлифовочного процесса. Используют данные о количестве крупок, поступающих с ситовесчных машин, (по отношению к I драной системе), и о распределении продуктов на шлифовочных системах в процентах по отношению к массе продукта, поступающего на данную систему и принимаемого за 100% (рис. 21.28). Для подсчета продуктов, полученных со шлифовочных систем по отно-

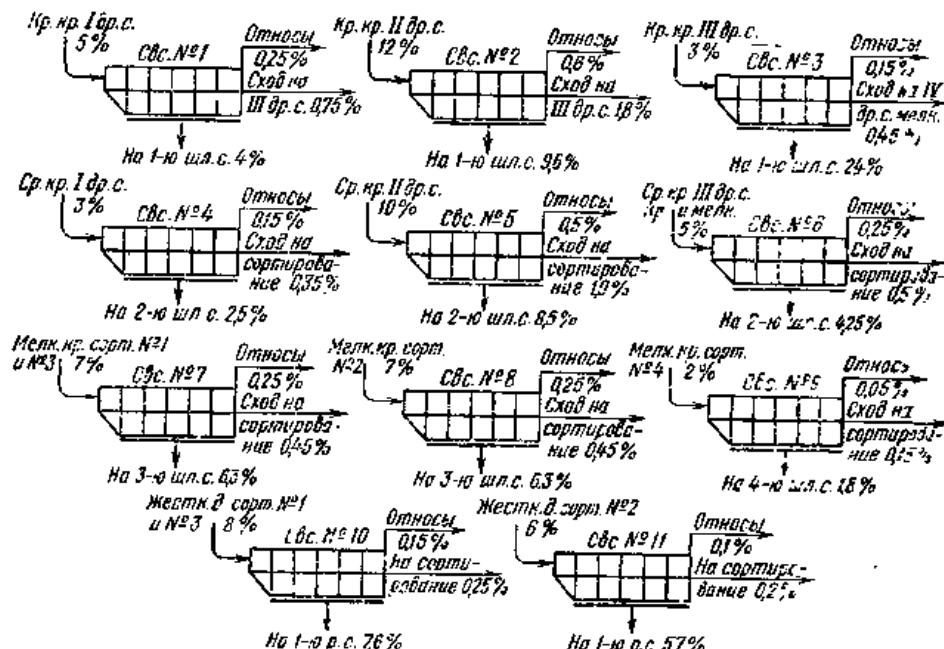


Рис. 21.27. Баланс процесса обогащения в графическом исполнении.

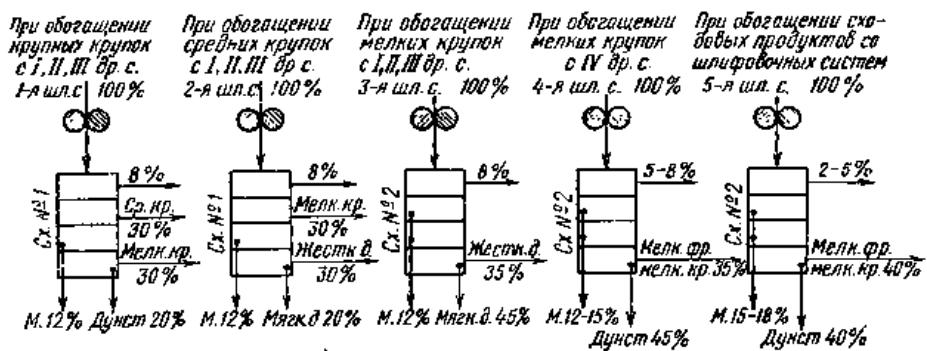


Рис. 21.28. Ориентировочное распределение продуктов со шлифовочных систем.

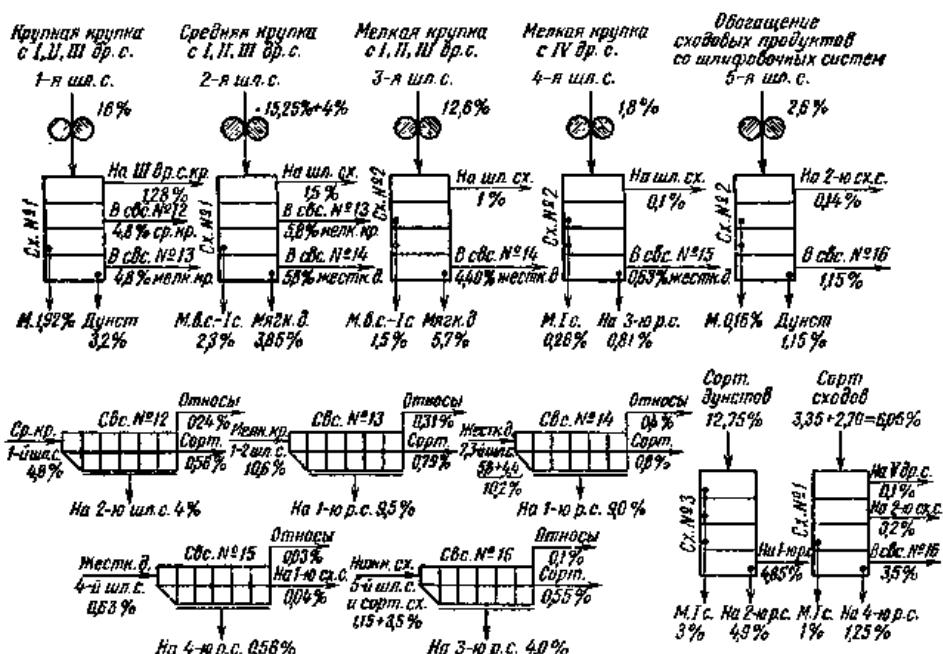


Рис. 21.29. Баланс шлифовочного процесса в графическом исполнении.

шенною к I драпой системе, проводят соответствующий пересчет. Допустим на шлифовочную систему поступило из балансу 16% крупной крупи с спловечевых машин по отношению к I драпой системе. Принимаем, что с 1-й шлифовочной получено верхнего схода 8%, средней крупи 30, мелкой 30, дунстов 20 и муки 12% по отношению к данной системе. Тогда по отношению к I драпой системе имеем (%):

$$\text{верхнего схода } \frac{16 \cdot 8}{100} = 1,28;$$

$$\text{средней крупи } \frac{16 \cdot 30}{100} = 4,8;$$

$$\text{мелкой крупи } \frac{16 \cdot 30}{100} = 4,8;$$

$$\text{дунстов } \frac{16 \cdot 20}{100} = 3,2;$$

$$\text{муки } \frac{16 \cdot 12}{100} = 1,92.$$

В сумме 16,0%. Подобным образом подсчитывают распределение продуктов и по другим шлифовочным системам (табл. 21.41).

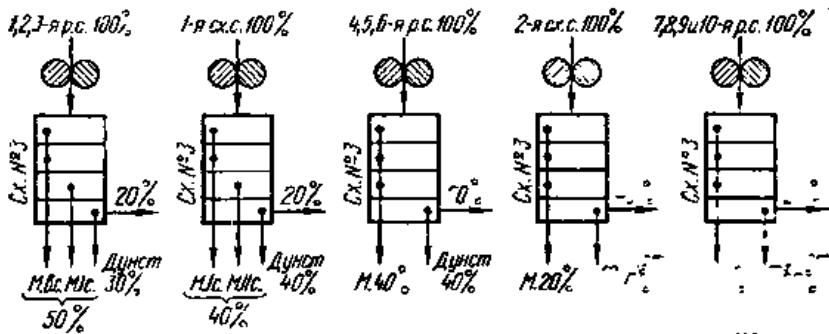


Рис. 21.30. Ориентировочное распределение продуктов с размольных систем.

Из баланса (рис. 21.29) следует, что на шлифовочные системы поступило крупок 45,65% с ситовесчных машин драных систем и обогащенных крупок с машины № 12 4,00%, в сумме 49,65%.

Со шлифовочных систем получено (%):

мягкого дунста на сортирование	12,11
сходовых продуктов на драные системы	1,5
сходовых продуктов на шлифование — на 5-ю шлифовочную систему	2,60
муки в контрольный рассев	5,95
крупок и жесткого дунста в ситовесчные машины	26,23
дунстов на размольные системы	0,81
Итого	49,65%

Далее составляют баланс для ситовесчных машин, обслуживающих шлифовочные системы, сортировочных систем для дунстов со шлифовочных систем и сходовых продуктов с ситовесчных машин.

Последним этапом является составление баланса размольного процесса. Для этого используют данные о количестве продуктов, поступающих на размольные системы с драных и шлифовочных систем, а также с ситовесчных машин, обслуживающих эти системы (по отношению к массе продукта, поступающего на I драную систему), и о распределении

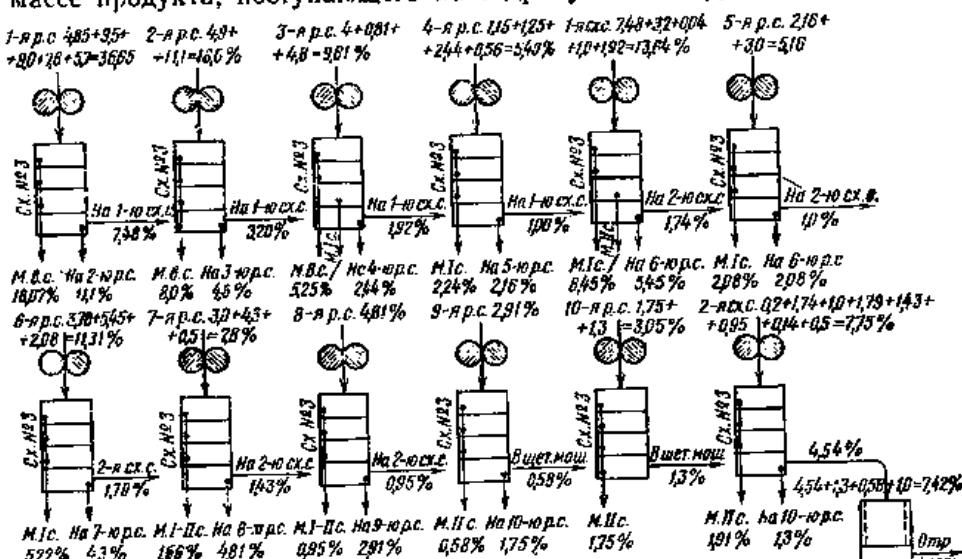


Рис. 21.31. Баланс размольного процесса в графическом исполнении.

Таблица 21.41. Баланс шлифовочного процесса

Система	Поступило на шлифовочные и сортировочные системы, % к др. с.	Распределение, %											
		на ситовечную машину			верхних сходов на				дунстов на				размольную систему
		средней крупы	мелкой крупы	жесткого альбита	драние системы	шлифование сходов	2-го ск. с.	сортировочную машину	1-го	2-го	3-го	4-го	
1-я шлифовочная	16,00	4,80	4,80	—	1,28	—	—	3,20	—	—	—	—	1,92
2-я шлифовочная	19,25	—	5,80	5,80	—	1,50	—	3,85	—	—	—	—	2,30
3-я шлифовочная	12,60	—	—	4,40	—	1,00	—	5,70	—	—	—	—	1,50
4-я шлифовочная	1,80	—	—	0,63	—	0,10	—	—	—	0,81	—	—	0,26
Итого	49,65	4,80	10,60	10,83	1,28	2,60	—	12,75	—	—	0,81	—	5,98
5-я шлифовочная	2,60	—	1,00	—	—	—	0,20	—	—	—	—	1,00	0,40
Сортирование:	12,75	—	—	—	—	—	—	—	4,85	4,90	—	—	3,00
дунстов	6,05	—	3,50	—	0,10	—	0,20	—	—	—	—	1,25	1,00
сходов ситовечных систем													

ния продуктов на размольных системах по отношению к массе продукта, поступающего на данную систему (рис. 21.30). После соответствующего пересчета данные заносят в баланс процесса (рис. 21.31).

Из баланса следует, что на размольные системы поступают продукты: с драных систем 8,00%, с ситовечных машин, обслуживающих драные системы, 13,30, со шлифовочных систем 2,10, с ситовечных машин, обслуживающих шлифовочные системы, 23,10, с сортировочных машин, обслуживающих шлифовочные системы и схода с ситовечных машин, 11,20, относившихся с ситовечных машин 3,78%. Всего 61,48%.

Получено с размольных систем: муки 55,66%, отрубей 5,82, итого 61,48%, т. е. в данном случае сохраняется равенство количества продуктов, поступающих на размольные системы и полученных с них.

На контрольный рассев поступило муки с драных систем 18,00%, со шлифовочных систем и сортировочных машин, обслуживающих эти системы, 10,14, с размольных систем 55,66%. Всего 83,80%. Получено сходов с контрольных рассевов 2,62%, муки с контрольных рассевов 81,18, отрубей с драных систем 13,00, с размольных 5,82%. Всего муки и отрубей $81,18 + 18,82 = 100\%$. Таким образом, количество готовой продукции равно количеству зерна, поступившего на I драную систему.

Глава 22 КРУПЯНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

§ 22.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Технологический процесс производства крупы на современном заводе осуществляют в трех отделениях: зерноочистительном, гидротермическом и шелушильном.

В зерноочистительном отделении из зерна, принятого в переработку, удаляют примеси, зерна других культур, недоразвитые и щуплые зерна основной культуры, отделяют ости, делят зерно на фракции по крупности.

В гидротермическом отделении очищающее зерно подвергают воздействию влаги и тепла. Определенные режимы гидротермической обработки гречихи, овса, риса, гороха и других культур улучшают пищевые достоинства получаемой из них крупы, повышают прочность ядра, в результате чего увеличивается выход крупы, сокращается продолжительность варки и повышается стойкость крупы при хранении.

В шелушильном отделении основной задачей технологического процесса является удаление не усваиваемых организмом человека оболочек, зародыша, придание крупе требуемой формы, улучшение ее внешнего вида и сортирование на однородные по величине частицы. Здесь также обрабатывают побочные продукты.

На некоторых крупяных заводах в специальных цехах вырабатывают зерновые хлопья, крупу повышенной биологической ценности и детскую муку.

Очистка зерна от примесей. Производство крупы высокого качества достигается лишь в результате тщательной, возможно более полной очистки зерна от примесей в зерноочистительных машинах, установленных в определенной последовательности по технологической схеме. Сложности вызывают трудноотделимые примеси, для выделения которых используют специальные машины и аппараты. Зерно одной культуры, но разных типов может обладать различными технологическими свойствами, совместная их переработка увеличивает потери и снижает качество крупы. Недопустимо смешивать зерно остистое с безостым, содержащее трудноотделимые примеси с чистым, сухое с влажным.

Необходимо строго контролировать влажность зерна, поступающего на завод. Крупяные заводы, не оборудованные зерносушилками и не имеющие гидротермического отделения, не должны принимать зерно, влажность которого выше нормы, установленной для крупы (она должна быть несколько ниже, так как влажность ядра на 0,3—0,5% обычно выше влажности зерна). Объединять партии зерна одного и того же типа и близких по составу, а также по содержанию примесей можно лишь в том случае, если разность по влажности не превышает 0,5% для риса, овса, ячменя, пшеницы и не более 1% для проса, кукурузы, гречихи и гороха.

Правилами организации и ведения технологического процесса предусмотрено, что в просе и овсе, направляемом после очистки в шелушильное отделение, должно быть сорной примеси не более 0,3%, в рисе, ячмене и пшенице не более 0,4%, а в гречихе и горохе не более 0,5%, в том числе содержание минеральных примесей для всех культур не должно превышать 0,1% (в горохе 0,05%), а содержание куколя в овсе и пшенице не более 0,1%.

Различие формы, размеров и строения зерен крупяных культур, наличие характерных засорителей не позволяют создать универсальную схему очистки, охватывающую все крупяные культуры и учитывающую все их разнообразные свойства. Усилиями работников науки и практики разработаны общие принципиальные положения, рекомендуемые для проектирования схем процессов очистки зерна крупяных культур.

В технологической схеме очистки зерна крупяных культур (рис. 22.1) последовательность проведения отдельных операций позволяет выделить максимальное количество примесей. Зерно после предварительной очистки в элеваторе подают в закрома, емкость которых принимают равной 28—30-часовой производительности крупяного завода. Это позволяет принимать зерно один раз в сутки — во время дневной смены. Зерно взвешивают на автоматических весах до и после очистки. По разности показаний весов определяют количество отходов.

В начале очистки рекомендуется не менее двух раз очищать зерно в сепараторах. Первая сепараторная система должна позволить полностью отделить крупные примеси и не менее 80% мелких и легких, т. е.

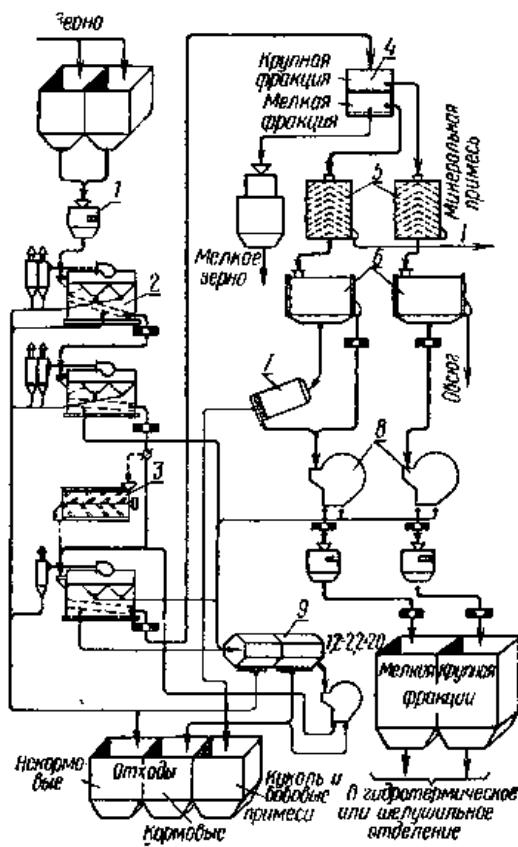


Рис. 22.1. Последовательность операций очистки зерна от примесей:

1 — автоматические весы; 2 — сепараторы; 3 — бичевая машина; 4 — рассев; 5 — камнеотделительная машина; 6 — триеры; 7 — контрольный триер; 8 — аспираторы; 9 — бура.

основную массу некормовых отходов.

Размер отверстий сортировочных сит должен соответствовать крупности зерна, а размер отверстий подсевного сита — обеспечивать отбор мелких примесей. Для лучшей очистки сортировочное сите целесообразно разделить по длине на два: вначале установить сите с более мелкими отверстиями, а затем с более крупными. В таблице 22.1 приведены размеры отверстий сите, рекомендуемые для очистки зерна различных культур. Для очистки риса, кукурузы в связи с разнообразием форм и размеров зерен величину отверстий сортировочных сите необходимо уточнять для каждой партии.

После сепараторных систем устанавливают магнитные аппараты для отделения основной массы металломагнитных примесей.

Для того чтобы лучше выделить мелкое зерно, а вместе с ним мелкие примеси, на второй и третьей сепараторных системах устанавливают подсевные сите с несколько большим размером отверстий, чем те, которые по государственному стандарту предназначены для отбора мелкого зерна. Проход подсевных сите сепараторов направляют в контрольные просеивающие машины.

При большом количестве мелкого зерна его не удается выделить полностью в сепараторах. Поэтому используют просеивающие машины, в которых иногда предварительно сортируют зерно по крупности на 2—3 фракции, а затем раздельно их очищают.

Триеры устанавливают после камнеотделительных машин, что

Таблица 22.1. Размеры отверстий сите, мм

Культура	Применяют	Сортировочное		Подсевное	Подсевное при отборе мелкого зерна
		первый пологоние	второй пологоние		
Прямо	Ø4,5	Ø3,5—4,0	Ø3,0	Ø1,4×20	Ø1,5—1,6×20
Гречиха	Ø12,0	Δ8	Δ7,0—7,5	Ø2,0×20	Ø2,4×20
Овес	Ø15,0	Ø4,5×20	Ø4×20	Ø1,8×20	Ø2,0—2,2×20
Рис	Ø10,0	Ø6,0—6,5;	Ø4,5—5,5	Ø3,2	Ø2,2×20; Ø3,6
		Ø4×20			
Ячмень	Ø15,0	Ø4,5×20	Ø4,0—4,2×20	Ø2×20	Ø2,4×20
Пшеница	Ø10,0	Ø3,6×20	Ø3,4×20	Ø1,7×20	Ø2,0×20
Горох	Ø15,0	Ø10,0	Ø10	Ø5,0	Ø5,5
Кукуруза	Ø15,0	Ø12,0	Ø10	Ø5,0—5,5	Ø5,5
Чечевица	Ø12,0	Ø4×20	Ø3,5×20	Ø4,5	Ø5,0

Рис. 22.2. Последовательность операций в шелушильном отделении крупяного завода.

уменьшает износ дисков и удлиняет работу. При очистке ячменя и пшеницы мелкую фракцию можно очищать в кукулеотборочных, а крупную — в овсюгоотборочных машинах. В конце очистки зерно аспирируют, пропускают через магнитные аппараты, взвешивают в автоматических весах и направляют в гидротермическое или шелушильное отделение.

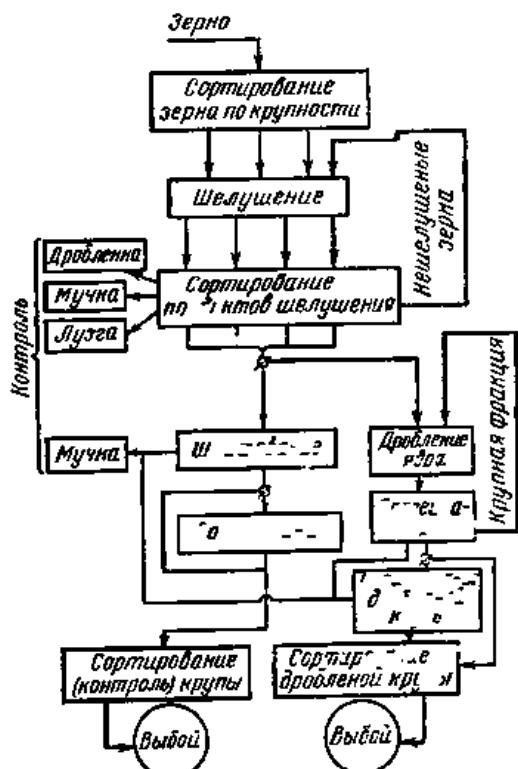
При разработке схем для определенной крупяной культуры следует, сохраняя в основном изложенные общие принципы, внести ряд изменений, обусловленных специфическими особенностями культуры. Например, при переработке гречихи следует сочетать сортирование на фракции с отбором трудноотделимых примесей на ситах с треугольными отверстиями; при очистке гороха — устанавливать специальные машины.

Гидротермическая обработка зерна. Применение гидротермической обработки зерна улучшает технологические свойства, пищевые и потребительские достоинства вырабатываемой крупы и повышает ее стойкость при хранении. На крупяных заводах используют пропаривание зерна, отволаживание, подсушивание и охлаждение. Описание технологического процесса гидротермической обработки приведено в разделах, посвященных переработке отдельных культур.

Переработка зерна в крупу. Многочисленность видов зерна крупяных культур и широкий ассортимент вырабатываемой продукции определяют разнообразие, объем и сложность технологических операций в шелушильном отделении крупяного завода.

Шелушение (отделение наружных оболочек, не усваиваемых организмом человека) — основная технологическая операция. Чтобы эффективнее провести процесс шелушения, зерно отдельных культур сортируют по величине. В процессе шелушения стремятся извлечь максимальное количество целого ядра. В продуктах шелушения содержатся нешелущенные зерна, целое ядро, частицы дробленого ядра, мучка и оболочки. Поэтому продукты сортируют и обогащают различными способами в зависимости от анатомического строения зерна. Ядро, освобожденное от пленок, подвергают дальнейшей обработке, отделяют с его поверхности плодовые и семенные оболочки, зародыш, улучшают внешний вид крупы и сортируют на однородные по величине фракции. При производстве дробленой крупы ядро дробят и сортируют по крупности на фракции.

Таким образом, процесс производства крупы, осуществляемый в шелушильном отделении, складывается из следующих операций: сортирование зерна по крупности до шелушения; шелушение; сортирование (обогащение) продуктов шелушения; дробление или резание ядра; шлифование крупы; полирование; сортирование по крупности (номерам); контроль крупы и отходов (рис. 22.2).



В зависимости от вида перерабатываемой культуры и получаемой продукции отдельные операции могут быть развиты в большей или меньшей степени или отсутствовать, например дробление при переработке пшена, гречихи и риса или полирование при производстве дробленой крупы. Новым в развитии крупяной промышленности является строительство заводов по производству обогащенной, биологически ценной крупы.

§ 22.2. АССОРТИМЕНТ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КРУПЫ

Ассортимент крупы весьма разнообразен, что объясняется использованием многих зерновых культур и применением различных способов механической и гидротермической обработки.

В СССР принят следующий ассортимент крупы:

Культура	Вид крупы
Просо	Пшено шлифованное
Гречиха	Ядрица, продел, смоленская крупа
Овес	Овсяная недробленая, овсяная дробленая, хлопья Геркулес, толокно
Рис-зерно	Рис шлифованный, рис полированный, рис дробленый, рисовые хлопья, рис вслущенный (воздушный)
Ячмень	Перловая, ячневая, ячменная илющеная
Пшеница	Полтавская, Артек, манная, ишеничные хлопья
Кукуруза	Кукурузная крупа шлифованная, кукурузная дробленая (рисовая и обыкновенная), кукурузная крупа для хлопьев и для кукурузных палочек
Горох	Горох шелущеный целый, горох шелущеный колотый, горох полированный

Кроме того, вырабатывают крупу из сорго, чумизы и чечевицы. Крупа распределяется на виды в зависимости от способа ее производства, а именно:

недробленая (из целого ядра) — пшено, ядрица, рис (шлифованный, полированный), овсяная, горох;

дробленая шлифованная — перловая, Полтавская, Артек, кукурузная;

дробленая — ячневая, кукурузная, овсяная;

повышенной биологической ценности, приготовленная из нескольких видов крупы и обогащенная сухим обезжиренным молоком;

крупа, не требующая варки, — варено-сущеная, получаемая в результате дополнительной обработки сырой крупы.

На крупяных заводах вырабатывают хлопья из невареной крупы, «взорванные» или воздушные зерна (воздушный рис, воздушная кукуруза и др.) и детскую муку.

При проведении общего анализа крупы определяют: количество доброкачественного ядра; влажность; запах, цвет и вкус; выравненность крупы (размер и однородность частиц); содержание вредных и металломагнитных примесей; зараженность вредителями; внешний вид (стекловидность, форма и состояние поверхности); зольность (в кукурузной и манной крупе, овсяных хлопьях); кислотность (в овсяных хлопьях); содержание зародыша (в кукурузной крупе).

Доброкачественность ядра характеризует чистоту крупы и обеспечивает ее выпуск с минимальным содержанием примесей, нешелущенных и испорченных зерен. В зависимости от доброкачественности ядра крупу делят на сорта.

Влажность крупы позволяет установить ее стандартность, обуславливает длительность хранения и влияет на потребительские свойства. Нормы влажности устанавливают в зависимости от вида крупы (от 12,5% у овсяной крупы до 15,5% у рисовой).

Запах, цвет и вкус — органолептические показатели, характеризующие свежесть крупы. Она должна иметь нормальный запах, свой-

ственным данному виду крупы, без затхлости, плесени и других посторонних запахов. Вкус должен соответствовать вкусу нормальной крупы данного вида. Цвет крупы зависит от природных особенностей зерна перерабатываемой культуры. Поэтому в государственном стандарте требования к цвету установлены в зависимости от вида крупы. Она должна быть однородной по окраске, свойственной данному виду.

Таблица 22.2. Нормы качества крупы

Крупа	Содержание доброкачественного ядра (не менее), %				Содержание дробленого ядра в доброкачественном ядре (не более), %				Количество (не более), %					
	Внешний сорт		Первый сорт		Внешний сорт		Первый сорт		Высший сорт		Первый сорт		Внешний сорт	
	Внешний сорт	Первый сорт	Внешний сорт	Первый сорт	Внешний сорт	Первый сорт	Внешний сорт	Первый сорт	Внешний сорт	Первый сорт	Внешний сорт	Первый сорт	Внешний сорт	Первый сорт
Пшено шлифованное	99,2	98,7	98,0	—	0,5	1,0	1,5	0,3	0,4	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4
Гречневая крупа:														
ядрица и ядрица быст	—	99,2	98,3	—	—	3,0	4,0	—	0,3	0,5	—	0,4	0,5	
поразваривающаяся														
продел в продел быст	—	—	—	98,3	—	—	—	—	0,1	—	—	0,7	—	
поразваривающийся														
Овсяная крупа недроб	99,0	98,5	—	—	0,5	1,0	—	0,4	0,7	—	0,3	0,7	—	
ленная пропаренная														
Рисовая крупа:														
шлифованная и полиро	99,7	99,2	98,7	—	4,0	9,0	13,0	—	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	
вания														
дробленая	—	—	—	98,2	—	—	—	—	—	—	—	0,8	—	
Ячменная крупа:														
перловая (все номера)	—	99,6	—	—	—	—	—	—	0,7	—	—	0,3	—	
ячневая (все номера)	—	99,0	—	—	—	—	—	—	0,9	—	—	0,3	—	
Пшеничная крупа Пол	—	99,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	
тапская и Артек														
Гороховая крупа:														
целый горох шелупо	—	—	—	—	—	0,1	—	—	3,0	—	—	0,5	—	
ный														
кожотый горох	—	—	—	—	—	1,0	—	—	0,8	—	—	0,5	—	

Форма, состояние поверхности кручинок и их размер позволяют определить вид крупы и степень ее обработки (рис шлифованный и полированный). Стекловидность крупы и органолептические показатели косвенно характеризуют потребительские свойства крупы (скорость разваривания, консистенцию каши, ее цвет, привар).

Выравненность крупы обеспечивает лучший товарный вид и более высокие потребительские свойства. Номер крупы характеризует крупность частиц, входящих в данную фракцию. В государственном стандарте указывают нормы содержания частиц данного номера при просеивании на двух смежных ситах.

Содержание металломагнитной примеси во всех видах крупы не должно превышать 3 мг в 1 кг. Размер отдельных частиц этой примеси в наибольшем измерении должен быть не более 0,3 мм, а масса отдельных частиц руды и шлака не более 0,4 мг. Зараженность вредителями не допускается. Распределение крупы по сортам в зависимости от содержания доброкачественного ядра приведено в таблице 22.2.

§22.3. ПРОИЗВОДСТВО РИСОВОЙ КРУПЫ

Технологическая оценка зерна рис. В соответствии с ГОСТ 6293—68 рис-зерно делят на: I тип — продолговатое широкое зерно; II тип — продолговатое узкое и тонкое зерно; III тип — зерно округлой

формы. В зависимости от консистенции ядра зерно каждого типа разделяют на: 1-й подтип — стекловидное; 2-й подтип — полустекловидное; 3-й подтип — мучнистое (в рисе III типа). На выход крупы влияют крупность, выровненность, пленчатость, стекловидность, форма зерняки, влажность и степень засоренности.

В отличие от других зерновых культур рис не имеет бороздки. Он может быть остистым и безостым. Зерна имеют излом от абсолютно мучнистого до стекловидного.

Мучнистые зерновки расценивают ниже стекловидных и полустекловидных, так как в процессе переработки в крупу они больше дробятся.

Развариваемость — одно из качеств, определяющих ценность рисовой крупы. По свойству развариваться рис разделяют на обычновенный и клейкий; промежуточным является полуклейкий рис. Клейких (глютинозных) зерен должно быть не более 2%.

Форма и размер зерна отличаются большим разнообразием. Наиболее ценные сорта риса с высокой выровненностью зерен, без острых граней, округлой формы и с легкоотделимыми оболочками. Пленчатость отечественных сортов риса колеблется от 17 до 23%. Крупные фракции риса обладают меньшей пленчатостью. Остистый рис имеет пониженную объемную массу, выход крупы из него также меньше.

По цвету оболочек рис-ядро (без цветковых пленок) делят на белый, красный и розовый. Наличие в крупе небольшого количества красного риса снижает ценность всей партии. Зерно риса с пожелтевшим эндоспермом ухудшает внешний вид и вкусовые достоинства крупы. Пожелтение риса может возникнуть в полевых условиях и в процессе хранения свежеубранного зерна с влажностью 16,0—20,0%. Количество желтых зерен в крупе более 8% делает ее нестандартной.

Трешины в зерновках риса обуславливают получение в процессе переработки большего количества дробленого ядра, мучки и уменьшение выхода высокосортной крупы.

К основным примесям риса относят сорное просо. В закавказском рисе чаще встречается куриное просо (сулуф), а в среднеазиатском — рисовое просо и крупноплодное (курмак).

Технологические операции в зерноочистительном отделении. При приеме на хранение рис размещают раздельно по сортам, влажности, засоренности и содержанию пожелтевших зерен. Сырое и влажное зерно необходимо сушить до влажности 13,5—14,5%. Дальнейшее снижение вызывает ухудшение технологических свойств зерна.

В зерноочистительном отделении рисозавода выполняют следующие операции: взвешивание зерна, поступающего на переработку; выделение сорной и зерновой примеси; сортирование по крупности на две фракции и дополнительная пофракционная очистка от семян сорного проса; взвешивание очищенного зерна; контроль и переработка отходов. Хорошая очистка риса обеспечивает получение высококачественной крупы.

Анализ состава примесей в отдельных фракциях показывает, что наиболее засорено мелкое зерно, получаемое проходом через сито с отверстиями \varnothing 3,7 мм. Выход этой фракции составляет примерно 10% от массы зерна, поступившего на первое сепарирование, но содержит значительное количество примесей, особенно зерновой (шелущеных и дробленых зерен более 20%). Отбор такого зерна и дополнительное его просеивание на ситах с отверстиями \varnothing 3,2 мм позволяют выделить основную часть кормовых отходов, включающих щуплые, недоразвитые и дробленые зерна риса, сорное просо, органическую примесь и др. Анализ крупной фракции показывает, что в ней содержание сорной примеси превышает 1%, а щуплых, недоразвитых зерен 1,5—2,0%. Эта фракция также требует тщательной очистки.

В зерноочистительных отделениях вновь построенных рисозаводов (рис. 22.3) зерно после предварительной очистки на элеваторе поступает в закрома. После взвешивания на автоматических весах зерно проходит двухкратное последовательное сепарирование. На ситах первой системы зерновая масса делится на четыре потока. Сходом сит с отверстиями размером 3×20 мм выделяются крупные примеси, включающие в небольшом количестве крупные зерна риса. Сходом с последующих двух сит с отверстиями $\varnothing 4,5$ и $3,7$ мм выделяются две основные фракции риса зерна, которые раздельно направляют на два сепаратора второй системы сепарирования. Проходом через подсевные сита с отверстиями $\varnothing 3,7$ мм выделяется очень засоренное мелкое зерно, которое направляют на крулосортировку.

На вторых системах сепарирования зерно каждой фракции подвергают повторному, более точному сортированию и раздельно направляют в рассевы, в которых завершается сортирование риса по крупности и отбор крупных (сход сит с отверстиями размером $2,8 \times 20$ мм) и мелких (проход через сито $\varnothing 3,5$ мм) примесей, включающих годное зерно.

Отсортированное зерно (сход сит с отверстиями $\varnothing 3,5$ и $\varnothing 4,5$ мм) раздельно по фракциям крупности поступает в камнеотделительные машины (АИ-БКР). После отбора минеральной примеси в машине зерно провеивают в аспираторах, затем оно проходит через магнитные аппараты, взвешивается на автоматических весах и поступает в закрома для очищенного зерна, а из них в шелушильное отделение.

В проходе через сита (отверстия $\varnothing 3,5$ и $3,7$ мм) всех зерноочистительных машин выделяется небольшое количество зерна, включающее примеси: сорную — сорное просо и минеральную примесь и зерновую — в основном ошелушенные и дробленые зерна. Эту фракцию сортируют в крулосортировке, в которой сходом сита с отверстиями $\varnothing 4,5$ мм выделяют зерно, направляемое на рассев, сходом с сит ($\varnothing 3,0$ — $3,2$ мм) выделяют мелкое зерно, включающее ошелушенные зерна и минеральную примесь. Его отдельно подвергают дополнительной обработке в камнеотделительной машине и в вибропневматических столах. Выделенные полноценные зерна риса присоединяют к мелкой фракции, направляемой в аспираторы, магнитные аппараты, автоматические весы и закрома для очищенного зерна мелкой фракции. Проходом через сита крулосортировок ($\varnothing 3$ — $3,2$ мм) выделяют кормовые отходы.

Размеры отверстий сит в сепараторах и рассевах следует устанавливать в соответствии с крупностью зерен перерабатываемой партии риса. Наиболее часто используемые размеры отверстий указаны на схеме.

Отходы, выделенные в машинах зерноочистительного отделения, направляют в контрольные просеивающие, а иногда и провеивающие ма-

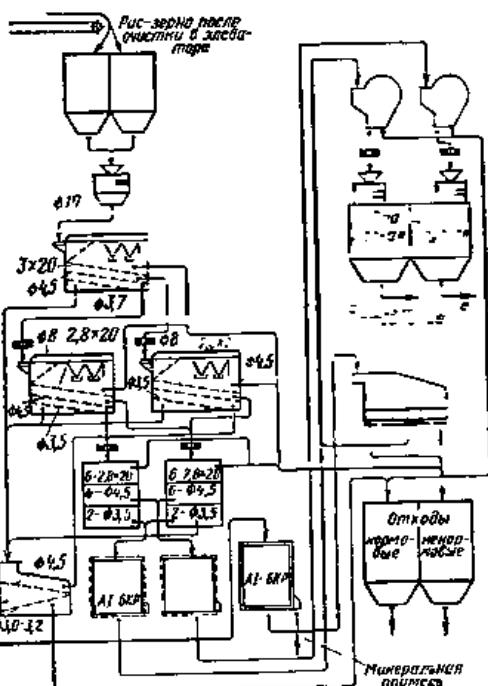


Рис. 22.3. Схема зерноочистительного отделения рисозавода.

шины. К некормовым отходам рисозаводов (III категории) относят проход через сито с отверстиями \varnothing 1,5 мм, сход с приемных сит сепараторов и относят циклонов.

Сорное просо вместе с мелкими, недоразвитыми и испорченными зернами риса (проход через сито с отверстиями размером 2×20 мм или \varnothing 2,8—3,2 мм) относят к кормовым отходам. Отходы, поступающие с систем второго и третьего сепарирования, контролируют в бурате или сортировочной машине. Проходом через сито № 1,4 или с отверстиями \varnothing 1,5 мм выделяют некормовые отходы, а сходом — мелкое зерно с куриным просом. В проходе через сито с отверстиями \varnothing 3,2 мм наряду с мелким зерном содержится шелущеный рис, который хорошо отделяется на пневматических столах.

Кормовые отходы измельчают в вальцовом станке или дробилке, а затем направляют в цех отходов.

Гидротермическая обработка риса-зерна. Исследования различных режимов гидротермической обработки зерна риса до его шелушения позволили установить, что этот процесс оказывает благоприятное воздействие на технологические свойства зерна, питательную ценность и потребительские свойства крупы.

Улучшение технологических свойств обусловлено тем, что под действием тепла и влаги изменяются физико-химические и структурно-механические свойства зерна. Заметно уменьшается дробимость ядра, причем не только стекловидного, но и мучнистого, а цветковые пленки становятся хрупкими и легко отделимыми. В результате увеличивается коэффициент шелушения, увеличивается производительность шелушильных машин, уменьшается расход энергии. Общий выход крупы из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, больше, чем из зерна, не подвергавшегося такой обработке (на 1,5—5%), а выход дробленой крупы уменьшается на 4—12%.

Повышение питательной ценности рисовой крупы из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, обусловлено увеличением содержания в эндосперме водорастворимых витаминов и минеральных веществ. Так, содержание никотиновой кислоты повышается примерно в два раза, тиамина в полтора и рибофлавина в два раза.

При варке крупы, полученной из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, увеличивается привар, лучше сохраняется форма ядра, получается более рассыпчатая каша, сокращается продолжительность варки. Длительность хранения крупы увеличивается.

Однако гидротермическая обработка зерна риса вызывает потемнение или пожелтение ядра. Чем выше степень обработки теплом и водой, тем больше темнеет ядро.

Технологические операции в шелушильном отделении. *Сортирование риса до шелушения.* При шелушении выравненного по размерам зерна риса возрастает коэффициент шелушения и уменьшается выход дробленых зерен. Для сортирования на фракции целесообразно использовать сита с круглыми отверстиями, сортирующими зерно по ширине. Зазор между рабочими органами шелушильных машин необходимо регулировать с учетом именно этого наибольшего в поперечном сечении размера. Ширина зерен риса имеет большие пределы колебаний (2,8—4,2 мм), чем толщина (2,3—3,2 мм).

Шелущение риса. На рисозаводах для проведения этой операции используют в основном двухвалковые станки с обрезиненными валками, иногда постава. Для обеспечения высокой технологической эффективности работы станков необходимо следить за тем, чтобы фактическая нагрузка не превышала 70 кг/(см·ч), или 2800 кг/ч на один станок ЗРД, а также за равномерной загрузкой всех станков. Повышение нагрузки снижает технологическую эффективность, увеличивает выход дробленого ядра и резко увеличивает износ резины. Межвалковый заз-

следует устанавливать с учетом размера зерен перерабатываемого сорта и фракций крупности, но не менее 0,5 мм. Окружная скорость быстро вращающегося вала должна быть выше 9,2 м/с, а мгновенно вращающегося 6,2 м/с, отношение скоростей $K = 1,45$.

В результате шелушения зерна получают продукт, состоящий из смеси шелушеного и нешелушеного риса, дробленых зерен, муки и лузги. Количество соотношение отдельных продуктов зависит от режима шелушения, сорта и качества перерабатываемого сырья.

В таблице 22.3 приведены данные о составе продуктов, полученных при параллельном шелушении риса в станке с обрезиненными валками.

Таблица 22.3. Результаты шелушения риса

Показатели	Состав продуктов, % к итогу		
	до шелушения	после шелушения	
		в станке с обрезиненными валками	в шелушильном поставе
Нешелушеное зерно	96,20	10,60	10,20
Шелушеное зерно (ядро)	3,80	68,74	67,50
Дробленое ядро	—	2,40	4,50
Мука	—	1,56	1,78
Лузга	—	16,70	16,02
Итого	100,00	100,00	100,00
Коэффициенты шелушения, %	—	89,0	89,6
Коэффициенты целости ядра	—	0,947	0,915
Суммарные коэффициенты шелушения, %	—	84	82

ми и шелушильном поставе. Ядро меньшие дробится в станке с обрезиненными валками. Однако они дают несколько меньший коэффициент шелушения (особенно по мере износа резины) и требуют обновления

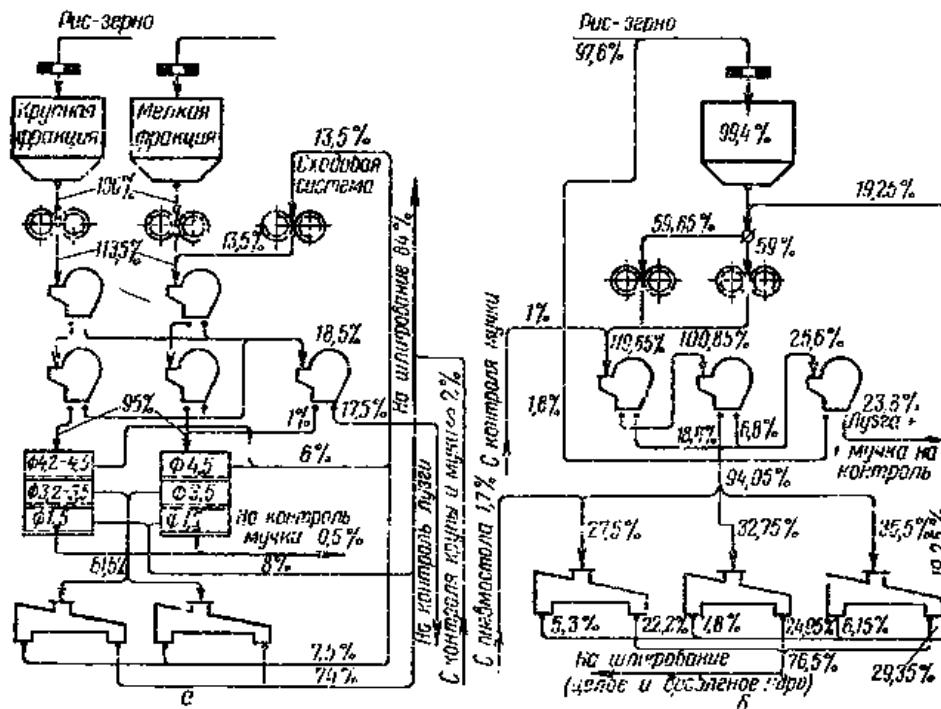


Рис. 22.4. Сортирование продуктов шелушения риса.

