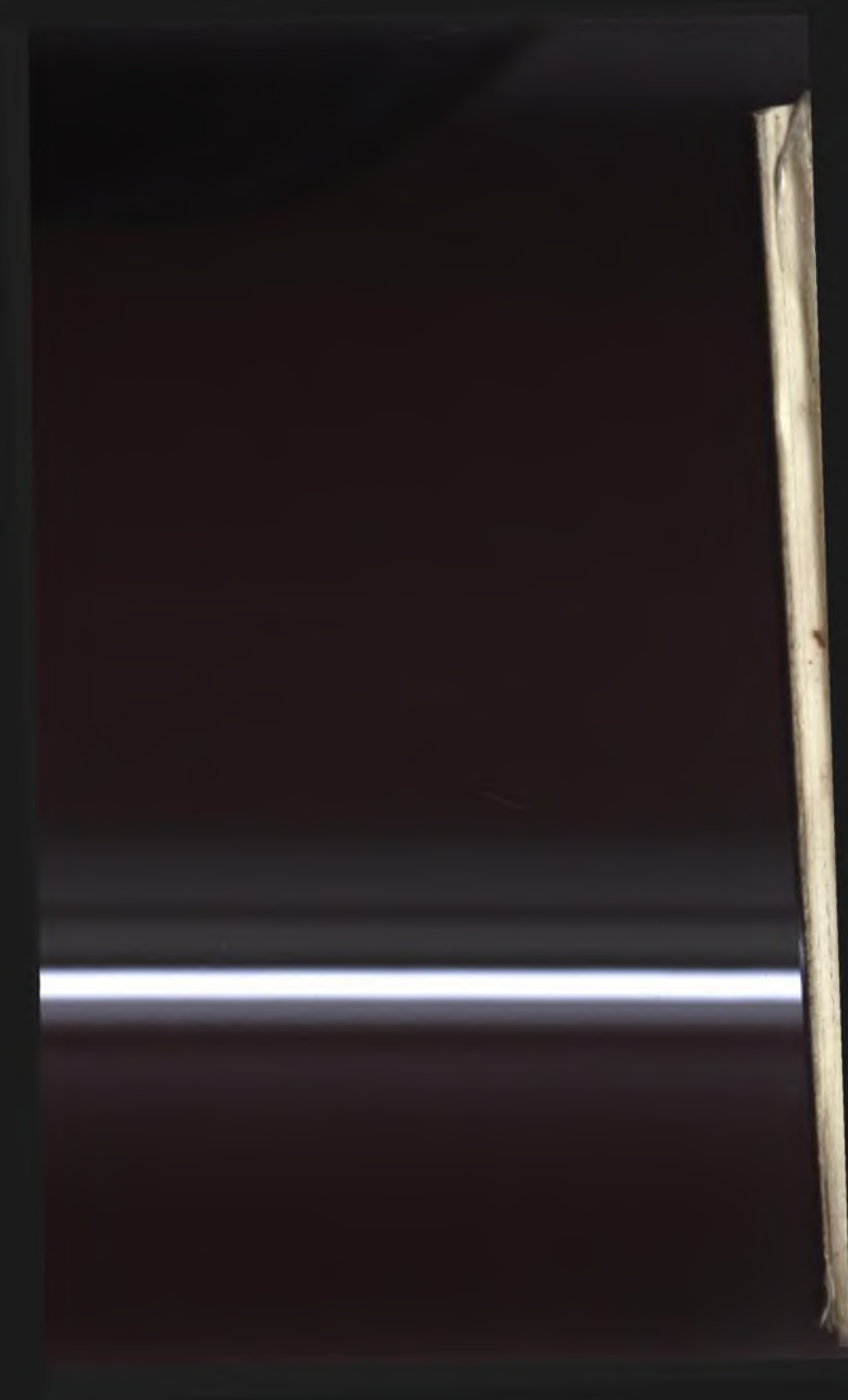




74
6044
20

Г.А.ЕГОРОВ
Я.Ф.МАРТЫНЕНКО
Т.П.ПЕТРЕНКО

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МУКОМОЛЬНОЙ, КРУПЯНОЙ И КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МОСКВА
Издательский комплекс
МГАП
1996

1800/05

[Faint, illegible handwriting in a cursive script, likely a historical document or ledger entry.]

[Faint, illegible handwriting in a cursive script, continuing from the top page or as a separate entry.]

664.7
Е-30

Г.А.ЕГОРОВ

Я.Ф.МАРТЫНЕНКО

Т.П.ПЕТРОВИЧ

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МУКОМОЛЬНОЙ, КРУПЯНОЙ И КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Допущен Государственным Комитетом РФ
по высшему образованию в качестве
учебника для студентов ВУЗов
обучающихся по специальности 060800
“Экономика и управление в отраслях
агропромышленного комплекса”

XI / 1

2/3

Бух. ТИП и ЛП

698 82

МОСКВА
Издательский комплекс
МГАПП
1996

УДК 664.7.002.2(075.8)+636.085.55:664.7.002.2(075.8)

Егоров Г.А. и др.

Технология и оборудование мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности. / Г.А.Егоров, Я.Ф.Мартыненко, Т.П.Петренко - М.: Издательский комплекс МГАПП, 1996. - 210 с., ил.
ISBN 5230-12895-X

Рецензенты:

Заведующий кафедрой технологии пищевых производств Оренбургского государственного университета доц. Г.Н.Дегтяренко,

Заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств Оренбургского государственного университета проф. В.Ю.Полищук,

Генеральный директор АООТ Большевохлебопродукт Б.И.Пикус,

Генеральный директор АО Орехбургхлебопродукт В.Н.Химич.

В учебнике изложены сведения о свойствах зерна разных культур как сырья для производства муки, крупы и комбикормов, а также сведения о незерновых компонентах комбикормов. Приведены данные об историческом развитии техники и технологии муки, крупы и комбикормов. Рассмотрены теоретические основы процессов технологии, принципы организации и ведения этих процессов и операций, изложены методы контроля их эффективности. Отдельные главы посвящены принципам безотходной технологии и организации и ведения процесса на малых предприятиях.

Для студентов, обучающихся по специальности 060800 "Экономика и управление в отраслях агропромышленного комплекса".

ISBN 5230-12895-X

© Издательский комплекс МГАПП, 1996

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов	7
Введение	9
Глава 1. Общие сведения о производстве муки, крупы и комбикормов	11
1.1. Краткий исторический очерк технологии муки, крупы и комбикормов	12
1.2. Ассортимент и показатели качества муки, крупы и комбикормов	15
1.3. Роль стандартизации в технологии муки, крупы и комбикормов	16
1.4. Вопросы экологии в технологии муки, крупы и комбикормов	19
Глава 2. Свойства зерна и других продуктов, как сырья для производства муки, крупы и комбикормов	20
2.1. Технологическое значение особенностей анатомии и химического состава зерна	21
2.2. Физико-химические свойства зерна	25
2.3. Структурно-механические свойства зерна	30
2.4. Технологические свойства зерна и компонентов комбикормов	32
2.5. Потребительские достоинства муки, крупы и комбикормов	35
Глава 3. Характеристика процессов технологии муки, крупы и комбикормов	37
3.1. Понятие о технологическом процессе и его эффективности	37
3.2. Общая схема процессов на мельзаводе	37
3.3. Общая схема процессов на крупозаводе	38
3.4. Общая характеристика процессов на комбикормовых заводах	39
3.5. Системный анализ технологии муки, крупы и комбикормов	40
3.6. Процесс сепарирования зерна	43
3.7. Процесс обработки поверхности зерна	54
3.8. Гидротермическая обработка зерна	58
3.9. Формирование помольной смеси как метод стабилизации технологических свойств зерна	65

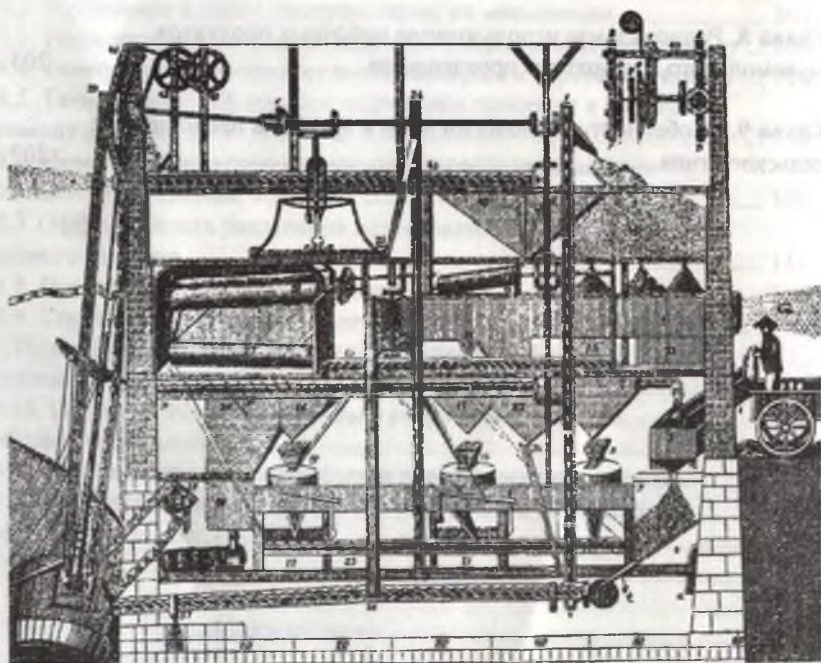
3.10. Измельчение зерна и компонентов комбикормов	67
3.11. Сортирование продуктов измельчения по крупности	75
3.12. Сортирование крупок по добротности	85
3.13. Шелушение зерна пленчатых культур	88
3.14. Сортирование продуктов шелушения на крупозаводах	90
3.15. Финишная обработка крупы	95
3.16. Процессы крупяных продуктов быстрого приготовления	97
3.17. Смешивание измельченных продуктов в комбикормовом производстве	100
3.18. Гранулирование, брикетирование и прессование комбикормов	102