Таблица 22.4. Содержание нешелушенных зерен в продуктах, рассортированных по круности

Выход фракции B , %	Содержание нешелушеных зерен в каждой фракции H , %	Условные единицы содержания нешелушеных зерен на выходе фракции BH	Формирование потоков и расчет содержания нешелушеных зерен		Куда направлена поток На повторное шелуще- ние
			$B_1 = 6,2\% \quad H_1 = 89\%$	$B_1 = 6,2\% \quad H_1 = 89\%$	
$H=12,8\%, \downarrow B=100\%$					
I фр. $\varnothing 4,5$					
II фр. $\varnothing 4,2$	14,4	17,67	254,5	$H_{2,3,4} = \frac{B_2 H_2 + B_3 H_3 + B_4 H_4}{B_2 + B_3 + B_4} = \frac{682,5}{64} = 10,7\%$	На крупоотделение
III фр. $\varnothing 4,0$	18,5	10,3	188,0	$B_{3,4} = 64\%$	
IV фр. $\varnothing 3,8$	31,1	7,73	240,5		
V фр. $\varnothing 3,6$	20,3	1,8	36,5	$H_{5,6} = \frac{B_5 H_5 + B_6 H_6}{B_5 + B_6} = \frac{45}{29,8} = 1,51\%$	На шлифование
VI фр. Продукт $\varnothing 3,6$	9,5	0,9	8,6	$B_{5,6} = 29,8\%$	
$\Sigma_B = 100$	$\Sigma_H = \frac{BH}{100} = 12,8$	$\Sigma = BH = 1280$	$\Sigma_1 = \frac{6,2 \cdot 89 + 64 \cdot 10,7 + 29,8 \cdot 1,51}{100} = 12,8$		

резиновой поверхности примерно после 100-часовой работы станка, в то время как обновление абразивной поверхности поставов проводят лишь 1—2 раза в год.

Сортирование продуктов шелущения. Получаемый после шелущения риса продукт должен быть рассортирован и раздельно направлен на обработку; нешелушное зерно — на повторное шелущение (сходовую систему), целое и дробленое ядро — на шлифование, желательно раздельное; отходы (мучка и лузга) отделяют и направляют на контроль.

Процесс круроотделения (разделение смеси шелушеных и нешелушеных зерен) имеет на рисозаводах особо важное значение. По четкости разделения смеси лучшие результаты дают падди-машины. Однако у них небольшая производительность при большой площади, занимаемой машиной. Чтобы снизить загрузку, до падди-машин устанавливают рассевы (рис. 22.4, а) или круроотделители КГМ, на которых выделяют нешелушеные зерна. Затем их направляют на повторное шелущение, а мелкое ядро — на шлифование. На падди-машины поступает только промежуточная трудноразделимая фракция.

По схеме (рис. 22.4, б) продукт после шелущения поступает на двукратное последовательное аспирирование. В аспираторах отделяют лузгу вместе с мучкой, а смесь шелушеных и нешелушеных зерен вместе с дробленым ядром направляют в круроотделительные машины. При таком способе сортирования дробленое ядро ухудшает режим сортирования и загружает без того малопроизводительные круроотделительные машины.

Анализ фракционного состава продуктов шелущения после отбора лузги, мушки и дробленки показал (табл. 22.4), что чем крупнее фракция, тем больше в ней нешелушеных зерен. Самую крупную фракцию (сход сита с отверстиями $\varnothing 4,3$ — $4,5$ мм) необходимо направить на повторное шелущение. Мелкую фракцию (проход через сито с отверстиями $\varnothing 3,5$ — $3,8$ мм) при содержании в ней не более 1,5—2,0% нешелушеных зерен можно передать на шлифование.

Режим круроотделения на рисозаводах необходимо поддерживать на таком уровне, чтобы в продукте, направляемом на шлифование (нижнем сходе), содержание нешелушеных зерен не превышало 2%.

Таблица 22.5. Анализ процесса круроотделения

Наименование	Количество продукта, % к поступлению	Состав продуктов			
		% к поступлению		% к итогу	
		ядро	нешелушеное зерно	ядро	нешелушеное зерно
Поступило на круроотделение:	100	90,9	9,1	90,9	9,1
Получено после круроотделения: нижний сход на шлифование	$A=89,8$	$K_1=88,3$	$H_1=1,5$	98,3	1,7
верхний сход на шелущение	$B=10,2$	$K_2=2,6$	$H_2=7,6$	25,2	74,8

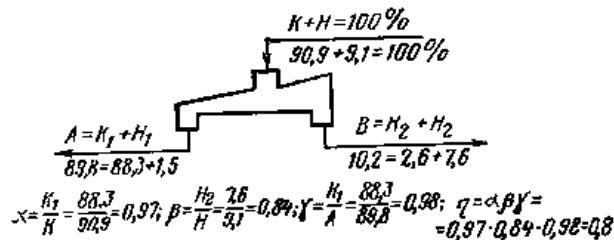


Рис. 22.5. Определение технологической эффективности процесса круроотделения.

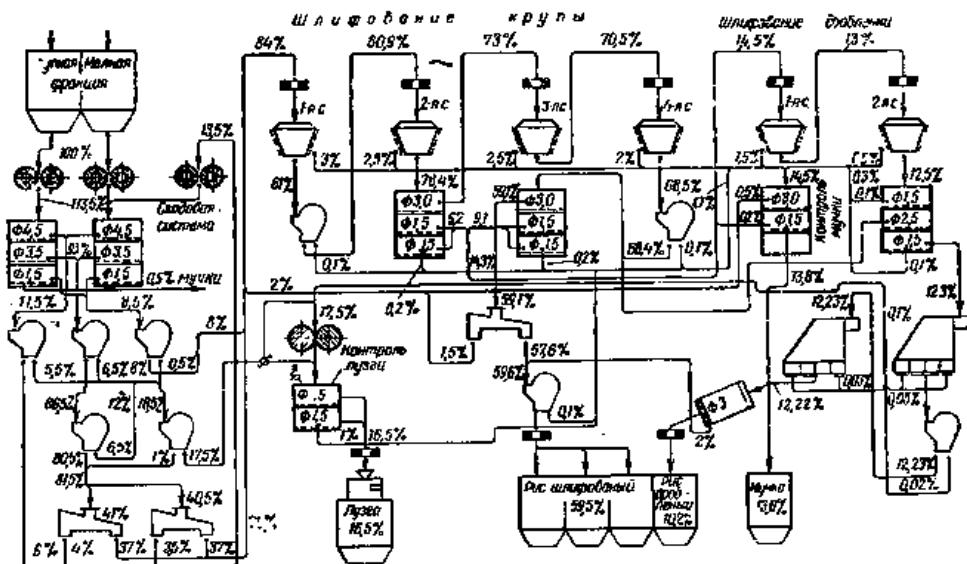


Рис. 22.6. Схема шелушильного отделения рисозавода с количественным балансом.

При большом их количестве в крупке после шлифования остаются плох обработанные ядра со следами семенных оболочек и алейронового слоя. В продукте, передаваемом после крупоотделения на повторное шелущение (верхнем сходе), количество ядра может быть иногда равно количеству нешелущенных зерен (особенно при общем небольшом выходе верхнего схода).

При содержании в нешелущеном зерне 25,2% ядра это количество к общему продукту, поступившему на крупоотделение, составляет всего 2,6% (рис. 22.5, табл. 22.5).

Шлифование шелущенного риса. При шлифовании от ядра отделяют плодовые и семенные оболочки, алейроновый слой и зародыш. В результате этого крупа приобретает цвет эндосперма. Режим работы шлифовальных машин должен обеспечить тщательную обработку наружной поверхности зерна при минимальном его дроблении. Рис с окрашенными семенными оболочками подвергают многократной последовательной обработке (рис. 22.6).

На рисозаводах ядро шлифуют в поставах с коническим барабаном (РС-125) и в машинах с цилиндрическим горизонтально расположенным барабаном (АИ-БШМ). При шлифовании в поставах применяют четырехкратную последовательную обработку сорвистно как целого, так и дробленого риса. После первой и четвертой систем пропускают через рассевы. При шлифовании в машинах АИ-БШМ процесс завершают на 2—3 последовательных системах, при этом следят за тем, чтобы дробление ядра было минимальным. Иногда на первых системах шлифования устанавливают машины АИ-БШМ, а на двух последующих — машины РС-125.

Рекомендуются следующие режимы работы: шлифовальный постав с конусным барабаном — окружная скорость абразивного барабана 10 м/с; зазор между барабаном и ситом 15 мм; зазор между абразивным конусом и тормозными колодками 3 мм; шлифовальная машина с цилиндрическим барабаном — окружная скорость 12 м/с; зазор между абразивным барабаном и ситом 10 мм.

После обработки в шлифовальных машинах продукт просишают (выделяют дробленое ядро и мучку) и провеивают (отделяют оболочки и мелкие частицы мучки). Продукт, прошедший через сита обечай-

состоит из перетертых оболочек, дробленого зерна и зародыша; его направляют на контроль мучки.

Крупа, полученная после шлифования, должна быть белого цвета, не иметь на поверхности остатков семенных оболочек и алайронового слоя и почти не содержать зародыша.

Шлифование ядра — операция, влияющая на выход, качество продукции и ее химический состав. Об эффективности процесса шлифования можно судить по снижению зольности (рис. 22.7). Как видно, зольность ядра уменьшается от 1,38—1,62% до 0,48—0,62%, а влажность на 0,4—0,5%, что объясняется усиленной аспирацией шлифовальных машин, в которых выделяется большое количество тепла.

При производстве шлифованного риса ядро после шлифовальных машин направляют на сортирование и контроль крупы, а затем на фасовку.

При производстве полированного риса ядро после шлифования сортируют в рассеве, в котором выделяют мучку и дробленку, а затем направляют в полировальные машины.

Полирование крупы. Для удаления с поверхности шлифованного риса мучки и следов царапин крупу два раза обрабатывают в полировальных поставах. При этом дробленого риса должно быть не более 0,5%. Наилучшего эффекта полирования достигают при обработке стекловидных сортов риса. Полирование риса полустикловидных сортов не дает равномерной поверхности, поэтому такой рис предварительно обрабатывают паром.

После полирования крупу сортируют, а мучку, прошедшую через сито обечак полировальных поставов, направляют на контроль. Удаление мучки, содержащей много жира, увеличивает сроки хранения крупы.

Сортирование и контроль рисовой крупы. Ее после шлифования и полирования сортируют для выделения дробленого риса и мучки. Количество дробленки в рисовой крупе должно быть минимальным, так как она отрицательно влияет на потребительские свойства: увеличивается потеря сухих веществ при варке, каша из рассыпчатой становится полуассыпчатой и даже вязкой. Дробленые ядра выделяют просеванием на ситах с отверстиями \varnothing 3,0—3,2 мм.

За рубежом используют также триеры с ячейми \varnothing 3,8—4,5 мм, в которых из целой крупы выделяют крупную фракцию дробленой (рис-лом). Этот сорт крупы шлифуют и ценят дороже мелкой. Смешивание крупной и мелкой дробленой крупы не рекомендуется, так как продолжительность варки у них разная. Дробленый рис дополнительно шлифуют и просеивают для отделения мучки.

Целый рис целесообразно пропустить через контрольные крупоотделительные машины для отбора случайно попавших примесей и нешелущенных зерен. Каждый сорт крупы проверяют, контролируют в магнитных аппаратах и после взвешивания направляют на фасовку.

Контроль отходов шелушильного отделения. Этот процесс заключается в отборе ценного ядра из мучки и лузги.

Мучка представляет собой смесь измельченных частиц оболочек и эндосперма. По химическому составу и содержанию питательных ве-

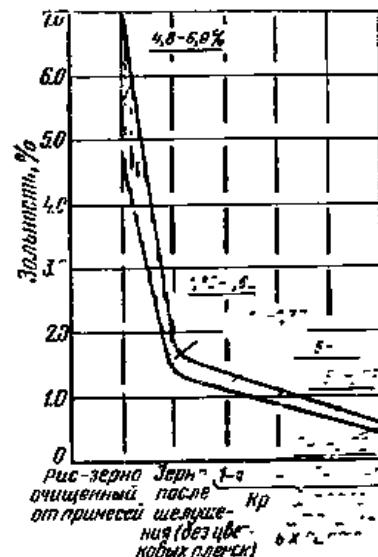


Рис. 22.7. Кривые изменения зольности в процессе переработки риса-зерна.

ществ следует различать мучку, выделяемую после шелушения, в которой преобладают частицы цветковых пленок, и мучку, выделяемую при шлифовании и полировании крупы, в которой находятся частицы плодовых и семенных оболочек, зародыша, алейронового слоя и эндосперма.

Большую кормовую ценность имеет мучка, получаемая в процессе шлифования, и меньшую — при шелушении. Если общее количество данного вещества в рисе-зерне после очистки принять за 100%, то в мучке поступает около 68% жира, 22 белка и 9% крахмала, содержащегося в зерне. В мучке, выделяемой при шлифовании, отмечено высокое содержание витаминов В₁, В₂, РР и значительное количество фосфорных соединений (фитина, лецитина и др.).

Мучку контролируют в просеивающих машинах (рассевах, центрофугалах и др.), выделяя сходом с ситами Ø 1,5 мм целое и дробленое ядро, содержание которого не должно быть более 0,5%. Иногда мучку гранулируют, вырабатывают масло, а жмы или шрот используют для кормовых целей.

Лузгу контролируют в просеивающих машинах (рассевах, центрофугалах), в которых проходом через сита № 1, 2 отбирают мучку. Сход пропускают через аспираторы, в которых отделяют тяжелые частицы ядра. Содержание дробленых частиц ядра в лузге не должно превышать 1%.

Лузгу после тонкого размола иногда используют при производстве комбикормов, но более эффективно применять ее для гидролизного способа переработки в кормовые дрожжи. Лузгу используют также в химической промышленности для производства фурфурола, дегтярного масла, казеина, синтетической резины, в строительной и мебельной промышленности, в бумажной (для изготовления упаковочной бумаги и картона), для производства газа.

Выход и качество рисовой крупы. Ее в зависимости от крупности, формы, консистенции и сортового состава перерабатываемого риса делят на те же три типа, что и зерно. Крупа, полученная из зерна I типа, имеет ядро продолговатой формы, а из II и III типов — округлой формы.

Крупу шлифованную и полированную разделяют на три сорта: высший, первый и второй. Рис дробленый на сорта не делают. Показатели качества, которым должен отвечать каждый вид и сорт крупы, приведены в таблице 22.2.

Влажность риса, предназначенного для длительного хранения или отправки в районы Арктики, Крайнего Севера и другие отдаленные

Таблица 22.6. Нормы выхода

Продукция	Выход крупы, %	
	шлифованной	полированной
Рис:		
высшего сорта	5,0	10,0
первого *	45,0	43,0
второго *	5,0	1,5
дробленый	10,0	10,5
Итого	65,0	65,0
Мучка кормовая	13,2	13,2
Лузга, некормовые отходы, механические потери	19,1	19,1
Кормовые отходы	2,0	2,0
Усушка	0,7	0,7
	100,0	100,0

районы, должна быть не более 14%, а крупы, предназначеннной для текущего потребления, не более 17%.

Крупа, не удовлетворяющая нормам второго сорта, считается нестандартной. Выход продукции зависит от качества перерабатываемого зерна и вида вырабатываемой крупы (табл. 22.6).

§ 22.4. ПРОИЗВОДСТВО ОВСЯНОЙ КРУПЫ

Овсяное ядро, получаемое из овса крупяных кондиций, служит исходным материалом для производства овсяной крупы неизмельченной (тре-пареной), овсяных хлопьев (Геркулес), лепестковых хлопьев, вареных хлопьев и толокна. Большое содержание белков и их полноценность, благоприятный минеральный состав, содержание витаминов и высокая калорийность крупы указывают на ее хорошую пищевую ценность.

Для переработки в крупу используют овес I типа — белый отборный и II типа — желтый отборный. Влажность овса (в соответствии с требованиями государственного стандарта), направляемого на крупяные заводы, имеющие сушилки, не должна превышать 15,5%, а направляемого на заводы, не имеющие сушилок, — 13,5%. Содержание мелких зерен, выделяемых проходом через сито с отверстиями размером $1,8 \times 20$ мм, допускается не более 5%, а сорной примеси — не более 2,5%. Чистого ядра в овсе (после отсева мелкого зерна) должно быть не менее 62% от общей массы навески вместе с сорной и зерновой примесями.

К числу наиболее важных признаков лучших сортов овса относят наличие хорошо выполненного, округлого ядра с минимальным содержанием пленок. Овес удлиненной формы, длиннопленчатый и особенно игольчатый дает ядро тонкое, длинное, с пониженным качеством эндосперма, даже при небольшой пленчатости и высоком выходе ядра. Крупа из такого овса имеет пониженные потребительские свойства. Соотношение составных частей овса и его ядра характеризуется следующими данными (табл. 22.7).

Таблица 22.7. Составные части овса и ядра, %.

Наименование	Зерно	Ядро
Пленки	26,0—30,0	—
Волоски	1,0—1,2	1,5
Семенные и плодовые оболочки	3,0	4,0
Алейроновый слой	12,5—14,0	18,0—20,0
Зародыш	3,0—3,5	4,0
Эндосперм	49,0—53,0	70,0—72,0

Технологические операции в зерноочистительном отделении. В этом отделении необходимо обеспечить тщательный отбор примесей; их содержание после очистки не должно превышать 0,3%.

Овес после предварительной очистки в сепараторах элеватора поступает в закрома. По мере его подачи зерно взвешивают на автоматических весах. Для того чтобы в процессе сепарирования обеспечить полное отделение крупных и не менее 95% мелких и легких примесей, применяют двух-трехкратное последовательное сепарирование. После сепараторов зерно проходит через магнитные аппараты. Удалив мелкое зерно, овес направляют в куколеотборочные машины, а затем после аспирации и взвешивания — в цех гидротермической обработки.

Отсортированный овес (сход с сита с отверстиями размером $1,8—1,9 \times 20$ мм) имеет меньшую пленчатость, выполненное ядро, содержит больше эндосперма и меньше оболочек. Выход крупы из такого зерна

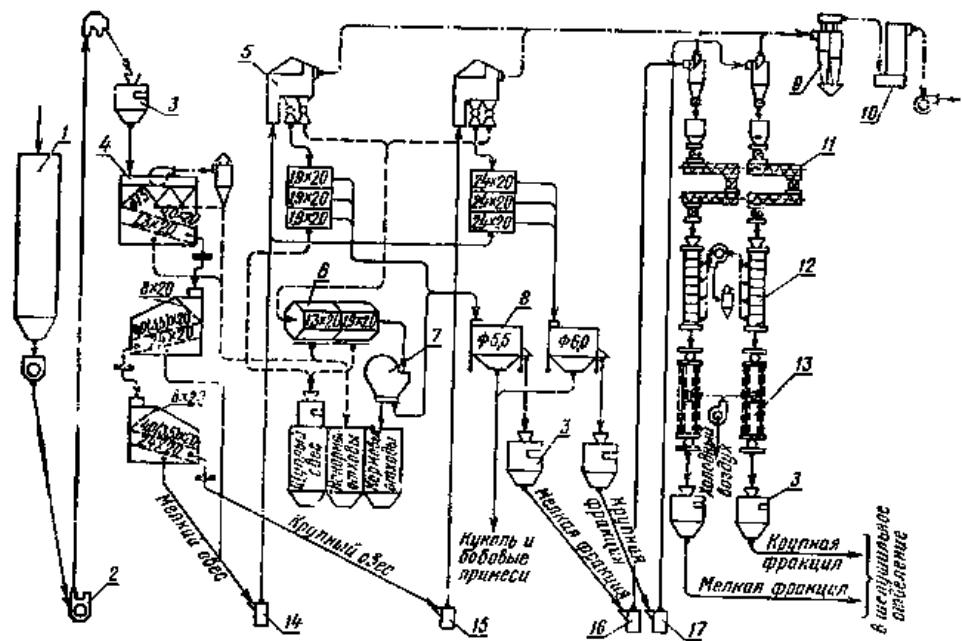


Рис. 22.8. Схема зерноочистительного отделения овсозавода:

1 — закрома для неочищенного овса; 2 — пория; 3 — автоматические весы; 4 — сепаратор; 5 — пневмоаспиратор; 6 — бурат; 7 — аспиратор; 8 — триер; 9 — батарейный пыжок; 10 — фильтр; 11 — пропариватель; 12 — сушильная колонка; 13 — охладительная колонка; 14, 15, 16, 17 — первый, второй, третий, четвертый пневматические подъемы.

больше, она имеет лучший товарный вид, меньшую зольность, меньше содержит клетчатки и относительно больше белка и крахмала, чем крупа, полученная из неотсортированного овса.

На заводе с пневматическим транспортом продуктов переработки (рис. 22.8) овес после взвешивания в автоматических весах подвергают последовательному сепарированию. При первом сепарировании зерно очищают от основной массы примесей, а при втором и третьем также от примесей и делят на две фракции. Затем раздельно обрабатывают каждую фракцию, выделяя в пневмоаспираторах сорняки и легкие зерна, в сортировочной машине мелкий овес и в триерах куколь и другие короткие примеси.

Сортирование овса на две фракции позволяет установить оптимальный режим очистки и гидротермической обработки. Мелкий и щуплый овес взвешивают и направляют в отдельный закром, откуда по мернокоплению возвращают в элеватор или направляют в цех отходов.

Для контроля отходов в зерноочистительном отделении устанавливают бурат и аспиратор. Проходом через первое сито бурата с отверстиями размером $1,3 \times 20$ мм или через сито с отверстиями размером $1,4 \times 20$ мм отсеивают песок и мелкую сорную примесь; проходом через сито с отверстиями размером $1,9 \times 20$ мм отбирают мелкий, щуплый овес и направляют его в автоматические весы. Сход с бурата подают в аспиратор. Выделенное полноценное зерно присоединяют к потоку, направляемому на дальнейшую очистку, а отходы — в закрома для отходов. Отходы с дисковых триеров иногда контролируют в цилиндрических триерах. В зерноочистительном отделении выделяют 8–12% сорно-зерновой примеси и мелкого овса.

Гидротермическая обработка овса. Она включает пропаривание, сушку и охлаждение (рис. 22.9).

Структурно-механические свойства овса, его ядра и оболочек под влиянием резких изменений влажности (при увлажнении и последующем

щей сушке) существенно меняются. Установлено, что влажность воздушно-сухого овса меньше влажности ядра (обычно на 0,7—1,1%), а влажность цветковых пленок меньше влажности овса (на 1,5—2,0%). В результате пропаривания овса пленки увлажняются в большей степени, чем ядро. При последующем подсушивании пленки легко отдают влагу (их влажность 3—5% при влажности зерна около 10%), становятся хрупкими и достаточно небольшого воздействия, чтобы отделить их от ядра.

Влажность овса, поступающего в переработку, обычно 12,5—15,0%. При пропаривании она увеличивается на 4—6%. При сушке испаряется не только влага, добавленная к зерну, но и часть влаги, более прочно связанная с веществом зерна. Поэтому влажность овса снижается до 9,0—10,5%. Во время пропаривания и сушки происходят ступенчатые колебания температуры, которая в зависимости от режимов достигает 65—90°C.

Овес после сушки и охлаждения следует по возможности быстрее направить на шелущение, отволаживать его рекомендуется не более 20—30 мин, так как оболочки при этом впитывают влагу, отчего эффективность шелущения снижается.

Гидротермическая обработка овса при мягких режимах пропаривания ($p=0,1$ МПа, продолжительность $t_{\text{пр}}=2$ мин), улучшая эффективность шелущения, незначительно изменяет химический состав ядра. Однако более жесткие режимы оказывают существенное влияние на крахмал, белки и на содержание водорастворимых веществ. Пищевую ценность крупы иногда характеризуют по содержанию водорастворимых веществ. При мягких режимах гидротермической обработки наблюдается снижение количества водорастворимых веществ в ядре, однако оно заметно увеличивается при более жестких режимах.

Гидротермическая обработка овса улучшает потребительские свойства овсяной крупы: сокращается продолжительность варки, увеличивается провар, улучшается внешний вид каши. Изменяется также цвет ядра, оно становится красновато-коричневым (особенно при жестких режимах) и приобретает запах, свойственный увлажненным и поджаренным хлебным злакам.

Овсяное ядро содержит 6,0—7,5% жира, который при длительном или неправильном хранении прогоркает. При гидротермической обработке зерна инактивируются липолитические ферменты. В результате их разрушения при хранении крупы кислотное число жира почти не увеличивается, прогорканье крупы замедляется или вовсе не наступает.

В производственных условиях необходимо пропаривать овес при давлении пара 0,1 МПа в течение 2 мин. Влажность овса после сушки не должна быть более 11%. После охлаждения (аспиратории) овес необходимо быстрее направить в шелушильное отделение. Взвешивание в автоматических весах позволяет определить действительные потери в массе зерна (усушку) при гидротермической обработке. Она обычно со-

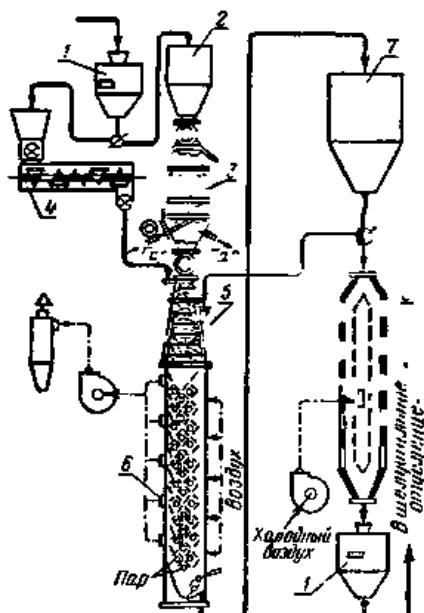


Рис. 22.9. Схема гидротермической обработки зерна:

1 — автоматические весы; 2, 5 — бункера; 3 — порционный пропариватель; 4 — пропариватель непрерывного действия; 6 — паровая сушилка; 7 — бункер для высыпания влаги; 8 — охладительная колонка.

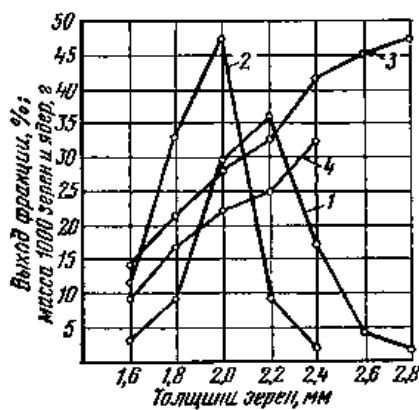


Рис. 22.10. График крупности и массы 1000 зерен овса и его ядра:

1 — вариационная кривая толщины зерна овса; 2 — вариационная кривая толщины ядра; 3 — масса 1000 зерен каждой фракции; 4 — масса 1000 ядер каждой фракции.

зерно каждой фракции, установив для него оптимальный режим, что уменьшает количество дробленых и нешелушеных зерен, увеличивает выход полноценной продукции.

Если овес шелушат в обоченных машинах, то сортировать его на фракции рекомендуется только на заводах большой производительности. С увеличением крупности овса (рис. 22.10) резко увеличивается масса отдельных зерен (с 0,014 до 0,046 г).

Эффективность шелушения крупных и тяжелых зерен выше, чем мелких и легких. При сортировании до шелушения, кроме деления на фракции, отбирают мелкие, щуплые зерна, не выделенные в зерноочистительном отделении. Рассортированный овес очищают от металломагнитных примесей и направляют в бункера.

Шелущение овса. Для проведения этой операции не требуется сильного воздействия рабочих органов машин на зерно, так как цветковые пленки у овса не срастаются с ядром. При шелушении в поставах окружную скорость бегуна принимают 13—15 м/с (для сходовых систем 12,5 м/с). Режим работы должен быть таким, чтобы при однократной обработке в поставе коэффициент шелушения овса крупной фракции был не менее 92%, а мелкой — не менее 85%.

Для шелушения овса можно использовать обоченные машины. Оптимальных результатов шелушения достигают при влажности зерна 13,0—13,5%. В обоченных машинах с абразивным цилиндром окружную скорость бичей при шелушении крупной фракции овса принимают 18—20 м/с, мелкой 20—22 м/с, расстояние бичей от рабочей поверхности 18—22 мм, а угол наклона бичей 6—10°. Количество дробленых частиц ядра в результате первого шелушения овса должно быть не более 4%. После отбора из продуктов шелушения лузги и дробленых частиц содержание ядра в смеси с нешелушенными зернами должно быть не менее 85%.

Сортирование продуктов шелушения. Процесс сортирования включает отделение дробленых зерен и мучнистых частиц, отсеивание лузги и отбор от ядра нешелушенных зерен для направления их на повторное шелущение. Продукт после шелушильных машин (рис. 22.11) поступает в центрофугально-щеточные машины. Проходом через сито с отверстиями \varnothing 2,0—2,2 мм выделяют дробленые зерна, мучку и мелкие частицы оболочек. Иногда устанавливают сито с отверстиями 1,3×20 мм для отбора продольно дробленых частиц ядра. В центрофугально-щеточных

ставляет 3—4%. После гидротермической обработки зерно иногда сепарируют и дополнительно отбирают мелкий овес.

Технологические операции в шелушильном отделении. Технологический процесс производства недробленой шлифованной овсяной крупы включает сортирование зерна до шелушения, шелущение, шлифование, контроль крупы и отходов. Количественно-качественные балансы и анализ работы овсозаводов показали, что в шелушильные отделения поступает от 88 до 92% от количества овса, направленного на первое сепарирование.

Сортирование до шелушения. Очищенный от примесей овес сортируют на две фракции на заводах, где для шелушения используют поставу. Это позволяет отдельно перерабатывать

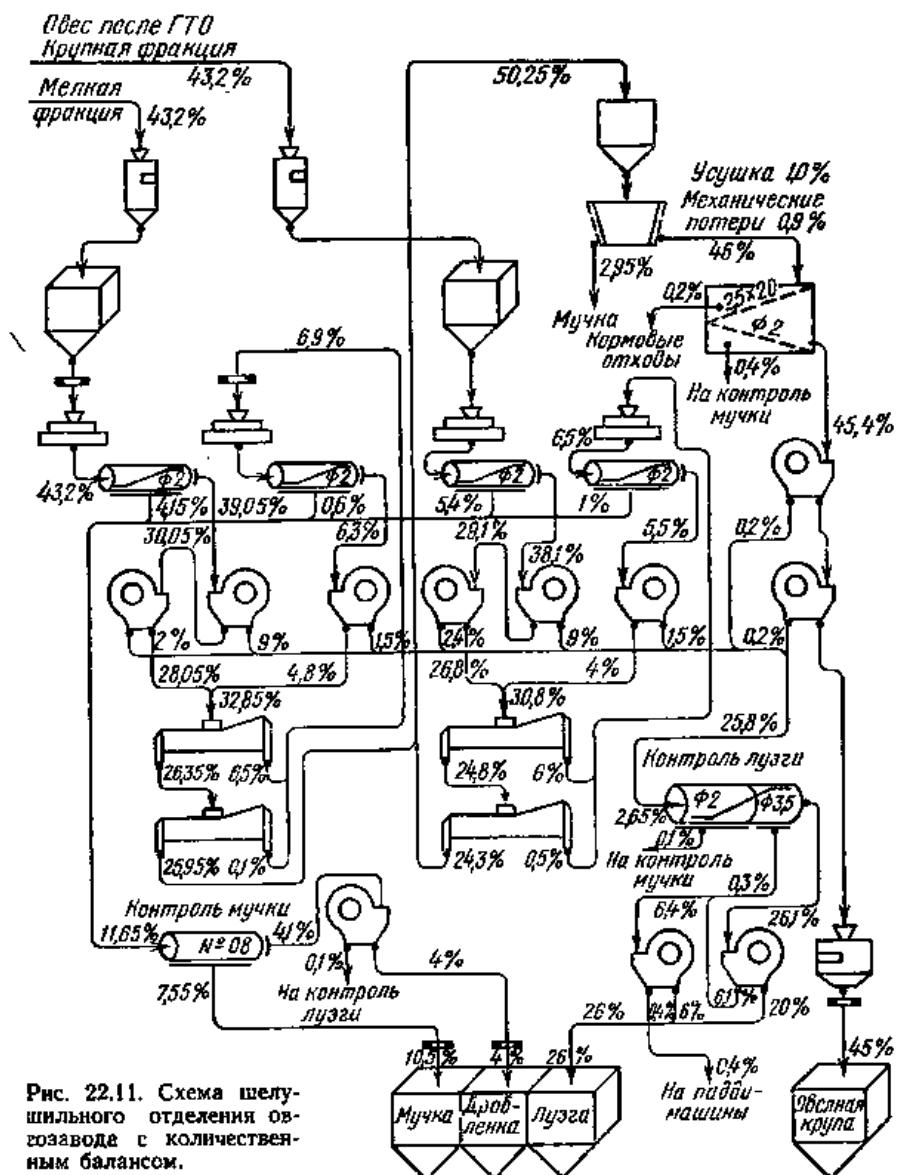


Рис. 22.11. Схема шелушильного отделения овзозавода с количественным балансом.

машинах под воздействием бичей и щеток отдельные ядра освобождаются от оболочек не полностью. Проход через сита центрофугалов направляют на контроль кормовых отходов, а смесь шелушеных, нешелушеных зерен и лузги — в аспираторы или лузговейки. Чтобы полностью отделить лузгу, используют двукратное последовательное провеивание после основных систем шелушения и однократное после сходовой системы. После отвешивания лузги продукт направляют в крупоотделительные машины.

Для отделения нешелушеных зерен овса от шелушенных применяют дисковые триеры, самосортирующие крупоотделители и падди-машины. Однако трех-четырехкратное сортирование в триерах не обеспечивает четкого разделения смеси: в выделенном ядре содержится около 1% нешелушеных зерен, а в зерне до 70% ядра. Поэтому продукты требуют дополнительного сортирования в крупоотделительных машинах, позволяющих более полно разделить смесь. При сортировании в падди-ма-

шинах ядро после основных машин повторно сортируют в контрольных. В ядре, направляемом на шлифование, содержание нешелушенных зерен должно быть не более 0,7%.

Опыт работы крупяного завода в г. Костроме показал, что вместо дисковых триеров и контрольных круроотделительных машин можно использовать самосортирующие круроотделители. Пять последовательных систем позволяют выделить из продуктов шелушения до 0,6% нешелушенных зерен. Затем ядро поступает на шлифование, а нешелушенные зерна — на сходовую шелушильную машину для повторного шелушения.

Шлифование и контроль ядра. Шлифуют овсяное ядро с целью удаления волосков опушения, плодовых и семенных оболочек, зародыша. В результате улучшаются качество и внешний вид крупы, а также ее потребительские свойства. Применение однократного шлифования ядра не дает должного эффекта; при двукратной обработке в шлифовальном поставе можно уменьшить содержание клетчатки до 0,9—1,0%. При удалении волосков опушения зольность ядра снижается с 2,2 до 1,8%, а ядро заметно светлеет. Однако у 15—20% ядер остаются плодовые и семенные оболочки, а зародыш удаляется только у 50—60% ядер. При дальнейшем шлифовании зольность ядра дополнитель но снижается на 0,1—0,2%. Это связано с тем, что зольность эндосперма овса 1,4—1,55%.

Для оценки степени шлифования овсяного ядра, кроме зольности, можно использовать показатель степени удаления оболочек и волосков опушения, основанный на различной окраске оболочек и эндосперма специальным красителем. На овсозаводах с пневматическим транспортированием продуктов установлено, что в материалопроводах происходит обработка поверхности ядра, при которой удаляются волоски опушения. Это позволило несколько уменьшить интенсивность обработки овса в шлифовальных машинах.

После шлифования крупу просеивают. Через сита с отверстиями 2,4—2,6×20 мм проходит краупа, а сходом — ячмень, пшеница и другие примеси. Проходом через сито с отверстиями Ø 2 мм или размером 1,3—1,4×20 мм отбирают дробленое ядро (кормовое). Крупу затем два раза провеивают в аспираторах машинах, контролируют в магнитных аппаратах, взвешивают и направляют в закрома.

Контроль отходов шелушильного отделения. Содержание целого ядра в мучке и дробленке должно быть не более 2% от их массы, а целого и дробленого ядра в лузге (суммарно), направляемой на сжигание, не более 1,5%. Для изглечения частиц ядра устанавливают оборудование для контроля отходов.

Мучку для контроля направляют в центробежный бурат, где проходом через сито № 08 отсеивают мучку, а сходом отбирают дробленое ядро, которое провеивают и направляют в закром.

Лузгу также направляют в центробежный бурат. Проходом через сито с отверстиями Ø 2,0—2,2 мм отсеивают мучку с кормовой дробленкой, которые направляют в центрофугал. Проходом через сито с отверстиями Ø 3,5—3,8 мм получают крупные частицы зерна, а иногда и целое зерно или ядро, которые после провеивания подают в круроотделители или на сходовую шелушильную систему. Сход с бурата, состоящий из лузги и случайно попавших зерен овса и ядра, два раза провеивают в аспираторах. Отобранные в них ядро или зерно направляют в круроотделители, а лузгу после взвешивания — в бункер с шлюзовым затвором, из которого пневматическим транспортом подают в склад для лузги или цех брикетирования.

Выход и качество овсяной крупы. В зависимости от качества пропаренную овсяную крупу делят на высший и первый сорта. Влажность крупы, предназначенной для длительного хранения, не должна быть

выше 12,5%, а крупы для текущего потребления не более 14%. Содержание нешелушенных зерен допускается не более 0,4% в высшем и 0,7% в первом сорте, соответственно сорной примеси не более 0,3 и 0,7%. Дробленое ядро, проходящее через сито с отверстиями Ø 2 мм и не проходящее через сито № 063, при наличии более 0,5% в высшем сорте и более 1% в первом сорте относят к примесям. Зараженность вредителями не допускается.

Выход продукции зависит от качества перерабатываемого овса и вида вырабатываемой крупы. Базисным по качеству считается зерно содержащее 65% ядра в сходе сита с отверстиями размером 1,8×20 мм по отношению к массе зерна вместе с примесями, 5% мелкого зерна (проходом через сито с отверстиями размером 1,8×20 мм) и 27% лузги. Установленный выход продуктов из овса базисных кондиций приведен в таблице 22.8.

Таблица 22.8. Нормы выхода

Продукция	Крупа			Толокно
	недробленая	недробленая и плющеная	недробленая и хлопья	
Крупа недробленая: высшего сорта первого »	15,0 30,5	10,0 19,5	10,0 29,5	—
Крупа плющеная: высшего сорта первого »	— —	5,5 10,0	— —	—
Хлопья	—	—	5,5	—
Толокно	—	—	—	52,0
Итого	45,5	45,0	45,0	52,0
Дробленка кормовая	4,5	4,5	4,5	—
Мучка	11,0	11,5	11,5	9,5
Лузга, некормовые отходы, механические потери	27,7	27,7	27,7	26,7
Мягкий овес и кормовые отходы	17,8	7,8	7,8	6,3
Усушки	3,5	3,5	3,5	5,5
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0

§ 22.5. ПРОИЗВОДСТВО ПШЕНА

Пшено, вырабатываемое из проса, занимает первое место в балансе крупяных продуктов, потребляемых в нашей стране. Из четырех типов проса, различаемых по окраске цветковых пленок, технологи наиболее ценным считают белое и кремовое просо, отличающееся тонкой пленкой и более благоприятной для процесса шелушения шаровидной формой зерна. Сорта проса со стекловидным ядром содержат обычно больше белка, чем сорта с мучнистым ядром. Чем больше белковых веществ в эндосперме, тем полнее промежутки между крахмальными гранулами заполнены белком, эндосперм прочнее и меньше дробится зерно при переработке. При варке такой крупы каша получается рассыпчатой и дает большой привар.

Лучшим сырьем для крупяной промышленности является крупное и по возможности выравненное просо (сход сита с отверстиями размером 1,8×20 мм более 80%), так как в этом случае можно упростить технологический процесс и получить высокий выход пшена хорошего качества.

Цветковые пленки проса не срастаются с ядром и соединены с ним только в одном месте — рубчике. Рубчик после шелушения остается на

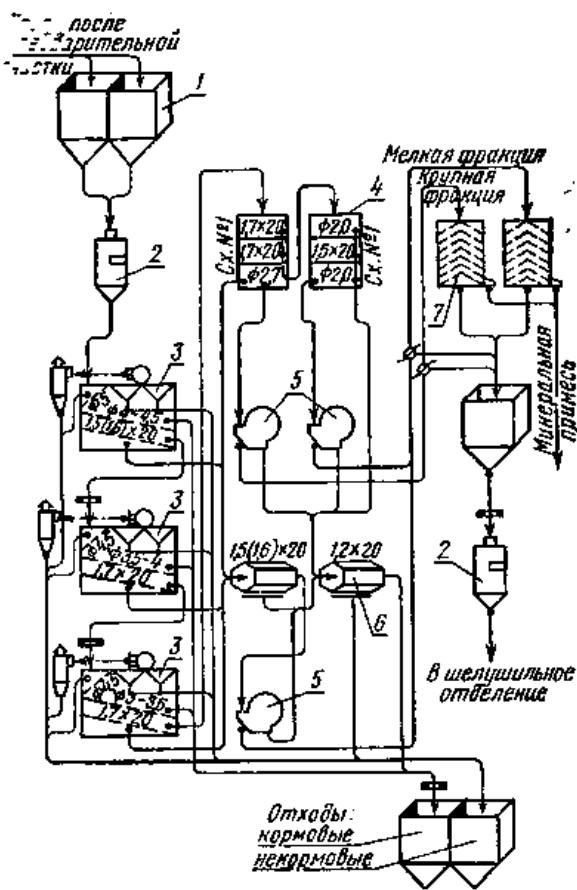


Рис. 22.12. Схема зерноочистительного отделения просозавода:

1 — закрома; 2 — автоматические весы; 3 — сепараторы (первая, вторая и третья системы); 4 — рассев; 5 — аспираторы; 6 — бурачник; 7 — камнеотделительная машина.

Технологические операции в зерноочистительном отделении. Очистка проса от крупных примесей не представляет затруднений. Хуже отделяются семена, которые по размерам и аэродинамическим свойствам близки к зерну проса (чернушка, тысячеголовник и гречишко). Особен- но трудно выделить остряк.

Изучение видового состава примесей проса показывает, что при просеивании на ситах с отверстиями размером $1,6 \times 20$ мм в проходе остается основная масса щетинника, зерна крестоцветных и остряк. Чернушка может быть частично отделена от пшена на ситах машин шелушильного отделения. Часть легких примесей и недоразвитых зерен удаляют в аспираторах. Большая часть зерен пшеницы, овса и гречихи может быть выделена сходом с сит с отверстиями $\varnothing 3$ мм. Для отбора этих примесей и зерен ржи могут быть использованы также триеры с ячеями $\varnothing 3,2$ — $4,0$ мм.

На рисунке 22.12 показана схема зерноочистительного отделения просозавода без сортирования зерна на фракции. После предварительной очистки в элеваторе зерно поступает в закрома, затем в автоматические весы и на системы сепарирования. По принятым нормам на просозаводе применяют трехкратное последовательное сепарирование. Для хорошей работы сепаратора необходимо, чтобы сита были наклонены под углом 6 — 8 °. Такой небольшой наклон обусловлен тем, что ко-

ядре в виде темной точки. Толщина пленок проса примерно $0,10$ — $0,15$ мм.

Эффективность шелушения во многом зависит от толщины пленок, их влажности, а также от формы и крупности зерна. Наиболее выгодны для шелушения зерна шарообразной формы: овальные и особенно с заостренными концами шелушатся最难, требуют более интенсивного режима и дают большие дробленых частиц. Плохо выполненные зерна и так называемый остряк (недоразвитое зерно проса), имеющие плоскую вытянутую форму и в конце заостренную, нежелательны для переработки.

Содержание ядра в крупы просе должно быть не менее 74%, сорной примеси не более 3%. Влажность не должна превышать 15,5% при наличии зерносушилки и 13,5%, когда ее нет. Просо с влажностью 13,5—14,5% хорошо шелушится и дает минимальное количество дробленого ядра, а пересушенное просо — большое количество дробленого ядра вследствие образования в нем трещин.

эффективент трения проса о ситовую поверхность меньше, чем у других крупяных культур.

На второй и третьей системах сепарирования устанавливают подсевные сита с отверстиями размером $1,7 \times 20$ мм, чтобы выделить мелкую фракцию проса вместе с примесями, а затем из нее на ситах с размером отверстий $1,5-1,6 \times 20$ мм тщательно отсеять мелкое щуплое зерно и мелкие примеси при незначительной потере мелкого малоценног проса.

Крупную фракцию проса (сход сит с отверстиями размером $1,7 \times 20$ мм третьей системы сепарирования) сортируют в рассевах или сортировочных машинах, где отбирают крупную примесь (сход сит с отверстиями $\varnothing 2,5-2,7$ мм) и дополнительную мелкую просо. Оба потока (крупное и мелкое просо) раздельно направляют в аспираторы с замкнутым циклом воздуха, в которых отсеивают крупные, но недоразвитые зерна проса, а затем при наличии минеральной примеси очищают в камнеотделительных машинах. После очистки от примесей просо взвешивают и направляют в шелушильное отделение.

Отходы, полученные при очистке проса, делят на кормовые и некормовые. В отходах могут быть полноценные зерна, которые извлекают на оборудовании, установленном для контроля. На просозаводах небольшой производительности контролируют только кормовые отходы, на заводах большой производительности — раздельно кормовые и некормовые.

Гидротермическую обработку на просозаводах не применяют.

Технологические операции в шелушильном отделении. Из проса вырабатывают пшено шлифованное.

Пшено шлифованное — ядра проса, полностью освобожденные от цветковых пленок, частично от плодовых, семенных оболочек, зародыша и обработанные в шлифовальных машинах. Пшено-дранец — ядра проса, полностью освобожденные только от пленок. Такое пшено в настоящее время на промышленных предприятиях не вырабатывают.

Технологический процесс в шелушильном отделении включает шелущение проса, сортирование продуктов шелущения, шлифование пшена, сортирование и контроль пшена, контроль отходов.

На просозаводах Советского Союза просо перерабатывают путем последовательного шелущения в вальцевальных станках. Полного шелущения проса достигают в результате двукратной обработки в двухдековых станках (см. главу 14).

Шелущение одной и той же партии проса, рассортированного на две фракции, показало, что крупная фракция дает более высокий коэффициент шелущения, чем мелкая, причем дробление ядра мелкой фракции выше, чем крупной.

Целесообразно сортировать просо на фракции, но применять можно только на заводах большой производительности, где имеются две параллельные линии для шелущения.

Принципиальная схема технологического процесса переработки проса в пшено с применением двухдековых станков показана на рисунке 22.13. При шелущении основная масса цветковых пленок у 90—95% зерен отделяется в первом станке при выходе дробленого ядра не более 3,5%. Во втором станке для отделения цветковых пленок с остальных зерен, труднее поддающихся шелущению, применяют более интенсивный режим. После этого станка содержание шелущенных зерен должно быть $\approx 99,7\%$, а дробленого ядра не более 5%.

На отдельных просозаводах продукты, полученные в результате шелущения, сортируют в рассевах, но в большинстве случаев их два раза провеивают в аспираторах, а выделенные относсы контролируют в просеивающих машинах. После первой и второй систем шелущения, на которых получают много лузги, продукты два раза провеивают.

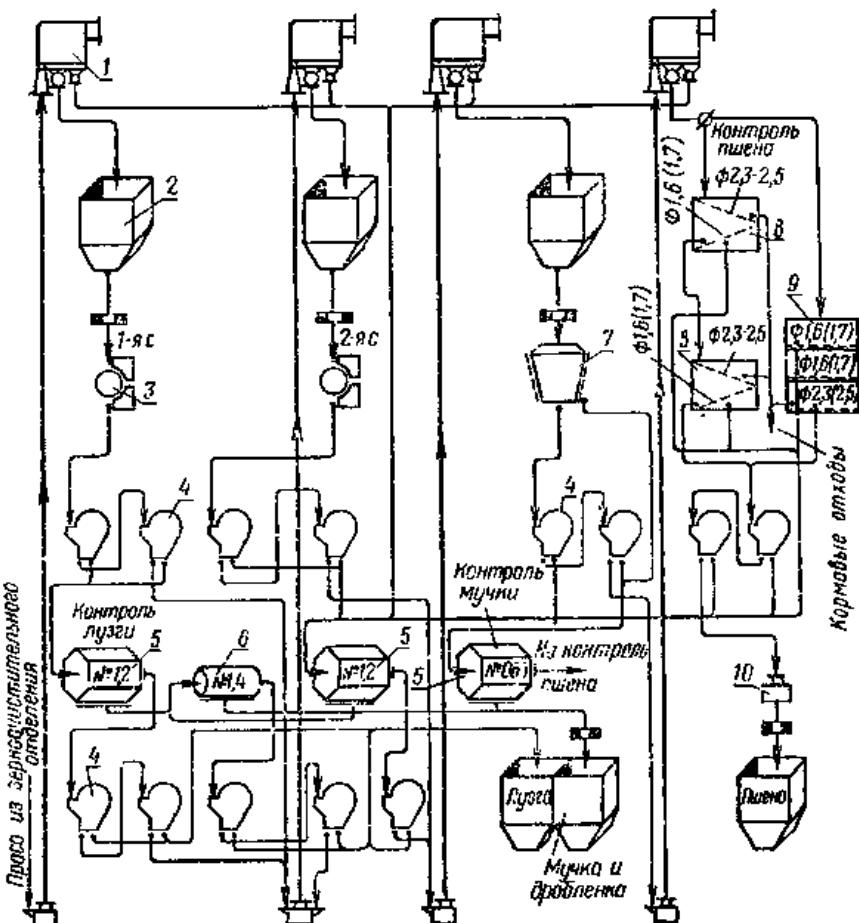


Рис. 22.13. Схема технологического процесса шелушильного отделения просозавода, оборудованного пневматическим транспортом:

1 — пневмосепаратор; 2 — бункер; 3 — вальцедековый ставок; 4 — аспираторы; 5 — бурыти; 6 — центрифуги; 7 — шлифовальная машина; 8 — машины БКГ; 9 — рассев; 10 — пробоотборник.

Полученное после шелушения проса ядро состоит из эндосперма с полностью или в значительной степени сохранившимися плодовыми и семенными оболочками, зародышем. Это пшено-дранец, которое дополнительно обрабатывают в шлифовальных машинах. У хорошо шлифованного пшена плодовые и семенные оболочки удалены, рубчик малозаметен, зародыш удален у 65—80% ядер. Пшено шлифованное имеет матовую, шерховатую поверхность, покрытую тонким слоем мучки.

В результате шлифования изменяется химический состав пшена (табл. 22.9). Процесс шлифования сокращает время варки и повышает коэффициент разваримости (отношение объема сваренной крупы к объему крупы до варки). При шлифовании выход мучки увеличивается на 4—5% (от массы зерна). При воздействии абразивных рабочих органов снижается содержание испорченных ядер в пшенице. Примерно 65—75% таких ядер крошится, превращается в дробленку и мучку, а затем отделяется от ядра. Однако часть испорченных зерен остается в пшенице.

Чрезмерно длительное шлифование ядра (при потере мучки более 6%) приводит к ухудшению потребительских свойств крупы, к потере белка, снижению коэффициента разваримости, ухудшению консистенции каши (она становится полурассыпчатой и даже вязкой).

В настоящее время для шлифования пшена нет эффективной машины непрерывного действия. Использование машин ЗШН с уменьше-

Таблица 22.9. Химический состав (%) на сухое вещество) и потребительские свойства пшена

Пшено	Белок	Жир	Зольность	Клетчатка	Крахмал	Время заваривания крупы	Зависимость обесцвечивания при варке
Дранец	14,7	4,3	1,40	1,40	76	30—45	4,0—4,5
Шлифованное (в шлифовальном поставе)	13,2	3,1	1,25	0,80	79	25—7	4,5—5,0
Толченое	13,3	2,4	1,16	0,65	82	16—20	5,0—5,5
Дробленое	14,5	3,0	1,20	0,70	78	15	3,5

нием количества абразивных дисков, снижением их скорости (до 15 м/с), уменьшением подпора продукта не дает желаемого результата. Даже при облегченном режиме в рабочей зоне машины ЗШН температура пшена повышается до 45°C, а расход энергии достигает 9 кВт·ч на 1 т перерабатываемого пшена при производительности машины 1500 кг/ч. Дополнительная обработка пшена в вальцеведковых станках не позволяет получить необходимую степень шлифования. Удовлетворительные результаты можно получить при двукратной последовательной обработке пшена в шлифовальных поставах.

Пшено просеивают, провеивают и отбирают металломагнитные примеси. Проходом через сито с отверстиями Ø 2,3—2,5 мм выделяют пшено, а сходом — чернушку, нешелушенные зерна и пр. На контроле мелкого пшена необходимо устанавливать сита с отверстиями Ø 2 мм, а крупного — с отверстиями Ø 2,3—2,5 мм. Сход с этих сит, если он содержит просо, направляют на контроль, а если же он состоит преимущественно из трудноотделимой чернушки, то в закром для отходов.

Для отсеяния дробленой крупы используют сита с отверстиями Ø 1,6 мм. На поверхности пшена (сход с этих сит) содержится некоторое количество мучки. Особенно много ее в шлифованном пшенице. Для отделения мучки и частиц оболочек пшено подвергают двух-трехкратному провеиванию. Затем его очищают в магнитных аппаратах, взвешивают и направляют в закрома.

При правильном режиме переработки и контроле можно получить пшено, содержащее доброкачественного ядра в котором соответствует требованиям высшего сорта (99,2%).

Лузга состоит из цветковых плёнок с небольшим количеством мучки, которую отсеивают и используют как кормовой продукт. Мучка, отсеянная от лузги, содержит 12,1% жира, 13,6 азотистых веществ и 24,7 клетчатки при зольности до 9%. Мучка, получаемая при шлифовании, состоит главным образом из частиц зародыша, плодовых, семенных оболочек и эндосперма; она богата жиром (22%) и азотистыми веществами (30%); зольность примерно 5—6%.

Все отходы, получаемые в шелушильном отделении, контролируют. Для лузги обычно используют бураты или центрофуги, а затем аспирирующие машины. Содержание в лузге проса и целого ядра в сумме не должно превышать 1,5% от их массы.

Мучку и дробленое ядро контролируют в буратах, где выделяют частицы целого пшена. Содержание целого ядра (сход сит с отверстиями Ø 1,6 мм) в мучке не допускается, а в дробленой крупе не должно превышать 2% от ее массы.

Выход и показатели качества пшена. Они зависят от качества проса, поступающего в переработку, от вида вырабатываемой крупы, используемого оборудования, построения схемы технологического процесса и режима переработки. Базисным по качеству считается просо, содержащее 76% ядра (от массы зерна вместе с примесью) и 18% цветко-

Таблица 22.10. Нормы выхода

Продукция	Выход, %	Выход (%) при шлифовании в машинах ЗШН
Пшено:		
высшего сорта	5,0	5,0
первого »	58,0	56,0
второго »	2,0	2,0
Итого	65,0	63,0
Дробленка кормовая	4,0	5,0
Мука кормовая	8,5	9,5
Лузга, некормовые отходы и механические потери	15,0	16,0
Кормовые отходы	7,0	7,0
Усушка	0,5	0,5
Всего	100,0	100,0

вых пленок. Установленные нормы выхода продукции при переработке такого проса приведены в таблице 22.10.

Пшено шлифованное должно иметь желтый цвет разных оттенков, нормальный, свойственный ему запах и вкус, минеральной примеси должно быть не более 0,05%, влажность не превышать 14%, а пшено, предназначенного для текущего потребления со сроком хранения не более одного месяца, до 15%.

§ 22.6. ПРОИЗВОДСТВО ГРЕЧНЕВОЙ КРУПЫ

Гречиха является сырьем для производства весьма ценного вида гречневой крупы — ядрицы. Зерно гречихи имеет в попечном разрезе трехгранную форму и состоит из грубой темноокрашенной плодовой оболочки и ядра, в состав которого входят семенная оболочка, алейроновый слой, эндосперм и зародыш. Плодовая оболочка представляет три лепестка, охватывающих ядро и не срастающихся с ним. Эти лепестки соединены с ядром лишь в центре его основания. Гречиха имеет хрупкий эндосперм. В гречихе содержится эндосперма 57—65%, зародыша 10—15, алейронового слоя 3—5, семенных оболочек 1,5—2, плодовых оболочек 20—24%.

Для крупяного производства требуется зерно гречихи, содержащее не более 3% сорной примеси и не более 3% зерновой. Влажность зерна должна быть не более 14,5%, если нет сушилок, и не более 16% при их наличии. Содержание ядра должно быть не менее 71%.

Объединять для переработки можно только однородные партии гречихи и по возможности одного и того же сорта. Нельзя смешивать гречиху крылатую с бескрылой, зерно сухое с влажным, просушеннное с непросушеным.

Зерно гречихи по крупности определяется показателями

$$\frac{d_{\max}}{d_{\min}} = \frac{4,9}{3,0} \text{ мм.}$$

где d_{\max} — минимальный диаметр отверстий сита, через которое проходят все зерна данной партии гречихи; d_{\min} — диаметр отверстий сита, сходом с которым выделяют крупяную гречиху (по государственному стандарту $d_{\min}=3$ мм).

Для технолога важны выровненность и крупность зерна, его форма, консистенция и цвет ядра. Большое значение имеют также легкость шелушения гречихи (отделимость оболочек) и прочность ядра. На рисунке 22.14 приведена диаграмма, характеризующая выход продуктов шелушения и качество ядра в зависимости от крупности отдельных фрак-

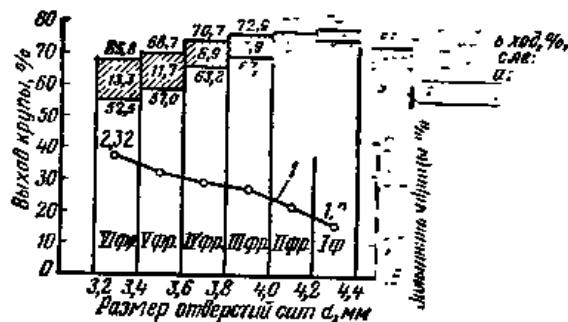
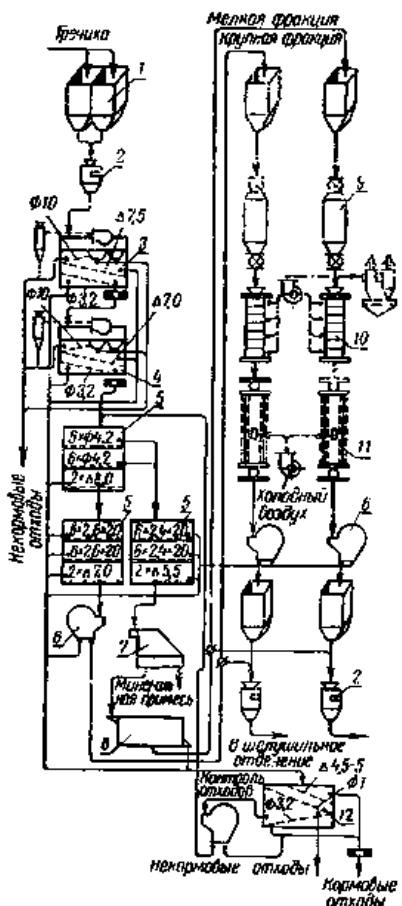


Рис. 22.14. Характеристика продуктов очистки отдельных фракций гречихи (1—закрона; 2—ядриница).

Рис. 22.15. Схема зерноочистительного отделения гречевого завода:

1 — закрона для гречихи, прошедшей предварительную очистку; 2 — автоматические весы; 3, 4 — сепараторы (первая и вторая системы); 5 — рассевы; 6 — аспиратор; 7 — пневмосортировальный стол; 8 — триер; 9 — пропариватель конструкции Неруша; 10 — паровая сушилка; 11 — охладительная колонка; 12 — крупусортировка БКГ

ций. Наибольший выход ядрицы при наименьшем выходе продела получен из зерна первой фракции (сход с сите $\varnothing 4.2$ мм). В последующих фракциях со снижением крупности зерна уменьшается выход ядрицы и значительно увеличивается ее дробимость.

Исследования показали, что плот-

ность смыкания граней зерна мелких фракций больше, чем крупных, хорошо выполненных зерен. Кроме того, время, потребное на шелушение зерна первой фракции, почти в два раза меньше, чем на шелушение зерна ядрицы фракции (при одинаковой их массе). Как видно из той же диаграммы, с уменьшением крупности зерен гречихи увеличивается зольность ядрицы. Наихудшие результаты получены при переработке фракции гречихи, выделенной проходом через сите с отверстиями $\varnothing 3.4$ мм.

Гречиха имеет характерный состав сорных примесей, причем к трудноотделимым относят татарскую гречиху (kyrlik), недоразвитое зерно (рудяк), а также полевую редьку и мелкий горошек.

Анализ показывает стабильное распределение примесей по фракциям крупности. Свыше 50% всех засорителей содержится в проходе через сите с отверстиями $\varnothing 3.2$ мм, наиболее засорены мелкие фракции зерна (проход через сите с отверстиями $\varnothing 3.6$ мм), а также первая по крупности фракция гречихи, содержащая крупные примеси.

Технологические операции в зерноочистительном отделении. После взвешивания в автоматических весах зерно подвергают двукратному последовательному сепарированию, при котором выделяют основную массу примесей (рис. 22.15).

Для выделения из крупной фракции гречихи трудноотделимых примесей над сортировочным ситом сепараторов устанавливают дополнительную раму с ситом с треугольными отверстиями размером 7—8 мм. Гречиху татарскую выделяют при аспирировании в осадочные камеры сепаратора. Проход через подсевные сите ($\varnothing 3.2$ или 2.4×20 мм) направляют на

контроль отходов. После сепараторов устанавливают магнитные зараждения.

Для отбора трудноотделимых примесей, особенно дикой редьки, гречиху после сепарирования направляют в рассев, где разделяют по крупности на две фракции. Затем каждый поток последовательно сортируют в рассевах, сочетая сита с продолговатыми и треугольными отверстиями (разных размеров в зависимости от крупности зерна). Минеральные примеси выделяют в камнеотделительных машинах или пневматических столах, а для отбора пшеницы, овса и других зерен продолговатой формы устанавливают овсюгоотборочные машины.

Гидротермическая обработка гречихи. Она позволяет получить быстроразваривающуюся крупу. ГТО проводится в следующей последовательности:

обрабатывают зерно теплом в машинах порционного действия в течение 5 мин при давлении пара 0,25—0,3 МПа: разрыв во времени между окончанием пропаривания и последующей сушкой должен быть не более 30 мин;

сушат зерно в вертикальных паровых сушилках (можно горячим воздухом) до влажности 13—13,5%;

охлаждают в колонках до температуры не выше 30°C.

Гидротермическая обработка повышает хрупкость оболочек в результате их обезвоживания, изменяет структурно-механические свойства ядра, уменьшает выход дробленой крупы (продела). Кроме того, она повышает коэффициент использования ядра и коэффициент шелущения гречихи. Выход ядрицы из зерна базисных кондиций достигает 65—68%, а выход продела снижается до 2—3%. Крупа приобретает ровный светло-коричневый цвет, приятный запах и вкус. Количество водорастворимых веществ увеличивается на 10—20%, время варки крупы снижается до 15—20 мин, увеличивается провар, консистенция каши рассыпчатая.

На заводах большой производительности целесообразно установить раздельный режим гидротермической обработки крупного и мелкого зерна. После охлаждения и взвешивания оба потока направляют в за-крома для очищенного зерна или непосредственно в шелушильное отделение.

Технологические операции в шелушильном отделении. Сортирование гречихи до шелущения. Процесс переработки гречихи, очищенной от примесей, включает сортирование по крупности, шелущение, сортирование продуктов шелущения, сортирование и контроль крупы, контроль отходов.

Гречезаводы вырабатывают ядрицу (быстроразваривающуюся и обычную)—целое ядро гречихи, продел (дробленое ядро) получают в небольшом количестве в процессе переработки.

Для того чтобы при шелущении уменьшить дробление ядра и отделить его от зерна, необходимо гречиху рассортировать по крупности на 5—6 фракций. При этом разность в размерах зерен смежных фракций равна 0,2—0,3 мм. Четкого сортирования или калибрования зерна достигают в два приема: при предварительном сортировании зерно делят на 2—3 фракции, а затем при окончательном — на 5—6 (рис. 22.16).

В каждой фракции гречихи, рассортированной на ситах с отверстиями круглого сечения, содержится некоторое количество трудноотделимых примесей, которые по размеру и форме (шаровидные, веретенообразные) проходят через круглые отверстия. Если затем каждую фракцию просеять на ситах с треугольными отверстиями соответствующего размера, можно выделить проходом трехгранные зерна гречихи, а сходом — зерна другой формы (бочкообразные звенья дикой редьки, шарообразные зерна бобовых примесей и др.).

Эффективной очистки можно достигнуть лишь при правильном со-

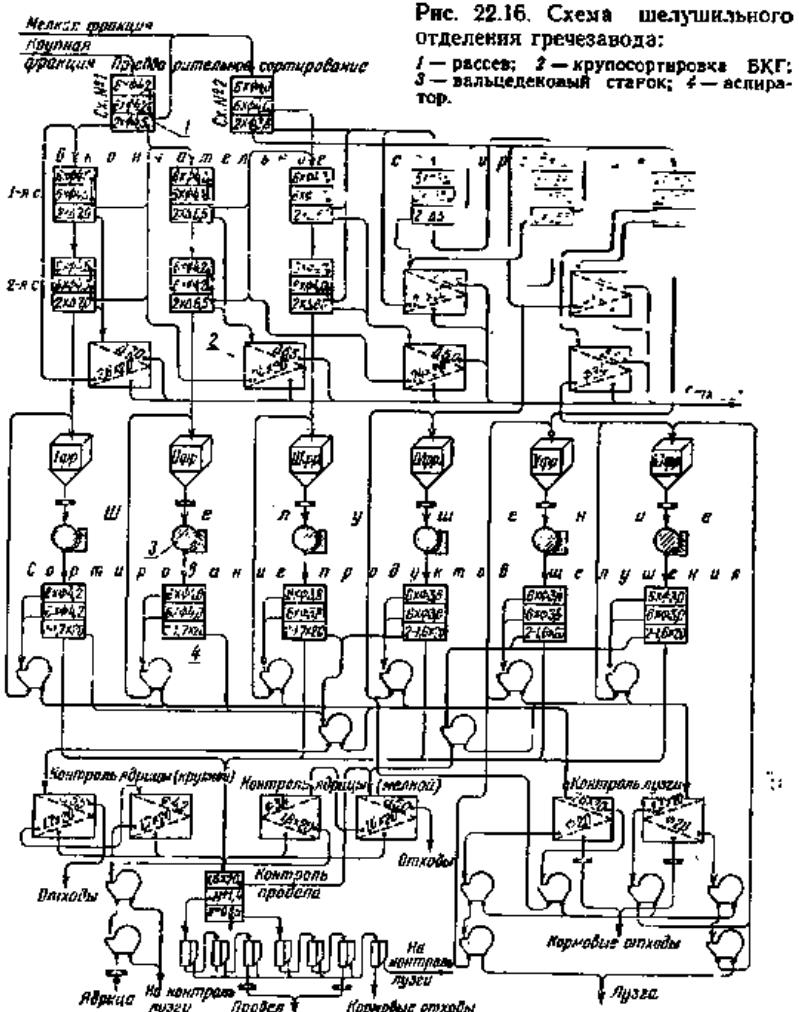


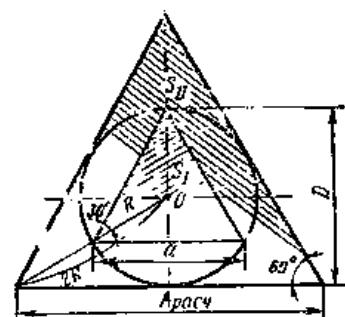
Рис. 22.16. Схема шелушильного отделения гречезавода:
1 — рассев; 2 — крупосортировка БКГ;
3 — вальцедекомый стакок; 4 — аспира-
тор.

отношении размеров отверстий сит круглого и треугольного сечения (табл. 22.11). В первой, второй и третьей фракциях гречихи должно быть «чужих» зерен не более 6% (в том числе зерен меньше данного размера не более 4%), а в каждой из остальных фракций не более 8% (в том числе мелких не более 3%).

Шелушение гречихи. Этому процессу следует уделить особое внимание, так как ядро гречихи легко раскалывается, уменьшается выход

Таблица 22.11. Размеры отверстий сит

Диаметр отверстий сит, выделяющих гречиху сквозь, мм	Расчетный размер стороны описанного треугольника: $A_{расч} = 1,73 D$	Размер A стороны треугольного отверстия сита (мм) для отбора гречихи прохода
4,5	7,65	6,8—7,0
4,2	7,26	6,0—6,5
4,0	6,92	6,0
3,8	6,57	5,5—6,0
3,6	6,23	5,0—5,5
3,4	5,88	5,0
3,2	5,54	4,5—4,7



ценного продукта — ядрицы и увеличивается выход продела и муки. С уменьшением крупности перерабатываемой фракции гречихи снижается коэффициент шелушения зерна, извлечения ядра и увеличивается выход продела и муки. Установлено, что при шелушении гречихи всех фракций (сход сита с отверстиями \varnothing 3,4 мм) оптимальная окружная скорость вала 13—14 м/с, а для более мелкого зерна 10—12 м/с. Увеличение окружной скорости вызывает некоторое повышение коэффициента шелушения, но при этом возрастает выход дробленого ядра и муки.

Коэффициент шелушения гречихи в вальцедековом станке зависит от сорта зерна, его крупности, состояния рабочих органов и параметров режима шелушения. В таблице 22.12 приведены нормы минимального выхода ядрицы и продела.

Таблица 22.12. Нормы извлечения ядрицы и продела, % к массе гречихи, поступившей в однодековые станки

Фракция	После ГТО	Без ГТО	Фракция	После ГТО	Без ГТО
Первая	40	30	Четвертая	35	25
Вторая	45	35	Пятая	25	20
Третья	40	30	Шестая	20	15

При первом шелушении гречихи у значительного количества съеденных зерен нарушается плодовая оболочка, хотя ядро и не освобождается от нее. При втором шелушении извлекается больше ядра, чем при первом, а выход продела и муки по отношению к общему выходу ядра меньше на 0,8—1,2%.

Сортирование продуктов шелушения. В результате шелушения гречихи получают смесь, состоящую из ядрицы, нешелущенных зерен, продела, мучнистых частиц и лузги (табл. 22.13).

Для сортирования продуктов шелушения гречихи применяют рассевы, в которых проходом через первые три сита (1,6—1,7×20 мм) отсеивают продел с мучкой, а на последующих ситах отделяют ядрицу от нешелущенной гречихи и лузги. Наиболее ответственным процессом является отбор шелущенных зерен (ядрицы) от нешелущенных. При наличии гречихи в ядрице свыше 0,3% она будет нестандартной. При наличии же ядрицы в гречихе, направляемой на повторное шелушение, она будет дробиться.

Ядрицу из продуктов шелушения отбирают, применяя пофракционное шелушение и сортирование. После шелушения гречихи определенной фракции продукты сортируют в рассевах, в которых устанавливают сита с отверстиями на 0,2—0,3 мм меньше отверстий сортировочного сита, склоном с которого была получена гречиха данной фракции. При этом зерна, оставшиеся нешелущенными, не могут пройти через отверстия сита и идут склоном.

Как показано на схеме (см. рис. 22.16) в рассевах, сортирующих продукты шелушения разных фракций, размер сит, отбирающих нешелущенные зерна, следует выбирать в зависимости от крупности перерабатываемого зерна.

Склон вместе с гречихой идет и лузга, часть которой хотя по размерам и может пройти через отверстия сита, но из-за незначительной плотности при просевании всплынет на поверхность слоя продукта, не достигая сита. Ядрицу выделяют проходом через «зерновое» сито и склоном с сита с отверстиями размером 1,7×20 мм (крупная ядрица) или 1,6×20 мм (средняя и мелкая ядрица). Продел получают проходом через сито, отбирающее ядрицу, и склоном с ситом № 085, а мучку — проходом через это сито.

Гречиху, освобожденную от лузги, направляют на повторное шелущение, а лузгу — на контроль. В гречихе, поступающей на повторное шелущение, не должно быть ядрицы более 3%, лузги более 1%. Количество нешелущенных зерен гречихи в ядрице, отобранный после шелущения, не должно быть выше 0,3%.

Контроль крупы и отходов. Ядрицу просеивают и провесяивают из нее дробленые частицы ядра, семенные оболочки, зерна и мучку. Ядрица, полученная из трех крупных фракций (сход сит с отверстиями размером $1,7 \times 20$ мм), поступает на первое контрольное сортирование, а ядрица из мелких фракций (отверстия размером $1,0 \times 20$ мм) — на второе. Крупную ядрицу просеивают на контрольном сите с треугольными отверстиями со стороной 5,5—6,0 мм, а затем на сите с отверстиями размером $1,7 \times 20$ мм, где выделяют проходом продел и мучку. Мелкую ядрицу контролируют по такой же схеме, но на ситах с отверстиями размером $1,6 \times 20$ мм. Ядрица, выделенная сходом с последних сит первых сортировочных машин, поступает на вторые для повторного контроля на ситах с круглыми и продолговатыми отверстиями. Перед поступлением в закрома ядрицу 2—3 раза провесяивают и пропускают через магнитные аппараты.

Продел и мучку, полученные при просеивании продуктов шелущения всех фракций, направляют в контрольные просеивающие машины. Продел идет проходом через сито с отверстиями размером $1,6 \times 20$ мм,

Таблица 22.13. Состав продуктов шелущения гречихи, прошедшей гидротермическую обработку

Фракция	Продукты	Зерно (шельф.) шелеши H_1 и H_2	Ядро, плюс K_1 и K_2	Ядро дробле- ние d_1 и d_2	Мучка m_1 , % m_2	Лузга и при- меси f_1 и f_2	Сухарное из- влечение, %	Коэффициент шелушения $E_{шл}$, %
Первая	Зерно до шелущения	99,0	0,7	0,1	—	0,4	—	—
	Продукт после шелуше- ния	45,8	41,2	1,6	0,6	10,8	54,2	53,8
Вторая	Зерно до шелущения	98,8	0,6	0,5	—	0,3	—	—
	Продукт после шелуше- ния	41,1	44,8	1,9	0,5	11,7	58,9	58,5
Третья	Зерно до шелущения	98,1	1,1	0,2	—	0,6	—	—
	Продукт после шелуше- ния	46,3	40,8	1,7	0,7	10,5	53,7	52,9
Четвертая	Зерно до шелущения	97,6	1,8	0,3	—	0,3	—	—
	Продукт после шелуше- ния	51,3	35,6	2,5	0,5	9,7	48,7	47,5
Пятая	Зерно до шелущения	96,9	1,8	0,6	—	0,7	—	—
	Продукт после шелуше- ния	63,6	25,1	2,8	0,9	7,8	36,4	34,5
Шестая	Зерно до шелущения	96,2	2,4	0,6	—	0,8	—	—
	Продукт после шелуше- ния	68,8	20,6	3,1	1,1	6,4	31,2	28,4

Приложение. Буквенные значения с индексом 1 обозначают продукты до поступления в машину, с индексом 2 — после прохождения через машину.

а мучка — проходом через сито № 085. Продел после двух-трехкратного провесяивания в аспирирующих машинах, взвешивания и контроля в магнитных аппаратах направляют в закрома.

Выход гречневой крупы. Он зависит от качества гречихи, поступающей в переработку (сорта, степень засоренности, содержания мелких зерен, пленчатости и т. п.). В таблице 22.14 приведены нормы выхода, установленные для крупяных заводов при переработке гречихи базисных кондиций, т. е. гречихи, содержащей 75% ядра и 22% лузги (от массы зерна вместе с примесями).

Таблица 22.14. Нормы выхода

Продукция	Нормы при производстве крупы	
	без ГТО	с ГТО
Ядряца:		
первого сорта	52,0	59,0
второго >	4,0	3,0
Продел	10,0	5,0
Итого	66,0	67,0
Мучка кормовая	6,0	3,5
Лузга, некормовые отходы и механические потери	20,0	21,5
Кормовые отходы	7,0	6,5
Усушка	1,0	1,5
Всего	100,0	100,0

§ 22.7. ПРОИЗВОДСТВО ЯЧМЕННОЙ КРУПЫ

Технологическая оценка. Ячмень (кроме голозерного) снаружи покрыт цветковой пленкой. Под ней находятся тонкие семенные оболочки, покрывающие аллейроновый слой. Эндосперм ячменя (63—68% от массы зерна) бывает мучнистым или стекловидным. Зародыш сравнительно крупный (2,5—3,0% от массы зерна). Покрывающие ячмень цветковые пленки и оболочки плотно соединены с эндоспермом и в отличие от пленок риса, овса, проса требуют больших усилий для отделения.

Зерно, поступающее в переработку, должно быть низкопленчатым, выровненным по размерам и хорошо выполненным. Ячмень с сине-зелеными семенными оболочками не следует использовать для производства крупы. Наибольший выход получают при переработке стекловидного зерна ячменя, из него также получают лучшую по качеству ячневую крупу.

Высококачественную перловую крупу вырабатывают из полустекловидного и мучнистого зерна.

Очистка ячменя от примесей и предварительное шелушение. До направления на завод ячмень в элеваторе предварительно очищают от примесей и мелкого зерна, а также составляют однородные партии. Объединять можно партии только однотипные по ботаническим признакам и по стекловидности, а также близкие по влажности и выровненности.

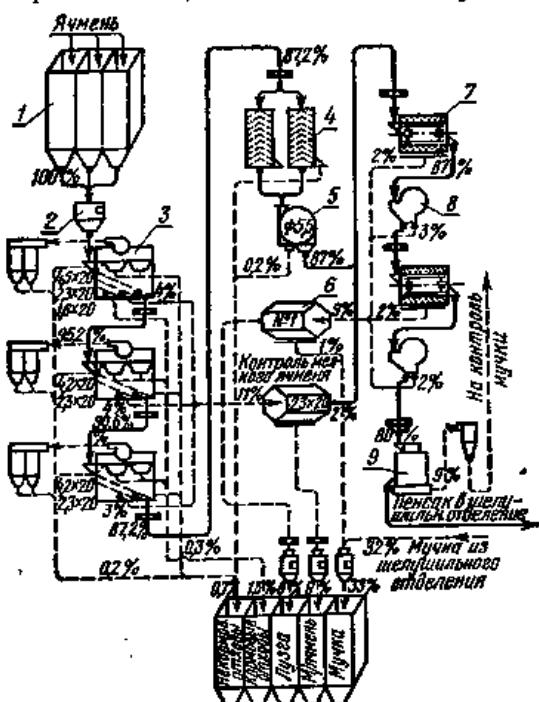


Рис. 22.17. Схема зерноочистительного и подготовительного отделений ячменозавода:

1 — закрома; 2 — автоматические весы; 3 — сепаратор; 4 — камнеудалительная машина; 5 — триер; 6 — бурат; 7 — обечайка машина; 8 — астиратор; 9 — шелушильно-шлифовальная машина ЗШН.

Ячмень из элеватора поступает в закрома, емкость которых рассчитывают на 28—30-часовую производительность, далее в автосушильные весы и сепараторы, причем ячмень проходит трехкратное зерновальное сепарирование (рис. 22.17). На первой системе сепарирования выделяют некормовые отходы проходом через подсевное сито с отверстиями размером $1,6 \times 20$ мм. Затем зерно очищают в магнитных буратах, подвергают двукратному последовательному сепарированию, причем проходом через подсевные сите выделяют мелкую фракцию, из которой в буратах или сортировочных машинах отбирают мелкое, щуплое зерно ячменя. Мелкий (фуражный) ячмень взвешивают и направляют в закрома, откуда его можно возвратить в элеватор.

После отсея мелкого зерна ячмень направляют в камнеотделительную машину, а затем в куколеотборочную с ячейми $\varnothing 5,5$ мм. Куконы и семена других культур иногда подают в контрольные триеры с ячейками $\varnothing 5,5$ — $6,0$ мм. Ячмень, выделенный в контрольных триерах, присоединяют к основному потоку очищенного зерна, а куколь направляют в закрома для отходов.

Шелущение ячменя достигается в результате трех-четырехкратной последовательной обработки в обоечных машинах, после которых для отделения лузги продукт просеивают в аспираторах.

В результате шелущения ячменя получают пенсак — зерно, в основном освобожденное от цветковых пленок (за исключением пленок, находящихся в бороздке) и частично раздробленное. От качества пенсака во многом зависит режим дальнейшего процесса производства крупы. В обоечных машинах окружную скорость бичевых барабанов принимают 20—21 м/с, а расстояние бичей от абразивного барабана в пределах 15—22 мм. В результате четырехкратной последовательной обработки значительная часть как целых, так и дробленых зерен имеет отшлифованные и округленные концы. Высокая прочность зерновок ячменя позволяет установить интенсивный режим шелущения в обоечных машинах. При переработке мучнистого ячменя следует ослабить воздействие бичей, увеличить их наклон и расстояние до абразивной поверхности. Зольность пенсака, полученного после шелущения при окружной скорости бичей 20 м/с, ниже зольности пенсака, полученного при скорости 17—18 м/с. По зольности можно судить об эффективности работы каждой системы шелущения. В таблице 22.15 приведен химический состав ячменя и продуктов его переработки.

Таблица 22.15. Химический состав ячменя и продуктов его переработки, % на сухое вещество

Продукт	Зольность	Клетчатка	Белок	Крахмал
Ячмень	2,25—3,30	4,3—8,71	8,81—14,44	51,0—63,7
Пенсак	1,90—1,60	1,98	12,8	73,8
Перловая крупа	0,80—1,10	1,19—1,84	7,12—11,32	74,21—83,16
Ячневая крупа	1,20—1,60	1,4—1,9	10,6	77,5
Мучка	2,60—3,30	3,5—4,0	12,5	62,0
Лузга	7,80—8,90	27,0—31,0	8,4	15—17

На первых двух обоечных системах ячмень шелущится эффективнее, чем на последующих, и хорошо отделяется более $\frac{2}{3}$ всего количества цветковых пленок (рис. 22.18). Однократное шелущение в машинах ЗШН вместо третьей и четвертой обоечных систем дает хорошо ошелушенный пенсак.

Отходы, получаемые в зерноочистительном отделении, распределяют следующим образом. Проход через подсевное сито сепаратора (если размер его отверстий не превышает $1,6 \times 20$ мм), сход с приемных сит

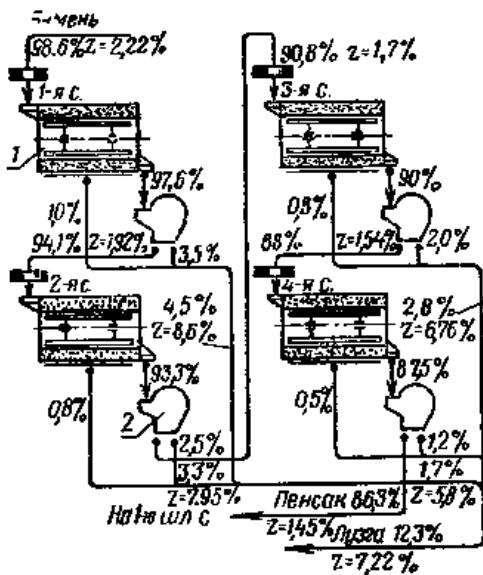


Рис. 22.18. Баланс процесса шелушения ячменя в обоечных машинах:

1 — обоечная машина; 2 — аспиратор.

рованно по крупности. В зависимости от степени обработки и крупности перловую крупу делят на пять номеров.

Перловая крупа № 1, 2 (крупная) характеризуется овальной формой ядра, белым цветом с желтоватым, иногда с зеленоватым оттенком в ней не должно быть остатков цветковых пленок.

Перловая крупа № 3, 4 и 5 состоит из дробленых зерен, округленных до шарообразной формы, с небольшой темной чертой или точкой в месте бороздки.

Процесс переработки пенсака в перловую крупу включает дробление крупных зерен, шлифование и полирование крупы, сортирование перловой крупы по крупности (номерам), контроль крупы и отходов (рис. 22.19).

На некоторых ячменезаводах для увеличения выхода перловой крупы № 1 и 2 пенсак не дробят. Однако крупа самого большого размера должна проходить через сито с отверстиями Ø 3,5 мм. Поэтому крупные зерна пенсака (сход сита с отверстиями размером 4,2×20 мм) лучше до шлифования направить в валыцовый станок для крупного дробления (рис. 22.20).

Продукты дробления сортируют в рассеве. Верхние сходы сит с отверстиями Ø 4,2 мм возвращают в валыцовый станок для повторного дробления. Схода сит с отверстиями Ø 2,5 мм и сит № 1 раздельно направляют на шлифование, а мучку, получаемую проходом через последнее сито, — в контрольный рассев.

На заводах большой производительности, где комплект машин позволяет вести раздельное по крупности шлифование, продукты после дробления сортируют на две фракции (не считая схода сит с отверстиями размером 4,2×20 мм и отсеиваемой мучки).

Основным процессом производства перловой крупы является шлифование и полирование в машинах ЗШН. Шлифование достигается трехкратной последовательной обработкой, при которой истираются плодовые и семенные оболочки, частично аллейроновый слой. Крупу направляют на 2-ю шлифовальную систему, а мучинистые частицы — на контроль. При шлифовании получают много мучки.

сепараторов и относя цикнов направляют в некормовые отходы (III категория). Отсы с систем второго и третьего сепарирования и обоечных машин с абразивными цилиндрами относят к кормовым отходам. Кроме того, получают куколь и зерна бобовых культур после основных и контрольных триров, щуплый и мелкий ячмень. Выделенную в аспиратах лузгу направляют на роль.

В шелушильном отделении ячменезавода вырабатывают крупу перловую и ячневую.

Производство перловой крупы. Это наиболее ценный вид крупы. Она представляет собой ядро ячменя, освобожденное от цветковых пленок частично от плодовых и семенных оболочек, зародыша, хорошо отшлифованное и рассортированное по крупности.

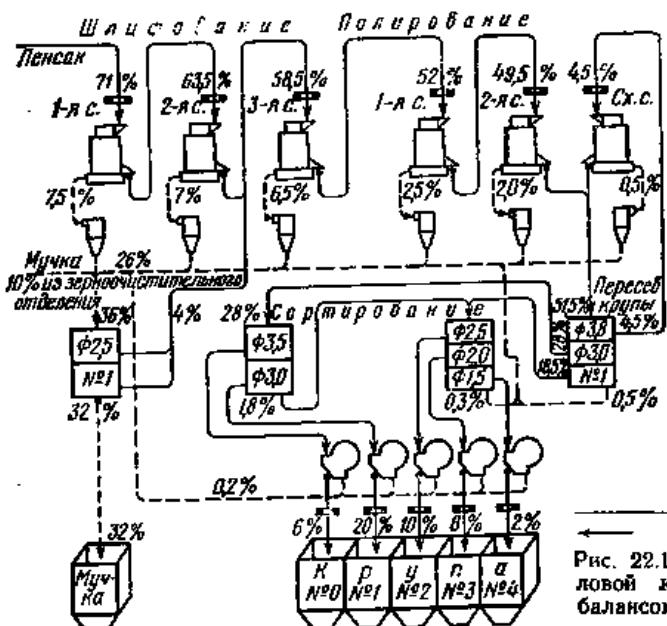


Рис. 22.20. Схема сортирования и дробления крупного пенсака:
1 — нарезка вальцовая кольцевая; 2 — нарезка вальцовая горизонтальная.

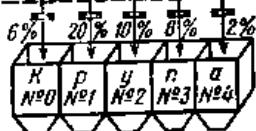


Рис. 22.19. Схема выработки перловой крупы с количественным балансом.

Полирование достигается в результате последовательной обработки крупы на 2—3 полировальных системах. Изменение зольности продуктов в процессе производства перловой крупы приведено на рисунке 22.21. Данные о загрузке шлифовальных и полировальных систем (%) от суточной производительности завода) и количестве выделенной мучки в процессе обработки крупы приведены в таблице 22.16.

Крупу сортируют по крупности и контролируют в аспирационных машинах, а также в магнитных аппаратах.

Крупу после полирования и отсеява мучки направляют в крупосортировки или рассевы, где сортируют на пять номеров.

Крупу перловую № 1 получают просеиванием на ситах $\varnothing \frac{3,5}{3,0}$ мм, № 2 — $\varnothing \frac{3,0}{2,5}$, № 3 — $\varnothing \frac{2,5}{2,0}$, № 4 — $\varnothing \frac{2,0}{1,5}$ и № 5 — $\varnothing \frac{1,5}{№ 056}$ мм.

Выровненность крупы должна быть не менее 80 %.

В настоящее время большинство заводов не вырабатывает перловую крупу № 5, которая машинами ЗШН перетирается в мучку.

Производство ячневой крупы. Это частицы ядра, полученные в результате дробления ячменя, освобожденного от цветковых пленок и частично от плодовых оболочек. По содержанию эндосперма ячневая крупа немного уступает перловой.