Глава 4. Частная технология муки	103
4.1. Классификация помолов	103
4.2. Требования к зерну, поступающему на мельзаводы	105
4.3. Технологический процесс подготовки зерна к простому помолу ...	106
4.4. Технологический процесс подготовки ржи к сортовому помолу	106
4.5. Технологический процесс подготовки пшеницы к сортовому помолу	108
4.6. Нормы качества зерна на выходе из подготовительного отделения мельзавода	110
4.7. Эффективность раздельной подготовки к помолу зерна разного качества	111
4.8. Простой повторительный помол	112
4.9. Сортные помолы ржи и тритикале	113
4.10. Сортные помолы пшеницы с сокращенной схемой технологического процесса	115
4.11. Сортные помолы пшеницы с развитым процессом обогащения крупок	119
4.12. Особенности технологии муки для макаронных изделий	130
4.13. Системный анализ операций в размольном отделении мельзавода	131
4.14. Баланс помола	137

Глава 5. Частная технология крупы	145
5.1. Технология пшеницы	146
5.2. Технология рисовой крупы	150
5.3. Технология гречневой крупы	157
5.4. Технология овсяной крупы	163
5.5. Технология перловой крупы	166
5.6. Технология зерновых хлопьев	169

5.7. Технология крупы быстрого приготовления	171
Глава 6. Частная технология комбикормов	175
6.1. Основы организации и ведения технологии комбикормов	175
6.2. Варианты организации и ведения технологического процесса	177
6.3. Схема технологического процесса комбикормового завода	191
Глава 7. Контроль и управление технологическими процессами	192
7.1. Рациональная организация автоматизированного управления и контроля	193
7.2. Методы оценки эффективности технологии муки, крупы и комбикормов	199
7.3. Правила организации и ведения технологического процесса на предприятиях	201
Глава 8. Рациональное использование побочных продуктов мукомольного и крупяного производства	203
Глава 9. Особенности технологии муки и крупы на предприятиях сельского типа	207

Зерно, как мы, имеет чувство,
Зерно, как мы, живая плоть.
Дано не каждому искусство
Его в муку перемолоть.



Технология - совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности, в строительстве и т.п.; научная дисциплина, разрабатывающая и совершенствующая такие приемы и способы.

Задачей технологии как науки является выявление физических, химических и других закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов, требующих наименьших затрат времени и материальных ресурсов.

БСЭ, т. 25, 537 (1598), 3-е изд.,
"Советская энциклопедия", М., 1976.

ОТ АВТОРОВ

В последние годы продолжалось интенсивное развитие теории и практики технологии муки, крупы и комбикормов. Появилось новое оборудование, разработаны новые способы подготовки и переработки зерна в муку и крупу, а также незерновых компонентов комбикормов, введены в действие новые Правила организации и ведения технологического процесса на предприятиях, требования к подготовке специалистов для отрасли хлебопродуктов. Новый учебный план для специальности 06.08 "Экономист по управлению на предприятиях пищевой промышленности" отличается от ранее действующего.

Все это определяет необходимость разработки нового оригинального учебника для указанной специальности. Настоящий учебник разработан группой авторов в составе проф. Г.А.Егорова, проф. Я.Ф.Мартыненко и доц. Т.П.Петренко. При разработке рукописи учебника авторы проанализировали накопленные за последние 30 лет научные данные и практический опыт предприятий. При этом авторы основывались на современных методических положениях организации учебных профилирующих курсов.

Основное внимание в учебнике уделяется технологии, как научной дисциплине, разрабатывающей способы и приемы производства продуктов. Поэтому приводятся фрагменты из богатой истории развития технологии муки, крупы и комбикормов, подробно излагаются сведения об

организации и ведении процессов. Одновременно с этим должное место отведено описанию современного оборудования, обеспечивающего высокоэффективное ведение технологических процессов на мукомольных, крупных и комбикормовых заводах.

Необходимое внимание уделили авторы также вопросам организации контроля эффективности процессов технологии муки, крупы и комбикормов, как неотъемлемой части их технологии.

Рассмотрены также вкратце вопросы охраны окружающей среды, автоматизации и дистанционного управления технологическим процессом.

При разработке учебника авторы ориентировались на современные требования к методической постановке курса. Поэтому учебник составлен таким образом, что с успехом может быть использован для преподавания технологии муки, крупы и комбикормов студентам-технологам специальности 27.01, а также студентам-механикам профиля 17.06.

Авторы надеются, что специалисты найдут в учебнике необходимый материал для практической деятельности. Однако лаконичное изложение материала могло породить некоторые упущения. Поэтому авторы с благодарностью примут замечания и пожелания специалистов, с тем чтобы учесть их при переиздании учебника.

Ограниченный объем учебника определил необходимость исключить ссылки на литературные источники, использованные авторами при разработке материала.

Авторы обращают внимание преподавателей на изображение технологических схем - как правило, они приведены в принципиальном варианте, что и требуется для учебника. На их основе, в процессе изложения предмета, преподаватель может дополнительно привести схемы процесса конкретных предприятий, а анализом их особенностей.

Технологические схемы помолов приведены в классическом исполнении, с указанием движения продуктов по системам процесса. Вошедшее в практику последних лет разобщенное изображение технологических систем, не связано друг с другом, совершенно неприемлемо для учебника. В этом случае теряется представление о непрерывности процесса помолы, не воспроизводится связь и иерархическая подчиненность различных систем, по ходу процесса.

Техническая характеристика систем измельчения вынесена в отдельные таблицы, чтобы не перегружать схемы. При этом вместо принятых обозначений др.с., раз.с., сорт.с., К даны: Д, Р, СС, V6/Vm. В качестве показателя взаимного расположения рифлей использован косой крест из тонких линий.

ВВЕДЕНИЕ

Зачем экономисту технология?

В самом деле - зачем?

Ведь каждый должен заниматься своим делом, тем более на производстве. Тем более - на современном производстве, где обязанности специалистов различного профиля четко разграничены.

Управление технологическим процессом осуществляет инженер-технолог, надежность работы технологического и вспомогательного оборудования обеспечивает инженер-механик; особые функции выполняет инженер по автоматизации, инженер-энергетик, инженер по охране труда и т.д.

Современные мельницы, крупозаводы и комбикормовые заводы являются полностью механизированными предприятиями с высокой степенью автоматизированного управления технологическим процессом, причем контроль и управление осуществляются с центрального пульта.

Ручной труд частично сохранился лишь на таких операциях, как отбор проб на анализ, да на уборке помещения.

Итак, эффективная работа современного предприятия требует одновременного участия ряда специалистов различного профиля. Только при слаженной их работе и может быть обеспечен постоянный положительный экономический эффект. Вот здесь-то на сцену и выступает инженер-экономист, как связующий элемент системы управления производством, как координатор согласованной деятельности всех специалистов. При этом управление должно иметь целью достижение максимального экономического эффекта в течение всего времени функционирования системы.

Именно поэтому инженер-экономист должен иметь достаточный объем знаний и в области технологии, и в области обслуживающей ее техники.

Технология является основой производства (причем любого). И поэтому грамотное управление производством, на любом участке может быть обеспечено только при условии владения методами организации и ведения технологии.

Технологический процесс состоит из ряда взаимосвязанных операций, каждую из которых выполняет специальное оборудование - машины. Их эффективная эксплуатация требует знания их конструкции,

характера влияния на их эффективность различных факторов, способов контроля и регулировки их работы.

Мукомольное производство первым среди других производств приобрело действительно инженерное оформление, т.к. измельчение зерна и сортирование полученных при этом продуктов, для выделения в конечном счете муки, требовало применения сложной техники. Высокая энергонасыщенность мельниц определила преимущественное применение всех новых энергоносителей именно на мукомольных предприятиях. Само понятие - мельница - во всем мире зачастую используется как определение самых различных производств. Крупяное и комбикормовое производство развились и оформились в инженерном варианте в последние сто лет.

Технология муки, крупы и комбикормов находятся в постоянном развитии, разрабатываются и внедряются в производство новые технологические операции, новые машины и аппараты. Для оценки эффективности их применения нужен специалист, владеющий одновременно и методами экономической науки, и методами технологии, т.е. инженер-экономист.

В особенности возрастает роль инженера-экономиста в настоящее время, в связи с переходом хозяйства на рыночные отношения. В этих условиях потребуется не только обеспечить высокую эффективность процессов, но и достичь преимущества в конкурентной борьбе с другими производителями аналогичной продукции. Поэтому комплексная подготовка специалиста не только в области экономики и организации производства, но и в конкретных вопросах производства приобретает особо важное значение и является гарантом успеха.

В общем балансе международной торговли зерно по объему операций занимает второе место, а в стоимостном выражении - первое.

В настоящее время в России действуют 448 промышленных мельниц, 85 крупозаводов и 446 комбикормовых заводов. Промышленность обеспечивает народнохозяйственную потребность в муке на 90%, в крупе - на 96% и на 60% - в комбикормах.

Ассортимент мукомольной промышленности включает 50 наименований основных и побочных продуктов, производимых при переработке пшеницы, ржи и тритикале, установленных действующими стандартами и техническими условиями. Перечень крупяной промышленности содержит 106 наименований видов продукции, вырабатываемой из 10 крупяных культур.