Ячмень очищают от примесей в той же по-

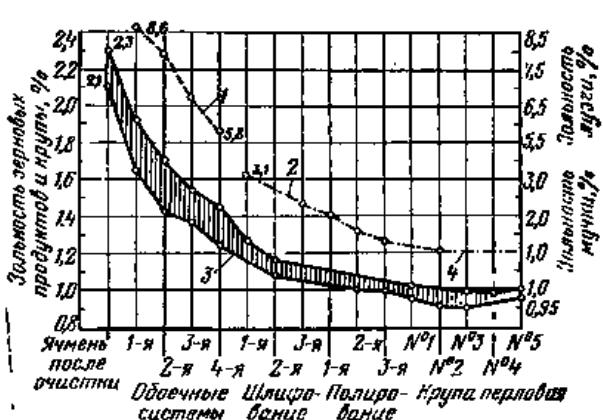


Рис. 22.21. Изменение зольности продуктов в процессе производства перловой крупы:

1 — лузга; 2 — мучка с шелушально-шлифовальных машин ЗШН; 3 — пенсак; 4 — мучка после пересева крупы.

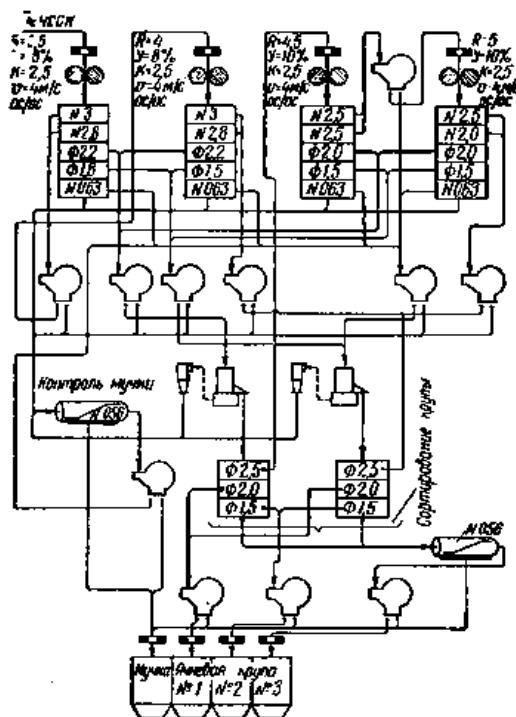


Рис. 22.22. Схема процесса переработки пенсака в ячневую крупу.

просеиванием на ситах $\frac{2,5}{2,0}$ мм, № 2 — $\frac{2,0}{1,5}$, № 3 — $\frac{1,5}{0,66}$ мм.

Выровненность крупы каждого номера должна быть не ниже 75%.

Таблица 22.16. Загрузка шлифовальных и полировальных систем (крупа 42%-ного выхода)

Система	Загрузка системы, %	Отбор муки, %	Система	Загрузка системы, %	Отбор муки, %
1-я шлифовальная	75—83	7,5—8,7	1-я полировальная	52—61	3,5—5,5
2-я "	64—74	7,0—8,4	2-я "	50—56	2,5—5,0
3-я "	70—58	6,5—8,0	3-я "	45—47	2,5—3,5

Примечание. Загрузка и выход муки, % к зерну, поступающему на первое сепарирование.

Каждая фракция, провеянная в аспирационных машинах и очищенная в магнитных аппаратах, поступает в закрома. Процесс контроля муки и лузги аналогичен процессу, применяемому для их контроля при переработке других крупыных культур. В таблице 22.17 приведены нормы выхода перловой и ячневой крупы.

Базисным по качеству для расчета выхода продукции считается ячмень, содержащий 2% зерновой примеси, 1% сорной и 5% мелких зерен (проход через сито с отверстиями размером 2,2×20 мм).

§ 22.8. ПРОИЗВОДСТВО ПШЕНИЧНОЙ ШЛИФОВАННОЙ КРУПЫ ПОЛТАВСКОЙ И АРТЕК

Пшеничную шлифованную крупу Полтавскую и Артек вырабатывают из твердой пшеницы (Дурум) II типа — стекловидной. Эта крупа отличается высокой питательностью и хорошими потребительскими

следовательности, что и производстве перловой крупы, а затем направляют в обеченные машины. При производстве ячневой крупы зерно в обеченных машинах следует шелушить более интенсивно. Необходимо полностью удалить цветковые пленки с поверхности ядра, а затем пенсак двукратно шлифовать в машинах ЗШН.

Зерно дробят на четырех последовательных вальцовых системах (рис. 22.22). После каждой продукты сортируют в рассевах, группируют по крупности и аспирируют; схода с первых сит рассевов направляют на следующую систему, а муку — на контроль.

Для улучшения качества ячневой крупы № 1 и 2 ее после дробления шлифуют в машинах ЗШН. Полученную крупу сортируют на три фракции, отличающиеся размером. Ячневую крупу № 1 получают

Таблица 22.17. Нормы выхода

Продукция	Нормы при выработке кг/ч	
	зерновой	яч. зерн.
Крупа перловая:		
№ 1—2	28,0	—
№ 3—4	10,0	—
№ 5	2,0	—
Крупа ячневая:		
№ 1	—	15,0
№ 2	—	— 0
№ 3	—	5,0
Итого	-1,0	- 0
Кормовая мука	—	19,
Лузга	10,0	10,0
Мелкий ячмень	5,0	— 0
Кормовые отходы	2 3	— 3
Некормовые отходы и механические потери	0,	0,
Усушка	2,0	0,
Всего	20,0	-1,0

свойствами. Крупа из низкостекловидной пшеницы, а также из смесей твердых и мягких сортов имеет пеструю окраску и неравномерно разваривается.

Технологические операции в зерноочистительном отделении (рис. 22.23). Предусмотрено трехкратное сепарирование зерна, при котором, кроме кормовых и некормовых отходов, на второй и третьей системах сепарирования выделяют мелкое зерно (проход через сита с отверстиями размером 2×20 мм). Из этой фракции затем отсеивают щуплые зерна (проход через сита с отверстиями размером 2×20 мм), относимые к кормовым отходам. Размеры отверстий сит в сепараторах устанавливают в соответствии с крупностью перерабатываемого зерна.

После сепарирования зерно очищают в камнеотделительных, затем куколеотборочных и овсягоотборочных машинах. Пшеницу направляют также в обоечные машины с абразивной поверхностью для предварительного шелушения. На первой системе окружную скорость бичей устанавливают 16 м/с, уклон 10%, а зазор

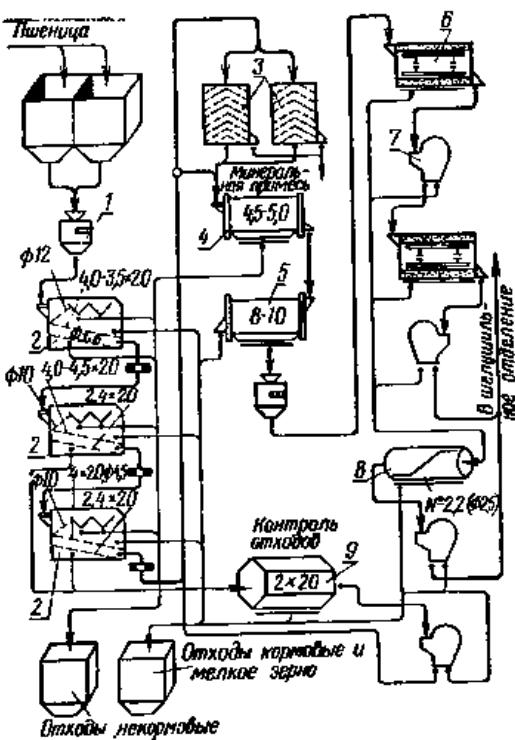


Рис. 22.23. Схема зерноочистительного отделения завода, перерабатывающего пшеницу в крупу:

1 — автоматические весы; 2 — сепараторы (первая, вторая и третья системы); 3 — камнеотделительная машина; 4 — куколеотборочная машина; 5 — овсягоотборочная машина; 6 — обоечная машина; 7 — аспиратор; 8 — центрофуга; 9 — бурат.

чежду бичами и абразивной поверхностью 20 мм; на второй более тонкий режим соответственно 14 м/с, 8% и 20—25 мм. Применение шелушильно-шлифовальных машин ЗШН вместо обоечных дает лучший эффект шелушения при меньшем дроблении пшеницы.

После каждой шелушильной системы устанавливают аспиратор для отвешивания отходов. В результате двукратной обработки в обоечных машинах удаляют свыше 5% (от массы пшеницы) оболочек, зольность которых превышает 4,5%, при этом зольность зерна снижается на 0,17—0,23%. Очищенную от примесей и частично ошелушенную пшеницу направляют в шелушильное отделение.

Отходы после обоечных систем и аспираторов контролируют в просеивающей машине, выделяя крупные части дробленого зерна (сход с отверстиями Ø 2,5 мм), которые направляют в шелушильное отделение.

Технологические операции в шелушильном отделении. Из пшеницы, очищенной от примесей и прошедшей предварительное шелушение,рабатывают четыре номера Полтавской крупы и крупу Артек.

Крупа № 1 — наиболее крупная, представляет собой зерно пшеницы, освобожденное от зародыша и частично от плодовых и семенных оболочек, отшлифованное, удлиненной формы, с закругленными концами. Крупа № 2 — средняя, отличается от крупы № 1 тем, что состоит из дробленых частиц зерна овальной формы. Крупа № 3 и 4 отличается от крупы № 2 тем, что состоит из более мелких частиц округлой формы и отшлифованных.

Артек (пятая фракция) — мелкие дробленые частицы ядра пшеницы, полностью освобожденные от зародыша, частично от плодовых и семенных оболочек. Выход этой крупы незначителен, и большинство заводов перестали ее вырабатывать, хотя из ассортимента она не исключена. Процесс производства пшеничной шлифованной крупы (рис. 22.24) по своему построению сходен с процессом производства первовой крупы. Он состоит из следующих операций: увлажнения пшеницы до шлифования, трехкратного последовательного шлифования в машинах ЗШН, сортирования продуктов после шлифования, полирования шлифованной крупы и контроля отходов.

Для того чтобы получить крупу хорошего качества и низкой зольности, необходимо полностью удалить остатки оболочек и зародыша. Для этого зерно, очищенное от примесей и прошедшее предварительное шелушение, увлажняют теплой водой ($t=40^{\circ}\text{C}$). Ее добавляют в таком количестве, чтобы после отволаживания влажность пшеницы составила 14,5—15,0% (при этом влажность крупы без подсушки не будет превышать установленных норм — 14%). Продолжительность отволаживания в зависимости от степени увлажнения и стекловидности пшеницы принимают от 20 до 40 мин, с тем чтобы равномерно увлажнялись оболочки зерна, а влага не проникала в эндосперм.

Крупу после шлифования в машинах ЗШН сортируют в рассеве на четыре фракции. Сход сита с отверстиями Ø 3,8—4,0 мм представляет собой крупное зерно, его направляют в вальцовочный станок для дробления. Сход сита с отверстиями Ø 3 мм направляют на полировальные системы для крупной фракции, а проход через это сито и сход с сита № 063 — на полировальные системы для мелкой фракции. Проход с сита № 063 поступает на контроль муки.

Режим дробления в вальцовом станке должен обеспечить получение крупной, острой на ощупь крупы при минимальном выходе мукистых частиц. Это лучше всего достигается при дроблении в станках с вальцами, имеющими кольцевую нарезку на быстровращающемся и горизонтальной на медленновращающемся вальце. Продукт после дробления профильтровывают для отделения муки и обрабатывают на отдельной шлифовальной системе (машине ЗШН), после чего направляют в рас-

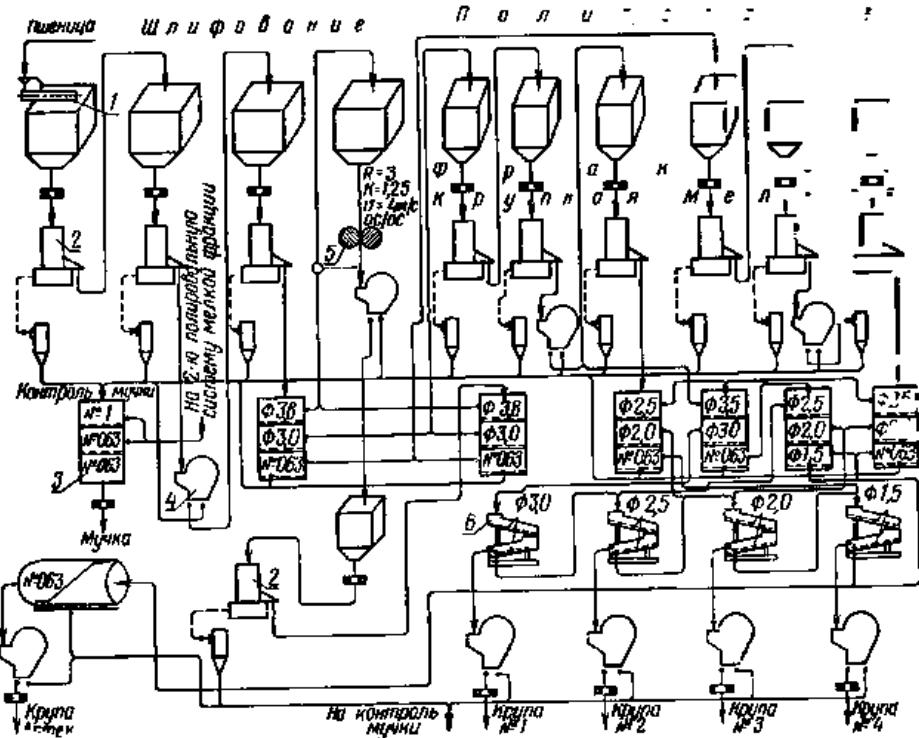


Рис. 22.24. Схема шелушильного отделения завода, перерабатывающего пшеницу в крупу Полтавскую и Артек:

1 — увлажнительная машина; 2 — шелушильно-шлифовальная машина; 3 — рассев; 4 — аспиратор; 5 — вальцовый стакон; 6 — крупосортировочная машина.

сев. При переработке низкостекловидной пшеницы крупную фракцию шлифуют без дробления.

Рассортованную на две фракции крупу раздельно подвергают трехкратной обработке в машинах ЗШН с абразивными дисками из мелкого наждака. В результате этого крупа должна быть полностью освобождена от зародыша, частично от плодовых и семенных оболочек, хорошо обработана. Крупная крупа (сход сит с отверстиями $\varnothing 2,5$ мм) приобретает овальную форму с хорошо закругленными концами, а мелкая — шаровидную. Содержание недробленых зерен пшеницы не допускается. Крупа не должна иметь мучнистых частиц, проходящих через сито № 063, а количество частиц ядра в мучке (сход с сита № 063) не должно быть более 5% от ее массы.

Пшеничную крупу после полирования направляют в крупосортировочные машины, где разделяют по крупиности на следующие номера:

Полтавскую № 1 получают с сита $\varnothing \frac{3,5}{3,0}$ мм, № 2 — $\varnothing \frac{3,0}{2,5}$.

№ 3 — $\varnothing \frac{2,5}{2,0}$, № 4 — $\varnothing \frac{2,0}{1,5}$, крупу Артек с ситом $\varnothing \frac{1,5}{0,63}$ мм.

Крупу каждого номера после сортирования провеивают, контролируют в магнитных аппаратах, взвешивают и подают в закрома. Минимальное содержание доброкачественного ядра в крупе Полтавской и Артек не ниже 99,2%, выравненность не ниже 80%, влажность не более 14%. Количество сорной примеси должно быть не более 0,3%, в том числе минеральной и вредной не более 0,05% (горчака и вязеля до 0,02%, куколя до 0,1%). Содержание металломагнитных примесей не

должно превышать 3 мг в 1 кг. Нормы выхода крупы и отходов при переработке пшеницы базисных кондиций следующие:

Продукция	Нормы выхода, %
Крупа Полтавская:	
№ 1 и 2	8,0
№ 3 и 4	43,0
Крупа Артек	12,0
Итого	63,0
Кормовая мука	30,0
Кормовые отходы	5,3
Некормовые отходы и механические потери	0,7
Усушка	1,0
Всего	100,0

§ 22.9. ПРОИЗВОДСТВО ГОРОХОВОЙ КРУПЫ

Горох — основная зернобобовая культура в СССР. При переработке его на крупяных заводах получают горох шелушеный (целые полированные зерна), разделенные полированные семядоли, а также горох дробленый (частицы семядолей).

Технологическая оценка гороха. В крупяном производстве используют продовольственный горох: белый с непрозрачной оболочкой, желтый — оранжевые семядоли с прозрачной оболочкой и зеленый — зеленые семядоли с прозрачной оболочкой. Основные технологические показатели гороха — крупность, выравненность разваримость, относительное содержание семенных оболочек и отделимость их от ядра. Масса 1000 зерен колеблется от 120 до 350 г. В горохе 6—10% семенных оболочек, зольность которых ниже зольности семядолей. Поэтому продукты переработки гороха нельзя оценивать по зольности.

Направляемый в переработку горох не должен содержать более 10% зерен, отличающихся по цвету от основной массы.

Технологические операции в зерноочистительном отделении (рис. 22.25). Горох после предварительной очистки направляют в закрома, затем взвешивают в автоматических весах и два раза очищают от примесей в сепараторах.

Крупные примеси идут сходом с приемных и верхних сит сепараторов, мелкие (семена разных растений, дробленый горох и др.) отбирают на подсевном сите с отверстиями $\varnothing 5$ мм. Наклон

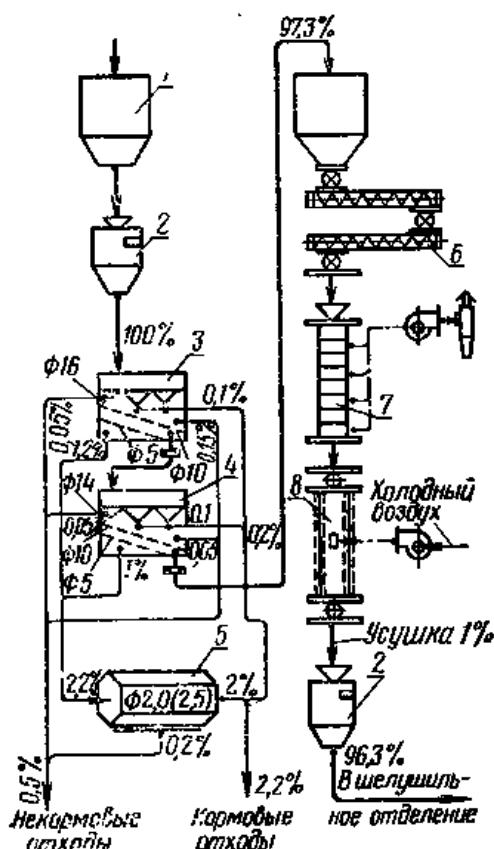


Рис. 22.25. Схема зерноочистительного отделения горохозавода:

1 — закром для гороха, прошедшего предварительную очистку; 2 — автоматические весы; 3, 4 — сепараторы (первая и вторая системы); 5 — бурат; 6 — пропариватель; 7 — вертикальная сушилка; 8 — охладительная колонка.

сит сепаратора не должен превышать $\frac{1}{10}$ длины сита. Ра-
змеры сит следует устанавливать в зависимости от крупности гороха. Так как
горох отличается большой скоростью витания, то в сепараторах для
выделить щуплые зерна различных злаков, сильно потерянных при обработке, из основной
горох и органические примеси. После сепараторов из сортировочных машин, из которых
одни из которых от основной массы зерна отделяют мелкий горох (попутно ссыпая с сито с отверстиями \varnothing 5 мм) и крупные примеси (сход сита с отверстиями \varnothing 10—11 мм). Для отбора чечевицы, вики, а также дефектного гороха, имеющего нешаровидную форму, применяют ленточные
хорошеборочные машины.

После очистки зерна от примесей добротный горох, пройдя через
автоматические весы, поступает в гидротермическое отделение.

Кроме мелкого гороха, в зерноочистительном отделении получаются
кормовые отходы (изъеденные и испорченные зерна, мелкие семена различ-
ных злаков, органические примеси) и некормовые отходы (минеральные
примеси, песок, стебли различных растений и частично попавшие
сорные семена). Кормовые отходы целесообразно размалывать в
кормовую мучку.

Гидротермическая обработка. Она заключается в увлажнении, про-
паривании, сушке и охлаждении гороха. Эти процессы облегчают ше-
лущение. При пропаривании оболочка гороха разбухает и частично от-
стает от семядолей. При последующем высушивании она подсыхает бы-
стрее ядра, растрескивается или разрывается, что облегчает процесс
шелушения и уменьшает количество нешелушеных зерен. Прочность
семядолей, особенно связь между ними, повышается, и уменьшается их
дробление.

Эффективность шелушения гороха тем выше, чем больше увлажнение
и давление пара, используемого при гидротермической обработке.
Однако не рекомендуется увеличивать давление свыше 0,2 МПа и про-
должительность воздействия пара более 2,5 мин, так как при более
жестких режимах ухудшаются потребительские свойства крупы. Иссле-
дованием установлена целесообразность предварительного, до пропарива-
ния, увлажнения горячей водой до $w = 14,5 \div 15,0\%$. Отволаживание
после увлажнения и пропаривания не рекомендуется.

После пропаривания горох поступает в сушильные колонки. Следует
избегать продолжительного воздействия высокой температуры, так как
ядро пересушенного гороха может распадаться на семядоли. Это
объясняется неравномерностью высушивания периферийной и внутренней
частей зерен и как следствие неравномерным уменьшением размеров
наружных и центральных частей ядра. Температуру агента сушки и
продолжительность сушки необходимо регулировать в таких пределах,
чтобы температура гороха после сушки не превышала 60°C , а
влажность $13,5 \div 14,5\%$. Дальнейшее снижение влажности вызывает
увеличение выхода дробленых зерен в процессе шелушения, так как горох
становится хрупким.

После сушки горох поступает на охлаждение, которое сопровождается
испарением небольшого количества влаги. Температура гороха
после охладительной колонки не должна быть выше 25°C . Затем горох
взвешивают и без отволаживания направляют на шелушение.

Технологические операции в шелушильном отделении. Вырабатывают
из гороха целый полированный и горох колотый полированный.

Процесс производства полированного гороха включает его сортиро-
вание до шелушения, шелушение, сортирование продуктов шелушения,
полирование крупы и контроль.

До шелушения горох целесообразно рассортировать по крупности,
что повышает эффективность шелушения, уменьшает дробление гороха
и выход мучки. Горох сортируют на две или три фракции, в зависи-

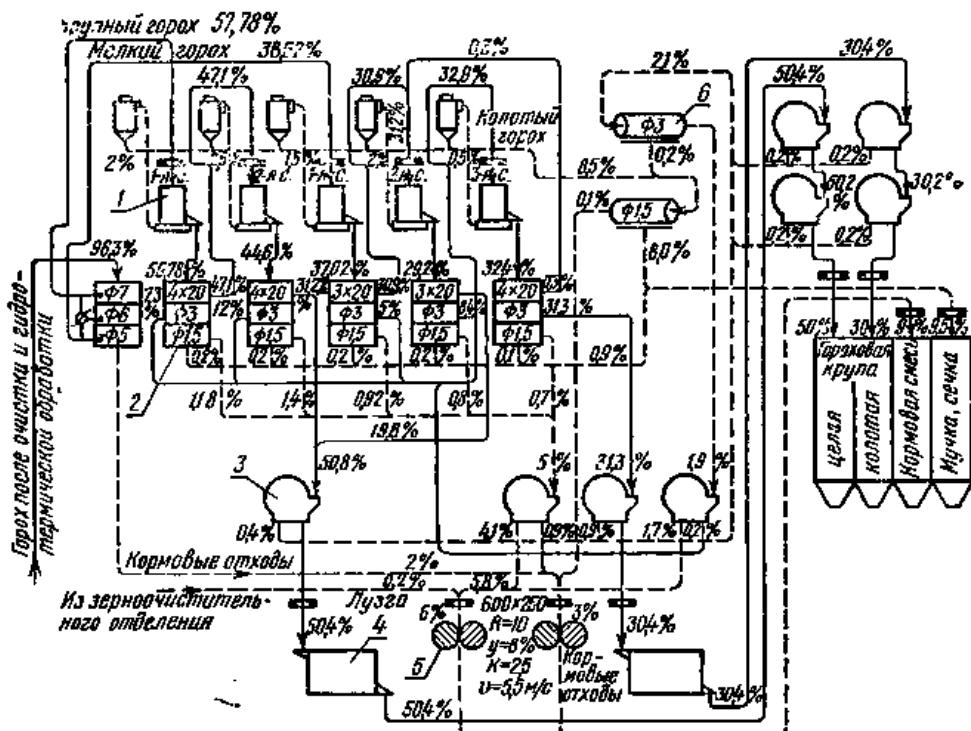


Рис. 22.26. Схема щелушильного отделения горохозавода:

1 — щелушильно-шлифовальная машина ЗШН; 2 — рассев; 3 — аспиратор; 4 — патровальная машина; 5 — вальцовый станок; 6 — центрифуга.

мости от количества машин (рис. 22.26). Размер отверстий сит выбирают в соответствии с крупностью зерна перерабатываемой партии, стремясь при этом получить примерно одинаковые потоки, чтобы равномерно загрузить машины.

Целый горох шелушат посредством двукратной обработки в машинах ЗШН. При первом шелущении семена, пораженные зерновкой, будучи менее прочными, раскалываются на семядоли. После первой системы продукт, состоящий из шелушеного и нешелушеного целого гороха, половинок (разделенных семядолей), сечки, мучки и лузги, направляют в рассевы.

Сходом сит с отверстиями размером 4,0—4,2×20 мм для крупного гороха и сит для мелкого гороха — выделяют целый горох (шелушеный и нешелушеный) с крупной лузгой. Этот продукт поступает на вторые системы шелушения. Сход сит с отверстиями Ø 3 мм (колотый горох) и крупные части ядра гороха направляют в машины для шлифования. Проходом через эти сита выделяют частицы дробленого ядра (крупку), которые после очистки в аспираторах могут быть направлены в вальцовый станок и переработаны в гороховую муку. Проход через сито с отверстиями Ø 1,5 мм направляют в бункер кормовой мучки.

В машинах второй системы заканчивают шелущение целого гороха. В машинах ЗШН всех систем принимают окружные скорости дисков 26 м/с, размер отверстий в ситовых обечайках Ø 2,5 мм. Продолжительность обработки регулируют в зависимости от сорта гороха и отдельности его семенных оболочек; обычно принимают на первых системах обеих фракций в пределах 25 с и на вторых — 35 с.

Продукты, полученные после второго шелущения, сортируют в рассевах на таком же комплекте сит, что и после первого шелущения (кро-

ме приемного сита). Целое ядро шелушеного гороха (сход с сит с отверстиями размером 3—4×20 мм) после прохождения поступает на контроль крупы или на полирование, а остальные продукты (такое ядро, дробленые частицы и мучка) присоединяют к аналогичным продуктам, полученным после первой системы, и обрабатывают с ними.

Колотый горох, выделенный после первой и второй сортировки (проход через сита с отверстиями размером 4,0×20 мм и сход сит с отверстиями Ø3 мм), состоит из частиц ядра в виде овальных форм с острыми, незакругленными гранями и имеет плохой вид. Поэтому его обрабатывают в машинах третьей системы (вальной), после чего из колотого гороха отсеивают мелкие зерна (проход через сито с отверстиями Ø3 мм), провеивают и снова на контроль крупы или на полирование (отдельно от целого гороха).

Удаление царапин, сглаживание и приданье крупе гладкости достигают полированием. Этому процессу, широко распространенному на зарубежных горохозаводах (где гороховую крупу не только изолируют, но и глазируют), следует уделить должное внимание.

Перед полированием крупу направляют в горизонтальный пропариватель с подсушивателями, в которых при давлении 0,03 МПа тонкий поверхностный слой крупы увлажняется и слегка размягчается. В нижний подсушивающий шnek пропаривателя подают пшеничный тальк, который, перемешиваясь с крупой, обволакивает ее поверхность. Затем крупу направляют в полировальную или щеточную машину, где сглаживаются шероховатости и царапины на поверхности зерен. Требуемой эффективности полирования можно достигнуть при обработке в машинах со щетками из мягкой щетины.

Полированный горох, целый и колотый, после такой обработки имеет лучший вид, чем неполированный, хороший вкус (меньше бобовый привкус) и лучше сохраняется.

После полирования крупу сортируют, отделяя колотый и дробленый горох от целого. Целый полированный горох получают сходом сита с отверстиями размером 4,0×20 мм. В этом продукте колотых шелушеных зерен не должно быть более 5%.

Колотый полированный горох получают проходом через сито с отверстиями размером 4,0×20 мм и сходом сита с отверстиями Ø3 мм. Основная его масса должна состоять из отдельных семядолей с гладкой выпуклой поверхностью и закругленным ребром по окружности семядоли. Примесь целого полированного гороха не должна превышать 5%. Проход через сито с отверстиями Ø3 мм и сход с сита с отверстиями Ø1,5 мм относят к дробленому шелушеному гороху.

Рассортированную по размерам крупу провеивают в аспираторах, очищают в магнитных аппаратах, после чего направляют в закрома.

В процессе производства гороховой крупы получают небольшое количество гороховой сечки — частиц семядолей гороха, проходящих через сито с отверстиями Ø1,5 мм. Содержание в сечке, мучке и кормовых отходах частиц гороха, получаемых сходом сита с отверстиями Ø2 мм, не должно превышать 5% от их массы.

Лузгу после аспираторов просеивают, отделяя мучку, а затем проявляют в аспираторах, где выделяют частицы ядра. Гороховую лузгу используют в качестве кормового продукта. Содержание в ней частиц гороха, получаемых сходом с сит № 1, не должно превышать 1,5% от ее массы.

Производство из колотого шлифованного гороха крупы типа манной. Гороховая крупа (целая и колотая) будучи ценной по питательности, имеет недостаток, заключающийся в необходимости ее длительной варки. Это можно устранить при дроблении горохового ядра в мелкую крупу типа манной. Такая крупа двух фракций по крупности (крупная

№ 095 и средняя $(\frac{\text{№ 063}}{\text{№ 25}})$ получила хорошую оценку Института питания Академии медицинских наук СССР. Она обладает хорошими потребительскими свойствами и при варке достигает максимального объема через 10—15 мин, т. е. разваривается быстрее шелущенного гороха в 4—5 раз.

Гороховую крупу типа манией экономичнее и проще вырабатывать из колотого шлифованного гороха. Процесс дробления осуществляют (рис. 22.27) в двух вальцовых станках с последующим (после каждой системы) сортированием продуктов в рассевах. Затем крупу провеивают, контролируют в магнитных аппаратах и подают на фасовку.

По качественным показателям такая крупа не должна содержать более 0,2% сорной примеси, иметь влажность более 15%. Выровненность крупной крупы: остаток на сите № 095 не более 5%, проход через сито № 063 не более 20%, выровненность средней крупы: остаток на сите № 063 5%, проход через шелковое сито № 25 5%.

Выход продукции и качество крупы. Нормы выхода крупы при переработке базисного по качеству гороха следующие:

Продукция	Нормы выхода, %
Горох шелущенный полированный:	
целый	43,0
колотый	35,0
Итого	78,0
Сечка и мучка	10,0
Лузга	6,0
Мелкий горох и кормовые отходы	4,0
Некормовые отходы и механические потери	0,5
Усушка	1,5
Всего	100,0

Примерные нормы выхода крупы и отходов при переработке колотой гороховой крупы (%):

Крупная $(\frac{\text{№ 095}}{\text{№ 063}})$	55,0
Средняя $(\frac{\text{№ 063}}{\text{№ 25}})$	18,0
Мучка	26,2
Отходы кормовые	0,3
Усушка	0,5
Итого	100,0

§ 22.10. ПРОИЗВОДСТВО КУКУРУЗНОЙ КРУПЫ

Кукурузу издавна перерабатывали в трехномерную дробленую крупу. Затем была разработана и внедрена технология производства кукурузной шлифованной номерной крупы, которая по качеству превосходила крупу дробленую. Из кукурузы вырабатывают крупную крупу для хлопьев и мелкую для производства кукурузных палочек.

Технологическая оценка крупяной кукурузы. Для производства крупы используют кукурузу кремнистую желтую, кремнистую белую и полузубовидную белую. Смесь типов не допускается. Большое значение имеет консистенция кукурузы, в эндосперме которой выделяется роговидный (стекловидный) слой, а центральная часть состоит из мучнистого эндосперма. Поэтому при одинаковом режиме дробления получаются различные по характеристике продукты в зависимости от соотношения

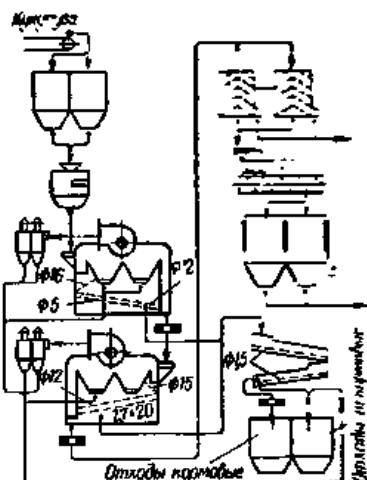
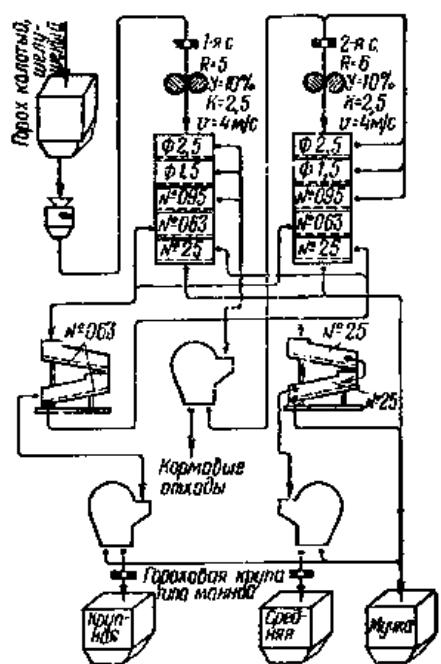


Рис. 22.28. Схема зерноочистительного отделения завода, перерабатывающего кукурузу в крупу.

Рис. 22.27. Схема производства крупы типа манной из колотого гороха.

стекловидной и мучнистой частей эндосперма. Особенностью кукурузы является большой зародыш (8—14% от массы зерна) с высоким содержанием жира, минеральных веществ и белка, а также относительно небольшое содержание оболочек и малая их зольность.

Зольность зерна кукурузы в пределах 1,2—2,1%, причем зольность эндосперма 0,3—0,7%, оболочек 1,3 и зародыша 11%. Белка содержиться 9—14%, жира 3,5—7,5% (в эндосперме около 0,5% и в зародыше 30—35%). Зерно, поступающее в переработку, должно иметь (не более) влажность 15%, содержание сорной примеси 2%, в том числе зерен, пораженных болезнями, 1, испорченных 0,5, минеральной примеси 0,3, зерновой 2%. Желательно направлять в переработку зерно, не подвергавшееся высокотемпературной сушке, так как в противном случае в зерне могут появиться трещины, что ухудшает его технологические свойства, последующее шелушение и отделение зародыша.

Очистка кукурузы от примесей. Процесс очистки несложен, так как из крупных зерен легко отделить более мелкие семена других культурных растений и сорные примеси. Наибольшие трудности представляет выделение дефектных зерен самой кукурузы, особенно пораженных грибными и бактериальными заболеваниями.

На крупяных заводах применяют двукратное сепарирование (рис. 22.28). Установив интенсивный режим, можно отделить сорные семена многих дикорастущих и культурных растений. Дробленые, изъеденные и недоразвитые зерна кремнистой и зубовидной кукурузы (проход через сито с отверстиями $\varnothing 5,0$ мм), мелкие зерна лопающейся кукурузы (рисовой и перловской) и другие (проход через сито с отверстиями $\varnothing 3,5$ мм и сход с сита с отверстиями $\varnothing 1,5$ мм) относят к зерновой примеси и направляют в кормовые отходы.

При наличии минеральной примеси зерно следует пропустить через камнеотделительную машину. Проход через подсевные сита сепараторов сортируют на ситах с отверстиями $\varnothing 1,5$ мм, на которых разделяют отходы на кормовые и некормовые.

Отделение зародыша — важнейшая задача процесса переработки, так как большое содержание жира делает нежелательным его присут-

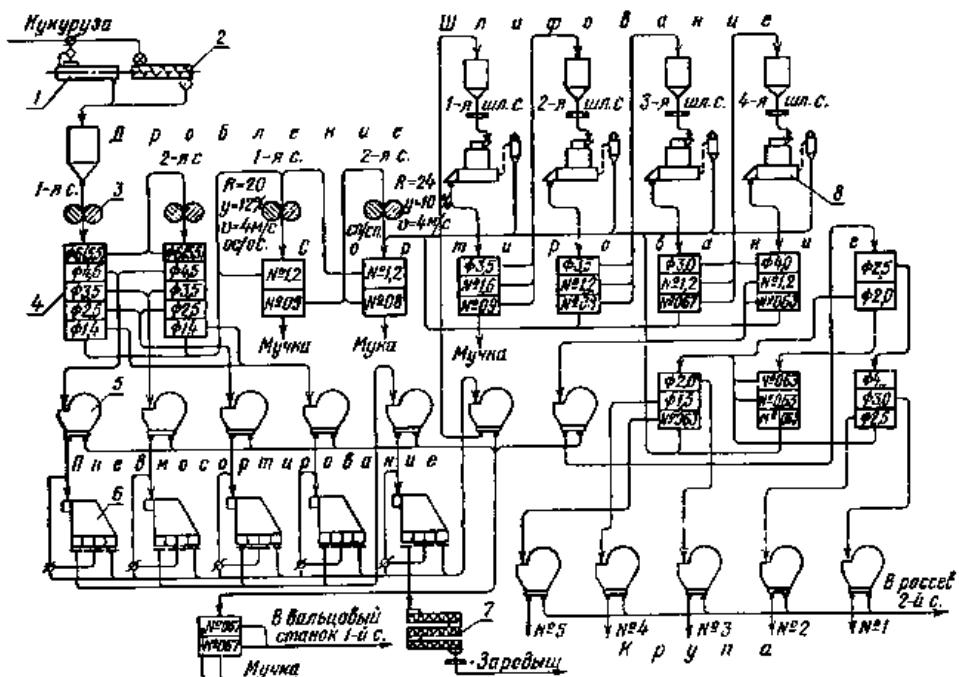


Рис. 22.29. Схема шелушильного отделения завода, перерабатывающего кукурузу в шлифованную крупу:

1 — увлажнитель; 2 — пропариватель; 3 — вальцовый станок; 4 — рассев; 5 — аспиратор; 6 — пневматический стол; 7 — сушилка; 8 — шелушильно-шлифовальная машина ЗШШ.

ствие как в промежуточных продуктах, так и в готовой продукции. Зародыш кукурузы может быть использован как сырье для получения пищевого масла; при этом ценность зародыша тем выше, чем меньше содержится в нем мучнистых частиц.

Для того чтобы зародыш легче отделялся от зерна, его увлажняют водой с температурой 40°C, доводя влажность до 15—16%. Зерно кремнистой кукурузы необходимо отволаживать в течение 3 ч, мучнистой — 2 ч. Вместо увлажнения и отволаживания применяют также пропаривание (давление пара 0,07 МПа, продолжительность 3—5 мин с доведением влажности до 16%). В результате такой обработки зародыш становится более влажным и лучше сохраняется при дроблении зерна.

Производство кукурузной шлифованной крупы. Этот процесс можно разбить на следующие операции: дробление зерна, отбор зародыша, шлифование крупы, сортирование и контроль крупы, контроль отходов. Процесс сортирования продуктов дробления кукурузы и отбор зародыша получили дальнейшее развитие в связи с применением пневмовибрационных столов, хорошо разделяющих продукты дробления по плотности частиц.

Очищенную от примесей и подготовленную к переработке кукурузу дробят в измельчителях (дезерминаторах) или вальцовых станках (рис. 22.29) с параллельной вальцовкой: верхнего — кольцеобразная, нижнего — продольная. Полученные при дроблении продукты сортируют в рассеве. Крупные части дробленого зерна (сход сит с отверстиями Ø 6,0—5,5 мм) направляют на вторую систему для повторного дробления.

Продукт, полученный проходом через приемное сито, сортируют на 4—5 фракций. Схода сит с отверстиями Ø 4,5; 3,5; 2,5 и 1,4 мм отдельно по фракциям пропускают через аспираторы, где выделяют оболочки, а затем сортируют на пневматических столах. Проход сита с отверстиями Ø 1,4 мм (мелкую крупу) направляют в вальцовые станки для измельчения в муку. Пневматические столы разделяют продукт на три

Фракции Фракция небольшой плотности, состоящая в основном из зародышевых частиц, поступает на пневматический стол для контроля зародыша. Наиболее тяжелую фракцию, состоящую из освобожденной от зародыша крупы, направляют в аспиратор, а затем на 1-ю шлифовальную систему. Промежуточную фракцию, получаемую со средних каналов пневматических столов, в зависимости от ее качества подают на шлифование или на повторное сортирование крупы.

Зародыш после двукратной обработки на пневматических столах направляют в шнековые сушилки, в которых подсушивают до влажности 10% (чтобы предохранить от быстрой порчи). Дробленые частицы эндосперма кукурузы шлифуют посредством четырехкратной последовательной обработки в машинах ЗШН, причем режим обработки устанавливают в зависимости от системы шлифования и качества крупы. После каждой системы продукты просеиваются в рассевах, в которых отделяют мучнистые частицы и мелкодробленую крупу, которую размалывают в муку на отдельной вальцовой системе.

Крупа после шлифования должна быть освобождена от плодовых оболочек и зародыша, частицы ее должны иметь хорошо отшлифованные и закругленные грани. Ее сортируют по крупности на пять номеров: № 1 — $\varnothing \frac{4,0}{3,0}$ мм, № 2 — $\varnothing \frac{3,0}{2,0}$, № 3 — $\varnothing \frac{2,5}{2,0}$, № 4 — $\varnothing \frac{2,0}{1,5}$, № 5 — $\varnothing \frac{1,5}{0,66}$ мм. Крупу каждого номера провеивают, контролируют в магнитных аппаратах и направляют в закрома.

Шлифованная кукурузная крупа по химическому составу, внешнему виду и потребительским свойствам лучше дробленой нешлифованной крупы. Зольность шлифованной крупы 0,3—0,5%, содержание жира же должно превышать 0,5%. При производстве пятиномерной шлифованной крупы получают следующий выход (%):

Крупы шлифованной	40,0
Муки	15,0
Мучки	34,0
Зародыша (для пищевой промышленности)	7,0
Зерновых отходов	3,0
Некормовых отходов и механических потерь	0,5
Усушки	0,5
Итого	100,0

Производство кукурузной крупы для хлопьев и кукурузных палочек. В последние годы значительно увеличился спрос на кукурузные хлопья и кукурузные палочки, для производства которых необходимы специальные сорта кукурузной крупы. Производство крупы — крупной ($\frac{\varnothing 7,0}{\varnothing 5,0}$ мм) и мелкой ($\frac{\varnothing 1,5}{\varnothing 0,9}$ мм) проводят параллельно по следующей схеме (рис. 22.30). Кремнистая кукуруда проходит тщательную очистку, аналогичную процессу очистки, принятому при производстве шлифованной пятиномерной крупы. Затем зерно увлажняют теплой водой ($t=35\div40^{\circ}\text{C}$) до влажности 20—22% и отволаживают в течение 20—30 мин. Зерно кремнистой кукурудзы следует увлажнять в большей степени и дольше отволаживать, чем зерно зубовидной кукурудзы.

Режим гидротермической обработки влияет на дробление зерна (выход крупы крупной фракции), отделимость оболочек и зародыша. После отволаживания зерно направляют в барабанную дробилку — зародышеотделитель (дезерминатор), в которой оно рифлеными насечками раскалывается на части, причем оболочки и зародыш отслаиваются от эндосперма. Продукты дробления подсушивают до влажности 15% проеивают в аспираторах, где отделяют мелкие мучнистые и оболочеч-

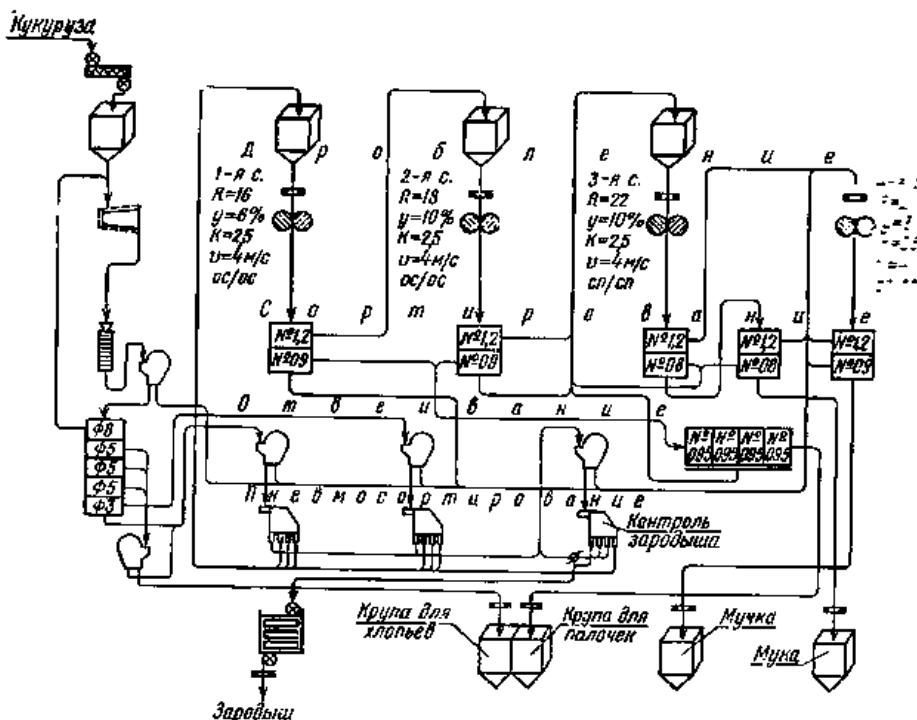


Рис. 22.30. Схема шелушильного отделения завода, вырабатывающего крупу для хлопьев и кукурузных палочек.

ные частицы, а затем сортируют. Сход сит с отверстиями $\varnothing 7-8$ мм возвращают на повторное дробление; крупную крупу ($\frac{\varnothing 7}{\varnothing 5}$ мм) прои- вивают, контролируют в магнитных аппаратах и направляют в закрома. Крупу, выделенную на ситах с отверстиями $\frac{\varnothing 5}{\varnothing 3}$, а также проходом через сита с отверстиями $\varnothing 3$ мм раздельно аспирируют, отделяя мучнистые и оболочечные частицы, а затем сортируют на пневматических столах, где выделяют зародыш. Крупу, освобожденную от оболочечных частиц и зародыша, дробят в вальцовых станках (четыре последовательные системы), сортируют в рассевах и доводят до мелкой крупы размером $\varnothing 1,2$ мм. Ее обогащают в ситовечной машине, контролируют в магнитных аппаратах и подают в закрома.

При необходимости можно часть или всю крупяную крупу, предназначенную для производства хлопьев, направить в вальцовые станки, рассевы и в другие машины, а затем получить крупу, пригодную для кукурузных палочек.

Наряду с основными продуктами в процессе производства получают побочные. Ниже приведен примерный выход продуктов при описанном способе переработки:

Крупная крупа для хлопьев	30,0
Мелкая крупа для палочек	10,0
Мука	15,0
Мучка	34,0
Зародыш	7,0
Зерновые отходы	3,0
Некормовые отходы и механические потери	0,5
Усушка	0,5
Итого	100,0

§ 22.11. ПРОИЗВОДСТВО КРУПЫ ИЗ ЗЕРНА РАЗНЫХ КУЛЬТУР ПО КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЕ

Для рационального использования местного сырья, размещение ассортимента крупяной продукции и улучшения экономичности производителей целесообразно на одном предприятии организовать производство нескольких видов крупы. Эта задача может быть решена в двух вариантах.

1. На одной территории в двух производственных зданиях, расположенных два цеха (по существу два самостоятельных крупяных заводов), в которых перерабатывают разные культуры. При таком варианте используют общий элеватор, трансформаторную подстанцию и общие основные и подсобные сооружения. Однако каждый цех имеет отдельный штат обслуживающих рабочих.

2. В одном производственном здании размещают два цеха для современной параллельной переработки двух крупяных культур. Такое размещение, кроме использования общих основных и подсобных сооружений, позволяет использовать общий штат рабочих.

3. В одном здании на одном комплекте технологического оборудования периодически перерабатывают 2—3 крупяные культуры. Такие предприятия наиболее экономичны, так как позволяют более загрузить завод сырьем и строить предприятия большей производительности с развитым технологическим процессом.

Комплект машин, на котором осуществляют процессы шелушения, сортирования, а также шлифования, определяет те виды крупяного сырья, которые могут быть переработаны на том или ином заводе. Например, можно переработать:

Машины	Культура
Вальцедековые станки	Гречиха, просо
Шелушильные поставы	Овес, рис
Шелушильно-шлифовальные машины ЗШН	Ячмень, пшеница, кукуруза (в шлифованную номерную крупу), горох
Обоечные машины	Овес, ячмень в ячневую, горох в дробленую кружу

Процесс очистки зерна от примесей при переводе завода с переработки одной культуры на другую не вызывает особых затруднений, если при проектировании учтены их особенности. Основной комплект оборудования зерноочистительного отделения может быть использован для очистки зерна нескольких культур. Лишь в отдельных случаях приходится устанавливать специфическое оборудование, применяемое только при переработке одной культуры (например, пневмостолы, горохотборочные ленты для гороха и др.). При этом устанавливают обводные самотечные трубы, предусматривая возможность исключения той или иной машины из процесса переработки. При переводе завода с переработки одной культуры на другую заменяют сита в сепарирующих и просеивающих машинах, а также изменяют режим работы аспирационного оборудования.

Однотипным является комплект машин для сортирования зерна (рассевы, крупосортировки), камнеотделительные, а также обоечные машины, требующие лишь изменения режима работы.

Точно так же можно использовать комплекс машин для контроля дузги и отходов.

Технологический процесс в шелушильном отделении крупяного завода, периодически перерабатывающего гречиху и просо, строят по принципиальным схемам.

Перевод завода с одной культуры на другую требует установки в вальцедековых станках смешных дек, замены сит в просеивающих машинах, выключения некоторых машин или включения шлифовальных

машин (при переработке проса), переключения отдельных самотечных труб и других несложных операций. При хорошо продуманной компоновке оборудования и правильно построенной коммуникации перевод завода с переработки одной культуры на другую не представляет трудностей.

Технологические процессы производства перловой крупы и пшеничной Полтавской строят одинаково. Следовательно, и производство этих видов крупы можно периодически осуществлять на одном заводе. Тот же комплект машин может быть использован для производства кукурузной шлифованной крупы, однако необходимо дополнительное оборудование для отбора зародыша.

Переработка риса и овса одинакова, и ее можно организовать в одном предприятии, но требуется дополнительное оборудование для шлифования и полирования рисовой крупы.

§ 22.12. ПРОИЗВОДСТВО ХЛОПЬЕВ

Процессы производства отдельных видов крупы предусматривают преимущественно механическую обработку зерна (щелущение, дробление, шлифование и др.). В результате этого получают продукты, которые в последующем занимают значительное время на приготовление готовых пищи. Поэтому начали вырабатывать хлопья, не требующие варки. Их получают из ядра или крупы в результате варки, сушки, расплющивания, обжаривания и охлаждения. Эти продукты за рубежом называют «сухими завтраками». Вареные хлопья вырабатывают на заводах пищевой промышленности.

Хлопья из невареной крупы вырабатывают на крупяных заводах из овсяного, ячменного, пшеничного ядра или крупных номеров шлифованной крупы (перловой, Полтавской, кукурузной и др.). Основные операции при производстве таких хлопьев (не считая предварительного контроля крупы и отбора ядра высшего сорта) следующие: пропаривание — непродолжительное отволаживание крупы, подсушивание крупы, плющение пропаренной крупы, подсушивание плющеной крупы — хлопье. Эти операции изменяют структуру крупы, вызывают частичную клейстеризацию крахмала и образование декстринов, увеличивают питательную ценность, улучшают вкус и повышают усвояемость. Приготовить пищу из неваренных хлопьев можно в 2,0—2,5 раза быстрее, чем из крупы, идущей на изготовление хлопьев.

Овсяные хлопья Геркулес. Их вырабатывают из овсяного ядра высшего сорта. Так как хлопья должны отвечать высоким требованиям качества, то ядро непосредственно до переработки в хлопья дополнительно контролируют, т. е. отбирают дробленую крупу и случайную примесь (рис. 22.31).

Затем ядро направляют в контрольные крупоотделительные машины, аспиратор и магнитные аппараты.

Овсяное ядро по показателям качества должно быть не ниже норм, установленных для крупы высшего сорта, а содержание нешелущенных зерен не более 0,15 %. Если влажность ядра выше 12 %, то ядро подсушивают. Это необходимо, если оборудование для сушки хлопьев не обеспечивает снижения влажности до 11,5—11,8 %. Ядро до плющения пропаривают в вертикальном пропаривателе либо в горизонтальном с подсушителем. Пропаривание должно обеспечить равномерное увлажнение всей массы обрабатываемой крупы и повышение ее влажности до 13—14 %. Непродолжительное отволаживание ядра в течение 20 мин способствует равномерному распределению влаги и повышает пластичность крупы. При этом не следует допускать излишнего увлажнения отдельных порций или слоев крупы, которое может привести к ее клейстеризации или комкованию.

В вертикальный пропариватель подают пар под давлением 0,05 МПа лишь после заполнения его крупой, в противном случае конденсат на стенах пропаривателя будет способствовать образованию комьев из крупы.

Плющение ядра лучше всего проводить в специальном станке с двумя параллельными валками ($\varnothing 400$ — 500 мм), оси которых находятся в одной горизонтальной плоскости. Оба валка гладкие и врачаются с одинаковой скоростью. Незначительное опережение (до 10%) одного из них вызывает увеличение размеров хлопьев. Для плющения ядра используют также обычные вальцовые станки. Для сохранения постоянного зазора между вальцами следует усилить их прижим. Зазор между вальцами 0,3—0,45 мм, окружная скорость 3 м/с.

Теплые и влажные хлопья после плющения подсушивают, а затем охлаждают. После этого их влажность не должна превышать 12%. Сушка и охлаждение не должны нарушать целостность хлопьев.

Из плющильного станка хлопья тонким широким слоем распределяют по всей ширине ленты сушилки. Скорость ленты в зависимости от количества извлекаемой влаги регулируют в пределах 0,4—1,2 м/мин. Влажный воздух отсасывается вентилятором. Теплые хлопья перед фасовкой необходимо охладить. Кроме аспирационной колонки при ленточной сушилке, охлаждать можно также в аспираторе с верхним ситом, на котором проходит через отверстия $\varnothing 1,5$ мм отсеивают небольшое количество мелких частиц и мучки. Весь процесс производства (от пропаривания ядра до фасовки) необходимо вести без излишних перемещений продукта; при этом нельзя применять нории и шнеки, вызывающие дробление хлопьев.

После охлаждения хлопья упаковывают в картонные коробки смесью 250—1000 г.

Кроме хлопьев Геркулес, из овсяного ядра изготавливают лепестковые хлопья и плющеную овсяную крупу.

Лепестковые хлопья. Их вырабатывают из овсяного ядра высшего сорта после дополнительного шлифования и последующего сортирования на две фракции: крупную ($\frac{2,5 \times 20}{1,8 \times 20}$ мм) и мелкую ($\frac{1,8 \times 20}{\# 08}$ мм).

Проходом через сито № 08 получают мучку. Затем каждую фракцию перерабатывают в лепестковые хлопья (крупные и мелкие).

Процесс и режим производства соответствуют производству хлопьев Геркулес.

Овсяные лепестковые хлопья и хлопья Геркулес должны удовлетворять следующим требованиям (табл. 22.18).

Овсяная плющеная крупа. Ядро расплющивают в вальцовых станках с рифлеными вальцами. Уклон рифлей 3%, число рифлей шесть на 1 см, отношение скоростей вальцов 1, окружная скорость 2,5 м/с. В результате плющения поверхность хлопьев должна иметь отиск рифлей с обеих сторон. После вальцового станка крупу просеивают на ситах с

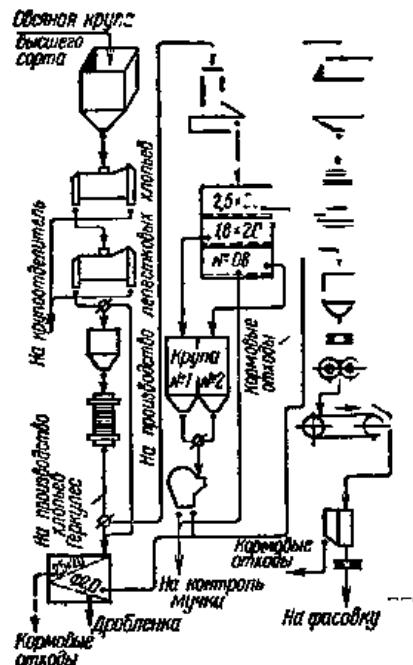


Рис. 22.31. Схема выработки хлопьев Геркулес и лепестковых.

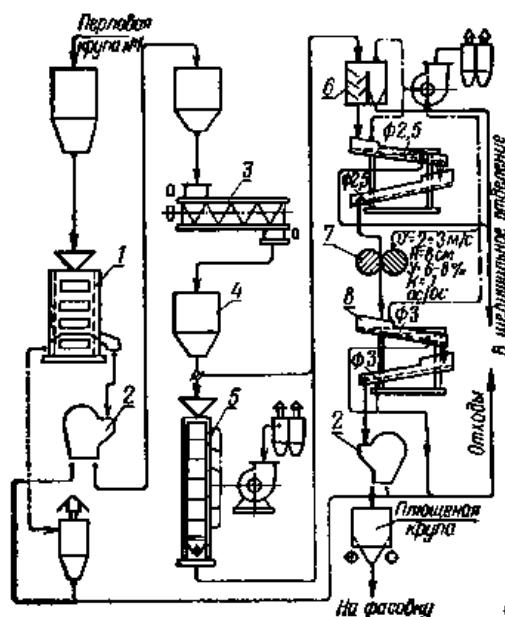


Рис. 22.32. Схема выработки перловской плющеной крупы:
 1 — шелушильно-шлифовальная машина ЗШН; 2 — аспираторы; 3 — пропариватель; 4 — бункер для отволаживания; 5 — паровая сушилка; 6 — аспирационная колонка; 7 — плющильный станок; 8 — крупосортировка.

отверстиями $\varnothing 2$ мм, отделяют дробленые частицы, аспирируют, пропускают через магнитные аппараты и фасуют.

Ячменные хлопья. Ихрабатывают из хорошо обработанного ячменного ядра — пенсака или перловой крупы № 1 и 2 (рис. 22.32). Пенсак до переработки в хлопья должно быть полностью освобождено от оболочек и хорошо отшлифовано. Этого достигают дополнительной обработкой в машинах ЗШН. После шлифования

продукт проверяют в аспираторе, где выделяют около 1,0—1,5% отходов, состоящих преимущественно из муки с частицами оболочек.

Таблица 22.18. Нормы качества

Показатели	Хлопья	
	Геркулес	ленточные
Влажность (не более), %	12	12
Зольность (не более), %	2,1	1,9
Кислотность (не более), град	5	5
Разваримость (не более), мин	20	10
Содержание сорной примеси (не более), %	0,35	0,25
Количество металломагнитных примесей на 1 кг крупы (не более), мг	3	3
Зараженность вредителями	Не допускается	

Ячменное ядро по консистенции отличается от ядра овса и по прочности значительно его превосходит. Поэтому применяют интенсивное пропаривание ядра в горизонтальном пропаривателе при давлении пара 0,12—0,15 МПа. Находясь под воздействием пара в течение 2—4 мин, ядро увлажняется, и затем его направляют в закрома, где отволаживают в течение 1 ч. Чтобы влажность хлопьев не превышала 15% (норма, установленная для ячменной крупы), ядро слегка подсушивают, а затем охлаждают в аспираторе. Если влажность ядра не превышает 18%, то лучше всего после плющения сушить хлопья в ленточной сушилке. Перед плющилкой устанавливают сортировочную машину для отбора мелкой крупы. Ядро плющат в вальцовом станке с вальцами $\varnothing 300$ мм, нагрузка на 1 см длины вальца 10—15 кг/ч.

Плющенные хлопья еще раз контролируют, выделяя мелкую крупу, отсеивают мукистые частицы и отделяют металломагнитные примеси.

§ 22.13. ПРОИЗВОДСТВО ОБОГАЩЕННОЙ КРУПЫ

В крупе, хлебе, макаронах и в других продуктах переработки зерна содержится недостаточное количество незаменимых аминокислот, витаминов, кальция, железа. Крупа уступает по питательной ценности мясу и молоку, и повысить ее ценность — задача большой важности.

Таблица 22.19. Рецептура крупы повышенной биологической ценности (г)

Компоненты	Кр-14							
	Здоровые	Юбилейная	Пионерская	Спортивная	Супер	-	-	-
Рис дробленый	73	70	—	—	—	—	—	—
Продел гречневый	—	—	90	—	70	—	—	—
Крупа:								
овсяная	—	—	—	90	—	—	—	—
ячневая	—	—	—	—	30	28	—	—
Горох колотый	—	—	—	—	—	—	—	—
Мука:								
пшеничная	15	15	—	—	—	—	15	—
кукурузная	—	—	—	—	—	—	—	—
Сухое молоко обезжиренное	10	15	10	10	—	—	—	—
Яичный белок сухой	2	—	—	—	—	2	—	—
Итого	100							

Белки каждой зерновой культуры имеют свой характерный аминокислотный состав. Различен также витаминный и минеральный состав зерновых культур. Если объединить крупу или муку из зерна разных злаков, белковый и витаминный состав которых отличается, то при правильно подобранных сочетаниях получается новый белковый комплекс, более ценный, чем в каждой отдельно взятой культуре.

Сухое обезжиренное молоко в пищевом отношении является очень ценным продуктом: оно содержит 38,5% белка и 50,2% молочного сахара. В белке молока в должном соотношении находятся все незаменимые для человеческого организма аминокислоты. Оно содержит также богатый комплекс витаминов и минеральных веществ, особенно легкоусвояемого кальция и фосфора.

Добавление сухого обезжиренного молока и сухого яичного белка обогащает крупу белком, полноценным по аминокислотному составу, и минеральными солями.

Крупяной лабораторией ВНИИЗ предложен способ производства крупы, включающей муку из 2—4 разных злаков, сухое обезжиренное молоко, витамины и минеральные вещества. Такую крупу вырабатывают на существующих машинах, процесс производства ее несложен.

Ассортимент крупы повышенной питательной ценности и состав основных компонентов приведены в таблице 22.19.

Крупу (гречневую, рисовую, овсяную, гороховую) размалывают в муку. Затем ее и сухое обезжиренное молоко раздельно направляют в рассев для контроля и подают в бункера (рис. 22.33). При помощи дозаторов, установленных под бункерами, муку и сухое молоко в количествах, соответствующем заданной рецептуре, подают в смеситель. Одновременно на смешивание из небольших бункеров при помощи микродозаторов можно подавать витамины и различные обогатительные добавки. После тщательного перемешивания однородная мучная смесь поступает в бункер над прессом. Пресс, включающий и тестомесилку, оснащен матрицами, позволяющими изготавливать крупу, по форме и размеру соответствующую рисовой, гороховой или гречневой крупе. После пресса крупу слегка пропаривают, в сушильной установке подсушивают до влажности 12—13%, сортируют по величине на крупосортировке или рассеве, контролируют на магнитных аппаратах, а затем фасуют.

Биологическая ценность таких видов крупы, равно как и других показатели, проверена Институтом питания АМН СССР. Отмечены также хорошие вкусовые качества, быстрая развариваемость крупы (15—20 мин) и рассыпчатая консистенция каши. Эти крупы в зависимости

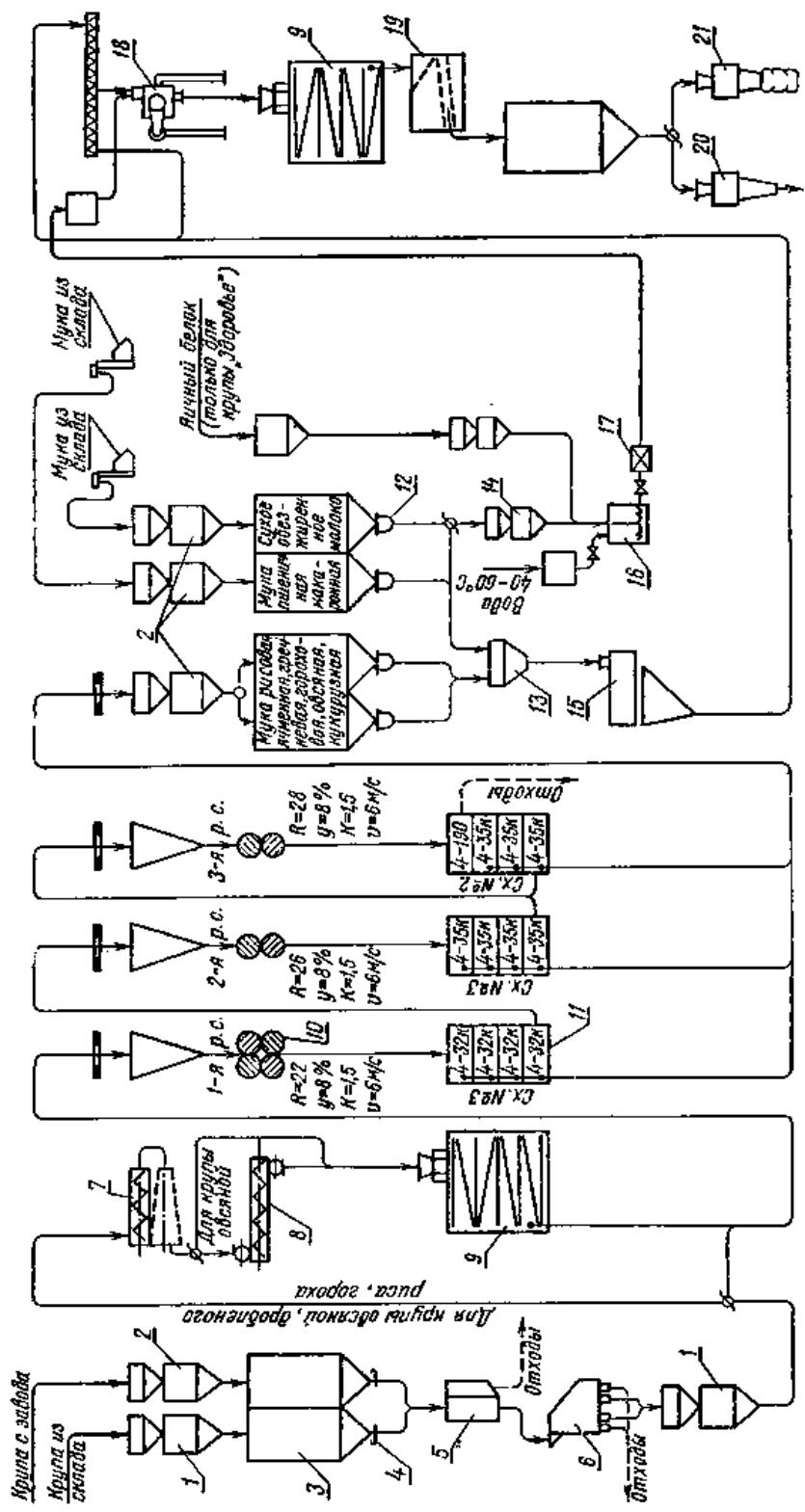


Рис. 22.33. Схема выработки обогащенной крупы:
 1, 2 — автоматические весы; 3 — бункеры для крупы; 4 — зерновик для смешивания колоночного способа; 5 — мельница-роликовая; 6 — установка для сушки крупы в виброплатформе; 7 — вибрационный сепаратор; 8 — пропеллеровый конвейер; 9 — вибрационный сепаратор; 10 — конвейер на винтовой ленте; 11 — конвейер на винтовой ленте; 12 — пакетировочный автомат; 13 — упаковочный автомат; 14 — сжатый воздух; 15 — вибрационный сепаратор; 16 — сжатый воздух; 17 — вибрационный сепаратор; 18 — вибрационный сепаратор; 19 — вибрационный сепаратор; 20 — вибрационный сепаратор.

от состава и температурных условий могут храниться месяцы. По подсчетам ВНИИЗ, эти крупы дешевле сортов при размоле шелушенного зерна выход муки больше, чем из шлифованной крупы. Причем мука может быть получена дробленки, из продела и т. п., что повышает использование.

Глава 23

КОМБИКОРМОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

§ 23.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОМБИКОРМАХ

Кормление оказывает решающее влияние на рост, развитие, плодородие и продуктивность сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. Поэтому главная задача в ведении интенсивного животноводства, птицеводства, рыбоводства — это улучшение использования питательных веществ корма при его минимальных затратах на единицу продукции. Полноценность кормления зависит от сбалансированности рационов, которые должны удовлетворять потребность животных в питательных, минеральных веществах, витаминах и т. д. Отдельные корма не содержат в необходимом количестве всех обязательных элементов питания и поэтому не могут быть полноценными. Недостаток тех или иных элементов приводит к повышенному расходу корма. При этом другие элементы могут быть в избытке, что не только не является необходимым, но часто и вредно. Составляя смесь различных кормов в необходимых комбинациях, можно использовать сильные и слабые стороны кормов с большим эффектом.

Комбикорм представляет собой однородную смесь очищенных и измельченных в необходимой степени различных кормовых средств, составленную по научно обоснованным рецептам. Эти рецепты предусматривают надлежащее сочетание необходимых ингредиентов, при котором обеспечивается наиболее эффективное использование питательных веществ.

В процессе производства комбикормов отдельные корма подвергают различной обработке, повышающей их усвояемость, используют различные ингредиенты, которые не применяют самостоятельно в силу вкусовых и других особенностей. В комбикорма включают различные биологические стимуляторы — витамины, микроэлементы и др.

Питательная ценность комбикорма определяется рядом показателей. В СССР за единицу питательной ценности комбикорма или отдельных кормов принята так называемая кормовая единица, эквивалентная питательной ценности 1 кг овса с объемной массой 450—480 кг/м³ при влажности 13%. Для удобства расчетов часто питательную ценность кормов выражают количеством кормовых единиц, содержащих в 100 кг корма. Например, питательная ценность овса в этом случае будет 100 кормовых единиц.

Для птиц питательную ценность кормов оценивают величиной обменной энергии, которая представляет собой калорийность усвоенных организмом птицы продуктов, содержащихся в 100 г комбикорма.

Кроме основных единиц питательной ценности, качество комбикормов оценивают по содержанию сырого или переваримого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, фосфора, кальция, натрия, ряда аминокислот (лизина, метионина, цистина, триптофана и др.).

При составлении рецептов комбикормов из различных продуктов необходимо обеспечить определенную питательную ценность, а также соотношение различных питательных и минеральных веществ, аминокислот и т. д.

Использование комбикормов приводит к значительному повышению эффективности кормления животных, птиц и рыб, снижению расхода

корма, себестоимости продукции (табл. 23.1). Сбалансированное питание по содержанию питательных, минеральных и биологически активных веществ значительно повышает усвояемость комбикорма, уменьшая затраты на 1 кг привеса, почти в два раза снижает себестоимость единицы продукции, несмотря на то, что многие продукты с высоким содержанием белка, а также биологически активные вещества являются дорогостоящими.

Таблица 23.1. Эффективность использования комбикормов

Рацион, комбикорм	Коэффициент использования, %	Продолжительность откорма, дн.	Затраты кормовых единиц на 1 кг привеса	Себестоимость 1 ц привеса, руб.	Выход мяса, кг	Выход продукции, кг
Обычный, несбалансированный	33,0	210	7,07	76,40	27,2	44,-
Сбалансированный по питательным и минеральным веществам	40,5	132	5,12	50,81	34,8	36,-
Полнценный комбикорм с биологически активными веществами	46,2	105	3,71	39,57	37,1	34,-

Комбикорма выпускают в таком виде, который в значительной степени облегчает процесс кормления, позволяет полностью механизировать процесс раздачи корма и т. д.

Основные виды комбикормов. На заводах вырабатывают полнорационные комбикорма, концентраты, белково-витаминные добавки (БВД), премиски.

Полнорационные комбикорма должны обеспечивать высокую продуктивность и качество при низких затратах на единицу продукции. по химическому составу, питательности и специфическим свойствам — потребности организма данного вида и возраста животных в пище.

Комбикорма-концентраты предназначены для скармливания животным в дополнение к грубым, сочным и другим кормам.

Белково-витаминные добавки состоят из белковых, минеральных ингредиентов, витаминов, микроэлементов и других биостимуляторов. Предназначены они для производства комбикормов непосредственно на колхозах и совхозах.

Премиски представляют собой смесь биологически активных веществ (витаминов, антибиотиков, микроэлементов и т. д.) и наполнителя. Предназначены для ввода в комбикорма или БВД непосредственно на комбикормовых заводах.

Кроме того, вырабатывают кормовые смеси для жвачных животных, специальные комбикорма, заменители цельного молока (ЗЦМ), карбамидный концентрат. Кормовые смеси для жвачных животных получают, например, из лузги с добавлением других продуктов (отрубей, щрота, минерального сырья, микродобавок). Заменители цельного молока вырабатывают на основе сухого обезжиренного молока с добавлением жиров (растительного саломаса), фосфатидов, витаминов, антибиотиков и т. д. Карбамидный концентрат представляет собой смесь карбамида, зерновых продуктов, бентонитов.

Рецепты комбикормов. Комбикорма вырабатывают по рецептам, в которых указывают, для кого изготовлен данный комбикорм, какие ингредиенты и в каком количестве входят в состав. Рецепты разработаны исходя из вида животных, птиц или рыб, их возраста, хозяйственной направленности.

Рецептам присваивают номера по видам животных, каждому виду установленном десятке:

для кур	
для индеек	
для уток	
для гусей	
для прочей птицы (цесарки, голуби)	
для свиней	
для крупного рогатого скота	
для лошадей	
для овец	
для кроликов и куриц	
для пушных зверей	
для рыбы	
для продуцентов и лабораторных животных	

В пределах установленных десятков рецептам присваивают порядковые числа по группам животных, например:

1. Куры-несушки.
2. Цыплята в возрасте от 1 до 30 дней.
3. Молодняк кур в возрасте от 31 до 60 дней и т. д.
10. Индейки-несушки.
11. Индушины в возрасте от 1 до 14 дней и т. д.
50. Поросята-сосуны от 1 до 30 дней.
51. Поросята-отъемные и т. д.

Нумерация рецепта имеет два числа, из которых первое означает вид и группу животных, второе — порядковый номер рецепта, например 1-4 — рецепт № 4 для кур-несушек; 50-2 — рецепт № 2 для поросят-сосунов и т. д. Ниже приведены некоторые рецепты.

Рецепт ПК-72-2 полнорационного комбикорма для лошадей:

Ингредиенты	%
Сено	40,0
Овес	30,0
Пшеничные отруби	10,0
Манковый корм	5,0
Шрот хлопковый	10,0
Меласса	4,2
Мел	0,5
Соль	0,3
Итого	100,0

На 1 т комбикорма добавляют сернокислой меди 2,5 г, хлористого кобальта 0,8, йодистого калия 1,0 г.

Рецепт ПК-2-1 полнорационного комбикорма для цыплят в возрасте 1—4 дней:

Ингредиенты	%
Кукуруза	50
Пшеница	16
Мука ячменная	8
Соевый шрот	14
Сухой обрат	12
Итого	100

На 1 т комбикорма добавляют стабилизированного витамина А 10 млн. ИЕ, D₃ 1 млн. ИЕ, К 10 тыс. ИЕ, B₂ 2 г, B₃ 10 г, B₅ 20 г, B₆ 5 г.

Рецепт К-55-5 комбикорма-концентрата для мясного откорма свиней:

Ингредиенты	%
Кукуруза	30,0
Ячмень	15,0
Овес	15,0
Горох	5,0
Пшеничные отруби	15,0
Кормовые дрожжи	7,0

Мука:	
рыбная	3,0
мясо-костная	3,0
травяная	5,0
Мел	1,5
Соль	0,5

Итого 100,0

На 1 т комбикорма на заводе добавляют витамина А 27 млн. ИЕ, D₂ 0,72 млн. ИЕ, B₂ 1,25 г, РР 12, B₁₂ 0,01, холинхлорида 500, углекислого кобальта 1,9, сернокислого железа 50, сернокислой меди 9, сернокислого цинка 13, йодистого калия 1, биомицина 15 г.

Рецепт 60-1 белково-витаминных добавок (БВД) для дойных коров:

Ингредиенты	%
Горох	46,2
Хлопковый шрот	39,0
Подсолнечный жмых	5,0
Карбамид с мелассой (89:11)	7,0
Обесфторенный фосфат	1,8
Соль	1,0

Итого 100,0

На 1 т БВД добавляют сернокислого железа 45 г, сернокислой меди 54, сернокислого цинка 9, сернокислого марганца 45, хлористого и сернокислого кобальта 7,2, йодистого калия 3 г, витамина D₂ 7,2 млн. ИЕ.

Рецепт П-5-3-1 премикса для свиноматок (на 1 т премикса):

Ингредиенты	%
Витамин А, млн. ИЕ	600,0
Витамин D ₂ , млн. ИЕ	130,0
Витамин В ₂ , г	120,0
Витамин В ₄ , кг	50,0
Витамин В ₆ , г	1200,0
Витамин В ₁₂ , г	1,0
Железо, г	1400,0
Медь, г	630,0
Цинк, г	580,0
Кобальт, г	200,0
Йод, г	230,0
Антиоксиданты, кг	12,5

Остальное количество до 1 т составляет наполнитель (например, мелкие отруби). Премиксы вводят в комбикорма в количестве до 1%.

Назначенный в производство рецепт проверяют на питательную ценность, содержание клетчатки, жира, количество обменной энергии и по другим показателям, предусмотренным государственным стандартом или техническими условиями. При отсутствии на заводе каких-либо ингредиентов разрешается их замена, но при условии соблюдения не только содержания общего количества питательных веществ в комбикорме (кормовых единиц, обменной энергии, протеина и др.), но и других показателей. Существует перечень разрешаемых замен, а также ограничения по максимальному вводу в комбикорма тех или иных ингредиентов.

Применение ЭЦВМ для расчета рецептов комбикормов. Существующая практика производства комбикормов по рецептам с возможной заменой недостающих видов сырья создает значительные трудности в работе предприятий, так как они не всегда имеют в наличии все виды сырья, включаемые в рецептуру. В то же время стандартные рецепты всегда представляют собой лучший вариант по качеству и себестоимости.

ности, а проводимые замены не могут обеспечить в полной мере существенных показателей. В результате этого предпринимаются попытки комбикорма, не удовлетворяющие всем требованиям, но имеющие с завышенным содержанием ряда питательных веществ, в частности, протеина, что увеличивает себестоимость. Кроме того, это снижает производительность предприятия из-за отсутствия тех или иных видов сырья.

Учесть все показатели и ограничения без применения ЭЦВМ практически невозможно. Поэтому в настоящее время на комбикормовых заводах широко внедряют ЭЦВМ, используемые для свободного выбора рецептов комбикормов с учетом наличия сырья, его количества, себестоимости, качественных показателей, существующих ограничений по затратам на производство и т. д.

Естественно, что установка ЭЦВМ на каждом предприятии не всегда лесообразна, так как эти машины очень дороги и на каждом предприятии машинное время будет использоваться неэффективно. Поэтому целесообразно организовать вычислительный центр для ряда (20—30) комбикормовых заводов с обеспечением двусторонней устойчивой связи между ЭЦВМ и предприятиями.

В настоящее время подобные центры создаются в некоторых республиках и областях. Опыт использования ЭЦВМ для расчета рецептов комбикормов дал положительные результаты. Применение этих машин на Воронежском комбикормовом заводе, в Белорусской ССР, Латвийской ССР позволило при расчете рецептуры учитывать не три показателя, а 10—15.

Рецепты составляют на основе линейного программирования. Предположим, что имеется набор из четырех ингредиентов x_1, x_2, x_3, x_4 с питательной ценностью, выраженной в кормовых единицах соответственно a_1, a_2, a_3, a_4 . Содержание переваримого протеина в них b_1, b_2, b_3, b_4 , сырой клетчатки c_1, c_2, c_3, c_4 и т. д. Стоимость единицы ингредиента обозначим через d_1, d_2, d_3, d_4 . Тогда оптимальность рецепта, если исходить из его минимальной стоимости, определяется из уравнения

$$D_{\min} = d_1x_1 + d_2x_2 + d_3x_3 + d_4x_4.$$

Если в рецепте содержание переваримого протеина должно быть не менее B , количество кормовых единиц A , клетчатки не более C , то ограничения будут такими:

$$\begin{aligned} \frac{a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} &\geq A; \\ \frac{b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} &\geq B; \\ \frac{c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} &\leq C. \end{aligned}$$

Совместное решение подобных уравнений позволит определить значения x_1, x_2, x_3, x_4 , т. е. получить рецепт комбикорма.

При использовании ЭЦВМ более экономно расходуются дефицитные виды сырья. Например, расход премиксов, жмыхов и шротов в составе комбикормов уменьшается с 9,5 до 8,8%, кормов животного происхождения — с 2,4 до 2,2% и т. д.

В комбикормах, выработанных по рецептам до применения ЭЦВМ, иногда был допущен значительный избыток протеина по сравнению с установленными минимальными границами. Его ликвидация позволила дополнительно увеличить производство комбикормов.

Характеристики рецепта выдаются ЭЦВМ сразу же после ввода всей необходимой информации, что повышает оперативность в работе комбикормовых заводов. Формирование рецептов по новому принципу способствует сокращению простоев предприятий из-за отсутствия сырья.

в десять и более раз. В Белорусской ССР применение ЭЦВМ позволило рассчитать рецепты комбикормов, применение которых на птицефабриках сократило удельный расход кормов (в расчете на десять яиц) с 2,7 до 2,23 кормовой единицы, а себестоимость 1000 яиц составила 54 руб. 63 коп. против 56 руб. 26 коп. На 1 кг привеса бройлеров расход кормов снизился до 3,0 кг против 3,1 кг. В рецептах, рассчитанных на ЭЦВМ, было уменьшено содержание рыбной муки, дрожжей в результате увеличения зернового сырья и шротов, что позволило снизить стоимость комбикормов на 10%.

Пример одного из рецептов, рассчитанных на ЭЦВМ, приводится ниже (табл. 23.2, 23.3).

Таблица 23.2. Состав комбикорма по рецепту I-4

Ингредиенты	Рецепт I-4	Варианты, рассчитанные на ЭЦВМ		
		I	II	III
Кукуруза	30,0	23,0	38,0	33,0
Ячмень	17,0	30,0	31,0	30,0
Пшеница	10,5	20,5	—	—
Просо	11,0	—	—	10,0
Жмых, шрот	6,0	9,5	10,0	9,0
Дрожжи	3,0	2,0	5,0	—
Мука:				
рыбная	5,0	6,5	4,5	6,5
мясо-костная	4,0	—	—	3,0
травяная	5,0	—	3,0	—
костная	4,0	4,0	4,0	4,0
Мел	4,0	4,0	4,0	4,0
Соль	0,5	0,5	0,5	0,5

Таблица 23.3. Питательная ценность комбикорма рецепта I-4

Показатели	Рецепт I-4	Варианты, рассчитанные на ЭЦВМ		
		I	II	III
Кормовые единицы	104,3	106,6	105,0	106,0
Сырой протеин, %	16,34	16,53	16,61	16,47
Переваримый протеин, %	13,78	13,05	13,30	13,15
Обменная энергия, ккал	265	267	269	268
Клетчатка, %	4,11	4,14	4,62	4,52
Кальций, %	3,14	2,97	2,91	3,09
Фосфор, %	1,25	1,32	1,18	1,32
Натрий, %	0,40	0,46	0,39	0,46
Лизин, %	0,79	0,81	0,81	0,79
Метионин-цистин, %	0,49	0,55	0,52	0,52
Триптофан, %	0,29	0,20	0,20	0,18

Все варианты рецептов, рассчитанные на ЭЦВМ, оказались более эффективными, чем основной рецепт.

§ 23.2. СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

Для производства комбикормов используют до 30—40 различных ингредиентов. Основным продуктом для производства комбикормов является зерновое сырье (кукуруза, овес, ячмень, пшеница, горох и т. д.), а также побочные продукты зерноперерабатывающих предприятий (отруби, мучка). Эти продукты входят в состав комбикорма в количестве до 80%. Для производства комбикормов используют также различные продукты с повышенным содержанием белка (жмыхи и шроты), корма

животного происхождения (рыбная, мясная мука и т. п.), отходы многих отраслей пищевой промышленности (сахарной, крахмало-паточной, спиртовой и т. д.), сырье минерального происхождения (соль, мел), грубые корма (сено, солома и др.), а также различные продукты, содержащие биостимуляторы.

Зерновое сырье. Кукуруза — один из лучших зерновых ингредиентов. 100 кг кукурузы содержат 134 кормовых единицы, т. е. по питательной ценности среди зерновых культур кукуруза занимает первое место. Она обладает хорошими вкусовыми качествами, ее охотно поедают животные и птицы. Недостатком кукурузы является низкое содержание протеина, некоторых незаменимых аминокислот, и в первую очередь лизина. Кукурузу в комбикорма вводят в количестве до 70%.

Ячмень используют в комбикормах практически для всех видов животных и птиц. Несмотря на наличие цветковых пленок, содержание клетчатки в ячмене не слишком высокое, его питательная ценность достигает 120 кормовых единиц. В ячмене значительно больше белка, чем в кукурузе, причем белок содержит больше незаменимых аминокислот. Повышение содержания ячменя в комбикорме улучшает качество мяса и сала. Для птиц и молодняка некоторых видов животных используют шелущеный ячмень без пленок или ячменную муку.

Широко используют в комбикормах овес, особенно при выработке полнорационных комбикормов и комбикормов для молодняка животных и птиц. Питательная ценность пленок примерно на уровне питательной ценности грубых кормов. Поэтому их применяют при производстве кормовых смесей для жвачных животных. В овсе, особенно шелущеном, достаточно высокое содержание протеина. Питательная ценность овса около 100 кормовых единиц. В состав комбикормов его вводят до 50%.

Просо — ценный ингредиент комбикормов для птиц, откорма крупного рогатого скота и свиней. В то же время оболочки проса малопитательны и трудноусвояемы. Поэтому перед направлением в комбикорма просо надо тонко измельчать, а в отдельных случаях использовать шелущеное зерно. В состав комбикормов просо вводят до 20%.

Пшеница, как и кукуруза, — один из лучших ингредиентов для производства комбикормов, но в отличие от кукурузы в ней содержится значительно больше белка. Обычно используют зерно пшеницы с пониженными хлебопекарными свойствами, с примесью зерен других культур, но пригодное для кормовых целей. В состав комбикормов пшеницу вводят в количестве до 70%.

Рожь вводят в комбикорма в меньшем количестве, чем пшеницу. Она хороший ингредиент комбикормов для свиней, птиц, рыб. Однако наличие в зерне ржи большого количества сильно набухающих слизей ограничивает ввод ее в комбикорма, так как набухающие продукты могут вызвать расстройство пищеварения у животных.

Сорго по своим свойствам близко к просе, в ряде стран, например в США, является самым распространенным после кукурузы ингредиентом для производства комбикормов.

Кроме этих культур, в состав комбикормов вводят чумизу, гречиху и другие виды зерна, но их значение в кормовом балансе невелико.

Важное место в районе питания животных занимают бобовые культуры, отличающиеся от злаковых высоким содержанием белковых веществ. Следует отметить, что белки бобовых культур отличаются низкой усвоемостью, что приводит к перерасходу кормов. Однако, добавляя некоторые биологически активные вещества, например витамин В₁₂, можно повысить усвоемость растительных белков.

Горох — один из наиболее распространенных ингредиентов комбикормов. Особенно хорошо его использовать для свиней, а также для крупного рогатого скота и птицы. В горохе содержится до 20% переваримого протеина, достаточно высоко содержание незаменимых амино-

кислот. Вводят горох в комбикорма до 25% для свиней, до 10% — для крупного рогатого скота и птицы.

Бобы кормовые содержат большое количество протеина (до 33%) хотя переваримость его не столь высока. Бобы вводят в сравнительном количестве из-за содержания в них дубильных веществ нарушающих нормальное пищеварение. Однако некоторыми слабящими продуктами (отруби, меласса) можно нейтрализовать влияние дубильных веществ.

Люпин сладкий (безалкалоидный) по содержанию протеина и питательной ценности превосходит другие бобовые. Вику используют для крупного рогатого скота, рыб, взрослых свиней. Для птицы вику не применяют. Вводят ее в сравнительно малых количествах, так как она является плохо поедаемым кормом. Часто вика содержит синильную кислоту, на наличие которой ее следует проверять.

Чину, как и вику, вводят в комбикорма для тех же видов животных, но в количестве, как правило, не превышающем 10%, так как при большем содержании она оказывает вредное действие на животных.

Побочные продукты зерноперерабатывающей промышленности. Основными продуктами мукомольной промышленности являются отруби, кормовая мучка. Отруби вводят в комбикорма в количестве до 70%. Они содержат достаточно много протеина, минеральных веществ, клетчатки. Крупные отруби, как правило, имеют меньшую питательную ценность, чем мелкие. Отруби содержат значительное количество фосфора, в основном в виде фитина, а также витаминов группы В.