Глава 1.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ МУКИ, КРУП И КОМБИКОРМОВ

Мука представляет собой продукт, полученный при измельчении зерна. Если она формируется только за счет внутренней части зерна - его эндосперма - то мука называется сортовой, при измельчении всего зерна вместе с оболочками и зародышем получается мука простого помола (обойная). Для производства муки используют пшеницу, рожь, тритикале, в небольших количествах вырабатывают муку из овса, гречихи, ячменя, кукурузы и других культур.

Крупа представляет собой целое ядро зерна или его крупные частицы, полученные после удаления цветковых пленок, плодовых и семенных оболочек и зародыша. На крупу перерабатывают гречиху, рис, просо, овес, ячмень, кукурузу, пшеницу, горох, сорго.

Комбикорм - это сложная однородная смесь очищенных и измельченных до необходимой крупности различных кормовых средств и микродобавок, вырабатываемая по научно-обоснованным рецептам и обеспечивающая полноценное кормление животных. Комбикорм должен содержать не менее трех различных по своей природе кормовых средств (компонентов), не считая минеральных и других добавок, должен удовлетворять потребность животных в углеводах, протеине, минеральных веществах и витаминах. По физико-механическим свойствам комбикорма подразделяют на рассыпные, гранулированные и брикетированные. В связи с большим разнообразием видов животных, птиц и рыб для каждого из них комбикорм вырабатывают по особому рецепту, причем учитывают также пол, возраст и физиологическое состояние животных.

Мука и крупа являются основой для приготовления бесчисленного количества пищевых продуктов. За счет их потребления человек удовлетворяет свои потребности в белке на 30...50%, в различных биологически важных веществах - на 20...40%. Наиболее ценной в питательном отношении является мука простого помола, в которой содержится весь набор питательных элементов. Кроме того, за счет измельченных оболочек в ней присутствуют волокнистые вещества, способствующие выведению из пищеварительного тракта различных шлаков и улучшающие физиологические функции кишечника.

хз В условиях современных мельниц имеется возможность формирования различных сортов муки с повышенным или пониженным содержанием белка, крахмала, минеральных веществ, витаминов и т.д.

1.1. Краткий исторический очерк технологии муки, крупы и комбикормов

Производство муки и крупы известно человечеству с незапамятных времен, а производство комбикормов насчитывает около сотни лет, в нашей стране первый комбикормовый завод был построен в конце двадцатых годов.

Техника и технология муки развивается и совершенствуется на протяжении нескольких тысячелетий. Два обстоятельства определили преимущественное и постоянное развитие теории и практики муки и крупы. Во-первых, это жизненная необходимость производства этих продуктов, во-вторых - высокая энергоемкость процесса измельчения. Поэтому мельница была всегда объектом технической мысли, техника и технология постоянно развивались и совершенствовались. Мельница намного раньше других производств приобрела облик промышленного предприятия. Все технические новинки, новые разработки находили свое применение прежде всего на мельнице, в особенности в части энергоносителей.

Даже такая ультрасовременная наука, как кибернетика, в значительной мере обязана своим появлением мельничной практике. П.Косса в своей книге "Кибернетика" (М.: ИЛ, 1958.) приводит описание первого в мире и в истории человечества устройства регулятора с обратной связью. Это - питатель жернова, "потрясок", желоб, по которому зерно из закрома подается в жернов. Он установлен с таким наклоном, что в спокойном состоянии зерно по нему не движется. С жерновом соединен вал с многогранной муфтой, ребра которой при каждом обороте жернова ударяют потрясок, что приводит в движение зерно. Число таких ударов (встряхивания потряска) зависит от скорости вращения жернова: при ее изменении изменяется и количество поступающего на жернов зерна. Таким образом, потрясок имеет все элементы автоматизированной системы управления с обратной связью; следует отметить, что он использовался на примитивных мельницах уже более 1000 лет.

Появление ветряного и водяного двигателей в древние библейские времена ознаменовало переход от ручной мельницы к механической. Вследствие этого жернов перестал быть орудием труда, но превратился

в машину. Первое описание водяной мельницы приводит древний римский архитектор Витрувий около 20 г. до нашей эры, в это же время появились и ветряные мельницы. В России те и другие появились уже в IX веке, в XII столетии они были повсюду. В 1803 г. в одной только Московской губернии насчитывалось 656 водяных мельниц; несколько таких мельниц было и на реке Неглинной, на теперешней Манежной площади.

Паровой двигатель сразу же нашел применение на мельнице: в Англии в 1785 г., в России в 1818 году. В 1892 г. в 56 губерниях России работало свыше 800 крупных паровых мельниц. Широко применялись на мельницах также двигатели внутреннего сгорания. В 1914 г. в Санкт-Петербурге мельница ржаного сеяного помола была оснащена электродвигателем и стала первым электрифицированным предприятием в России.

По мере развития инженерной мысли происходило совершенствование техники и технологии. В 1783 г. американский инженер Эванс разработал проект и построил мельницу с полной механизацией всех операций. Это обеспечило ликвидацию ручного труда в технологическом процессе. Механизация тяжелых физических операций была предусмотрена даже на небольших ветряных и водяных жерновых мельницах.

Огромную роль в развитии мельницы сыграло изобретение вальцового станка. В России его применили для измельчения уже в 1822 году. В 1880 г. в Поволжье все мельницы были вальцовыми, а всего в России их было более 180. И в настоящее время вальцовые станки являются основными измельчающими машинами не только на мельницах, но и на других производствах. Важное значение имело также изобретение совершенных машин для сортирования продуктов измельчения - рассевов, ситовеек и других, обслуживающих технологический процесс.

Современный мельзавод представляет собой полностью механизированное предприятие, на котором управление процессом и контроль технологических операций в значительной степени осуществляется автоматизированными системами.

Развитие техники и технологии крупы происходило медленнее, преобразование простых крупорушек в современный крупозавод произошло только в текущем столетии.

Постоянное развитие техники и технологии издавна обеспечивало высокие результаты использования зерна. Даже в условиях рабовладельческого общества на жерновых мельницах с примитивной техникой и технологией мукомолы достигали неплохих результатов. Напри-

мер, Плиний в X веке н.э. писал, что в торговле было всегда несколько сортов пшеничной муки. Он приводит данные о результатах помола, которые, в пересчете на проценты к зерну, выглядят следующим образом :

муки высшего сорта	15,7%
муки среднего сорта	48,3%
муки из крупки	28,1%
темной муки	4,6%

В XI веке н.э. выход муки разных сортов при помоле пшеницы поддерживался на уровне 75...80%. При этом условия конкуренции диктовали производство большого разнообразия сортов муки, как правило, на каждой мельнице их было не менее пяти, а на некоторых даже 12 сортов.

Сложная техника и технология постоянно привлекали внимание ученых. М.В.Ломоносов на примере мельницы изучал работу шестерен и на этой основе впервые обосновал роль трения при работе машин. Он же выполнил классическое исследование в области гидравлики, на примере водяных мельничных колес.

Строительство и эксплуатация мельниц требовали литературного обеспечения. Первое инженерное руководство по этому вопросу опубликовано В.Левшиным в 1812 году. В дальнейшем такая литература появляется регулярно. Д.И.Менделеев в своей "Технологии" большой раздел посвятил мельничному производству.

В 1876 году первый инженер-мукомол и профессор Санкт-Петербургского технологического института П.А.Афанасьев опубликовал "Курс мукомольных мельниц"; в 1884 г. его ученик проф. К.А.Зворыкин издал "Курс по мукомольному производству". Эстафету от этих ученых принял проф. П.А.Козьмин, издавший в 1912 г. учебник "Мукомольное производство", который выдержал в дальнейшем несколько изданий, в том числе и на английском языке. Вплоть до 1950 г. он был основным учебником для вузов и техникумов.

В своем труде П.А.Афанасьев приводит следующие данные о результатах сортового помола пшеницы на мельницах тех лет:

- общий выход муки 76,2% при зольности ее 0,69%;
- в том числе муки крупчатки двух сортов и муки 4-х высоких сортов - 18,7% зольностью 0,41%;
- 51,4% муки получено зольностью 0,53%, т.е. по теперешним терминам - муки высшего сорта.

Таким образом, уже более 100 лет назад мукомолы достигли высокого уровня использования зерна. Однако это обеспечивалось за счет

очень протяженного технологического процесса и при несравнимо с теперешними высокими затратах.

Активно велась и подготовка специалистов. Первые технические училища были организованы еще при Екатерине II, в 1782 г. было 8 училищ с 518 учениками, в 1786 г. - уже 165 училищ и 11088 учеников; подавляющее большинство их готовили для работы на мельницах.

За время с 1876 по 1917 гг. диплом инженера имели более 100 мукомолов, для остальных отраслей пищевой промышленности необходимости в подготовке инженеров не было.

Современная технология муки и крупы является результатом коллективного творчества специалистов на протяжении последних 150 лет. Существенный вклад в ее развитие, помимо упомянутых ученых, внесли М.М.Пакуто, Я.Н.Куприц, В.Л.Кретович, Н.П.Козьмина, Е.П.Козьмина, В.Я.Гиршсон, П.Г.Демидов, В.П.Тарутин, Б.М.Максимчук и другие ученые и специалисты. В области оборудования особенно важные разработки принадлежат В.И.Ильченко, А.Я.Соколову, В.В.Гортинскому.

Современные мельницы, крупозаводы и комбикормовые заводы насыщены сложным оборудованием, автоматизированными системами контроля и управления и предъявляют высокие требования к инженеру.