Кормовая мучка представляет собой ценный питательный продукт, по свойствам близкий к зерну.

Ячменную, рисовую, просянную, овсянную мучку вводят в комбикорма в различных количествах, некоторые из них в больших количествах, например рисовая, ухудшает качество сала, гречневая приводит к заболеваниям кожи и т. д.

Отходы пищевых производств. В комбикормовой промышленности широко используют различные отходы маслозаводов, сахарных заводов, крахмало-паточных, бродильных производств, мясо- и рыбоперерабатывающей промышленности, гидролизной и т. д. Некоторые из этих отходов весьма ценный продукт, содержащий большое количество белка и других питательных веществ.

Отходы маслозаводов. Жмыхи представляют собой отходы семян масличных культур, оставшиеся после отжатия из них масла. Они содержат до 7—9% жира. Шроты — это грубо размолотые семена масличных культур, из которых масло экстрагируется органическими растворителями. В шроте остается значительно меньше жира, чем в жмыхах (до 2%). Основная ценность жмыхов и шротов заключается в высоком содержании протеина, количество которого достигает 40%.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют подсолнечный и хлопковый жмыхи и шроты. Хлопковый жмых и шрот могут содержать ядовитый алкалоид гессипол, поэтому их вводят в комбикорма в ограниченном количестве и не для всех видов животных. Хлопковый жмых с содержанием свободного гессипола выше 0,1 и до 0,2% допускается вводить в комбикорма для молочных коров, откорма крупного рогатого скота и лошадей в количествах от 10 до 20%. Шрот с содержанием свободного гессипола не более 0,02% и жмых с содержанием гессипола не более 0,06% допускается вводить в рацион свиней в количестве до 10%. Чем больше гессипола содержится в жмыхах и шроте, тем меньше их вводят в комбикорма.

Жмыхи и шроты, полученные при переработке семян крестоцветных, рекомендуют для комбикормов, предназначенных только для рыб. Обезвреженный (обработанный острый паром) клещевинный шрот вводят только в комбикорма для крупного рогатого скота и рыб в колич-

стве не более 10%. Необезвреженный клещевинный шрот или жмых содержит ядовитое вещество рицин. Льняные жмыхи и шрот следует проверять на наличие в них синильной кислоты.

Высокую питательную ценность имеют соевый, арахисовый, коно-плянкий жмыхи и шроты. Для улучшения хранения и транспортирования шротов их начали выпускать в гранулированном виде.

Фосфатидно-белковые концентраты содержат около 50% фосфатидов (главным образом лецитина) и 40—50% растительного масла. Для комбикормового производства используют фосфатидные концентраты, представляющие подсолнечный шрот, обогащенный фосфатидами (около 8% фосфатида).

Отходы сахарной промышленности (свекловичный жом и меласса). Жом — это высушенные стружки свеклы, из которых выделен сахар. Сухой жом очень гигроскопичен, неудобен при транспортировании, легко слеживается, плохо перемещается, очень рыхлый продукт. В настоящее время промышленность начинает получать брикетированный и гранулированный жом.

Свекловичный жом может заменить злаковые культуры в кормовом рационе при добавлении продуктов с высоким содержанием протеина, так как его в жоме очень мало и биологическая ценность низка. Иногда сахарная промышленность производит так называемый амидный жом, представляющий гранулированную смесь жома, мелассы и карбамида.

Меласса (кормовая патока) — это густая вязкая жидкость темно-коричневого цвета. Для повышения текучести ее подогревают до температуры 50—60°C. Сухое вещество мелассы состоит в основном из сахара, которые не выкристаллизовались в процессе уваривания сиропа. Мелассу охотно поедают животные, так как она обладает хорошим вкусом и запахом. Введенная в состав комбикормов, она устраниет пылеобразование, хорошо связывает сухие ингредиенты при брикетировании и гранулировании. В мелассе почти нет протеина, но содержатся соли калия и относительно много микроэлемента кобальта, имеющего важное физиологическое значение.

Отходы крахмально-паточной промышленности. При производстве крахмала из зерновых культур остаются побочные продукты — мезга и глютен. Мезга представляет высушенные остатки зерна, а глютен — белковый продукт. Обычно все отходы в виде смеси высушивают, и они поступают на комбикормовые заводы под названием сухих кукурузных или пшеничных кормов. Сухие корма содержат не менее 20% протеина. Уступает им по питательной ценности картофельная мезга, в которой значительно меньше протеина.

Отходы бродильных производств. Сухую барду получают при переработке на спирт продуктов с высоким содержанием крахмала. Ее используют в комбикорма для свиней и крупного рогатого скота. В зерновой барде достаточно высокое содержание протеина, питательная ценность составляет около 85 кормовых единиц; питательная ценность картофельной барды около 50 кормовых единиц.

В комбикормовой промышленности также используют солодовые ростки, остающиеся на пивоваренных заводах при отделении их от ячменя. Ростки имеют горьковатый вкус, поэтому вводятся в комбикорма в небольших количествах.

Пивная дробина — продукт, остающийся при производстве пива, — нерастворимый в воде остаток осоложенного зерна.

Отходы рыбоперерабатывающей промышленности. Наиболее широко используют рыбную муку, получаемую при переработке рыбы и из целых рыб малоценных видов. В рыбной муке содержится до 50% переваримого протеина, значительное количество жира, относительно высоко содержание витамина B_{12} , достаточно много поваренной соли, что необходимо учитывать при расчете рецепта комбикорма.

Высокую ценность также имеет китовая мука, вырабатываемая из мяса и шквары сала (остатки при выпотке жира) китов. Она содержит до 60% переваримого протеина.

Рыбные гидролизаты представляют собой сконцентрированные рыбные отходы, их используют в комбикормовой промышленности наряду с другими жидкими ингредиентами животного происхождения.

Кормовые продукты гидролизной промышленности. Основным продуктом этой промышленности являются кормовые дрожжи, выращиваемые на различном сырье, — соломе, стернях кукурузных початков, сульфитных экстрактах, гидролизатах древесины и т. д. Кормовые дрожжи имеют коричневый или сероватый цвет, выпускают их в виде порошка или гранул. В клетках дрожжей находятся почти все вещества, необходимые для жизни животного организма. По усвоемости белки кормовых дрожжей почти равнозначны белкам животного происхождения. При облучении ультрафиолетовыми лучами содержащийся в дрожжах эргостерин превращается в витамин D₂.

Сырея животного происхождения. К нему относят продукты переработки молока (обрат, казеин), отходы мясокомбинатов (кровяная, мясная, мясо-костная, костная мука и др.), отходы рыбной промышленности (рыбная мука, рыбный гидролизат и др.), технические, пищевые жиры и т. п. Все эти продукты, за некоторым исключением, используют в виде сухой муки, которая отличается высоким содержанием полноценного белка, минеральных веществ, хорошо усвояемых организмом животных.

Мясную муку вырабатывают из мясных отходов, внутренних органов, целых туш животных, погибших от незаразных болезней и годных для кормовых целей. В состав мясной муки входят также и кости в количестве не более 10%. Мясная мука содержит около 40% переваримого протеина, высоко содержание в ней незаменимых аминокислот.

Кровяная мука — один из наиболее ценных продуктов, содержит около 75% переваримого протеина, очень большое количество незаменимых аминокислот.

Наиболее часто на комбикормовые заводы поступает мясо-костная мука, которая содержит большое количество белка и минеральных веществ. Костная мука — хороший источник минеральных веществ, особенно фосфора и кальция.

В последнее время для выработки кормов стали использовать муку из перьев птицы, подвергнутых специальной обработке. Получают также кормовую муку из куколок тутового шелкопряда, которая содержит до 50% протеина и 20% жира. Вырабатывают также крабовую муку с высоким содержанием протеина и минеральных веществ.

Технические и пищевые жиры. Научно обосновано, что для животных и птиц, особенно молодняка, необходимы жир и жироподобные вещества. Содержащиеся в них свободные жирные кислоты обладают стимулирующими свойствами и играют большую роль в обмене веществ. Жиры повышают калорийность и вкусовые качества комбикорма. Точка плавления жиров колеблется от 30 до 48°C. Поэтому для повышения текучести их подогревают до температуры 60—80°C. Для предотвращения прогоркания жиров при хранении в них вводят антиокислители.

Кормовая мука из трав и водорослей. Травяная мука, производство которой непрерывно увеличивается, весьма ценный ингредиент комбикормовой промышленности. Травяную (сенную) муку получают путем искусственной сушки и измельчения трав. Особенно ценна травяная мука из люцерны и клевера. По питательной ценности она не уступает многим зерновым культурам и превосходит их по содержанию переваримого протеина, витаминов, минеральных веществ. Особенно ценным компонентом является каротин (провитамин А). Травяную муку выпускают в рассыпанном и гранулированном виде.

Кроме травяной муки, вырабатывают муку из листьев деревьев, которая хотя и уступает по питательной ценности муке, но тем не менее является хорошим ингредиентом комбикорма. Мука из морских водорослей богата углеводами, минеральными веществами, содержит значительное количество йода (0,2% и более).

Грубые корма. К ним относят сено, солому, стержни кукурузы, лузгу некоторых крупяных культур. Сено используют радиационных брикетированных комбикормах для лошадей, крупного скота, овец, а также для кроликов и нутрий. Солому добавляют при производстве полнорационных брикетированных комбикормов крупного рогатого скота. Она частично заменяет сено.

Продукты химического синтеза. Карбамид добавляют в комбикорма для жвачных животных. Микроорганизмы преджелудочков (особенно рубца) этих животных превращают карбамид в аминокислоты и белки своего тела, а затем эти микроорганизмы перевариваются в желудочно-кишечном тракте и используются животным как обычные кормовые аминокислоты и белки. Для хорошего усвоения карбамида микроорганизмами необходимо в составе комбикорма иметь легкоусвояемые углеводы.

В рационе жвачных животных карбамидом можно заменить до 25% протеина. 1 кг карбамида заменяет 2,6 кг протеина. Однако карбамид усваивается хорошо в том случае, когда содержание протеина в комбикормах не превышает 10—12%. Не следует вводить в комбикорм карбамида больше, чем это предусмотрено рецептом.

Кроме карбамида, в состав комбикормов в качестве заменителей протеина вводят различные синтетические соли аммония (бикарбонат аммония, сернокислый, уксуснокислый, фосфорнокислый аммоний и др.).

Сыре минерального происхождения. В состав комбикормов включают поваренную соль, мел, кормовые фосфаты, муку и крупу из раковин моллюсков, травертиновую муку, известняк и т. д.

Поваренную соль используют для выравнивания в комбикормах необходимого соотношения между натрием и калием. Кроме того, соль придает определенный вкус, вследствие чего животные лучше поедают комбикорм. Однако избыток соли вреден, поэтому следует строго придерживаться рецептов.

Мел служит для обогащения комбикормов кальцием и регулирования правильного соотношения между кальцием и фосфором. Крупу и муку из створок раковин морских и пресноводных моллюсков включают в комбикорма главным образом для птицы. Молотый известняк вводят в том случае, если он пригоден для кормления. Кормовые фосфаты (обесфторенные) получают из природных фосфатов путем обработки их при высокой температуре.

Витамины. Они способствуют правильному обмену веществ, применение их в комбикормах позволяет заменить дорогостоящие и дефицитные корма животного происхождения растительными.

В комбикорма включают различные витамины, источником которых являются или естественные продукты с высоким содержанием витаминов, или синтетические витамины. Наиболее широко используют витамины A, D₂, D₃, E, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂, PP и др. Количество витаминов, вводимых в комбикорма, выражают в интернациональных единицах (ИЕ). Одна интернациональная единица некоторых витаминов представляет собой определенное весовое количество этого витамина:

Витамины	Количество микрограммов в 1 ИЕ	Витамины	Количество микрограммов в 1 ИЕ
A	0,83	B ₁	3,0
D ₂ или D ₃	0,025	B ₂	2,5
E	1000		

Витамин А (ретинол) регулирует рост. Обеспечение животноводства этим витамином достигается производством синтетического витамина А, травяной мукой, богатой каротином. Синтетический витамин и каротин должны быть стабилизированы антиокислителями.

Витамин D (кальциферол) регулирует минеральный обмен в организме. В животноводстве используют жидкий витамин D₂ в виде корчевых дрожжей, обработанных ультрафиолетовыми лучами. В 1 г дрожжей содержится 20 тыс. ИЕ витамина D₂, а 1 кг таких дрожжей достаточно для обогащения 15—20 т комбикормов. Сухой препарат витамина D₃ (видеин) представляет собой стабильный казеиновый концентрат, содержащий 0,25—0,5% видеина.

Витамин Е (токоферол) способствует нормальному размножению животных. Промышленность выпускает препарат витамина Е с концентрацией 250 мг/г препарата. Кроме того, витамин Е содержится в зародышах семян зерновых культур (кукурузы и др.), достаточно много его в травяной муке.

Витамин В₁ (тиамил) содержится в зерновом сырье, шротах, отрубях, особенно много его в кормовых дрожжах. Кроме того, промышленность выпускает синтетический препарат витамина В₁.

Витамин В₂ (рибофлавин) повышает усвоемость питательных веществ. Промышленность получает синтетический витамин В₂.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота) выпускают в виде синтетической кальциевой соли (пантотената кальция). Недостаток витамина В приводит к нарушению обмена жиров и углеводов.

Витамин В₆ (пиридоксин) вырабатывает фармацевтическая промышленность, его применение повышает усвоемость белков, снижает неблагоприятное действие избытка метионина в комбикорме.

Витамин В₁₂ (цианобаламин) — один из основных компонентов так называемого фактора животного белка. Этот витамин необходим для нормального кроветворения, повышает усвоемость растительных белков. Витамин В₁₂ выпускается в виде кормового препарата с концентрацией 25 мг/кг.

Витамин РР (никотиновая кислота, никотинамид) достаточно дешевый синтетический продукт.

Кроме указанных витаминов, в комбикорм вводят витамины холин-хлорид, фолиевую кислоту, биотин, витамин К и др.

Микроэлементы. Играют важную роль в обменных функциях организма, так как они входят в состав ферментов, витаминов, гормонов. К числу наиболее важных микроэлементов относят марганец, железо, медь, кобальт, цинк, йод.

Микроэлементы содержатся в растительных кормах, но их количество зависит от состава почв, на которых произрастают растения. Микроэлементы вводят в виде сернокислых, углекислых солей, йод — в виде йодистого калия. Сернокислые соли отличаются более высокой гигроскопичностью, легко слеживаются, углекислые соли менее гигроскопичны.

Антибиотики. В животноводстве применяют такие антибиотики, как пенициллин, биомиции, террамицин и др. Чаще антибиотики используют в виде кормовых препаратов, которые более эффективны, чем очищенные (медицинские) препараты. В состав кормовых антибиотиков входит также большое количество других биологически активных веществ, например в биомиции довольно много витамина В₁₂ и др.

Ферменты. В последние годы ферменты, главным образом протеолитические и амилолитические, стали применять в качестве обогатителей комбикормов. Ферменты повышают усвоемость белков и углеводов, способствуют увеличению привеса и сокращают расход комбикорма.

Аминокислоты. Незаменимые аминокислоты не могут синтезироваться в организме животных, поэтому их надо добавлять в корм в необходимом количестве, отвечающем физиологическим потребностям организма.

ганизма. В белках многих кормов недостаточно та
лот, особенно лизина, метионина, триптофана. Синтетические
метионин вводят в комбикорма в виде кормовых пр

Гормоны. В последнее время проводят опыты по оценке комбикормов гормональными препаратами, улучшающими обмен веществ в организме животных и птиц.

Антиокислители. Основная роль антиокислителей (антисебацетатов) сводится к стабилизации жира, жирорастворимых витаминов и т. д., являющихся малоустойчивыми при хранении. Наиболее известные антиокислители — это сантохин, бутилокситолуол, дилудин и др.

Лекарственные и антигельминтные препараты. Их используют как средства против болезнетворных бактерий, а также гельминтов. Наиболее известны препараты нитрофурановой группы — фуразолидон, фурадонин, фуразидин и др. Препараты особенно эффективны при наличиях хронических форм инфекции.

§ 23.3. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ИНГРЕДИЕНТОВ

В зависимости от размера частиц поступающее на комбикормовые заводы сырье можно условно разделить на три группы: мягкое (мучнистое), не подлежащее измельчению (отруби, мучка и др.); зерновое, подлежащее измельчению (зерно, кукуруза в зерне, бобовые и т. п.); крупнокусковое (жмых в плитках, кукуруза в початках, кусковой мел, известняк и др.), подлежащее предварительному грубому дроблению и последующему тонкому измельчению.

Грубое дробление ингредиентов. Для этого используют жмыхоломачи и камнедробилки. Жмыхоломач представляет два или четыре вала, на которых сделаны выступы или пальцы. Например, жмыхоломач ЖЛ-1 имеет рабочие органы в виде двух валков с пальцами, врачающимися навстречу друг другу. Плитки жмыха захватываются пальцами и дробятся на куски размером до 30—40 мм. Аналогичные конструкции имеют и другие измельчающие машины.

Тонкое измельчение. Для измельчения зерновых и других ингредиентов на комбикормовых заводах широко применяют молотковые дробилки и реже вальцовые станки.

Молотковые дробилки — универсальные машины, в которых можно измельчать практически любые материалы. Они сравнительно просты, имеют относительно малые габаритные размеры при высокой производительности.

Измельчение в дробилке происходит вследствие удара молотков о свободно врачающиеся частицы и удара отброшенных молотками частиц о деку. Однако удар не единственная причина измельчения. Поступившие в рабочую зону частицы движутся вместе с молотками вдоль сита и измельчаются также в результате их истирания о рабочие органы машины. Измельченные частицы проходят через отверстия сита, более крупные остаются в рабочей зоне до тех пор, пока под воздействием рабочих органов не раздробятся и не пройдут через отверстия сита.

Факторы, влияющие на эффективность работы молотковых дробилок. Технологическая эффективность молотковой дробилки оценивается производительностью, степенью измельчения и удельным расходом энергии. На эффективность работы дробилок влияют параметры рабочих органов: окружная скорость молотков; форма, размеры и качество молотков; величина рабочего зазора между верхней кромкой молотков и ситовой поверхностью; форма отверстий сита и их размеры и т. п., а также физические свойства продуктов (твердость, прочность, крупность, влажность и т. д.).

С увеличением окружной скорости молотков возрастает степень измельчения продукта, причем наиболее интенсивное измельчение наблю-

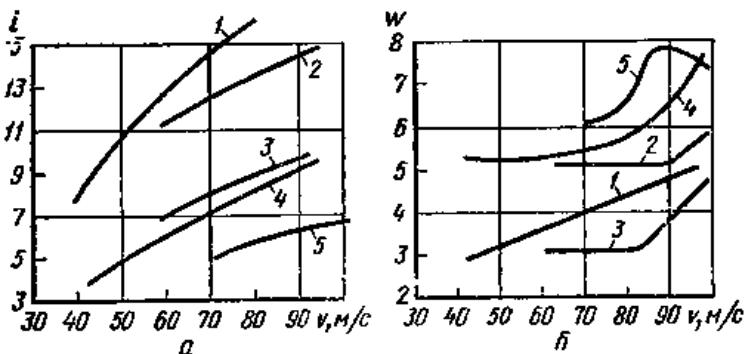


Рис. 23.1. Влияние окружной скорости молотков на степень измельчения (а) и удельный расход энергии (б):
1 — гречка; 2 — рис; 3 — просо; 4 — пшеница; 5 — овес.

дается при скорости 70—80 м/с. Удельный расход энергии резко возрастает при скорости молотков выше 80—90 м/с (рис. 23.1). Значительное увеличение расхода энергии при высоких окружных скоростях молотков объясняется тем, что продукт измельчается в результате истирания, при котором образуются мелкие частицы. Исследования гранулометрического состава измельченных материалов подтверждают это положение. С увеличением зазора между молотками и ситовой поверхностью степень измельчения, например пшеницы, снижается (табл. 23.4).

Таблица 23.4. Влияние величины зазора между молотками и декой на интенсивность измельчения

Расстояние между молотками и ситом, мм	Средневзвешенный размер частиц, мм	Содержание целых зерен, %	Расстояние между молотками и ситом, мм	Средневзвешенный размер частиц, мм	Содержание целых зерен %
4	0,715	0,02	22	0,979	0,55
16	0,828	0,20	28	1,588	2,30

Увеличение зазора приводит к снижению скорости движения продукта относительно сита, что улучшает его просевание, повышает возможность прохода крупных частиц и целых зерен. Окружные скорости молотков и величина зазора между молотками и ситом связаны между собой. Чем выше окружная скорость молотков, тем больше должен быть зазор между молотками и ситом:

скорость, м/с	60	70	80	90	100
зазор, мм	14	18	22	25	27

На производительность дробилки, степень измельчения и удельный расход энергии влияют структурно-механические свойства материалов. Различные зерновые культуры требуют для измельчения разное количество энергии. Если удельный расход энергии при измельчении овса принять за 100%, то удельный расход энергии при измельчении ячменя составит 80%, кукурузы — 57, чечевицы — 46%. Овес, имея значительное количество пленок и более пластичную структуру ядра, труднее поддается измельчению, чем ячмень, обладающий более хрупким ядром и меньшим количеством пленок.

Существенно на процесс измельчения влияет и влажность. Пластификация зерна при ее увеличении приводит к повышению затраты энергии и снижению производительности дробилки. Кроме того, при измельчении влажных продуктов в большей степени забиваются отверстия сит, что уменьшает их живое сечение и снижает производительность дробилки.

Недостатком машин ударного действия является неравномерный гранулометрический состав измельченного продукта. Наряду с крупными частицами присутствует большое количество переизмельченного про-

дукта. Проведенные эксперименты показали, что мельчение комбикорма имеет меньшую эффективность, чем животных. В то же время получение перепицемел зано с повышенным расходом энергии и снижение дробилки. Чтобы избежать этого, на некоторых комбикормах стали применять так называемый замкнутый цикл. Особенность его заключается в том, что измельченные продукты сход с которого направляют на повторное измельчение. Такая схема позволяет увеличить производительность и уменьшить расход энергии. Для повторного измельчения использовать измельчающие машины, например вальцовые стапы.

Важное значение имеет оптимальная загрузка дробилок. С увеличением повышается и расход энергии, причем рост производительности с увеличением степени загрузки дробилки происходит значительно быстрее, чем рост количества потребляемой энергии. Поэтому при оптимальном расходе энергии падает. После достижения минимального удельного расхода энергии дальнейшая загрузка приводит к его увеличению. Это позволяет создать условия для стабилизации загрузки дробилки при минимальном удельном расходе энергии. Если расход энергии (потребляемая мощность, сила тока) становится меньше или больше номинально заданного значения, то автоматическая система регулирования соответственно увеличит или уменьшит количество продукта, подаваемого в дробилку.

В настоящее время продукты измельчения из молотковых дробилок рекомендуется транспортировать пневмотранспортом. Повышенный расход воздуха охлаждает продукт, улучшает просевание его через сито дробилки, уменьшает опасность загорания и взрыва.

§ 23.4. ЛИНИИ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ

На комбикормовых заводах одновременно перерабатывают большое количество различных ингредиентов. Для непрерывного изготовления комбикормов нужна поточная подготовка всех ингредиентов, которую проводят на так называемых линиях подготовки сырья. Эти линии предназначены для переработки сырья с близкими технологическими свойствами, для которых требуются одинаковые процессы очистки, измельчения и т. д.

Количество линий подготовки зависит от ассортимента вырабатываемых комбикормов, производительности завода. Чем шире ассортимент и выше производительность завода, тем большее количество линий. В технологическую схему включают следующие линии:

- очистки и измельчения зернового сырья;
- очистки мучнистых продуктов;
- отделения пленки овса и ячменя;
- подготовки прессованных и крупнокусковых продуктов;
- подготовки сырья минерального происхождения;
- подготовки кормовых продуктов пищевых производств;
- подготовки травяной муки;
- подготовки премиксов;
- подготовки жидких ингредиентов.

На заводах большой производительности могут быть выделены отдельно линия подготовки соли и линия подготовки мела. Кроме того, выделяют не одну, а 2—3 линии зернового сырья для разных культур. На заводах небольшой производительности линию кормовых продуктов пищевых производств часто не выделяют, а переработку продуктов ведут или на линии мучнистого сырья, или на линии крупнокусковых продуктов.

Линия очистки и измельчения зернового сырья. Она служит для последовательной обработки кукурузы, ячменя, овса, проса и других зерн

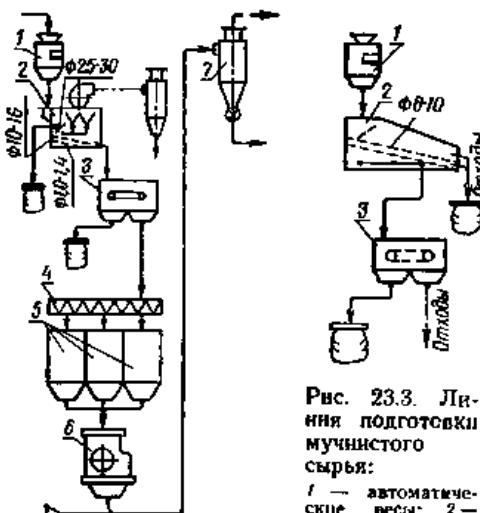


Рис. 23.2. Линия подготовки зернового сырья:

1 — автоматические весы; 2 — воздушно-ситовой сепаратор; 3 — магнитный сепаратор; 4 — распределительный шnek; 5 — бункера над дробилкой; 6 — дробилка; 7 — циклон-разгрузитель.

Рис. 23.3. Линия подготовки мучнистого сырья:

1 — автоматические весы; 2 — просеивающая машина; 3 — магнитный сепаратор.

новых культур, а также по отходам продуктов от первичной обработки зерна.

Зерновая линия включает в себя (рис. 23.2) автоматические весы, воздушно-ситовой сепаратор, магнитный сепаратор, бункера, дробилки. Если на комбикормовом заводе для измельчения применяют многоконтактные весовые дозаторы, зерновой и других линиях подачи автоматические весы не устанавливают.

При очистке зерна должно быть обеспечено максимальное выделение сорных и металломагнитных примесей. Не разрешается перерабатывать зерно, содержащее семена сорняков в количестве, превышающем пределы установленные государственным стандартом, а также сырье, в котором обнаружены трудноотделяемые примеси, частицы стекла и другие опасные для животных предметы.

В сепараторах устанавливают штампованные сите: приемные с отверстиями $\varnothing 20-30$ или $\square 12 \times 35$ мм; сортовые ($\varnothing 10-16$ мм); подсевные ($\varnothing 1,0-1,4$ или $\square 1,0-1,2 \times 20$ мм). Нижние пределы следует применять при переработке проса или чумчи.

После очистки зерна и побочных продуктов содержание металломагнитных примесей не допускается, равно как и крупных примесей (сход сите с отверстиями $\varnothing 10-16$ мм). Содержание минеральной примеси после очистки должно быть не более 0,25% для зерна и не более 1,5% для побочных продуктов. В отходах, получаемых с зерноочистительных машин, не должно быть более 2% зерна.

Для организации непрерывно-поточной подготовки ингредиентов желательно выделить несколько линий для зернового сырья. Очищенное от примесей зерновое сырье направляют на измельчение в молотковые дробилки или другие измельчающие машины. Измельчение, если нет каких-либо специальных требований к крупности размолотого продукта, проводят до крупности рассыпного комбикорма, установленного стандартом для данного вида продукции.

Линия очистки мучнистых продуктов. Она служит для выделения примесей (обрывков веревок, тряпок, щепок, металломагнитных примесей) из отрубей, мучки, при необходимости из травяной, хвойной муки и т. д. Схема линии очистки мучнистых продуктов включает автоматические весы для учета поступающего продукта, просеивающую машину, магнитный сепаратор (рис. 23.3). Для просеивания мучнистых продуктов используют рассевы, бураты, ситовые сепараторы. В просеивающих машинах применяют штампованные или металлотканые сите с размером отверстий $\varnothing 5-8$ мм. В настоящее время стали широко использовать малогабаритный центробежный просеиватель производительностью до 20 т/ч.

Линия отделения пленки овса и ячменя. Для некоторых видов животных и птиц (для поросят, цыплят и др.) требуется вводить в корма ингредиенты, отличающиеся высокой питательностью, такие как овес и ячмень. Но нешелущенные овес и ячмень содержат клетчатку, кроме того, при размоле получают пленки, имеющие фор-

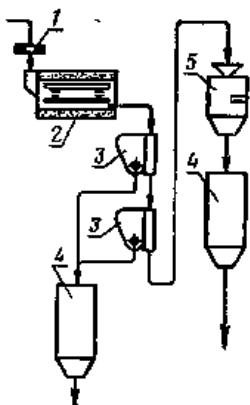


Рис. 23.4. Линия отделения пленки овса и ячменя:

1 — магнитное заграждение; 2 — обечайная машина; 3 — аспиратором; 4 — бункера; 5 — автоматические весы.

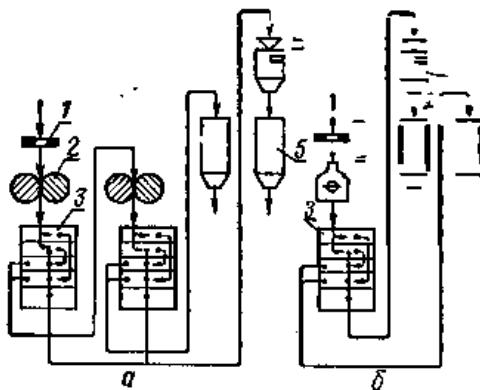


Рис. 23.5. Схема отделения пленок овса и ячменя с предварительным дроблением:

а — в валкоцовых станках; 1 — магнитное заграждение; 2 — валкоцовые станки; 3 — рассев; 4 — автоматические весы; 5 — бункера; б — в молотковой дробилке; 1 — магнитное заграждение; 2 — молотковая дробилка; 3 — рассев; 4 — автоматические весы; 5 — бункера.

острых игл, представляющих опасность для здоровья животных и птиц. Поэтому в рацион для них вводят шелущенные продукты овса и ячменя.

В настоящее время на комбикормовых заводах пленки отделяют двумя способами:

- шелушение овса и ячменя с последующим отсеиванием пленок;
- измельчение ячменя с последующим выделением пленок.

По первой схеме овес и ячмень шелушат в обечайных машинах со стальным цилиндром. Зерно от примесей очищают так же, как и зерновое сырье. Некоторое отличие заключается в том, что в воздушно-ситовом сепараторе наряду с выделением примесей отделяют мелкую фракцию зерна проходом сита с отверстиями размером $2,2 \times 20$ мм. Для шелушения используют крупную фракцию, полученную склоном с этого сита.

Зерно, предназначенное для шелушения, очищают на специально выделенных машинах или на линии зернового сырья с последующим накоплением в оперативном бункере. Для лучшего отделения пленок продукт два раза шелушат в обечайных машинах с абразивным цилиндром или в обечайной машине с внутренней поверхностью из угловой стали 25×25 мм (рис. 23.4). Окружную скорость бичей принимают в пределах $20-27$ м/с, а расстояние от кромки бичей до рабочей поверхности $20-25$ мм.

Пленки из смеси зерна с ядром отделяют в пневмосепараторах или аспираторах. Для выделения оставшихся нешелущенных зерен можно использовать триеры с диаметром ячеек $8-9$ мм. Выделенное ядро направляют в бункера над дробилками, нешелущеное зерно — на повторное шелушение или присоединяют к мелкой фракции овса и вместе с ней подают в переработку, преимущественно в комбикорма для крупного рогатого скота.

Вторую схему применяют главным образом для шелушения ячменя (рис. 23.5). Предварительно очищенный от примесей ячмень с объемной массой не менее 605 кг/ м^3 измельчают путем однократного прохождения через молотковую дробилку, в которой установлены сите с отверстиями $\varnothing 3-4$ мм, с последующим просеиванием для отделения пленок. Пленки отбирают склоном с сите с отверстиями $\varnothing 2-3$ мм, а проход представляет собой основной продукт — измельченное ядро. В качестве просеивающих машин используют рассевы и бичевые машины.

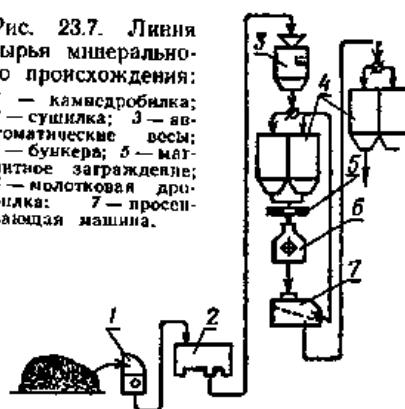
Рис. 23.6. Линия прессованных и крупнокусковых продуктов:

1 — жмыхоломач; 2 — автоматические весы; 3 — магнитный сепаратор; 4 — бункера; 5 — молотковая дробилка.



Рис. 23.7. Линия сырья минерального происхождения:

1 — камнедробилка; 2 — сушилка; 3 — автоматические весы; 4 — бункер; 5 — магнитное заграждение; 6 — молотковая дробилка; 7 — просеивающая машина.



Для измельчения зерна можно использовать также вальцовые станки, имеющие на вальцах 4—6 рифлей на 1 см при уклоне 4—6%. Отношение окружных скоростей вальцов 2,5. Для лучшего отделения ядр надо два раза пропустить продукт через станки.

Каждая из рассмотренных схем имеет свои достоинства и недостатки. При шелушении в обоечных машинах полученное ядро содержит меньше клетчатки, выход его также несколько выше. В то же время производительность обоечных машин при шелушении овса и ячменя сравнительно невысока. Вторая схема имеет большую производительность.

Независимо от применяемой схемы выход дробленого ядра должен достигать при переработке овса 50%, ячменя 70%. В ядре ограничивается содержание клетчатки — не более 5,3%.

В настоящее время для шелушения пленчатых продуктов разрабатывают новые машины, имеющие более высокую производительность и эффективность. Кроме того, продолжают опыты по использованию нешелущенного ячменя в рационах некоторых животных вместо шелушеного зерна. Доказана эффективность такой замены, например, для поросят. Нешелущенный ячмень требуется размалывать тонко, чтобы остаток на сите с отверстиями Ø 2 мм был не более 10%. Несмотря на повышенное содержание клетчатки, комбикорм, содержащий нешелущенный ячмень, оказался более эффективным. Возможность использования муки из нешелущенного ячменя упростит технологическую схему, позволит отказаться от линии шелушения пленчатых культур.

Линия подготовки прессованных и крупнокусковых продуктов. Она предназначена для переработки жмыхов, кукурузы в початках, некоторых продуктов, поставляемых в виде брикетов, например кормов животного происхождения и т. д., требующих двукратного измельчения.

Схема линии включает дробилку для крупного дробления — жмыхоломач, молотковую дробилку. После измельчения в жмыхоломаче получают частицы размером не более 20—30 мм (рис. 22.6). Затем после взвешивания в автоматических весах и выделения металломагнитных примесей продукты окончательно измельчаются в молотковой дробилке.

Линия подготовки сырья минерального происхождения. Она предназначена для сушки, измельчения и просевания поваренной соли, мела, ракушечной крупы, фосфатов и др. (рис. 23.7). Некоторые из них, например мел, часто имеют высокую влажность, при которой продукт становится трудносыпучим. Другие, например соль, отличаются высокой гигроскопичностью, быстро впитывают влагу из воздуха и также теряют сыпучесть. Плохосыпучим мел становится при влажности более 8%. Соль — более 2%. Поэтому на линии обязательно устанавливают сушилку.

Рис. 23.8. Линия кормовых продуктов пищевых производств:
1 — автоматические весы; 2 — магнитный сепаратор; 3 — просеивающая машина;
4 — бункер; 5 — молотковая дробилка.

В настоящее время на комбикормовых заводах применяют барабанные сушилки, в которых сушка проводится смесью продуктов горения жидкого топлива с воздухом.

Для мела начальная температура агента сушки 450°C , конечная $100—120^{\circ}\text{C}$, для соли соответственно 175 и 70°C . Соль и мел сушат до влажности около 1% .

Барабанные сушилки устанавливают в отдельных помещениях или складах. Высушенные соль и мел взвешивают и через магнитные сепараторы направляют в молотковую дробилку.

Несмотря на то, что мел и соль поступают на комбикормовые заводы в основном в измельченном виде, в некоторых случаях они могут содержать крупные куски и слеживаться. Поэтому желательно на линии подготовки сырья минерального происхождения установить после сушилки камнедробилку. После измельчения продукты просеивают в машинах, в которых для соли устанавливают сита с отверстиями $\varnothing 0,8$ мм или № 080.

Известняк размалывают так, чтобы продукты размола проходили через сито № 045. Сход с него направляют на повторное измельчение. Для предотвращения слеживания соли в ее добавляют $15—20\%$ мела или шрота. В этом случае соль может длительное время находиться в бункерах.

Для заводов большой производительности (свыше 600 т/сутки) рекомендуется иметь две самостоятельные линии для соли и мела (за исключением сушилок).

Линия подготовки кормовых продуктов пищевых производств (рис. 23.8). На этой линии очищают, сортируют и измельчают такие виды сырья, как сущеный жом, сущеная барда, сухие кукурузные корма, шроты, мясо-костную, рыбную, житовую муку, сухие кормовые дрожжи и другие подобные продукты.

Очистку и сортирование продуктов проводят в ситовых сепараторах и других машинах. Для отделения крупных примесей устанавливают штампованные сита с отверстиями $\varnothing 15—20$ мм, сход с них направляют в некормовые отходы. В сходе должно быть не более 2% годного продукта. Второе сито (отверстия $\varnothing 3—6$ мм) служит для разделения продукта на крупную и мелкую фракции, причем крупную, получаемую сходом, после измельчения в молотковой дробилке соединяют с мелкой фракцией, получаемой проходом сита.

Линия подготовки травяной муки. В настоящее время на комбикормовые заводы поступает в основном травяная мука в таре. После расшивки мешков травяную муку пневмотранспортом передают в производственный корпус, очищают от металломагнитных примесей, взвешивают и направляют в производство (рис. 23.9).

Если на завод поступает сено в тюках, то необходимо оборудование для снятия проволоки с тюков, разрыхления и измельчения. Сено измельчают в дробилках, в которых установлены сита с размером отверстий $25—35$ мм.

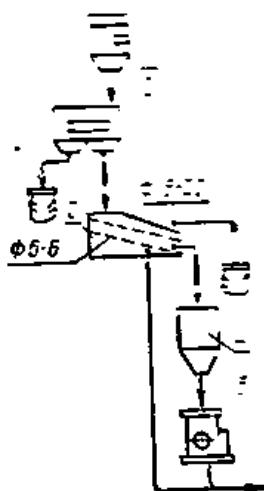


Рис. 23.9. Линия подготовки травяной муки:
1 — пневмотранспортер для подачи муки; 2 — циклон-разгрузитель; 3 — магнитный сепаратор; 4 — автоматические весы; 5 — бункера.

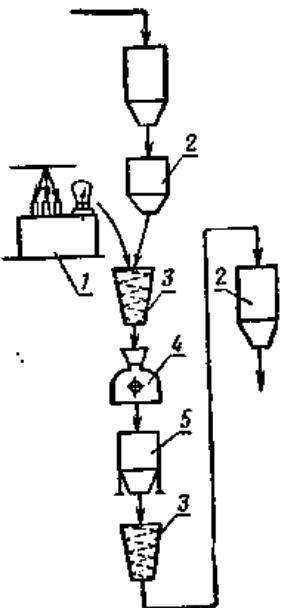


Рис. 23.10. Линия приготовления премиксов:
1 — лабораторные весы; 2 — бункера; 3 — смесители; 4 — молотковая дробилка; 5 — просеивающая машина.

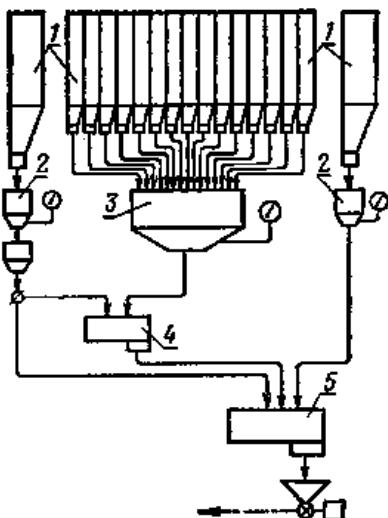


Рис. 23.11. Линия приготовления премиксов на Ленинградском комбикормовом заводе:
1 — бункера; 2 — весовые дозаторы; 3 — многокомпонентный весовой дозатор; 4 — смеситель емкостью 100 кг; 5 — смеситель емкостью 500 кг.

Линия подготовки премиксов. Их можно выработать непосредственно на заводах, производящих комбикорма, или в специализированных цехах.

Промышленное производство премиксов на специализированных предприятиях более перспективно, и они имеют лучшее качество, но часть их тем не менее производят на комбикормовых заводах. Это можно объяснить недостатком промышленного производства, дальним расстоянием заводов, производящих премиксы, от комбикормовых заводов, в отдельных случаях специальными требованиями к составу премиксов и т. д.

Схема приготовления премиксов (рис. 23.10) включает серийное оборудование: смесители, дробилку, просеивающую машину. Микродобавки в необходимом количестве засыпают вместе с половиной расчетного количества наполнителя (отруби, шрот) в первый смеситель, где они перемешиваются в течение 15—20 мин. После перемешивания смесь измельчают в дробилке с ситами, размер отверстий которых $\varnothing 1,0$ — $1,2$ мм.

После измельчения смесь просеивают в машине на ситах с отверстиями $\varnothing 1$ мм, а проход направляют во второй смеситель. Сход сита возвращают на повторное дробление до полного измельчения. Во второй смеситель добавляют также оставшийся наполнитель и после перемешивания в течение 20 мин получают готовые премиксы в количестве 50—60 кг (что соответствует емкости смесителя).

Производительность такой линии невелика, для заводов большой мощности количество премиксов недостаточно, поэтому часто на заводах создают линии большей производительности с использованием типового или специально изготовленного оборудования.

На Ленинградском комбикормовом заводе премиксы приготавливают по несколько иной схеме. Рассматриваемая схема применима для выработки смеси из хорошо подготовленных ингредиентов. Только

после сушки, дополнительного дробления и просеивания микроэлементы (витамины, антибиотики) поступают на линию производства премиксов (рис. 23.11).

Все подготовленные микроингредиенты засыпают вручную в 15 бункеров установки карусельного типа, каждый бункер снабжен вибропитателем. Поочередно из каждого бункера на весах отвешивается нужная порция микродобавок, которые поступают в смеситель периодического действия емкостью 100 кг. В него подают также часть наполнителя.

Схема предусматривает возможность добавления в премиксы соли или мела. Окончательно смещивают в смесителе периодического действия емкостью 500 кг. В смеситель из бункера подают наполнитель, необходимое количество которого отвешивают в 50-килограммовых автоматических весах. Кроме того, в смеситель направляют соль или мел из бункера для сырья минерального происхождения. Нужное количество соли или мела отвешивается в автоматических весах.

Общая масса смеси не должна превышать 500 кг. После перемешивания готовые премиксы направляют на главную линию дозирования. Весь процесс приготовления смеси ведут в автоматическом режиме, управление — с центрального пульта, программу задают перфокартами или вручную.

Линия подготовки жидкого ингредиента. Основными жидкими ингредиентами в комбикормовой промышленности являются меласса и жир. Кроме повышения питательной ценности комбикормов, жидкие ингредиенты уменьшают потери комбикорма от распыла, улучшают его вкусовые качества, снижают стоимость. Температура плавления жира, как правило, не ниже 30 °C, поэтому в установках для ввода жиров предусматривают подогрев. Для снижения вязкости подогревают также и мелассу.

Ввод жира в комбикорма. Типовая установка Бб-ДСЖ (рис. 23.12) для ввода жира включает смеситель непрерывного действия, накопительный и расходный баки, жиротопку, электроталь с захватным устройством, насосное оборудование, устройство для измерения расхода жира.

Жир поступает обычно в бочках, которые захватываются электроталем и опускаются открытым днищем на цилиндрический нагреватель, жир нагревается и вытекает в накопительный бак емкостью 9 м³. В бак встроен трубчатый подогреватель, температура пара в котором автоматически поддерживается в заданных пределах.