1.2. Ассортимент и показатели качества муки, крупы и комбикормов

Производство хлебобулочных, макаронных, кондитерских изделий требует использования муки, удовлетворяющей специфическим требованиям этих производств. Поэтому из пшеницы и ржи вырабатывают несколько сортов муки. Кроме того, особые сорта муки производят для приготовления продуктов детского питания и диетических целей. На крупозаводах вырабатываются более 20 видов крупы, в зависимости от перерабатываемой культуры, установленных показателей качества и норм выхода. Число рецептов комбикормов насчитывает несколько десятков.

В таблице 1.1 приведены нормы качества муки хлебопекарной. Кроме этих показателей, влажность муки ограничивается пределом в 15%.

Для крупы основным требованием является содержание доброкачественного ядра. Например, в рисовой крупе высшего сорта такого ядра должно быть не менее 99,7%, для 1-го сорта норма 99,4%, 2-го сорта - 99,1%. Для всех видов и сортов крупы влажность допускается до 14%. Установлены также ограничения по содержанию нешелушенных зерен, цвету, запаху, наличию вредителей хлебных запасов. Общим требованием для муки и крупы является предельное содержание металломаг-

нитных примесей в размере 3 мг на 1 кг, причем наибольший размер частиц металла не должен превышать 0,3 мм, а масса ее - не более 4 мг.

Из гречихи производят ядрицу и продел, из риса - крупу шлифованную и дробленную, из ячменя - перловую и ячневую, из овса - крупу шлифованную и плющеную, из проса - пшено шлифованное и т.д.

Таблица 1.1. Нормы качества муки хлебопекарной

Сорт муки	Зольность, %, не более	Крупность помола		
		Остаток на сите, № / %, не более	Проход через сито, № / %, не менее	Содержание клейкови- ны, %, не менее
Мука пшеничная				
Высший	0,55	43/5	-	28
Первый	0,75	35/2	43/75	30
Второй	1,25	27/2	38/60	25
Обойная	Не менее чем на 0,07% ни- же зольности зерна до очи- стки	067/2	38/30	20
Мука ржаная				
Сеяная	0,75	27/2	38/90	-
Обдирная	1,45	045/2	38/60	-
Обойная (То же, что и пшеничная)				

1.3. Роль стандартизации в технологии муки, крупы и комбикормов

Стандартизация представляет собой установление и принятие правил для упорядочения деятельности в определенной области, на пользу и при участии всех заинтересованных сторон. Применение стандартизации предусматривает достижение оптимальной экономии при соблюдении функциональных условий и обеспечение безопасности жизнедеятельности и требований экологии.

Базируясь на новейших достижениях науки и практики, стандартизация не только определяет достигнутый уровень производства, но и будущее его развитие. Поэтому она является, наряду с конкуренцией, одним из стимулов научно-технического прогресса.

Государственные стандарты в нашей отрасли регламентируют показатели качества сырья и готовой продукции, правила отбора проб и методы анализа для определения показателей качества. Первый общесоюзный стандарт в СССР был принят 7 мая 1926 г. ОСТ-I "Пшеница. Селекционные сорта зерен. Номенклатура". Это подчеркивает важность зерновой проблемы.

В условиях рыночной экономики и конкурентной борьбы производителей стандартизация и сертификация продукции имеют важное значение. С одной стороны, соблюдение требований стандартов обеспечивает защиту потребителей от фальсификации, с другой - создает для всех производителей равные условия.

Для муки, крупы и комбикормов к группе наиболее важных показателей качества относят:

- калорийность, содержание питательных веществ, биологическую ценность;
- срок годности (сохраняемость);
- потребительские свойства, определяющие соответствие готовой продукции целевому назначению;
- соответствие требованиям стандартов и ТУ.

В соответствии с ГОСТ 15 467-70, качеством итоговой продукции называют относительную характеристику, основанную на сравнении совокупности показателей качества данной продукции с соответствующей совокупностью базовых показателей качества. Показателем качества продукции называют численную характеристику свойств продукции, рассматриваемую применительно к условиям ее создания и потребления.

Так, при оценке качества хлебопекарной муки используют такие показатели, как крупность помола и зольность, а в последнее время и белизну. Крупность частиц муки влияет на характер процесса тестоведения, зольность косвенно показывает содержание балластных веществ, т.к. коррелирует с содержанием клетчатки, белизна непосредственно влияет на товарный вид хлебобулочных изделий. Для пшеничной муки дополнительно определяют содержание и качество клейковины.

Соответствующие требования установлены для разных видов крупы и рецептов комбикормов.

Теоретические основы оценки качества продукции разрабатывает квалиметрия - наука об измерении качества. Высокое качество продукции может быть обеспечено только при условии высокого качества труда. Поэтому на производстве необходимо проводить комплекс мероп-

Бух. Тип. ЛП

Виб. ЛП

М

69882

приятий по обеспечению бездефектного изготовления продукции и созданию комфортных условий труда.

Основными путями повышения культуры производства являются:

- постоянное внедрение технического прогресса при проектировании и эксплуатации предприятий; внедрение достижений науки, новой техники, передового опыта, новых типовых проектов; систематическое проведение технического перевооружения или реконструкции действующих предприятий;

- внедрение новых и совершенствование существующих форм прогрессивной организации производства, а также совершенствование форм морального и материального стимулирования;

- систематическое проведение мероприятий по повышению уровня знаний и квалификации всех работников;

- постоянное улучшение условий труда, главным образом, соблюдение санитарных требований, ликвидация трудоемких операций;

- обеспечение тесного взаимодействия организаторской работы с социально-культурными мероприятиями.

К важнейшим факторам, определяющим комфортные условия на предприятии, относят уровень шума, вибрации, температуру, относительную влажность и запыленность воздуха, а также все факторы, связанные с выполнением производственных обязанностей персоналом: расположение оборудования, наличие проходов между машинами, удобство и простота контроля технологических параметров оборудования и их регулирование, цвет оборудования, защищенность травмоопасных деталей оборудования и т.д.

Наиболее высокий уровень шума на наших предприятиях отмечен на этажах и в помещениях, где установлены измельчающие машины - вальцовые станки, молотковые дробилки, а также в помещениях вентиляторов высокого давления при пневмотранспорте продуктов. Основная причина вибрации - несбалансированность вращающихся деталей машин (вальцев, шкивов, роторов и т.п.), отсутствие вибропоглощающих прокладок под машинами.

Необходимо поддерживать в производственных помещениях наших предприятий температуру в пределах: летом 18-25°C, зимой 17-22°C, а относительную влажность воздуха на уровне 65...75% - этот диапазон оптимален не только для человека, но и для эффективного ведения таких важных технологических операций, как измельчение зерна и сортирование продуктов измельчения. Запыленность производственных помещений, кроме создания дискомфорта, может привести к загоранию пыли и даже взрыву при появлении искры.

Таким образом, стандартизация непосредственно влияет на качество продукции, эффективность производства и в значительной степени определяет научно-технический прогресс в отрасли.

1.4. Вопросы экологии в технологии муки, крупы и комбикормов

Интенсивное развитие энергоемких производств, связанных с переработкой природного сырья, активная химизация сельского хозяйства и многих отраслей промышленности породили сложные экологические проблемы. В современной экологии важное место занимает разработка вопросов взаимодействия человека и биосферы.

Нежелательное воздействие предприятий нашей отрасли на окружающую среду связано с рядом факторов, среди которых наиболее значимыми являются:

- загрязнение прилегающей территории пылевидными отходами; при нормально организованной аспирации оборудования это практически исключается;

- возникший при работе технологического и вспомогательного оборудования шум, в особенности при работе измельчающих машин и воздухоуловов; следует принимать специальные меры для его снижения;

- вибрация; при современных методах монтажа оборудования и возведения промышленных зданий не ощущается даже в производственном корпусе;

- сброс в канализацию неочищенных сточных вод из производства; в связи с отказом от мойки зерна на мельницах этот вопрос потерял остроту.

Однако полностью признать экологически чистыми наши предприятия нельзя. При размещении их среди жилых массивов шум все-таки беспокоит жителей вблизи расположенных домов, но в остальном они экологической опасности не представляют.

Глава 2.

СВОЙСТВА ЗЕРНА И ДРУГИХ ПРОДУКТОВ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ, КРУПЫ И КОМБИКОРМОВ

Зерно является дорогим сырьем. В общих затратах на производство муки и крупы доля зерна составляет 90...95 %. Поэтому важно использовать его с наивысшей эффективностью, т.е. обеспечить максимальный выход готовой продукции, наилучшее ее качество при минимальных удельных эксплуатационных затратах.

Решение этой важной инженерной задачи возможно только на основе управления свойствами зерна в процессе его переработки на предприятиях, при условии использования прогрессивных методов технологии и высокоэффективного оборудования. Для этого специалист должен уметь оценивать технологические достоинства зерна, поступающего на предприятие, и с учетом его индивидуальных особенностей избирать рациональные режимы технологических операций.

По современным научным представлениям, при оценке свойств зерна следует учитывать, что зерно является сложным физическим телом, вследствие органического соединения в единое целое резко разнородных по структуре и свойствам анатомических частей: эндосперма, оболочек и зародыша и, во-вторых, что зерно - живой организм, поэтому все протекающие в нем процессы, независимо от их природы, подчиняются управляющему воздействию биологической системы зерна. С термодинамической точки зрения зерно представляет собой сложную открытую систему с большим числом внешних и внутренних связей.

Для комплексной оценки зерна, как сырья для переработки, удобно использовать понятие его технологического потенциала, который формируется под влиянием биологических особенностей сорта, почвенно-климатических условий выращивания и комплекса агротехнических мероприятий, как это показано на схеме рис. 2.1.

В мукомольной и крупяной промышленности этот технологический потенциал определяется двумя основными показателями:

- соотношением масс анатомических частей и, прежде всего, содержанием эндосперма (ядра);
- физической возможностью разделения анатомических частей зерна в процессе переработки на самостоятельные продукты.

При производстве комбикормов технологический потенциал определяется питательной и энергетической ценностью зерна.

Исходя из целевого назначения муки и крупы необходимо учитывать также их потребительские достоинства.

Таким образом, технологический потенциал зерна представляет собой вероятностную меру его технологических и потребительских достоинств.

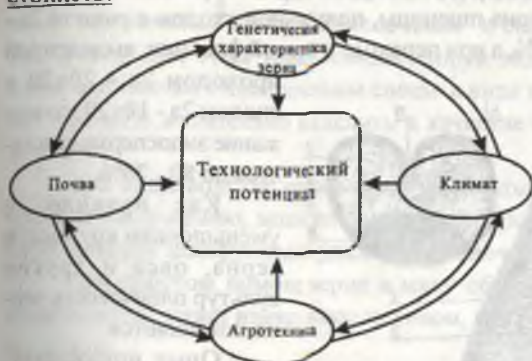


Рис. 2.1. Схема формирования технологического потенциала зерна

2.1. Технологическое значение особенностей анатомии и химического состава зерна

Зерно хлебных и крупяных культур имеет сложное строение и структуру своих анатомических частей, а внешне - оригинальную форму для каждой группы культур.

Анатомические особенности зерна играют заметную роль в формировании его технологического потенциала, а также в системе организации и ведении технологического процесса на мельнице и крупозаводе. Соотношение масс анатомических частей определяет потенциальный выход продуктов его переработки. Наличие цветковых пленок у крупяных культур требует введения в технологию операции шелушения. Глубоко проникающая бороздка у зерна пшеницы, ржи, тритикале существенно усложняет задачу избирательного измельчения крахмалистой части его эндосперма при сортовом помоле. Определенное значение имеет структура цветковых пленок, оболочек, конфигурация клеток алейронового слоя и т.д.

Результаты многочисленных научных работ свидетельствуют, что соотношение масс анатомических частей зерна заметно варьирует, в зависимости от сорта, крупности, выполненности и других факторов. Например, содержание крахмалистой части эндосперма в зерне пшеницы у разных партий различается на 8% - от 85 до 77%, в зерне ржи - на 7% - от 78 до 71% и т.д. Поэтому неодинаковы и потенциальные технологические достоинства зерна. Для зерна пшеницы можно принять, что

в среднем массовая доля крахмалистой части эндосперма составляет 82,5%, алейронового слоя - 8,0%, оболочек - 7,0%, зародыша - 2,5%.

Пленчатость ячменя варьирует в пределах 8...15%, овса - 20...40%, риса - 14...35%, проса - 16...22%, гречихи - 17...25%.

На содержание эндосперма значительно влияет крупность зерна. Так, для крупной фракции зерна пшеницы, полученной сходом с решета 2а - 28х20, оно равно 83...85%, а при переходе к мелкой фракции, выделенной

проходом 2а - 20х20 и сходом 2а - 18х20, содержание эндосперма снижается до 80...78%.

Как правило, с уменьшением крупности зерна, овса и других культур пленчатость зерна повышается.

Опыт показывает, что содержание эндосперма (ядра) практически прямолинейно связано с выходом муки или крупы.

На рис. 2.2 представлен продольный и поперечный разрезы зерна пшеницы. Анатомически зерно делится на три части: эндосперм, зародыш и окружающие их оболочки - защитный покров зерна, каждая часть также имеет сложное строение и состав. На брюшной стороне зерна пшеницы, ячменя, ржи, тритикале, овса, т.е. у так называемых настоящих хлебов, имеется бороздка, особая складка оболочек, проникающая вглубь эндосперма.

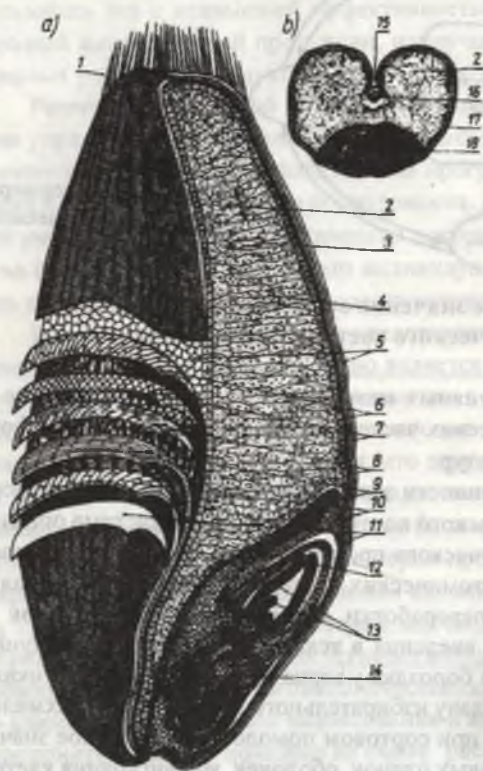


Рис. 2.2. Продольный и поперечный разрезы зерна пшеницы:

1 - бороздка зерна, 2 - крахмалистая часть эндосперма, 3 - клетка эндосперма, 4 - стенка клеток, 5 - алейроновый слой эндосперма, 6 - гиалиновый слой, 7 - семенная оболочка, 8 - трубчатый слой, 9 - поперечный слой, 10 - продольный слой, 11 - верхний слой плодовой оболочки, 12 - щиток зародыша, 13 - росток, 14 - корешок, 15 - бороздка зерна, 16 - пигментный тяж, 17 - оболочки, 18 - зародыш.

При производстве сортовой муки и крупы наружные покровы зерна необходимо выделить в виде побочных продуктов - отрубей, мучки, лузги, а эндосперм зерна превратить в готовую продукцию. Такое разделение анатомических частей зерна на самостоятельные продукты является сложной инженерной задачей. При сортовом помоле проводят многоступенчатый процесс измельчения и сортирования полученных продуктов; при этом тонко измельченный эндосперм направляется в муку, а оболочки с алейроновым слоем в виде крупных частиц - в отруби; зародыш желательно выделить в качестве самостоятельного продукта.

При производстве крупы зерно пленчатых культур вначале подвергают шелушению, затем из полученных продуктов выделяют чистое ядро, которое шлифуют для удаления оболочек и алейронового слоя.

При простом помоле зерна в муку обойную и в комбикормовом производстве зерно измельчают целиком, без разделения на отдельные продукты.

По химическому составу зерно хлебных и крупяных культур характеризуется высоким содержанием крахмала. Семена бобовых культур богаты белком, а некоторые - и жиром. Зерно крупяных культур содержит много клетчатки, что обусловлено наличием у них цветковых пленок. Химические вещества неравномерно распределены по анатомическим частям, что связано с различной органической функцией зародыша, эндосперма и оболочек, а также цветковых пленок.

Таблица 2.1. Содержание основных химических веществ в зерне

Культура	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жиры	Зольность
Пшеница	10..20	60..75	2..3	2..2,5	1,5..2,2
Рожь	8..14	58..66	1,8..3,2	1,7..3,2	1,7..2,3
Ячмень	11..15	58..68	4,5..7,2	1,9..2,6	2,7..3,1
Овес	10..13	40..50	11,5..14	4,5..5,8	4,0..5,7
Тритикале	11..23	49..57	2..3	3..5	1,8..2,2
Рис	7..10	65..75	9,5..12,5	1,5..2,5	4,5..6,8
Просо	10..15	58..65	10..11	1,9..2,3	3,7..4,5
Сорго	9..14	51..61	5..6,5	2,7..3,7	1,8..2,4
Кукуруза	9..11	68..76	2,5..3	4..6	1,4..1,8
Гречиха	10..13	66..68	10..16	2,3..3,1	2,3..2,6
Горох	21..32	46..61	5..7	1,3..2,9	2,5..4,0
Соя	30..32	2..4	4..5	15..18	4,0..5,2

Наглядно эти различия показаны в табл. 2.2. В оболочке присутствуют, главным образом, не усваиваемые человеческим организмом вещества. Зародыш и алейроновый слой эндосперма содержат много белка, но в них много и жира, присутствие которого в муке или крупе резко снижает возможный срок их хранения; поэтому их удаляют в процессе размола или при шлифовании крупы. Крахмал, как основное запасное питательное вещество семени, необходимое для развития нового растения, накапливается во внутренней части эндосперма, расположенной под алейроновым слоем.

Белки, способные образовать клейковину, также расположены только в крахмалистой части эндосперма пшеницы, ячменя, ржи, тритикале. В оболочках много пентозанов, лигнина, клетчатки. Например, плодовые и семенные оболочки зерна ржи на 30 % состоят из пентозанов, а содержание клетчатки достигает 25 %.

Таблица 2.2. Относительное распределение веществ по анатомическим частям зерна пшеницы, % от общей массы

Анатомические части	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жиры	Минеральные вещества
Оболочки с алейроновым слоем	20	0	90	30	65
Зародыш	10	0	3	20	10
Крахмалистый эндосperm	70	100	7	50	25

Неравномерно распределены вещества и в пределах эндосперма. Анализ показывает, что по мере продвижения от его центра к периферии возрастает содержание биологически ценных веществ: белков, витаминов. Особенно велико их содержание в субалейроновом и алейроновом слоях. Но клетки алейронового слоя не поддаются ферментам пищеварительного тракта человека, поэтому включать алейроновый слой в состав муки бессмысленно. Кроме того, в нем велико содержание жиров, что отрицательно сказывается на сохранности муки.