Из накопительного бака жир подается насосом в расходный бак емкостью 1 м³, имеющий паровую рубашку для подогрева продукта до температуры 70—80 °C. Внутри бака находится мешалка, обеспечи-

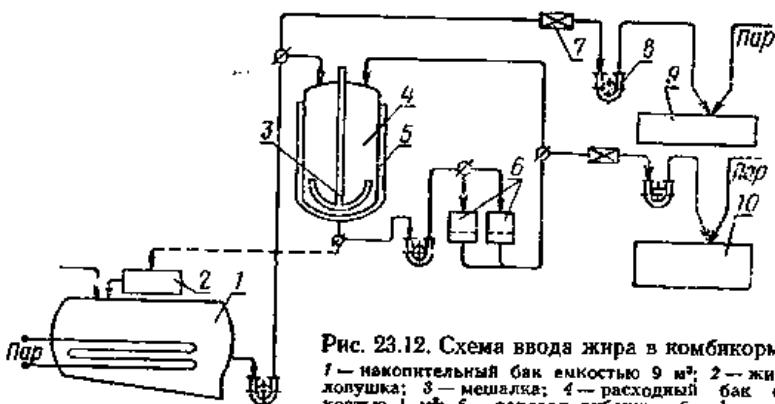


Рис. 23.12. Схема ввода жира в комбикорма:

1 — накопительный бак емкостью 9 м³; 2 — жиротопка; 3 — мешалка; 4 — расходный бак емкостью 1 м³; 5 — паровая рубашка; 6 — фильтры; 7 — расходомер; 8 — насос-дозатор; 9 — пресс; 10 — смеситель Бб-ДСЖ.

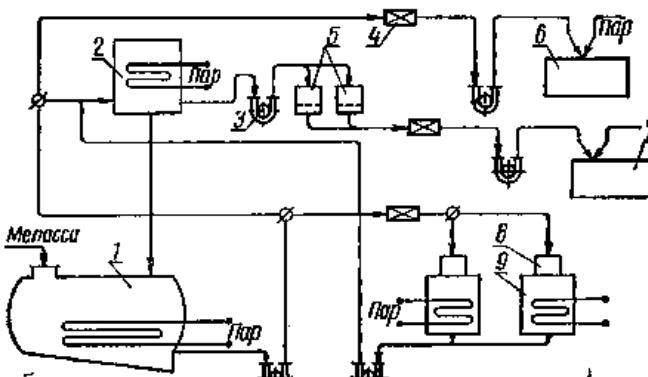


Рис. 23.13. Схема мелассирования комбикормов:

1 — накопительный бак емкостью 9 м³; 2 — бак-подогреватель емкостью 2 м³; 3 — насос; 4 — расходомер; 5 — фильтры; 6 — пресс; 7 — смеситель Бб-ДАБ; 8 — растворитель-подогреватель мелассы — карбамида; 9 — смеситель мелассы — карбамида.

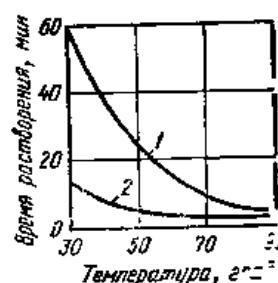


Рис. 23.14. График растворения:

1 — карбамида в мелассе;
2 — карбамида в воде.

вающая равномерный прогрев продукта. Бак оборудован электроприводом с сигнализаторами верхнего и нижнего уровней.

Из расходного бака через фильтры-ловушки жир поступает в смеситель. Подачу жира регулируют насосом-дозатором. Разбрызгивание жира в смесителе производится паром. Количество комбикорма, подаваемого в смеситель, регулируют шнеком-дозатором. Установка для ввода жира обеспечивает производительность по готовому продукту до 10 т/ч при вводе жира в количестве от 0,5 до 10%.

Жир можно подавать также в пресс для обогащения гранулированных комбикормов. Введение жира в количестве до 3% позволяет снизить расход электроэнергии в среднем на 20% и увеличить производительность пресса в среднем на 30%.

Жир в количестве до 6% может быть подан также в смеситель периодического действия. С целью лучшего распределения жира рекомендуется его подавать в смеситель через обогреваемую перфорируемую трубу, которая находится под крышкой смесителя. Так как в него подается определенная порция жира, то для дозирования применяют обогреваемый мерный бачок.

Мелассирование комбикормов. Процесс мелассирования заключается в равномерном распределении мелассы в смеси продуктов при смешивании. Существует два способа ввода мелассы в комбикорма — холодный (без подогрева) и с подогревом.

При температуре 20°C меласса представляет собой густую влажную жидкость, а при 10—15°C она практически застывает. Подогрев мелассы до температуры 50—60°C значительно уменьшает ее вязкость. Подогретая меласса легко перекачивается по трубопроводам, легко разбрызгивается форсунками и распределяется в комбикорме. Поэтому метод мелассирования с подогревом получил наибольшее распространение.

В настоящее время для мелассирования применяют специальную установку Бб-ДАБ производительностью до 30 т/ч (рис. 23.13). В накопительном баке емкостью 9 м³ меласса подогревается паровым змеевиком до заданной температуры. Затем насосом перекачивается в бак-подогреватель емкостью 2 м³ и насосной установкой с двумя фильтрами и насосом подается в смеситель Бб-ДАБ. Расход мелассы учитывается индукционным расходомером. Мелассу можно, минуя бак-подогреватель, направить в пресс ДГ-1.

Наряду с вводом мелассы можно также обогащать комбикорм карбамидом, предварительно растворив его в мелассе. Ввод сухого карбамида сопряжен с некоторыми трудностями.

Для растворения карбамида в мелассе применяют специальную установку. Сначала карбамид растворяют в горячей воде при соотношении 1:1 (рис. 23.14). Растворенный в воде карбамид затем смещивают с мелассой в смесителе. Перемешивание подогретой мелассы с раствором карбамида осуществляют механической мешалкой. Из смесителя растворенный в мелассе карбамид насосом подают в бак-подогреватель.

Некоторые зарубежные фирмы рекомендуют так называемое холодное мелассирование, при котором мелассу не подогревают. Утверждается, что комбикорм, в который введена неподогретая меласса, обладает лучшей сыпучестью в результате того, что мельчайшие капельки мелассы обволакиваются частицами комбикорма.

При вводе значительных количеств жира и мелассы комбикорма теряют сыпучесть, слеживаются в силосах при хранении уже в течение нескольких суток. Поэтому более целесообразно вводить жидкие ингредиенты непосредственно при отпуске комбикормов. Для этого спроектированы специальные установки, имеющие сравнительно большую производительность (30 т/ч и выше).

§ 23.5. ПРОИЗВОДСТВО ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ

Гранулированные комбикорма вырабатывают главным образом для птиц и рыб, но в последнее время их начали производить и для крупного рогатого скота, овец, свиней, лошадей, кроликов и т. д. Гранулированные комбикорма выпускают из рассыпных, часто с добавлением жидких ингредиентов, которые, являясь связующими веществами, также повышают питательную ценность комбикорма.

Размеры гранул зависят от вида и возраста животных, способов кормления. Для цыплят в возрасте до восьми недель, а также для индюшат, утят, молодняка рыб рекомендуются гранулы диаметром до 2,4 мм, для цыплят и бройлеров старше восьми недель — Ø 3,2 мм, для взрослых бройлеров — Ø 4,0 мм, для кур-несушек, уток, взрослых рыб — Ø 4,8 мм, для кроликов, овец, телят — Ø 6,4 мм, для крупного рогатого скота, свиней, лошадей — Ø 9,5—15,9 мм, для крупного рогатого скота при кормлении методом разбррасывания — Ø 19 мм.

После прессования комбикорма полученные гранулы охлаждают и для отделения мелких фракций просеивают в специальных машинах.

Производство крупки из гранул. Для молодняка кур и других птиц требуются гранулы Ø 2—3 мм. Однако вырабатывать их на прессах экономически невыгодно, так как производительность пресса сильно снижается, процесс становится нестабильным, матрицы часто забиваются продуктом. Поэтому мелкие гранулы обычно не вырабатывают, а измельчают гранулы Ø 5—8 мм в крупку размером от 1 до 4 мм.

При получении крупки важное значение имеют ее выход и образование мелкой мунистой фракции, которую возвращают на повторное прессование, что приводит к снижению производительности установки. Поэтому при нормальном процессе измельчения выход мелкой мунистой фракции не должен превышать 30%.

Гранулы измельчают в специальных вальцовых измельчителях. На вальцах парезают взаимно перпендикулярные рифли, на медленновращающемся — кольцевые с шагом рифлей 2,8—3,2 мм, на быстрорращающемся — продольные с тем же шагом. Правилами организации и ведения технологического процесса разрешается также использовать обычную нарезку плотностью 2,0—2,8 рифли на 1 см окружности вальца. Однако проведенные в МТИПП исследования показали, что такая нарезка дает значительно худшие результаты, чем взаимно перпендикулярная. Отношение окружных скоростей вальцов принимают 1,5, хотя исследования показали, что лучшие результаты дает отношение 2,5—3,0.

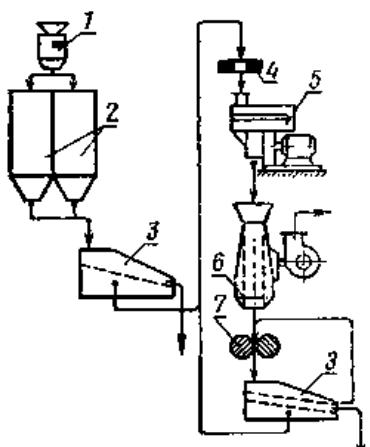


Рис. 23.15. Схема производства гранулированных комбикормов в виде крупки:

1 — автоматические весы; 2 — бункер; 3 — просеивающие машины; 4 — магнитное заграждение; 5 — пресс-гранулятор; 6 — охладитель; 7 — измельчитель гранул.

В производстве гранулированного комбикорма сухим способом для рыб значительное внимание уделяют повышению их водостойкости путем введения связующих веществ, покрытия гранул водозащитными пленками и др. Применение таких связующих веществ, как казеин, альбумин крови и т. п., позволяет получить более плотные, медленно распадающиеся в воде гранулы.

Кроме введения связующих веществ, можно применять водозащитные покрытия из жира, клея, поливинилового спирта, крахмала, метицелллюззы. Расход веществ, образующих водозащитную пленку, составляет от 2 до 8% к массе комбикорма. Водозащитные покрытия наносят разными способами, например жир на поверхность гранул наносят методом разбрзгивания, а пленку поливинилового спирта — путем орошения в специальной камере с последующим высушиванием в вибрационных сушилках.

§ 23.6. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНГРЕДИЕНТОВ

Для повышения питательной ценности и усвояемости ингредиентов, в первую очередь зерновых, их можно подвергать специальной тепловой и механической обработке.

Механическая обработка заключается в расплющивании зерна превращении его в хлопья. Высокое давление, используемое при плоскении, вызывает разрушение клеточной структуры зерна, что приводит к повышению его усвояемости.

Вторым способом обработки является пропаривание зерна, причем некоторые зарубежные фирмы применяют пропаривание как целого, так и измельченного зерна. В результате этого происходит клейстеризация крахмала, что повышает его атакуемость ферментами и, следовательно, питательность.

Некоторые зарубежные фирмы для повышения питательности и улучшения вкусовых достоинств применяют специальную обработку ячменя, заключающуюся в поджаривании в специальных агрегатах периодического действия. По заявлению представителей таких фирм в результате обжаривания увеличивается количество декстринов вследствие гидролиза крахмала. Однако проведенные Всесоюзным научно-исследовательским институтом по разведению и механизации сельского хозяйства (ВНИИСХ) в 1970 г. исследования показали, что обработка ячменя в специальных агрегатах не повышает питательность ячменя.

Повышению выхода крупки способствует использование мелкого комбикорма для гранул. По данным Большевского комбикормового завода, при измельчении гранул из мелкого (просеянного) комбикорма выход крупки на 10—15% выше, чем из непросеянного. Кроме того, при гранулировании такого комбикорма производительность прессов выше на 20%.

По технологической схеме при просеивании измельченных гранул получают три продукта (рис. 23.15). Сходом нижнего сита просеивающей машины идет основной продукт — крупка, проходом нижнего сита — мелкая мучнистая фракция, направляемая на повторное прессование. Сходом с верхнего сита выделяют крупную фракцию и немельченные гранулы, которые повторно измельчают. Опытами установлено, что повторное измельчение крупной фракции также повышает выход крупки на 3—5%.

Повышение водостойкости гранул.

Продолжение

При производстве гранулированного комбикорма сухим способом для рыб значительное внимание уделяют повышению их водостойкости путем введения связующих веществ, покрытия гранул водозащитными пленками и др. Применение таких связующих веществ, как казеин, альбумин крови и т. п., позволяет получить более плотные, медленно распадающиеся в воде гранулы.

Кроме введения связующих веществ, можно применять водозащитные покрытия из жира, клея, поливинилового спирта, крахмала, метицелллюззы. Расход веществ, образующих водозащитную пленку, составляет от 2 до 8% к массе комбикорма. Водозащитные покрытия наносят разными способами, например жир на поверхность гранул наносят методом разбрзгивания, а пленку поливинилового спирта — путем орошения в специальной камере с последующим высушиванием в вибрационных сушилках.

§ 23.6. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНГРЕДИЕНТОВ

Для повышения питательной ценности и усвояемости ингредиентов, в первую очередь зерновых, их можно подвергать специальной тепловой и механической обработке.

Механическая обработка заключается в расплющивании зерна превращении его в хлопья. Высокое давление, используемое при плоскении, вызывает разрушение клеточной структуры зерна, что приводит к повышению его усвояемости.

Вторым способом обработки является пропаривание зерна, причем некоторые зарубежные фирмы применяют пропаривание как целого, так и измельченного зерна. В результате этого происходит клейстеризация крахмала, что повышает его атакуемость ферментами и, следовательно, питательность.

Некоторые зарубежные фирмы для повышения питательности и улучшения вкусовых достоинств применяют специальную обработку ячменя, заключающуюся в поджаривании в специальных агрегатах периодического действия. По заявлению представителей таких фирм в результате обжаривания увеличивается количество декстринов вследствие гидролиза крахмала. Однако проведенные Всесоюзным научно-исследовательским институтом по разведению и механизации сельского хозяйства (ВНИИСХ) в 1970 г. исследования показали, что обработка ячменя в специальных агрегатах не повышает питательность ячменя.

вательским институтом комбикормовой промышленности опыты показали, что обжаривание ячменя не вызывает значительного увеличения количества декстринов. В то же время предлагаемое ВНИИКП пропаривание с последующим обжариванием приводит к образованию до 20% декстринов.

Зоотехническими опытами показана высокая эффективность скармливания животным комбикорма, содержащего до 50% пропаренного и поджаренного ячменя. В то же время только поджаренный ячмень (без пропаривания) практически никаких дополнительных преимуществ комбикорму не дает.

В США был испытан комбинированный метод обработки, заключающийся в пропаривании зерна с последующим плющением. Это позволяет лучше использовать зерно по сравнению с дроблением и сухим плющением.

Тепловую обработку применяют не только для повышения питательной ценности комбикорма, но и для обеззараживания ингредиентов.

На некоторых зарубежных комбикормовых заводах используют так называемую микронизацию зернового сырья, сущность которой заключается в специальной обработке зерна интенсивным тепловым излучением, например инфракрасным. В результате обработки зерно по всему сечению претерпевает изменения, аналогичные тем, что наблюдаются при обжаривании.

На комбикормовых заводах начинают применять специально приготовленные карбамидные концентраты. Использование обычного карбамида имеет определенные трудности технологического и зоотехнического порядка.

Высокая гигроскопичность карбамида не позволяет вводить его в сухом виде, а подача в растворенном также связана с некоторыми трудностями.

В пищеварительных органах животных карбамид в излишних количествах может быть токсичным.

В настоящее время промышленность выпускает карбамидный концентрат, получаемый методом экструзии из смеси измельченного зерна (70—75%), карбамида (20—25%) и бентонита (5—10%). Смесь обрабатывают в специальных аппаратах — экструдерах, в которых при высоком давлении и температуре выпрессовывают тестообразный продукт. Карбамид в экструдере связывается с крахмалом и бентонитом. Поэтому

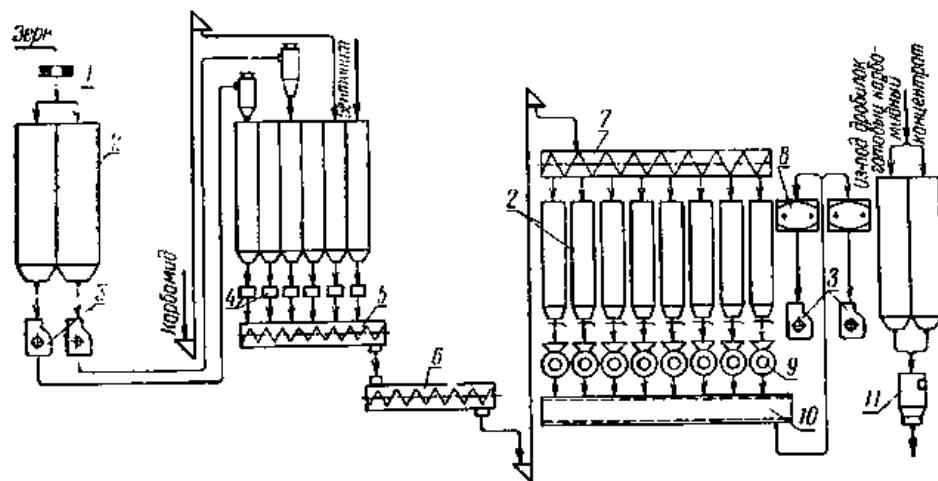


Рис. 23.16. Схема производства карбамидного концентрата:

1 — магнитное заграждение; 2 — бункера; 3 — дробилки; 4 — дозаторы; 5 — сборный шnek; 6 — смеситель; 7 — распределительный шnek; 8 — охладитель; 9 — экструдер; 10 — цепной транспортер; 11 — выбойный аппарат.

мь отсутствует самосортирование продукта, находящийся в концентрате карбамид медленно высвобождается в желудке животных, используется микроорганизмами практически полностью и не является токсичным.

Схема производства карбамидного концентрата включает размол зерна, смешивание его с карбамидом и бентонитом, обработку в экструдерах, охлаждение и размол в молотковых дробилках с ситами с отверстиями Ø 5—8 мм (рис. 23.16).

§ 23.7. ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ

Принципиальная схема производства комбикормов (рис. 23.17). Из склада сырья ингредиенты, предназначенные для производства комбикорма, транспортерами (чаще скребковыми), шнеками, нориями, пневмотранспортерами передают в производственный корпус. Ингредиенты обрабатывают на предназначенных для них линиях подготовки. Очищенные от примесей и, если нужно, измельченные или шелушеное сырье передают в бункера над дозаторами, число которых должно быть не меньше, чем число ингредиентов, входящих в состав комбикорма. Каждый ингредиент направляют в отдельный бункер. Так как количество ингредиентов обычно превышает количество линий подготовки, то на одной и той же линии последовательно перерабатывают по 2—3 и более ингредиентов с близкими технологическими свойствами. Поэтому для обеспечения непрерывно-поточного производства требуется соответствующая буферная емкость над дозаторами. В настоящее время признано целесообразным иметь над дозаторами бункера, емкость которых обеспечивает работу завода в течение одной смены.

В результате дозирования и смешивания ингредиентов получают рассыпные комбикорма, которые могут быть переданы в склад готовой продукции или для последующей обработки — гранулирования, мелассированию. Гранулированию подлежат или все комбикорма, или какая-то часть. То же относится и к мелассированию. Жидкие ингредиенты можно вводить как в основном смесителе, так и в специальных установках. Кроме того, иногда жидкие ингредиенты непосредственно вводят в комбикорма при их отпуске потребителю, т. е. в складе готовой продукции.

При производстве полпорционных брикетированных комбикормов их прессуют обычно в специальном цехе. В этот цех подают измельченное сено или солому, а также мелассу.

Хранят рассыпные комбикорма и гранулированные в основном в силосных складах, отгружают бестарным способом в автокормовозы или другие транспортные средства. Кроме того, часть комбикормов, особенно специального назначения, выпускают в таре, часто БВД и практически всегда премиксы.

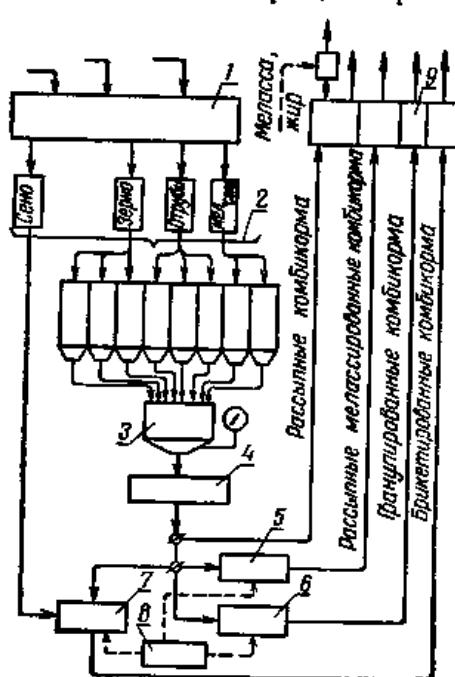


Рис. 23.17. Принципиальная схема производства комбикормов:

- 1 — хранилище сырья;
- 2 — очистка, шелушение, измельчение сырья;
- 3 — дозирование;
- 4 — смешивание;
- 5 — мелассирование;
- 6 — гранулирование;
- 7 — брикетирование;
- 8 — меласса, жир;
- 9 — хранение комбикормов.

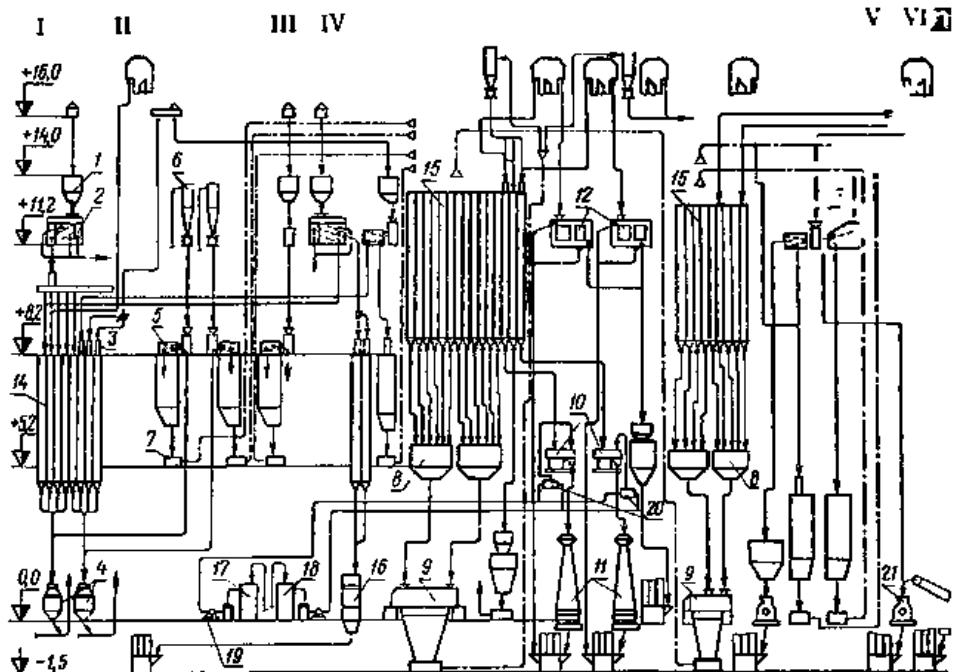


Рис. 23.18. Типовая технологическая схема комбикормового завода производительностью 400 т/сутки

1 — автоматические весы; 2 — воздушно-ситовой сепаратор; 3 — магнитный сепаратор; 4 — дробилки; 5 — просеивающая машина АІ-БЦП; 6 — циклон-разгрузитель; 7 — питатель аэрозольтранспортеров; 8 — многоомоноподные весовые дозаторы; 9 — смесители; 10 — пресс-гранулятора ДГ-1; 11 — охладители ДГ-11; 12 — просеиватели для гранул; 13 — просеиватель; 14 — бункера для зернового сырья; 15 — наддозаторные бункера; 16 — машина для шелушения овса и ячменя; 17 — бак для жира; 18 — бак для мелассы; 19 — насосы; 20 — насосы-дозаторы; 21 — дробилка; I — зерновая линия; II — линия отходов пищевых производств; III — линия мукистого сырья; IV — линия шелушения; V — линия сырья минерального происхождения; VI — линия трудносыпучих ингредиентов.

Технологическая схема комбикормового завода производительностью 400 т/сутки. Ее строят, исходя из производительности завода, ассортимента вырабатываемой продукции, разнообразия рецептов. Технологический процесс должен обеспечить непрерывно-поточное производство комбикормов независимо от количества ингредиентов, их соотношения, рецептуры и т. д.

Схема технологического процесса (рис. 23.18) включает следующие линии подготовки: зерновую, мукистого сырья, жмыхов и гранулированного сырья, шелушения овса и ячменя, сырья минерального происхождения, трудносыпучих ингредиентов. Особенностью схемы является наличие линий предварительного дозирования и смешивания трудносыпучих ингредиентов и сырья минерального происхождения. Схема предусматривает производство как рассыпных, так и гранулированных комбикормов, а также ввод жидких ингредиентов (мелассы и жира).

На линии зернового сырья зерно очищают в воздушно-ситовых сепараторах, магнитных колонках, измельчают в молотковых дробилках АІ-ДДР по замкнутому циклу. Продукты проссивают в центробежных просеивателях АІ-БЦП. Сход сит возвращают на повторное измельчение, а проход, представляющий собой подготовленный продукт, аэрозольтранспортом направляют в бункера над дозаторами. Наличие бункеров над дробилками и двух дробилок позволяет измельчать одновременно, если это необходимо, два ингредиента.

Предварительно измельченный жмых или гранулированное сырье также направляют в дробилки АІ-ДДР по схеме, аналогичной схеме дробления зернового сырья.

Мучнистое сырье просеивают в центробежном просеивателе, классифицируют в магнитных колонках и аэрозольтранспортом передают в бункера над дозаторами.

Овес или ячмень перед шелушением подвергают очистке в воздуно-ситовом сепараторе, где выделяют примеси, а зерно разделяют на крупную и мелкую фракции. Для получения зерна без пленок используют крупную фракцию — сход сита с отверстиями размером 2,2×20 мм. Шелушение зерна предусмотрено в машине АИ-ДШО. Ядро подают в бункера, установленные над дробилками.

Рассматриваемая технологическая схема включает линию предварительного дозирования и смешивания трудносыпучих ингредиентов сырья минерального происхождения. Их вводят в комбикорма в сравнительно небольших количествах. Предварительную смесь указанных продуктов составляют в многокомпонентных весовых дозаторах меньшей грузоподъемности, чем на главной линии дозирования. Это повышает точность дозирования трудносыпучих и минеральных ингредиентов. Кроме того, предварительное смешивание способствует их лучшему распределению в комбикормах.

Сыре минерального происхождения подготавливают путем его измельчения и просеивания. Сушку и предварительное измельчение проводят в складе сырья. Подготовка трудносыпучих ингредиентов заключается в просеивании схода с машины АИ-БЦП и измельчении его в молотковой дробилке. Предварительное дозирование трудносыпучих ингредиентов проводят в двух многокомпонентных весовых дозаторах грузоподъемностью 1000 и 100 кг.

В схеме предусмотрена возможность направления ингредиентов с линии зернового, мучнистого, гранулированного сырья и жмыхов в бункера над дозаторами. После предварительного дозирования и смешивания смесь ингредиентов из смесителя СГК-1 подают в бункера линии основного дозирования и смешивания. На этой линии установлено два многокомпонентных весовых дозатора. Как видно, здесь не применяются весы малой грузоподъемности, используемые для дозирования ингредиентов, входящих в состав комбикормов в малых количествах. Такие ингредиенты, как отмечено выше, дозируются на линии предварительного дозирования и смешивания.

После смешивания ингредиентов в смесителе СГК-2,5 готовый распыльный комбикорм может быть направлен или на гранулирование, или в склад готовой продукции. Гранулируют комбикорм в двух пресс-ДГ. Гранулы после охлаждения или, если необходимо, измельчения сортируют в двух просеивающих машинах. Гранулированный комбикорм, после взвешивания передают в склад готовой продукции.

Технологическая схема предусматривает ввод в гранулированный комбикорм мелассы и жира. Схема не предусматривает линии приготовления премиксов, так как предполагается использование готовых премиксов на линии предварительного дозирования и смешивания.

Особенности отдельных технологических схем. На некоторых комбикормовых заводах осуществлена схема непрерывно-поточного производства комбикормов, при которой лучше используется оборудование, сокращаются потери времени, связанные с последовательностью подачи одних и тем же линиям различных продуктов.

Основной особенностью такой схемы является ряд линий предварительного дозирования и смешивания различных ингредиентов, объединенных по признакам общности технологических свойств.

Зерновые культуры из оперативных бункеров несколькими параллельными потоками подают в бункера над многокомпонентными весовыми дозаторами и после дозирования, смешивания в смесителе первого действия направляют в бункера над дробилками. Пленчатые культуры размалывают вместе с другими зерновыми культурами в у

лотковых дробилках, просо дробят в вальцовом станке. После измельчения продукты шефвотранспортом подают в рассевы а за бункера основной линии дозирования.

Приятая схема с размолом ингредиентов в дробильках, о ее уточненным просеиванием в рассевах и повторным измельчением сконструирована. Продуктов в вальцовых станках позволяет вести измельчение зерна и зерновых продуктов в дробилках с ситами, имеющими сравнительно большие отверстия. Оно способствует увеличению производительности дробилок, сокращению расхода энергии, а просеивание исключает возможность попадания комбикорма неизмельченного зерна. Данная схема позволяет также сократить потери рабочего времени при переходе с одной культуры на другую.

Наряду с предварительным дозированием зернового сырья предусмотрено предварительное дозирование трудносыпучего сырья с производением смеси в рассеве и последующим смешиванием в смесителе гидравлического действия.

Таким образом, на главную линию дозирования поступает сравнительно небольшое количество потоков, а именно: измельченная зерновая смесь, размолотое просо, отруби, смесь трудносыпучих ингредиентов, шрот. Все это позволяет упростить схему распределения продуктов по бункерам, отказаться от большого количества транспортных механизмов и распределительных устройств. Значительно упрощается схема автоматического управления многокомпонентными весовыми дозаторами.

В то же время эта схема имеет и некоторые недостатки, в частности она не очень удобна в тех случаях, когда завод вырабатывает сравнительно небольшие партии комбикорма по различным рецептам.

Технологическая схема Ленинградского комбикормового завода. Эта схема завода производительностью 600 т/сутки разработана английской фирмой «Саймон-Баррон», в схеме использовано оборудование этой же фирмы. Одной из основных особенностей схемы является очистка и первичная обработка сырья, принимаемого с железной дороги и автомобильного транспорта.

При приеме зернового сырья его очищают в двух сепараторах производительностью по 60 т/ч. В склад поступает уже очищенное зерно. Принимаемое с железной дороги и автомобильного транспорта мучистое сырье обрабатывают в скальператорах высокой производительности. Все это упрощает схему технологического процесса в производственном корпусе, делает ее более гибкой. Конечно, очистка сырья при приеме требует достаточно мощных сепарирующих машин, установка которых на заводах большой производительности вполне оправдана.

В схеме предусмотрено также предварительное дробление жмыхов в процессе приема, что позволяет хранить жмыхи в сilosном складе. Это упрощает операции с кусковыми материалами, требующими много ручного труда.

На линии зернового сырья предусмотрена установка вибропневматических камнеотделительных машин для выделения минеральных примесей. Дозирование ингредиентов производят в двух многокомпонентных весовых дозаторах грузоподъемностью 2500 и 500 кг. В дозаторе емкостью 500 кг дозируют премиксы и сырье минерального происхождения, остальные ингредиенты дозируют в дозаторе емкостью 2500 кг. Смешивают ингредиенты в смесителе емкостью 2500 кг.

Схемой предусмотрел выпуск гранулированных комбикормов, а также мелассированием комбикормов в специальных мелассосмесителях. Для утилизации лузги, полученной при шелушении пленчатых культур, организовано производство кормовых смесей. Их вырабатывают для жвачных животных, и в состав, кроме лузги, входят мука, отруби, сырье минерального происхождения.

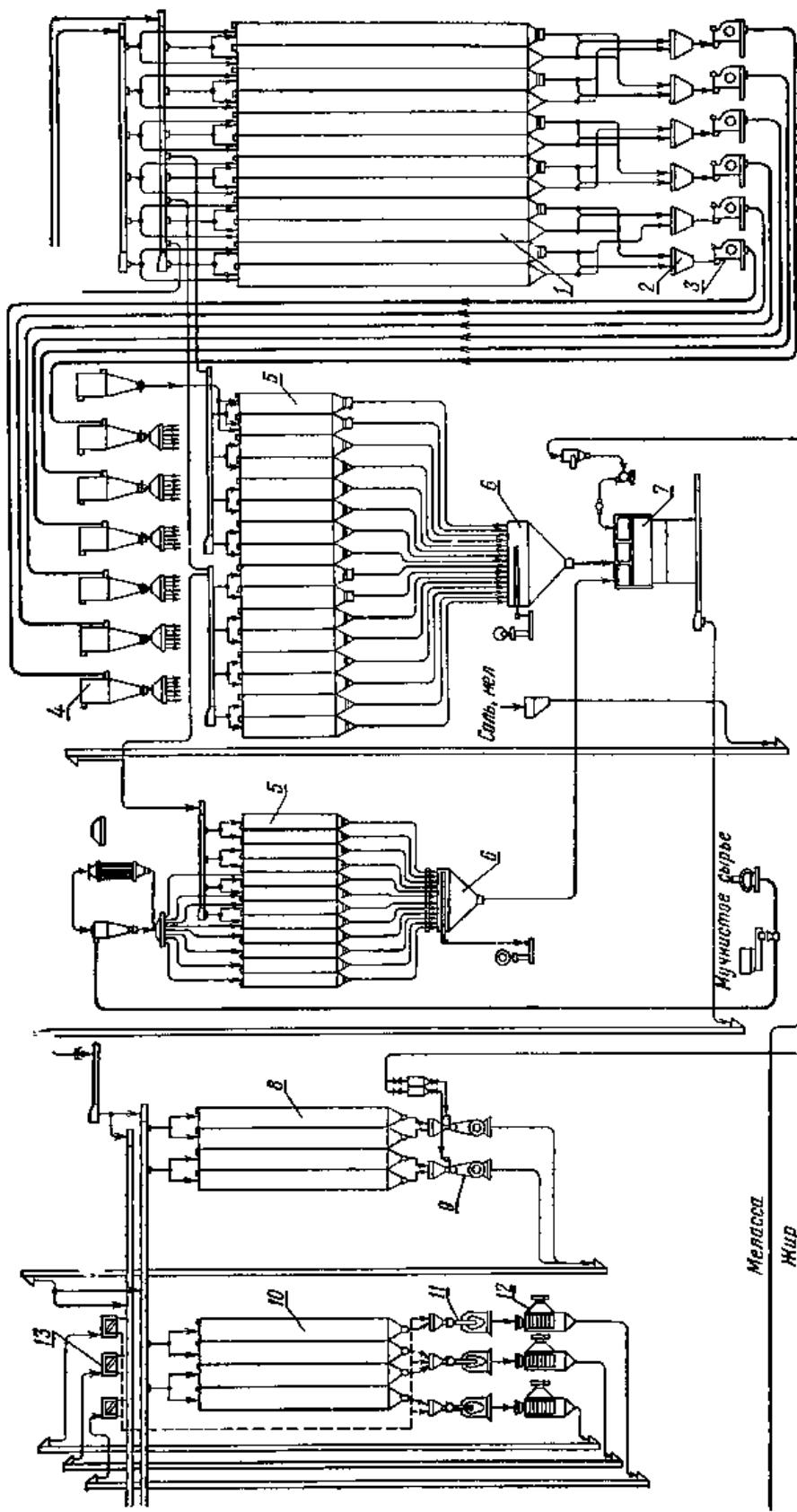


Рис. 319. Гидравлическая схема комплексного фильтрационного агрегата:
1 — приемный бак; 2 — вертикальный фильтр; 3 — приемный бак;
4 — вертикальный фильтр; 5 — приемный бак; 6 — вертикальный фильтр;
7 — вертикальный фильтр; 8 — вертикальный фильтр; 9 — вертикальный фильтр;
10 — вертикальный фильтр; 11 — вертикальный фильтр; 12 — вертикальный фильтр;
13 — манометр; 14 — вентиль; 15 — вентиль; 16 — вентиль; 17 — вентиль;
18 — вентиль; 19 — вентиль; 20 — вентиль; 21 — вентиль; 22 — вентиль;

Технологическая схема комбикормового завода итальянской фирмы «Джи э Джи». Комбикормовые заводы этой фирмы построены при животноводческих комплексах. Завод вырабатывает комбикорма и премиксы. Схема имеет ряд особенностей, основные из которых заключаются в следующем (рис. 23.19):

- зерно и мучнистые продукты очищают в складе сырья;
- предусмотрен процесс обжаривания ячменя;
- предварительная обработка сырья минерального происхождения заключается в их сушке, дозировании, смешивании и измельчении;
- можно вырабатывать как рассыпные, так и гранулированные комбикорма;
- предусмотрено мелассирование комбикормов.

Склад зернового сырья силосного типа имеет емкость 3900 т, мучнистого — 2000 т. Подготовку сырья осуществляют просеиванием зернового сырья в ситовых вибрационных сепараторах, а мучнистого — в центробежных. Зерно и мучнистое сырье обрабатывают также в электромагнитных сепараторах.

Обработка ячменя заключается в его очистке от примесей, шелушении в специальной машине с последующим отвешиванием лузги в аспираторе. Шелущенный ячмень обжаривают в аппаратах периодического действия, обогреваемых разогретым минеральным маслом. После охлаждения ячмень передают в производственный корпус.

Сыре измельчают в шести молотковых дробилках производительностью 2,7 т/ч. В бункера над дозаторами размолотое зерно подают пневматическим транспортом. Дозируют ингредиенты в двух многокомпонентных весовых дозаторах емкостью 2000 и 300 кг. Многокомпонентный весовой дозатор емкостью 2000 кг предназначен для зерновых продуктов, мучнистого сырья и сырья минерального происхождения. Ингредиенты, входящие в состав комбикорма в меньших количествах, дозируют в дозаторе емкостью 300 кг.

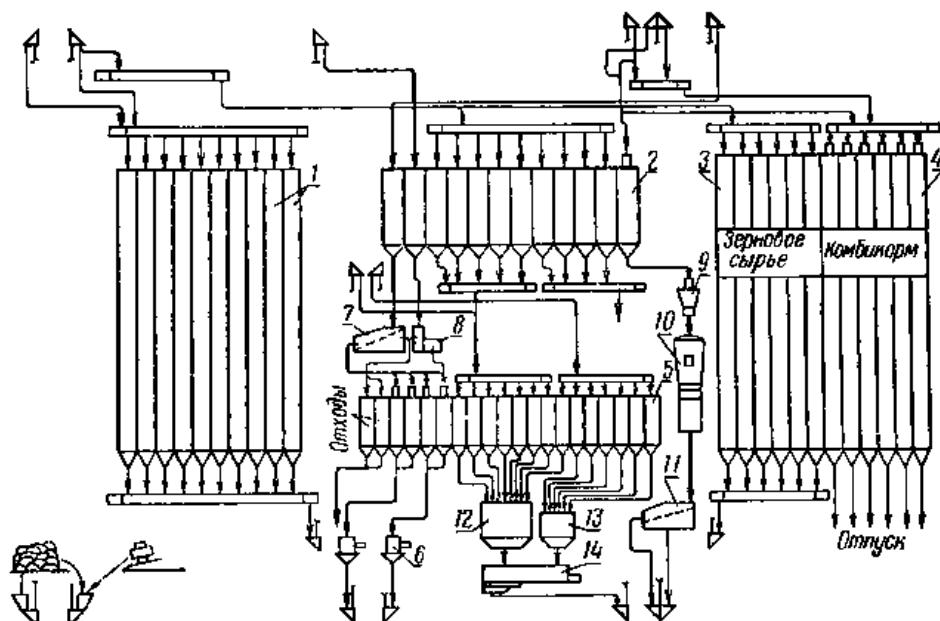


Рис. 23.20. Технологическая схема межхозяйственного комбикормового завода:
1 — бункера для мучнистого сырья; 2 — оперативные бункера; 3 — бункера для зернового сырья; 4 — бункера для комбикорма; 5 — бункера над дробилкой и дозаторами; 6 — дробилка; 7 — сепаратор; 8, 11 — просеивающие машины; 9 — пресс; 10 — охладитель; 12 — многокомпонентный весовой дозатор ТДК-1000; 13 — многокомпонентный весовой дозатор БДК-100; 14 — смеситель.

Смешивание ингредиентов производят в смесителе периодического действия ёмкостью 2000 кг, куда также подают жир.

Рассыпной комбикорм передают на гранулирование или в склад готовой продукции. Для гранулирования используют три пресса-гранулятора производительностью до 7 т/ч. После охлаждения и сортирования в просеивающих машинах гранулированный комбикорм передают в склад готовой продукции. В рассыпной комбикорм мелассу вводят в двух специальных мелассаторах производительностью до 7,5 т/ч. Предусмотрена возможность подачи мелассированного комбикорма в пресс-грануляторы.

Производство комбикормов на сельскохозяйственных комбикормовых заводах. В настоящее время, кроме крупных предприятий министерства заготовок, комбикорма выпускают также многочисленные межколхозные комбикормовые заводы, имеющие производительность 4—6 т/ч. Схемы таких заводов весьма разнообразны и позволяют выпускать комбикорма по самым различным рецептам.

Комбикормовые заводы работают на местном и привозном сырье. Важное значение придается выпуску комбикорма на основе БВД и местных видов сырья, главным образом зернового.

Схема одного из таких заводов (рис. 23.20) обеспечивает очистку зернового, мучнистого сырья и кормовых продуктов пищевых производств, дробление зерна и кручинокусковых ингредиентов, дозирование в многокомпонентных весовых дозаторах, смешивание в смесителях периодического действия. Предусмотрен выпуск как рассыпных, так и гранулированных комбикормов.

Для предприятий меньшей производительности схемы технологии такого процесса несколько упрощаются.

§ 23.8. ПРОИЗВОДСТВО БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫХ ДОБАВОК

Белково-витаминные добавки представляют собой смесь продуктов с высоким содержанием белка, минеральных кормов, а также биологически активных веществ. БВД предназначены для производства комбикормов в совхозах и колхозах на основе собственного зернофуражажа. Применение БВД на местах позволяет лучше использовать фуражное зерно, сократить его расход, повысить продуктивность животных и птиц.

Организация производства комбикормов в колхозах и совхозах позволит отказаться от излишних перевозок зерна.

В настоящее время БВД выпускают на специализированных, а также на обычных комбикормовых заводах. Технологическая схема специализированного комбикормового завода состоит из следующих линий подготовки: мучнистого сырья; сырья животного происхождения; яиц и шрота; мела и соли; аминокислот и антибиотиков.

Линия мучнистого сырья, на которой перерабатывают отруби, муку и другие подобные продукты, включает автоматические весы, если не применяют весовое дозирование, просеивающую машину, магнитный сепаратор. Линию подготовки сырья животного происхождения, предназначенную для переработки мясной, рыбной, мясо-костной муки т. д., строят аналогично линии мучнистых продуктов. Линия подготовки яиц и шрота включает дробилку для предварительного дробления яиц, весы, магнитный сепаратор и молотковую дробилку. На линии подготовки мела и соли установлены сушилка, весы, магнитный сепаратор, дробилка, просеивающая машина. Линия подготовки аминокислот и антибиотиков предназначена для обработки кормовых препаратов антибиотиков и аминокислот, количество которых сравнительно велико. Эту линию строят примерно так же, как и линию подготовки отходов пищевых производств при производстве комбикормов.

БВД можно изготавливать на основе готовых премиксов, поставляемых со специализированных заводов; на заводах, производящих БВД, также могут быть линии, на которых вырабатывают премиксы.

Схема производства БВД принципиально не отличается от схемы производства комбикормов, поэтому в настоящее время БВД часто изготавливают на неспециализированных комбикормовых заводах.

§ 23.9. ПРОИЗВОДСТВО ПРЕМИКСОВ

Премиксы представляют собой однородную, высокодисперсную смесь витаминов, солей микроэлементов, антибиотиков, аминокислот и других биологически активных веществ вместе с наполнителем. Наполнитель служит для снижения концентрации ингредиентов и повышения их сыпучести.

К премиксам предъявляют ряд специальных требований. Прежде всего все ингредиенты, входящие в состав премиксов, должны иметь высокую дисперсность. Уменьшение размеров частиц приводит к увеличению их относительного количества, что, в свою очередь, способствует их лучшему распределению. Премиксы должны быть однородными, что проверяют по распределению отдельных микроэлементов, витаминов. Хорошая сыпучесть премикса определяется не только удачным выбором наполнителя, но и пониженнной влажностью, значение которой не должно превышать 10%.