В производстве комбикормов используют разнообразное сырье растительного, животного и минерального происхождения.

Основным представителем растительного сырья является зерно злаковых и бобовых культур, которые в измельченном виде вводятся во все рецепты комбикормов. К разряду грубых растительных кормов от-

носятся сено, солома, кукурузные стержни, лузга, мякина. Особую группу составляют корма богатые биологически ценными веществами: травяная мука, хвойная мука, морские водоросли.

К сырью животного происхождения относятся отходы мясокомбинатов, рыбных промыслов, птицеферм: мука рыбная, мясокостная, кровяная, сыворотка молочная, сухое обезжиренное молоко, казеин, животный жир. В качестве минерального сырья применяют мел, поваренную соль, известняк, бентонит, сапропель и т.п.

Большой объем занимают отходы пищевой и легкой промышленности: жмых, шрот, лузга подсолнечника, фосфатидный концентрат, соленый гидролат, кукурузный экстракт, меласса, свекловичный жом и т.п. Используются также и продукты микробиологической промышленности: дрожжи, карбамид и т.п.

При формировании рецепта комбикорма стремятся обеспечить, наряду с высокой питательностью и биологическую полноценность комбикорма, вводят также и антибиотики.

2.2. Физико-химические свойства

Физико-химические свойства твердых сыпучих материалов определяются большим числом показателей, выбор которых зависит от поставленной инженерной задачи. Для зерна, как сырья для производства муки и крупы, основное технологическое значение имеют его геометрическая характеристика (линейные размеры, форма, объем, площадь внешней поверхности), крупность и выравненность зерновой массы, натура зерна, масса 1000 зерен, стекловидность. Для каждого из незерновых кормовых средств используемых при производстве комбикормов, показатели зависят от их природы.

2.2.1. Геометрическая характеристика зерна

Форма и линейные размеры зерна определяют выбор схем сепарирования, характеристику рабочих органов сепарирующих машин, шелушителей, крупотделителей, а также рабочих органов измельчающих машин. Объем и внешняя поверхность играют важную роль в процессах увлажнения, нагрева и охлаждения зерна.

С достаточной достоверностью объем зерна настоящих хлебов и зерна можно определить по формуле:

$$V = 0,52 \cdot a \cdot b \cdot l \quad (2.1)$$

где a, b, l - ширина, толщина и длина зерна;

Для площади внешней поверхности зерна пшеницы наибольшую точность обеспечивает формула

$$F = -0,02 a^2 + 3,76 b^2 + 0,88 l^2 \quad (2.2)$$

Особенности формы удобно оценивать сферичностью зерна, которая есть отношение площади внешней поверхности эквивалентного по объему шара к площади зерна

$$\psi = \frac{F_{\text{ш}}}{F} \quad (2.3)$$

В табл. 2.3 приведены некоторые данные. Партия пшеницы была разделена на фракции крупности путем просеивания на решетках с продолговатыми отверстиями: 1-я фракция - сход 3,0x20, 2-я - 2,8x20, 3-я - 2,5-20, 4-я - 2,2x20, 5-я - 2,0x20 и 6-я - 1,7x20.

Партия гречихи фракционирована сходами с решет с круглыми отверстиями, последовательно: 4,2 - 4,0 - 3,8 - 3,6 - 3,4 - 3,0 мм.

Здесь f - суммарная внешняя поверхность 1 кг зерна.

В связи с особой формой гречихи расчет сферичности смысла не имеет. Площадь ее внешней поверхности определена по формуле

$$F = 44,1 + 0,16 a \cdot b \cdot h, \quad (2.4)$$

где h - высота зерна.

Таблица 2.3. Характеристика зерна разной крупности

Фракции крупности	V мм ³	F мм ²	V/F мм	ψ	f м ² /кг
Пшеница					
1	37,9	81,3	0,47	0,67	1,78
2	32,9	72,3	0,46	0,69	1,82
3	28,9	65,1	0,44	0,70	1,88
4	19,4	48,9	0,40	0,72	1,97
5	17,3	44,6	0,39	0,73	2,25
6	12,7	35,0	0,36	0,75	2,38
Гречиха					
1	26,8	56,2	0,48	-	1,67
2	19,8	53,0	0,37	-	2,15
3	15,3	50,6	0,30	-	2,65
4	13,8	48,9	0,28	-	2,83
5	11,5	47,8	0,24	-	3,32
6	10,7	46,2	0,23	-	3,47

Анализ данных показывает, что с уменьшением крупности зерна снижается значение соотношения объема и поверхности; следовательно, у мелкого зерна должно быть более высокое содержание оболочек и меньшее содержание эндосперма. Прямой эксперимент это подтверждает. Например, при анализе 8 партий пшеницы установлено, что при переходе от крупной к мелкой фракции значение массовой доли эндосперма понижилось с 84% до 71%. На рис. 2.3 приведены данные для двух партий: в пределах изменения объема зерна с 15 до 40 мм³ содержание эндосперма заметно повышается. Поэтому мелкое зерно при помоле дает низкий выход муки, а качество ее не отвечает высоким

требованиям; эту мелкую фракцию следует выделять на элеваторах и в помол не направлять, а использовать в качестве компонента комбикормов.

Вследствие снижения массы 1000 зерен (см. 2.2.3) удельная поверхность зернового слоя повышается. Следовательно, в случае мелкого зерна процесс тепловлагообмена с окружающей средой

должен развиваться интенсивнее, чем в случае крупного.

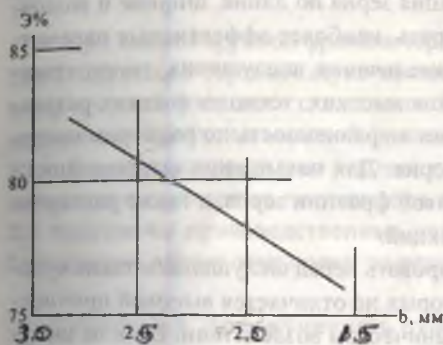


Рис. 2.3. Влияние крупности зерна пшеницы на массовую долю эндосперма

2.2.2. Натура зерна

В отечественной практике натуру зерна принято измерять в г/л. Ее величина существенно зависит от формы зерна, влажности, крупности, засоренности и вида примесей и т.п. Однако при опытах с очищенным от примесей зерном установлено положительное влияние натуры на выход муки. Имеются данные, что при натуре ниже 740 г/л выход муки снижается на 1% за каждые 17 г/л или даже 13 г/л снижения натуры. При натуре выше 740 г/л влияние ее менее заметно. При снижении натуры ухудшается и качество муки.

2.2.3. Масса 1000 зерен

Этот показатель положительно коррелирует с крупностью зерна, его стекловидностью, плотностью, поэтому он оказывает заметное влияние на технологические свойства зерен.

Установлено, что содержание ядра у пленчатых культур снижается вместе с понижением массы 1000 зерен, одновременно возрастает их пленчатость.

При сортовом помоле крупной фракции зерна пшеницы, масса 1000 зерен которого выше 40 г, выход муки на 3...5% выше, чем при помоле мелкой фракции, массой 1000 зерен ниже 23 г.

2.2.4. Выравненность партии зерна

Естественная высокая вариация зерна по длине, ширине и толщине не позволяет однозначно избирать наиболее эффективные параметры процессов сепарирования, измельчения, шелушения, гидротермической обработки. Для обеспечения высоких технологических результатов важное значение приобретает выравненность по размерам поступающих в переработку партий зерна. Для повышения выравненности партий используют удаление мелкой фракции зерна, а также рассортирование партий на несколько фракций.

Особенно важно фракционировать перед шелушением такие культуры, как гречиха и рис, ядро которых не отличается высокой прочностью и легко разрушается при механическом воздействии. Если на шелушитель будет поступать различное по размерам зерно, то будет происходить или дробление ядра крупных зерен, или же зерно мелких фракций останется нешелушенным.

При переработке ячменя установленные нормами выход и качество перловой крупы обеспечиваются только при такой партии, в которой содержание прохода сита 2а-22х20 составляет не более 5%.

В мукомольной практике фракционирование зерна не применяется. Однако проведенное исследование показало, что если разделить помольную партию на две фракции, посредством сортирования на сите 2а-25х20, то полученные сходовая и проходовые фракции заметно различаются по свойствам и требуют индивидуальных режимов увлажнения и отволаживания.

Для примера в табл. 2.4 приведены результаты лабораторного помола пшеницы разных фракций крупности. Видно, что общий выход муки при переходе от крупной к мелкой фракции понизился на 8,5% и 9,7%, а зольность повысилась.

Таблица 2.4. Мукомольные свойства зерна разной крупности

Фракции крупности	Безостая I		Саратовская 29	
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %
1	76,2	0,60	76,1	0,62
2	72,3	0,59	74,5	0,61
3	71,9	0,58	73,2	0,59
4	69,1	0,67	68,1	0,64
5	67,7	0,70	66,4	0,66

При помоле крупной фракции зерна ржи, выделенной сходом с сита 2а-25х20, выход сортовой муки составил 63,7% зольностью 0,88%, из зерна средней фракции - сход с сита 2а-22х20 - получено 64,3% муки зольностью 0,94%, а из мелкой фракции - 61,8% зольностью 1,09%.

Поэтому настоятельно рекомендуется мелкую фракцию зерна заблаговременно выделять на элеваторе и в помол не направлять. В табл. 2.5 приведены производственные данные, которые показывают, как благотворно влияет этот прием на результаты помола.

Таблица 2.5. Эффективность отбора мелкой фракции зерна

Мельзавод (город)	Процент отбора мелкой фракции	Повышение выхода муки		Снижение зольности	
		Всего	Высшего и I-го сортов	Всего	Высшего и I-го сортов
Санкт-Петербург	9,1	0,81	1,18	0,03	0,03
Рыбинск	2,3	0,10	2,63	0,05	0,03
Калуга	6,0	1,22	1,85	0,02	0,02
Кутаиси	11,5	1,44	1,12	0,02	0,02

Таким образом, положительный эффект наблюдается даже при выделении небольшого количества мелкой фракции.

2.2.5. Стекловидность зерна

Этот показатель отражает особенности микроструктуры эндосперма зерна, учитывают его для зерна пшеницы, риса, ячменя, ржи, тритикале.

При помолe стекловидного зерна эндосперм извлекается легче, а мука имеет более высокие хлебопекарные достоинства. Перловая и ячневая крупа из стекловидного зерна ячменя лучше разваривается, каша получается рассыпчатой, сама крупа имеет более привлекательный товарный вид. Это же характерно для зерна риса.

В мукомольной практике для зерна пшеницы установлены три группы стекловидности: до 40%, от 40 до 60% и выше 60%. При формировании помольных партий рекомендуется поддерживать стекловидность на уровне 50...60%.

2.3. Структурно-механические свойства зерна

Эти свойства увязывают особенности структуры материала с его реакцией на механическое воздействие. Они определяют процессы измельчения и шелушения зерна, шлифования крупы, выход и качество продуктов измельчения, расход энергии на эти операции. Измельчение в мукомольном и комбикормовом производстве требует большой затраты энергии.

Основным показателем этих свойств являются прочность и твердость материалов; для зерна определяют микротвердость эндосперма.

2.3.1. Прочность зерна

Прочность зерна и других материалов определяет, с одной стороны, сохранение целостности их при перемещении по транспортным системам или же при обработке на различных машинах, а с другой стороны - расход энергии на измельчение или шелушение и шлифование.

Прочность зависит от вида деформации: при сжатии для разрушения материала требуется приложить усилие в 2...2,5 раза выше, чем при деформации среза. Для зерна важное значение имеет влажность: при повышении ее сверх 15...17% возрастает пластичность, что вызывает повышенный расход энергии на измельчение.

Мелкое зерно имеет повышенную прочность. Например, предел прочности крупной фракции твердой пшеницы при испытании составил 7,5...8,5 МПа, а мелкой фракции - 9,5...11,5 МПа.

Заметно различается прочность анатомических частей зерна. Прочность оболочек зерна пшеницы достигает 27...33 МПа, а прочность эндосперма не превышает 3 МПа, т.е. ниже в 10 и более раз. Заметно различается прочность цветковых пленок и ядра большинства крупяных культур. Этот факт имеет важное технологическое значение, т.к. облегча-

ет разделение в процессе избирательного измельчения или шелушения. Прочность ядра крупных культур обычно выше, чем прочность цветковых пленок. Так, предел прочности зерна проса равен 2,4 МПа, а ядра - 2,9 МПа, для овса получено 1,2 МПа и 1,8 МПа, для гречихи - 1,9 МПа и 2,5 МПа и т.д.

В комбикормовом производстве измельчению подвергаются резко различные по прочности материалы: мел, соль, стержни кукурузных початков, жмых и т.п.

2.3.2. Твердозерность пшеницы

Этот показатель используется как одна из характеристик структурно-механических свойств зерна, прежде всего пшеницы. Он связан со структурой и прочностью эндосперма. За эталон твердозерности принято зерно яровой твердой пшеницы Дурум.

Оценку твердозерности осуществляют различным образом. Наиболее принятым и удобным в исполнении является метод, основанный на анализе гранулометрического состава муки: в этом случае определяют или удельную величину внешней поверхности единицы массы муки, или рассчитывают условный средний диаметр частиц муки, или содержание в муке частиц определенной крупности - индекс размера частиц (ИРЧ); применяют также оценку этого показателя на различных приборах - твердомерах.

С повышением твердозерности возрастает микротвердость эндосперма, снижается ИРЧ и удельная поверхность муки, возрастает размер частиц, т.е. увеличивается их крупность.

Это отражается на технологических свойствах зерна. Так, при помоле твердозерной пшеницы (ТЗ) мука получается крупитчатой, хорошо высеивается при сортировании на ситах, частицы ее имеют близкую к кубической форму. Наоборот, при помоле мягкозерной пшеницы (МЗ) частицы получают неправильной формы, мука содержит много мелких фрагментов эндосперма и даже свободных гранул крахмала, частицы муки слипаются, образуют агрегаты, что затрудняет выделение муки в отсевах и вызывает замазывание сит. Пшеница ТЗ хорошо вымалывается, отруби получают с низким содержанием крахмала. Хлебопекарные достоинства такой муки выше.

Градация зерна по этому показателю выглядит следующим образом. Мука из зерна ТЗ имеет удельную поверхность не выше $2600 \text{ см}^2/\text{г}$, а для МЗ - выше $3000 \text{ см}^2/\text{г}$, средний размер частиц - 22 мкм и 13 мкм, ИРЧ - 19% и 38% соответственно и т.д.

Ценность показателя твердозерности состоит также в том, что это свойство является сортовым признаком, генетически наследуется. ТЗ и МЗ не зависит от стекловидности, крупности и других характеристик зерна.

2.3.3. Расход энергии на измельчение зерна и компонентов комбикормов

При измельчении материалов проявляется весь комплекс его структурно-механических свойств, определяя расход энергии на этот процесс. Величина работы измельчения зависит от пластических свойств материала и варианта подготовительных операций.

Для зерна оптимальное значение влажности находится в пределах 15...17%, в случае пшеницы, и 14...15% для ржи. Прочность ядра риса максимальна при влажности 13,5...14,5%.

Удельный расход энергии на мельзаводе, в расчете на 1 т муки, составляет от 20 до 200 кВт·ч, в зависимости от вида помола, оснащения мельниц и других факторов. На производство крупы затрачивается меньше энергии - от 1 до 5 кВт·ч/т, что связано с отсутствием операции тонкого измельчения.

В комбикормовом производстве расход энергии обусловлен также процессом измельчения и гранулирования. Удельная величина его зависит от вида комбикорма, сырья, его подготовки и организации процесса измельчения - на молотковых дробилках или вальцовых станках.

2.4. Технологические свойства зерна и компонентов комбикормов

Технологические свойства любого материала определяют три основных показателя:

- удельный выход готовой продукции;
- качество готовой продукции;
- удельные затраты на производство единицы массы готовой продукции.

В мукомольном производстве принято оценивать технологические свойства зерна по выходу и зольности (или белизне) муки. В крупяном производстве используют выход и различные показатели качества крупы: степень шлифования, белизну и т.п. В комбикормовом производстве при оценке технологических свойств различных видов сырья основываются на показателях, определяющих процесс их переработки, обычно учитывают крупность частиц, структурно-механические свойства и т.п.

2.4.1. Выход и качество готовой продукции

В мукомольном и крупяном производстве эти определяющие по-

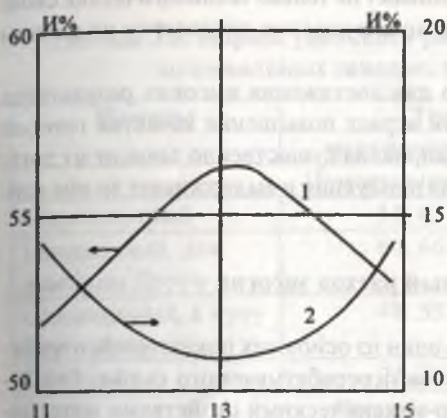


Рис. 2.4. Влияние влажности риса-зерна на выход крупы:

1 - целой, 2 - дробленной

На рис. 2.4 показано, как изменяется выход крупы при переработке зерна риса различной влажности. Наиболее высокие результаты достигаются при 13...14% влажности. Выше было отмечено, что именно при этих ее значениях ядро имеет наибольшую прочность; поэтому при шелушении зерна и шлифовании крупы ядро меньше дробится, сохраняет целостность, что и обеспечивает повышенный выход наиболее ценной целой крупы.

Существует оптимальная влажность и для зерна других культур: для пшеницы ее значение равно 15...17%, для ржи 14...15%.

В мукомольном производстве оценку технологических свойств осуществляют также посредством расчета технологического показателя К, равного отношению выхода муки к ее зольности; в указанном диапазоне влажности он имеет максимальное значение.

Но наиболее совершенным методом оценки является определение комплексного количественно-качественного критерия по формуле

$$E = I \cdot \Delta = I \cdot \frac{(Z_0 - Z_1)}{Z_0}, \% \quad (2.5)$$

где I - выход муки, %; Z_0 и Z_1 - зольность зерна и муки, %.

казатели зависят от особенностей анатомического строения зерна, относительного содержания эндосперма (ядра), формы и крупности зерна, распределения химических веществ по анатомическим частям зерна и в пределах эндосперма, а также от особенностей организации и ведения технологического процесса на данном предприятии. Непосредственно влияет на выход и качество муки и крупы влажность зерна и способ подготовки его к окончательной переработке.

В этом случае исключается зависимость оценки от исходных показателей качества зерна и других факторов; понятно, что из партии зерна с высокой зольностью получить низкозольную муку сложнее. Поэтому критерий Е объективно оценивает не только технологические свойства зерна, но и уровень организации и ведения технологии на данном предприятии.