Физические свойства премиксов в значительной степени зависят от свойств наполнителя. При его выборе и подготовке следует принимать во внимание такие факторы, как степень измельчения, объемная масса, влажность, содержание жира и др. Объемная масса наполнителя по возможности должна соответствовать объемной массе основных биологически активных веществ, что будет препятствовать самосортированию смеси. Для сохранения активности витаминов и других ингредиентов, предотвращения склеивания и комкования премикса наполнитель должен быть достаточно сухим. Некоторые зарубежные фирмы считают, что оптимальное значение влажности наполнителя должно быть 5—8%. Для предотвращения распыла и потерь биологически активных веществ наполнитель должен содержать до 6—8% жира. Он должен хорошо удерживать активные ингредиенты, что наблюдается при хорошей шероховатости частиц наполнителя и низкой (до 350 кг/м³) объемной массе. В качестве наполнителя используют соевый, подсолнечный, хлопчатниковый шроты, пшеничные отруби, сырье минерального происхождения и т. д.

Одной из важнейших операций при производстве премиксов является смешивание. Лучшее распределение достигается не только вследствие выбора удачных конструкций смесителей, но и порядка их загрузки. Следует в смеситель сначала подавать наполнитель, а затем биологически активные вещества. Не следует в одном смесителе смешивать ингредиенты, количество которых различно. В этом случае трудно добиться равномерного распределения ингредиентов, вводимых в премиксы в малом количестве.

В схеме технологического процесса производства премикса предусмотрено несколько линий, на которых перерабатывают ингредиенты (рис. 23.21). Их распределение по различным линиям зависит главным образом от содержания в премиксе. Подготовка наполнителя заключается в его очистке от примесей, измельчении и просеивании. Схема включает три линии предварительного дозирования и смешивания солей микроэлементов, витаминов, причем предусмотрено двухэтапное дозирование и смешивание.

Первая линия предварительного дозирования и смешивания предусматривает обработку солей микроэлементов, входящих в состав пре-

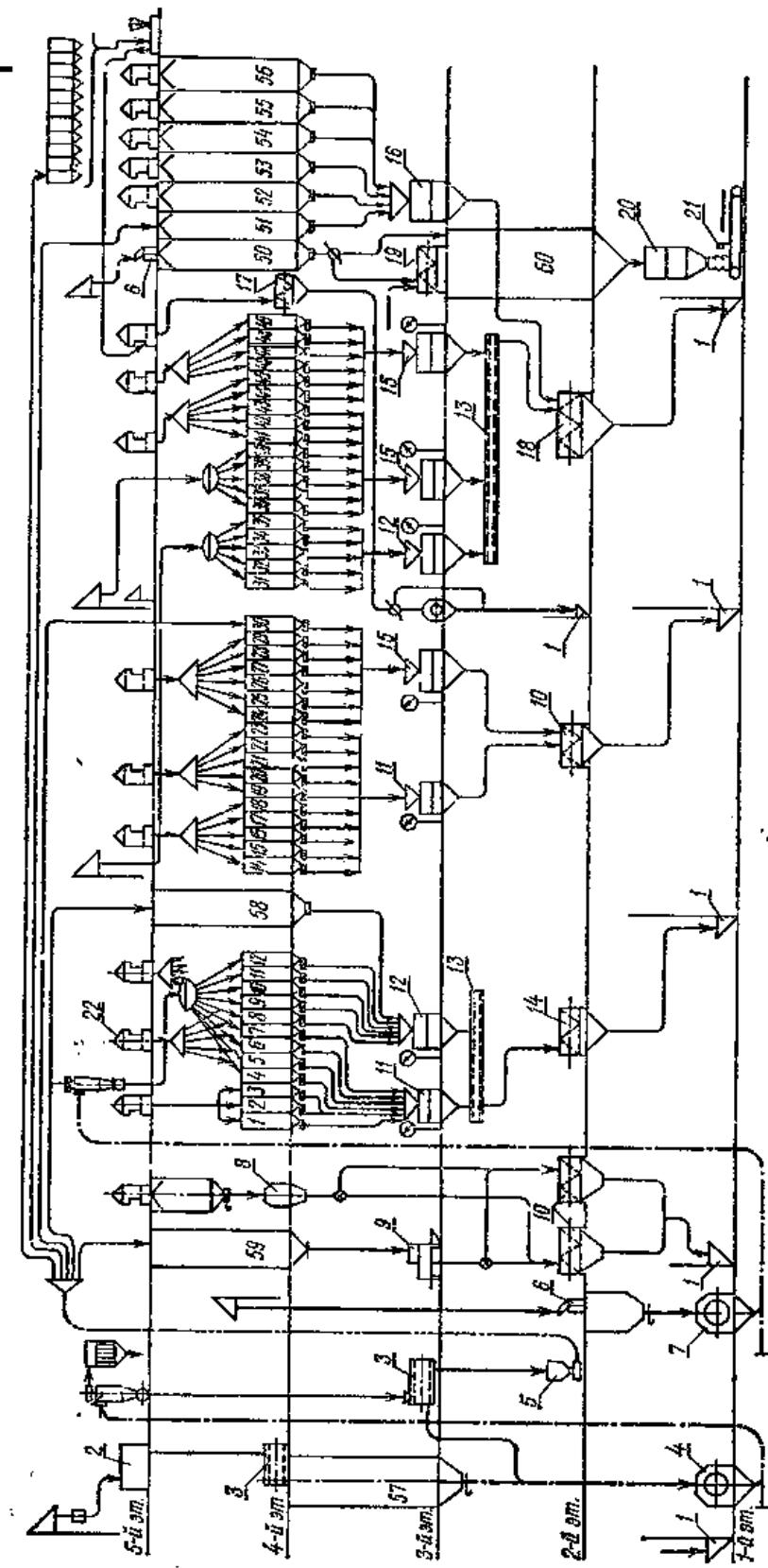


Рис. 23.21. Схема производства премиксов:

1 — портат; 2 — электропитательный спиратор; 3 — просеивающие машины; 4 — колотковая агробалка АЛ-ПДР; 5 — литатель аэрокомпьютер; 6 — магистраль клапанов; 7 — агробалка АЛМ; 8 — дробилка; 9 — воздухораспределитель; 10 — венти ДК-20; 11 — смеситель АЛ-ДСТ-01; 12 — магистраль вспомогательных насосов; 13 — насосные установки СДК-2000; 14 — скруббинг АЛ Г-Р2; 15 — смеситель АЛ Г-Р2; 16 — смеситель АЛ Г-Р1; 17 — смеситель АЛ Г-Р1; 18 — смеситель АЛ Г-Р1; 19 — магистраль АЛ Г-Р1; 20 — смеситель АЛ СГК-1; 21 — смеситель АЛ СГК-1; 22 — смеситель АЛ СГК-1; 23 — смеситель АЛ СГК-1; 24 — смеситель АЛ СГК-1; 25 — смеситель АЛ СГК-1; 26 — смеситель АЛ СГК-1; 27 — смеситель АЛ СГК-1; 28 — смеситель АЛ СГК-1; 29 — смеситель АЛ СГК-1; 30 — смеситель АЛ СГК-1; 31 — смеситель АЛ СГК-1; 32 — смеситель АЛ СГК-1; 33 — смеситель АЛ СГК-1; 34 — смеситель АЛ СГК-1; 35 — смеситель АЛ СГК-1; 36 — смеситель АЛ СГК-1; 37 — смеситель АЛ СГК-1; 38 — смеситель АЛ СГК-1; 39 — смеситель АЛ СГК-1; 40 — смеситель АЛ СГК-1; 41 — смеситель АЛ СГК-1; 42 — смеситель АЛ СГК-1; 43 — смеситель АЛ СГК-1; 44 — смеситель АЛ СГК-1; 45 — смеситель АЛ СГК-1; 46 — смеситель АЛ СГК-1; 47 — смеситель АЛ СГК-1; 48 — смеситель АЛ СГК-1; 49 — смеситель АЛ СГК-1; 50 — смеситель АЛ СГК-1; 51 — смеситель АЛ СГК-1; 52 — смеситель АЛ СГК-1; 53 — смеситель АЛ СГК-1; 54 — смеситель АЛ СГК-1; 55 — смеситель АЛ СГК-1; 56 — смеситель АЛ СГК-1.

Изготовлено в М. Ильинском заводе № 4111

миксов в количестве от 1,5 до 10 кг. Указанные соли смешивают с частью наполнителя, измельчают в дробилке ДМ и распределяют по бункерам 4—12. Таким образом ведут обработку в основном сернокислых солей, отличающихся повышенной гигроскопичностью. Смешивание же с наполнителем повышает их сыпучесть и не приводит к слеживанию в бункерах. Хорошо измельченные углекислые соли могут поступать в бункера без обработки. Кроме того, в бункера 1—3 направляют предварительно составленную смесь солей микроэлементов, входящих в количестве до 1,5 кг. Эту смесь предварительно перемешивают и измельчают в дробилке БДМ. Таким образом, в бункерах 1—12 сосредоточены соли микроэлементов, которые затем дозируют в многокомпонентных весовых дозаторах с общей емкостью весового бункера 30 и 200 кг. В смесь, если необходимо, можно дополнительно вводить из бункера 55 наполнитель. После дозирования и смешивания получают до 200 кг смеси № 1, состоящей из солей микроэлементов и наполнителя.

Вторая линия предназначена для предварительного дозирования и смешивания витаминов, антиоксидантов и других препаратов, входящих в состав премиксов в количествах от 3 до 10 и 10—20 кг (бункера 14—18 и 21—29). В бункера 19—20 направляют предварительно составленную на линии № 3 смесь витаминов, входящих в состав премиксов, в количестве до 3 кг. В бункер 30 поступает наполнитель.

После дозирования в многокомпонентных весовых дозаторах емкостью 30 и 100 кг получают до 100 кг смеси № 2, состоящей в основном из витаминов и других продуктов, входящих в состав премиксов в сравнительно небольших количествах.

Основная линия приготовления премиксов включает дозирование в многокомпонентных весовых дозаторах смеси № 1 из бункеров 31—35, смеси № 2 из бункеров 36—40, а также некоторых других продуктов. Параллельно из бункеров 51—56 дозируют антибиотики, витамины, аминокислоты и другие продукты, входящие в больших количествах, а также наполнитель. Продукты из четырех весовых дозаторов в количестве до 1000 кг после смешивания поступают в бункер 50 для готового премикса. В смесителе премикс можно смешивать с жидким холинхлоридом и направить в бункер 60.

Основные принципы производства премиксов за рубежом примерно такие же, что и в рассмотренной схеме.

Технологическая схема выработки премиксов итальянской фирмы «Джи э Джи» имеет такие особенности (рис. 23.22):

в наполнитель вводят 3—4% жира для уменьшения образования пыли и, следовательно, потери биологически активных веществ;

предусмотрена предварительная обработка холинхлорида, заключающаяся в смешивании его раствора с подходящим наполнителем с последующей сушкой до влажности 8%;

предварительно обрабатывают соли микроэлементов, т. е. их сушат, измельчают в тонкий порошок в молотковых и вальцовых измельчителях.

При производстве премиксов в качестве наполнителя используют обычно отруби. Для повышения сыпучести отруби высушивают до влажности 6—8%, а для снижения образования пыли в них вводят жир. Наполнитель сушат в барабанной сушилке, отруби измельчают в двух молотковых дробилках, после чего в специальном аппарате в них вводят жир.

При производстве премиксов предусмотрена обработка солей, их смешивание и размол в молотковой дробилке. Предусмотрены четыре линии дозирования ингредиентов — наполнителя, макрокомпонентов, средних и микрокомпонентов.

Наполнитель дозируют в автоматических весах емкостью 1000 кг, макрокомпоненты — в многокомпонентном весовом дозаторе емкостью

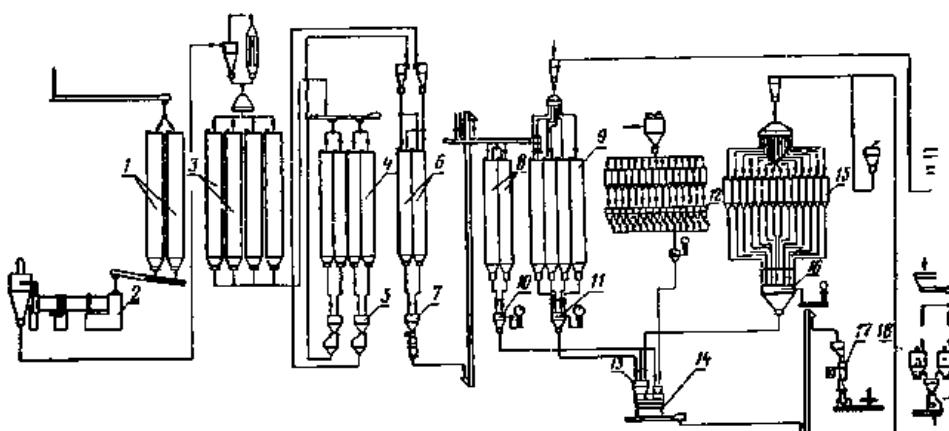


Рис. 23.22. Схема производства премиксов фирмы «Джи э Джи»:

1 — бункера для наполнителя (отрубей); 2 — сушка; 3 — бункера для сухих отрубей; 4 — бункера над дробилками; 5 — молотковая дробилка; 6 — бункера над установками для ввода жира; 7 — установка для ввода жира в наполнитель; 8 — бункера для наполнителя; 9 — бункера для макрокомпонентов; 10 — весовой дозатор емкостью 1000 кг; 11 — весовой дозатор емкостью 100 кг; 12 — карусельные весы для микрокомпонентов; 13 — бункер; 14, 16 — смесители; 15 — бункера для средних ингредиентов; 17 — весовой дозатор емкостью 30 кг; 18 — выбойный аппарат для премиксов; 19 — дробилка.

100 кг, средние — в дозаторе емкостью 30 кг, микрокомпоненты — в карусельном дозаторе емкостью 2 кг. Порции ингредиентов смешивают в смесителе периодического действия емкостью 1000 кг.

Как видно, общие принципы производства премиксов аналогичны разработанным в ЦНИИПромзернопроекте. Однако отсутствие смешивания группы ингредиентов в зарубежной схеме может несколько снизить эффективность смешивания в главном смесителе. Отдельные фирмы и предприятия выпускают не только комбинированные, но и специализированные премиксы, например минеральные, состоящие из солей микроэлементов, витаминные — из некоторых витаминов и т. п.

§ 23.10. ВЫХОД И ОСНОВНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОМБИКОРМОВ

В настоящее время приняты также нормы выхода различных комбикормов (табл. 23.5).

Таблица 23.5. Нормы выхода комбикормов (%)

Комбикорма	Выход	Негодные отходы	Усушка	Механические язвы
Рассыпные концентрированные	99,0	0,4	0,3	0,3
Брикетированные концентрированные	98,6	0,4	0,6	0,4
Гранулированные полупарационые	98,4	0,4	0,7	0,5
Брикетированные	97,5	0,4	0,6	1,5

Нормы качества комбикормов определяются соответствующими государственными стандартами, качественные показатели зависят от вида комбикормов, вида животных, их возраста, хозяйственной направленности.

Основными качественными показателями являются: питательная ценность в кормовых единицах, которая может колебаться от 70 до 105, содержание переваримого протеина в одной кормовой единице от 80 до 170 г, содержание сырой клетчатки — от 4,5 до 19,0%.

Для птиц обменная энергия 100 г комбикорма не должна быть менее 300 ккал.

Кроме того, в комбикормах ограничивается содержание песка от 0,3 до 0,7%, металломагнитных примесей от 10 до 50 мг на 1 кг.

Влажность комбикорма не должна превышать 14,5%, кислотность по вытяжке не более 5%. Ограничиваются также содержание вредных примесей, неразмолотых семян.

Комбикорма должны иметь цвет, запах, свойственные набору ингредиентов, быть однородными по внешнему виду, без признаков плесени.

Крупность размоля ингредиентов комбикормов устанавливают в зависимости от вида и возраста животных.

Стандартом предусмотрено три степени размоля:

мелкий — остаток на сите с отверстиями Ø 2 мм не более 5%, на сите с отверстиями Ø 5 мм не допускается;

средний — остаток на сите с отверстиями Ø 3 мм не более 12%, на сите с отверстиями Ø 5 мм не допускается;

крупный — остаток на сите с отверстиями Ø 3 мм не более 35%, на сите с отверстиями Ø 5 мм не более 5%.

Для гранулированных комбикормов введены дополнительные показатели. В частности регламентируют размеры гранул, их крошимость (не более 5%), для рыб — разбухаемость в воде не менее 15 мин, для брикетированных — плотность брикета и др.

Влажность БВД не должна быть выше 12—14%, содержание протеина не менее 25%, клетчатки не более 8%, металломагнитных примесей не более 25 мг на 1 кг.

Внешний вид, цвет и запах премиксов должны соответствовать набору биологически активных веществ и характеру наполнителя. Влажность премиксов не должна превышать 10%.

Крупность премиксов характеризуется остатком на сите с отверстиями Ø 1,2 мм не более 2%. Количество металломагнитных примесей не должно превышать 50 мг на 1 кг. Показателем однородности смеси служит присутствие витамина В₂ и меди во всех образцах средней пробы.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакал С. С. Новое в технологии крупяного производства. М., «Высшая школа», 1965.
2. Беркутова Н. С. Влияние гидротермической обработки на микроструктуру и технологические свойства зерна пшеницы. — «Мукомольно-элеваторная промышленность», 1964, № 9.
3. Боронеева Г. С. и др. Морфологические критерии зерна яровой ржи. [Известия вузов. Пищевая технология], 1968, № 4.
4. Братухин А. М. и др. Подготовка ржи к помолу с отделением оболочек при новом способе производства муки. ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1973.
5. Братухин А. М., Максимчук Б. М., Тимукас А. Ф. Интенсификация сортовых помолов пшеницы. ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1973.
6. Бутковский В. А. и др. Эксплуатация оборудования мельниц и крупозаводов. М. «Колос», 1974.
7. Вакар А. Б. Клейковина пшеницы. М., Изд. АН СССР, 1961.
8. Гинзбург А. С. и др. Влага в зерне. М., «Колос», 1969.
9. Гинзбург А. С. Сушка пищевых продуктов. М., Пищепромиздат, 1960.
10. Гинзбург М. Е., Грибкова Г. Н., Казаков Е. Д. Оптический метод оценки степени обработки крупы. [Известия вузов. Пищевая технология], 1972, № 1.
11. Гинзбург М. Е., Зуев Ф. Г. Крупа и крупыные продукты. — «Мукомольно-крупяная и комбикормовая промышленность», 1966.
12. Гинзбург М. Е. и др. Новое в технологии производства крупы. ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1974.
13. Гончарова З. Д. Исследование влияния гидротермической обработки зерна на изменение его структурно-механических свойств. — «Мукомольно-элеваторная промышленность», 1962, № 9.
14. Гортинский В. В. и др. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. М., «Колос», 1973.
15. Гуськов А. Г. Исследование структурно-механических и технологических свойств зерна пшеницы, облученного гамма-лучами Co^{60} . — «Мукомольно-элеваторная промышленность», 1964, № 12.
16. Данилин А. С., Братухин А. М. Совершенствование технологических процессов на мукомольных заводах. М., «Колос», 1976.
17. Данилин А. С. и др. Технология производства муки на мельницах Швейцарии. ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1973.
18. Данилин А. С., Тихомиров И. И. Мукомольная промышленность США. ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1974.
19. Демидов П. Г. Технология комбикормового производства. М., «Колос», 1968.
20. Демский А. Б. и др. Справочник по оборудованию зерноперерабатывающих предприятий. М., «Колос», 1970.
21. Дубцов Г. Г. Липоксигеназная активность зерна и пшеничной муки. — «Прикладная биохимия и микробиология», 1971, № 5.
22. Думанский А. В. Лиофильность дисперсных систем. Киев, АН УССР, 1960.
23. Егоров Г. А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. — «Колос», 1973.
24. Егоров Г. А. и др. Исследование микроструктуры зерна высокостекловидной и мучистой пшеницы. ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1976, вып. 2.
25. Жадко В. И. О допустимых температурах нагрева пшеницы при сушке в псевдоожженном слое. [Известия вузов. Пищевая технология], 1969, № 3.
26. Захарченко И. М. и др. Производство белково-витаминных добавок и премиксов. М., «Колос», 1969.
27. Зотова Н. Н., Кретович В. Л. Биохимия кондиционирования пшеницы. [Известия АН СССР. Серия биологическая], 1961, № 5.
28. Казаков Е. Д. Зерноведение с основами растениеводства. М., «Колос», 1973.

29. Каргии В. А., Слонимский Г. Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров. М., «Химия», 1967.
30. Киягиничев М. И. Биохимия пшеницы. М.—Л., Сельхозиздат, 1951.
31. Козынина Е. П., Рязанцева М. И. Пржем и хранение риса. М., «Колос», 1971.
32. Козынина Е. П. Хранение и переработка риса. М., «Колос», 1966.
33. Козынина Н. П. и др. Некоторые новые данные о промежуточном и прикрепленном белке эндосперма пшеницы. [Труды ВНИИЗ], 1959, вып. 36.
34. Коньков П. М. Современные методы оценки съедобной ценности сильных пшениц. «Вестник ТЭИ», ЦИНТИ Госкомиздат СССР, 1966, № 4.
35. Коратеев И. Г., Серых Г. М. Теплофизические характеристики риса-сырца. [Известия вузов. Пищевая технология], 1967, № 1.
36. Красников В. В. Термодинамические характеристики массопереноса некоторых зерновых культур. [Известия вузов. Пищевая технология], 1964, № 3.
37. Крафтс А. и др. Вода и ее значение в жизни растений. М., Изд. иностранной литературы, 1951.
38. Кретович В. Л. Основы биохимии растений. М., «Высшая школа», 1971.
39. Кретович В. Л. Физико-биохимические основы хранения зерна. М., Изд. АН СССР, 1945.
40. Куприц Я. Н. Физико-химические основы размола зерна. М., Заготиздат, 1946.
41. Лыков А. В., Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса. М., Госэнергоиздат, 1963.
42. Лыков А. В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.—Л., ГИТТЛ, 1964.
43. Любарский Л. Н. Рожь. М., Хлебоиздат, 1957.
44. Мартыненко Я. Ф. Промышленное производство комбикормов. М., «Колос», 1975.
45. Моисеева А. И. Технологические свойства пшеницы. М., «Колос», 1975.
46. Мельников Е. М. Обогащение промежуточных продуктов на крупозаводах. М., «Колос», 1974.
47. Наумов И. А. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи. М., «Колос», 1975.
48. Непомнящий Е. А. Применение теории случайных процессов к определению закономерностей сепарирования сыпучих материалов. [Труды ВНИИЗ], 1963, вып. 42.
49. Новицкий О. А., Донин Б. С., Сергунов В. С. Автоматизация производственных процессов на элеваторах и зерноперерабатывающих предприятиях. М., «Колос», 1973.
50. Петренко Т. П. Технологическое значение структуры пшеничного зерна. [Известия вузов. Пищевая технология], 1968, № 4.
51. Правила организации и ведения технологического процесса на комбикормовых заводах. ЦИНТИ Госкомзага СССР, 1967.
52. Правила организации и ведения технологического процесса на крупозаводах. ЦИНТИ Госкомзага СССР, 1967.
53. Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах. ЦИНТИ Госкомзага СССР, 1967.
54. Птушкин А. Т. и др. Автоматическое управление на мукомольных заводах. М., «Колос», 1975.
55. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур. М., «Наука», 1966.
56. Роменский Н. В. О химическом составе пшеничного зерна и его анатомических частей. [Труды ВНИИЗ], 1949, вып. 19.
57. Сахарова И. А., Казаков Е. Д. О физико-химических изменениях в зерне пшеницы при гидротермической обработке. [Труды МТИПП], 1960, вып. 15.
58. Сахаров Э. В. и др. Исследование внутреннего влагопереноса в зерне методом авторадиографии. [Труды ВЗИПП], 1971.
59. Соколов А. Я. Комбикормовые заводы. М., «Колос», 1970.
60. Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. М., «Колос», 1975.
61. Тамаров Е. В. и др. Новые машины для обработки зерна. — «Мукомольно-злаковая и комбикормовая промышленность», 1974, № 1.
62. Трисвятский Л. А. Хранение зерна. М., «Колос», 1975.
63. Теленгатор М. А. и др. Обработка семян зерновых культур. М., «Колос», 1972.
64. Технология переработки зерна (под ред. Я. Н. Куприца). М., «Колос», 1965.
65. Тиц З. Л. и др. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. М., «Машностроение», 1967.
66. Торжинская Л. Р., Роменский Н. В., Умлева Н. Г. Элементы анатомии и морфологии зерновки пшениц юга Украины. [Известия вузов. Пищевая технология], 1963, № 4.
67. Цециновский В. М. Методы оценки технологического эффекта сепарирования. [Труды ВНИИЗ], 1963, вып. 44.

68. Цециновский В. М. Теоретические основы разделения сыпучих смесей. [Труды ВНИИЗ], 1951, вып. XXIIМ.
69. Чудновский А. Ф. Термофизические характеристики дисперсных материалов. М.: Физматиздат, 1962.
70. Bradbury D., Cull G. M., Mac-Masters M. M. Structure of the mature wheat kernel. *Cereal Chem.*, 33, 6, 1956.
71. Grosh G. M., Milner M. Water penetration and internal cracking in tempered wheat. *Cereal Chem.*, 36, 3, 1959.
72. Hlinka I. Wheat chemistry and technology. AACC, St. Paul, Min., 1964.
73. Ilinton J. J. C. The distribution of protein in the maize kernel in comparison with that of wheat. *Cereal Chem.*, 30, 6, 1953.
74. Katz R. et al. Hardness and moisture content of wheat kernel. *Cereal Chem.*, 1961, 38, 4.
75. Kent N. L. Technology of cereals with special reference to wheat. Pergamon Press, Oxford, London, 1967.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

●

- Аминокислоты 340
Анализ ситовой 122
Антбиотики 340
Антигельминтные препараты 341
Антиоксиданты 341
Ассортимент
— комбикормов 330
— крупы 278, 327
— муки 208
- Баланс технологического процесса
— драного 268
— количественно-качественный 268
— количественный 268
— на крупяном заводе 285, 293, 308, 309, 316
— размолывого 273
— ситовеочного 270
— шлифовочного 270
Барда сухая 337, 347
Белково-витаминные добавки 62, 330, 332, 360
Бентониты 181, 354
Биологически активные вещества 54, 59, 61, 360
Бобы кормовые 336
Брикетирование 182, 354
Брикеты 182
- Вика 336
Витамины 54, 57, 339
Выравненность крупы 279
Выход готовой продукции
— гороха 318
— гречихи 306
— кукурузы 321
— овса 295
— проса 300
— пшеницы 314
— риса 288
— ячменя 311
- Гидрол 181
Гидротермическая обработка
— гороха 315
— гречихи 302
— зерна 97, 110, 277
— овса 290
— проса 297
— риса 282
— технологическая эффективность 117
— экономическая эффективность 117
Гормоны 341
Город 314, 335
- Госспол 336
Гранулирование
— влажный способ 181
— комбикорма 179
— с применением связующих веществ 181, 352
— сухой способ 179
Гранулы
— водостойкость 352
— прочность 182
Грубые корма 339
- Движение продуктов по слоям 149
Действие воды расклинивающее 106
Делимость смеси 75
Доброта ядра 278
Дозаторы
— автоматические порционные 171
— барабанные 170
— вибрационные 170
— многокомпонентные 171, 348
— объемные 170
— тарельчатые 170
Дозирование
— весовое 169, 171
— непрерывное 169
— объемное 169
— периодическое 169
— точность 169
Дробилки молотковые 341, 344—347
Дробление
— грубое 341
— тонкое 341
Дрожжи кормовые 338
- Жиры 338
Жмыхи 336
Жом склеровичный 337
- Задачи сепарирования 72
Закон измельчения обобщенный 124
Заменители цельного молока (ЗЦМ) 330
Зернотерки 10
- Измельчение
— зерна 121
— избирательное 122
- Карбамид 339, 351, 353
Карбамидный концентрат 330, 353
Классификация
— зерна по стекловидности 34
— продуктов измельчения 152
— отходов 203

- Комбикорм**
- виды 330
 - концентрат 330
 - питательная ценность 329
 - полнорационный 330
- Кондиционирование зерна**
- горячее 55, 112
 - скоростное 55, 114
 - холодное 55, 111
- Контроль**
- крупы 287, 294, 299, 305, 309, 310, 313, 317
 - муки 213, 215, 219, 220, 228, 231, 252, 260, 262
 - отходов 203, 288, 294, 299, 305, 308, 310, 317
- Кормовая единица** 329
- Коэффициент**
- диффузии влаги 48
 - извлечения 128
 - недосева 150
 - температуропроводности 46
 - теплопроводности 46
 - целности ядра 148
 - шелушения 147
- Критерий**
- Био 46
 - Кирпичева 46, 50
 - Лыкова 46, 50
 - Фурье 46, 50
- Крупка комбикормовая** 351
- Крупостделение** 162
- Кукуруза** 318, 335
- Лекарственные препараты** 341
- Лигносульфонаты** 181
- Люпин** 336
- Мезга** 337
- Мел** 339
- Меласса** 337, 350, 355
- Микронизация** 353
- Микроструктура зерна** 24, 25
- Микроэлементы** 329
- Модуль крупности размола** 124
- Мука**
- костная 338
 - кровяная 338
 - мясная 338
 - мясо-костная 338
 - травяная 338, 339
- Мучка**
- кормовая 209, 223
 - рисовая 288
- Наполнитель** 348, 361
- Обменная энергия** 329
- Обогащение**
- крупорок 156
 - крупы 162
- Овес** 289, 335
- Остистость риса** 280
- Отволаживание**
- зерна 105, 111, 114
 - продолжительность 105, 112, 113, 115
- Отходы**
- гидролизной промышленности 338
 - бродильных производств 337
 - зерноперерабатывающих заводов 336
 - крахмало-паточной промышленности 337
 - пищевых производств 336
- Отходы рыбоперерабатывающей промышленности** 337
- Плотность зерна** 35
- Площадь поверхности частиц** 122
- Плющение крупы** 324
- Подготовительные линии сырья** 343
- Полирование крупы**
- гороховой 317
 - рисовой 287
- Показатели качества**
- зерна 19, 20, 204, 205
 - крупы 279
 - муки 209, 224, 257
 - ограничительные 19, 20
- Премиксы** 62, 330, 361
- Прессование** 177
- Продукты переработки зерна** 208
- Производство комбикормов**
- на Ленинградском заводе 357
 - на сельскохозяйственных предприятиях 359
 - непрерывно-поточное 356
 - схема принципиальная 354
 - фирмы «Джи э Джэ» 359
- Просо** 295, 335
- Процесс технологический**
- определение 17
 - этапы 18
- Развариваемость крупы** 280
- разрыхление эндосперма** 106
- Рецепты**
- комбикормов 330
 - расчет на ЭВМ 332
- Рыбный гидролизат** 338
- Самосортирование продуктов** 166
- Свойства зерна**
- биохимические 7, 53, 55
 - пластические 39, 42, 43
 - структурно-механические 7, 38, 44, 121
 - теплофизические 7, 46, 51
 - технологические 7, 21, 63
 - физико-химические 31, 35, 37, 156
- Свойства связанный воды** 100
- Связующие вещества** 181
- Система**
- дробильная 216
 - плющильная 216
- Смесители**
- непрерывного действия 176
 - периодического действия 175
- Смешивание**
- диффузионное 175
 - зерна 117
 - ингредиентов 173
 - конвективное 175
 - непрерывное 176
 - периодическое 175
 - теория 175
- Сомодовые ростки** 337
- Соль поваренная** 339
- Сорго** 335
- Сортирование**
- зерна до шелушения 277, 282, 292, 301, 315
 - рисовой крупы 287
 - по добротности 155
 - продуктов шелушения 284, 292, 294, 304
- Способ подготовки зерна параллельный** 198

Способ подготовки зерна последовательный 198
Степень
— извлечения компонентов при сепарировании 89
— измельчения 139
Схема
— взаимодействия зерна с водой 109
— рассева 154, 155
— ситовечной машины 159
Сырье комбикормовое
— животного происхождения 338
— минерального происхождения 339
— растительного происхождения 335
Требования к качеству зерна 19, 205
Трещиноватость зерна 37, 280
Управление
— технологическим процессом 17, 185, 191
— свойствами зерна 97, 191
Упрочнение эндосперма 282, 302
Ускорение продукта критическое 149
Факторы производственного процесса 19
Ферменты 340
Фосфатидно-белковые концентраты 337
Фосфаты 339
Фурадонин 341
Фуразидин 341
Фуразолидон 341
Характеристика зерна геометрическая 31, 32, 80
Хлопья
— Геркулес 324
— лепестковые 325

Хлопья ячменные 326
Ценность
— готовой продукции биологическая 54
— зерна смесительная 113
Чина 336
Чистота компонентов при сепарации 89
Шелушение
— гороха 141, 315
— гречихи 141, 303
— методы 140
— мокрое 96
— овса 141, 145, 292
— проса 141, 297
— пшеницы 145, 312
— риса 141, 282
— ячменя 141, 145, 307
Щлифование
— овсяной крупы 294
— пшена 298
— рисовой крупы 294
Шрот
— подсолнечный 336
— хлопчатниковый 336
Эффективность
— гранулирования 180
— измельчения 122, 136
— крупоотделения 168
— методы оценки 186, 188
— сепарирования 88
— ситовечного процесса 161
— смешивания 173
— сортирования 150
— технологического процесса 7, 186
— шелушения 64, 147

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
Введение	5
РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ	9
Глава 1. Современное состояние и перспективы развития зерноперерабатывающей промышленности	9
§ 1.1. Характеристика мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности	9
§ 1.2. Краткий исторический очерк и перспективы развития мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности	10
Глава 2. Характеристика технологических процессов зерноперерабатывающих предприятий	17
§ 2.1. Понятие о технологическом процессе и его эффективности	17
§ 2.2. Факторы, влияющие на производственный процесс	19
§ 2.3. Санитарно-гигиенические условия, безопасность труда и противопожарные мероприятия	21
§ 2.4. Мероприятия по охране окружающей среды	23
РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. СВОЙСТВА ЗЕРНА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ	24
Глава 3. Технологическое значение особенностей анатомического строения, микроструктуры и химического состава зерна	24
§ 3.1. Особенности микроструктур эндосперма, оболочек и цветковых пленок зерна	24
§ 3.2. Соотношение анатомических частей зерна	28
§ 3.3. Особенности распределения химических веществ по анатомическим частям зерна	29
§ 3.4. Выход и показатели качества муки и крупы	31
Глава 4. Физико-химические свойства зерна и ингредиентов комбикормов	31
§ 4.1. Показатели геометрической характеристики зерна и ингредиентов комбикормов	31
§ 4.2. Крупность и выравненность зерна	33
§ 4.3. Стекловидность зерна	34
§ 4.4. Масса 1000 зерен	34
§ 4.5. Объемная масса зерна	34
§ 4.6. Плотность зерна	35
§ 4.7. Коэффициент внутреннего трения сыпучих материалов	35
§ 4.8. Влияние различных факторов на физико-химические свойства зерна	35
Глава 5. Структурно-механические и реологические свойства зерна и ингредиентов комбикормов	38
§ 5.1. Механические свойства зерна	38
§ 5.2. Релаксационные свойства зерна	42
§ 5.3. Идеальные и реальные тела. Механические модели реальных тел	44
§ 5.4. Влияние различных факторов на структурно-механические свойства зерна	44
Глава 6. Теплофизические, гидротермические свойства зерна и ингредиентов комбикормов	46
§ 6.1. Характеристика процессов передачи тепла и влаги	46
§ 6.2. Влияние влажности и температуры на удельную теплоемкость, температуропроводность и теплопроводность	46

§ 6.3. Характеристика теплообмена зерна	47
§ 6.4. Термодинамические характеристики влагопереноса	47
§ 6.5. Кинетические коэффициенты влагопереноса	48
§ 6.6. Обобщенные переменные влагопереноса	50
§ 6.7. Влияние теплофизических и гидротермических свойств зерна на процесс гидротермической обработки	51
Г л а в а 7. Биохимические свойства зерна, муки, крупы и комбикормов	52
§ 7.1. Зерно как живой организм	52
§ 7.2. Влияние влажности и температуры на биохимические свойства зерна	53
§ 7.3. Методы повышения биологической ценности муки и крупы	54
§ 7.4. Питательность и биологическая ценность комбикормов	59
Г л а в а 8. Технологические свойства зерна и ингредиентов	63
§ 8.1. Выход и качество промежуточных продуктов и готовой продукции	63
§ 8.2. Расход энергии на переработку сырья в готовую продукцию	67
§ 8.3. Потребительские свойства муки, крупы и комбикормов	69
§ 8.4. Взаимосвязь показателей различных свойств зерна	69
РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МУКОМОЛЬНОМ, КРУПЯНОМ И КОМБИКОРМОВОМ ЗАВОДАХ	72
Г л а в а 9. Сепарирование зерновой смеси	72
§ 9.1. Задачи процесса сепарирования	72
§ 9.2. Сущность процесса сепарирования	74
§ 9.3. Понятие о делимости зерновой смеси	75
§ 9.4. Параметры процесса сепарирования	78
§ 9.5. Сепарирование по геометрической характеристике	80
§ 9.6. Сепарирование по аэродинамическим свойствам	82
§ 9.7. Сепарирование по аэрогравитационным свойствам	85
§ 9.8. Сепарирование по магнитным и электрическим свойствам	87
§ 9.9. Определение технологической эффективности процесса сепарирования	88
Г л а в а 10. Обработка поверхности зерна	91
§ 10.1. Обработка зерна в барабанных и щеточных машинах	92
§ 10.2. Интенсификация очистки поверхности зерна	93
§ 10.3. Обработка зерна в моечных машинах	93
§ 10.4. Мокрое шелушение зерна	96
§ 10.5. Очистка сточных вод	96
Г л а в а 11. Гидротермическая обработка зерна	97
§ 11.1. Особенности взаимодействия зерна с водой в различных условиях	97
§ 11.2. Кинетические особенности процесса поглощения воды зерном	103
§ 11.3. Механизм разрыхления эндосперма зерна	106
§ 11.4. Общая схема взаимодействия зерна с водой	109
§ 11.5. Методы и технологические схемы гидротермической обработки	110
§ 11.6. Технологическая и экономическая эффективность гидротермической обработки	117
Г л а в а 12. Подбор и расчет состава помольной смеси	117
§ 12.1. Технологическая эффективность смешивания зерна	117
§ 12.2. Смесительная ценность сильной пшеницы	118
§ 12.3. Требования к зерну, поступающему в размольное отделение	119
§ 12.4. Порядок размещения зерна в элеваторе при мукомольном заводе	119
§ 12.5. Методика расчета состава помольной смеси	120
§ 12.6. Организация процесса смешивания зерна	121
Г л а в а 13. Процесс измельчения зерна	121
§ 13.1. Роль процесса измельчения	121
§ 13.2. Критерий оценки эффективности процесса измельчения	122
§ 13.3. Обобщенный закон процесса измельчения	124
§ 13.4. Основные задачи процесса измельчения	127
§ 13.5. Измельчение зерна в валцовых стапках	128
§ 13.6. Методы контроля и повышения эффективности процесса измельчения	136
§ 13.7. Измельчение продуктов в машинах ударно-стирающего действия	139
Г л а в а 14. Шелушение крупяных культур	140
§ 14.1. Методы шелушения	140
§ 14.2. Факторы, влияющие на технологическую эффективность процесса шелушения	146

Г л а в а 15. Сортирование продуктов измельчения по крупности	148
§ 15.1. Необходимость сортирования продуктов измельчения по крупности	148
§ 15.2. Процесс сортирования продуктов в рассеве	148
§ 15.3. Эффективность процесса сортирования в рассеве	150
§ 15.4. Классификация продуктов измельчения по крупности	151
§ 15.5. Технологические схемы процесса сортирования по крупности	152
§ 15.6. Технологические схемы рассевов	153
Г л а в а 16. Сортирование продуктов измельчения по добротности	155
§ 16.1. Необходимость сортирования продуктов измельчения по добротности	155
§ 16.2. Физико-химические свойства крупок	156
§ 16.3. Стратификация и использование ее при обогащении крупок	157
§ 16.4. Схемы сортирования крупок в ситовечных машинах	159
§ 16.5. Технологическая эффективность ситовечного процесса	161
Г л а в а 17. Сортирование продуктов шелушения по добротности	162
§ 17.1. Состав продуктов шелушения и методы их сортирования (крупос отделение)	162
§ 17.2. Определение технологической эффективности работы крупос отделяльных машин	168
Г л а в а 18. Дозирование и смешивание ингредиентов	169
§ 18.1. Дозирование ингредиентов	169
§ 18.2. Смешивание ингредиентов	173
Г л а в а 19. Прессование	177
§ 19.1 Теоретические предпосылки процесса прессования	177
§ 19.2. Гранулирование комбикормов	179
§ 19.3. Методы определения прочности гранул	182
§ 19.4. Брикетирование комбикормов	182
Г л а в а 20. Контроль и управление основными процессами	183
§ 20.1. Статистический подход к организации контроля технологического процесса	183
§ 20.2. Рациональное построение системы контроля технологического процесса	185
§ 20.3. Определение эффективности технологического процесса	186
§ 20.4. Автоматизированные системы управления	191
§ 20.5. Роль правил организации и ведения технологического процесса	194
РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ. ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МУКОМОЛЬНОГО, КРУПЯНОГО И КОМБИКОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА	195
Г л а в а 21. Мукомольное производство	195
§ 21.1. Задачи подготовки зерна к размолу	195
§ 21.2. Подготовка ржи к размолу	195
§ 21.3. Подготовка пшеницы к размолу	197
§ 21.4. Классификация и контроль отходов	203
§ 21.5. Нормы качества зерна	204
§ 21.6. Подготовка ржи и пшеницы к размолу на зарубежных мельницах	204
§ 21.7. Классификация помолов ржи и пшеницы	207
§ 21.8. Продукция, вырабатываемая из зерна ржи	208
§ 21.9. Простые повторительные помолы ржи	209
§ 21.10. Сложные повторительные помолы ржи без обогащения крупок	216
§ 21.11. Продукция, вырабатываемая из зерна пшеницы	222
§ 21.12. Простые повторительные помолы пшеницы	225
§ 21.13. Сложные повторительные помолы пшеницы с сокращенным процессом обогащения крупок	225
§ 21.14. Сложные повторительные помолы пшеницы с развитым процессом обогащения крупок	232
§ 21.15. Опыт передовых предприятий по увеличению выходов и улучшению качества муки	253
§ 21.16. Помолы твердой и высокостекловидной пшеницы в макаронную муку	255
§ 21.17. Улучшение качества муки	262
§ 21.18. Опыт переработки зерна на зарубежных мельницах	264
§ 21.19. Составление технологического баланса помола	268
Г л а в а 22. Крупяное производство	274
§ 22.1. Общие положения	274
§ 22.2. Ассортимент и показатели качества крупы	278
§ 22.3. Производство рисовой крупы	279
§ 22.4. Производство овсяной крупы	289

§ 22.5. Производство пшена	295
§ 22.6. Производство гречневой крупы	300
§ 22.7. Производство ячменной крупы	306
§ 22.8. Производство пшеничной шлифованной крупы Полтавской и Артек	310
§ 22.9. Производство гороховой крупы	314
§ 22.10. Производство кукурузной крупы	318
§ 22.11. Производство крупы из зерна разных культур по комбинированной схеме	323
§ 22.12. Производство хлопьев	324
§ 22.13. Производство обогащенной крупы	326
Г л а в а 23. Комбикормовое производство	329
§ 23.1. Общие сведения о комбикормах	329
§ 23.2. Сыре для производства комбикормов	334
§ 23.3. Измельчение ингредиентов	341
§ 23.4. Линии подготовки сырья	343
§ 23.5. Производство гранулированных комбикормов	351
§ 23.6. Специальная обработка ингредиентов	352
§ 23.7. Производство комбикормов	354
§ 23.8. Производство белково-витаминных добавок	360
§ 23.9. Производство премиксов	361
§ 23.10. Выход и основные качественные показатели комбикормов	364
Указатель литературы	366
Предметный указатель	369

**[Яков Николаевич Куприц], Глеб Александрович Егоров, Моисей
Ефимович Гинзбург, Иван Лидреевич Наумов, Владимир Моисеевич Цецинапский,
[Алексей Романович Денисов], Евгений Михайлович Мельников, Борис Михайлович
Максимчук, Кузьма Васильевич Драгалин.**

● **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА**

●
Редактор Б. Ф. Дубинин
Художественный редактор З. П. Зубрикова
Технический редактор Л. А. Воронова
Корректор В. М. Русинова

ИБ № 744

Сдано в набор 14/І 1977 г. Подписано к печати 26/У 1977 г. Формат 70×108½.
Бумага тип. № 1. Усл.-печ. л. 32,9. Уч.-изд. л. 34,02. Изд. № 19. Тираж 15 000 экз.
Заказ № 1511. Цена 1 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 103716, ГСП, Москва,
К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.
Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли,
Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.