Следует иметь в виду, что для достижения высоких результатов технологии определяющую роль играет повышение качества готовой продукции. Рентабельность предприятия существенно зависит от того, по какой цене реализуется готовая продукция и выдерживает ли она конкуренцию.

2.4.2. Удельный расход энергии

Удельный расход энергии - один из основных показателей, определяющих технологические свойства перерабатываемого сырья. Его величина определяется структурно-механическими свойствами материала, но существенно зависит от организации технологического процесса и, прежде всего, операции измельчения, как наиболее энергоемкой. Определенное значение имеют также конструктивные особенности измельчающих машин, характер воздействия их на частицы материала в зоне измельчения.

Анализ показывает, что на мельницах сортового помола пшеницы и ржи не менее 70% общего расхода энергии на технологический процесс принадлежит операции измельчения. На крупозаводах энергоемкими являются операции шелушения зерна и шлифования крупы. На комбикормовых заводах измельчение материалов также является главным фактором энергозатрат, на втором месте находится гранулирование и смешивание измельченных продуктов.

В табл. 2.6 приведены установленные нормы удельного расхода электроэнергии на мельницах.

Таким образом, на мукомольном заводе производственной мощностью 500 т в сутки при годовом рабочем периоде 300 дней суммарный расход электроэнергии на технологический процесс составляет более 6 млн. кВт·ч при механическом транспорте и достигает 10...11 млн. кВт·ч при пневматическом транспорте.

Для крупозаводов с механическим транспортом продуктов установлены следующие удельные нормы расхода электроэнергии (потребная мощность) в кВт на 1 т зерна: при переработке проса - 0,7, гречихи - 1,8, риса - 1,8, пшеницы - 1,2, кукурузы - 3,0, ячменя: при производстве

перловой крупы 5,0, ячневой крупы - 1,7, овса - 2,3 при выработке крупы и 2,9 при производстве хлопьев. На крупозаводах с пневматическим транспортом расход выше в 1,5 раза.

Таблица 2.6. Нормы удельного расхода электроэнергии для мукомольных заводов, кВт·ч на 1 т муки

Помолы	Транспорт продуктов	
	механический	пневматический
Помолы пшеницы		
Многосортный	55..65	86..102
Макаронный, для пшеницы Дурум	60..66	93..102
Односортный, в муку 2-го сорта	48..55	67..77
Обойный	21..24	30..34
Помолы ржи		
Односортный 63% - ный	55..60	71..78
Двухсортный	45..50	59..65
Обдирный	42..45	55..59
Обойный	22..26	31..36

2.5. Потребительские достоинства муки, крупы и комбикормов

Мука и крупа являются конечными продуктами для мельницы и крупозавода и представляют собой сырье для производства хлебобулочных, макаронных, некоторых кондитерских изделий и кулинарных блюд. Поэтому мука и крупа должны удовлетворять показателям, определяющим их потребительские достоинства.

Готовый комбикорм должен в полной мере удовлетворять физиологическим потребностям организма животных, птиц и рыб, в зависимости от рецепта.

Потребительские достоинства муки и крупы оценивают посредством лабораторных испытаний на различных приборах, в зависимости от вида продукции и ее конкретного назначения, а также путем проверочных дегустаций при производстве тех или иных продуктов: хлеба, макарон, печенья, тортов, плова, каши и т.п.

Для хлебопекарной муки определяют активность некоторых ферментов, газообразующую и газоудерживающую способности теста и

другие показатели. Для крупы важное значение имеют такие показатели, как разваримость, рассыпчатость каши и др. Для макарон определяют их прочность, разваримость, переход сухих веществ в варочную воду и т.п.

Потребительские достоинства комбикормов оценивают посредством организации опытного кормления специально выделенных для этой цели группы животных, птиц или рыб; при этом учитывают поедаемость корма, величину суточного привеса подопытных животных, усвояемость корма и т.п.

Потребительские достоинства муки, крупы и комбикормов тесно связаны с их пищевой ценностью, которая определяется как способность удовлетворять потребности организма в необходимости для роста и развития органических и минеральных веществах и в энергии для обеспечения работоспособности, воспроизводства и т.д.

Например, взрослый человек для нормального протекания физиологических процессов в организме и выполнения работы должен ежедневно потреблять количество пищи, достаточное для производства 480...2000 кДж, в зависимости от пола, возраста, характера работы. При этом пища должна быть сбалансированной по содержанию белка, незаменимых аминокислот, витаминов, липидов, фосфатидов, минеральных веществ.

Глава 3.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ МУКИ, КРУПЫ, И КОМБИКОРМОВ

Производство муки, крупы и комбикормов осуществляется на основе сложных технологических схем, органически объединяющих в логической последовательности ряд специализированных операций. Набор этих операций и их последовательность зависят от вида перерабатываемой культуры, вида готовой продукции; существенное влияние на организацию и ведение технологического процесса на мельнице и крупозаводе оказывают анатомические особенности зерна, а при производстве комбикормов - их рецепт.

3.1. 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.

Индивидуальные операции в технологическом процессе выполняют технологические системы, состоящие из отдельных машин или же из группы однотипных или разнородных машин, объединенных для совместного выполнения одной технологической операции. Технология муки, крупы и комбикормов расчленяется на ряд логически взаимосвязанных этапов, специфических для каждого вида производства.

Эффективность технологического процесса определяется степенью реализации его целевой задачи. Основными показателями эффективности служат выход и качество готовой продукции и удельные эксплуатационные затраты.

Конечный результат производственного процесса определяют три основных фактора: свойства сырья, организация и ведение технологического процесса и специфические достоинства технологического оборудования.

Весь комплекс процессов на наших предприятиях разделяется на две самостоятельные группы: процессы подготовки сырья и процессы производства готовой продукции.

3.2. Общая схема процессов на мельзаводе

При сортовом помоле зерна мука должна быть сформирована только за счет измельченного эндосперма, его крахмалистой части. Оболоч-

ки, алейроновый слой и зародыш направляются в отруби, причем зародыш желательно выделять в виде самостоятельного продукта.

В подготовительном отделении мельзавода поступающее зерно подвергают сепарированию для удаления из его массы различных посторонних примесей. Их начальное содержание ограничено следующими нормами: сорной примеси - не более 2,0%, зерновой - не более 5,0%. После очистки, на выходе из подготовительного отделения их остаточное содержание не должно превышать: сорной 0,3%, зерновой - 3,0%.

На оболочках зерна могут присутствовать различные загрязнения, поэтому проводят специальную операцию по очистке поверхности зерна; в некоторых случаях осуществляют легкое шелушение зерна, частично удаляя его плодовые оболочки.

Особое значение имеет направленное изменение исходных структурно-механических и технологических свойств зерна - это достигается путем проведения процесса гидротермической обработки (ГТО). Помимо того, для стабилизации свойств зерна проводят формирование помольных партий, причем преследуют цель обеспечить в течение возможно более длительного периода постоянные значения стекловидности, содержания клейковины и других показателей свойств зерна.

Завершаются операции в подготовительном отделении увлажнением оболочек зерна для придания им повышенной сопротивляемости измельчению; это обеспечивает формирование при помоле крупных отрубей, которые легко отделяются от частиц муки при сортировании продуктов измельчения.

В размольном отделении мельзавода осуществляются операции измельчения и сортирования продуктов измельчения по крупности и добротности. Эти операции повторяются многократно, что диктует задача избирательного измельчения крахмалистой части эндосперма. Эффективность этого процесса повышается при направлении на каждую систему измельчения однородных по размерам и добротности продуктов, что достигается их фракционированием, сортированием на ряд промежуточных продуктов на отсевах и ситовечных машинах.

Если стоит задача получения нескольких сортов муки, то проводится операция их формирования; тот или иной сорт муки получается путем объединения и смешивания ряда потоков муки с отдельных технологических систем.

3.3. Общая схема процессов на крупозаводе

Организация и ведение процессов на крупозаводе заметно различается для каждой культуры, а в пределах культуры - и в зависимости от

вида вырабатываемой крупы; это обусловлено особенностями анатомического строения зерна различных культур и его структурно-механическими и физико-химическими свойствами.

В подготовительном отделении обязательным для всех культур является сепарирование с целью удаления из зерновой массы посторонних примесей. Гидротермическая обработка занимает важное место, однако применяется не для всех культур, но лишь для гречихи, овса, ячменя, гороха, пшеницы. Очень полезно проводить ГТО на рисозаводах для упрочнения хрупкого ядра риса, но при этом крупа приобретает желтую или даже коричневую окраску, поэтому ГТО применяют только в некоторых странах Центральной Азии и дальнего Востока, для населения которых такая крупа является привычной.

На гречезаводах и на некоторых рисозаводах в подготовительном отделении партию зерна рассортировывают по крупности на 2-3 и более фракций, что повышает эффективность переработки; желательно фракционировать также зерно на овсозаводах. На ячменезаводах в подготовительном отделении осуществляют предварительное шелушение зерна.

В шелушильном отделении крупозавода для всех пленчатых культур осуществляют шелушение зерна и последующее сортирование образовавшихся продуктов для разделения их на самостоятельные: целое ядро, битое ядро, мучка, лузга. Ядро затем подвергают шлифованию для удаления плодовой и семенной оболочек и алейронового слоя; рисовую крупу дополнительно полируют для придания ей товарного вида.

При переработке гречихи партию зерна разделяют на 5-6 фракций крупности и после их раздельного шелушения выделяют целую крупу - ядрицу и дробленое ядро - продел; шлифования крупы не требуется.

При производстве перловой, ячневой, кукурузной и пшеничной крупы зерно дробят на крупные частицы и сортируют по размерам.

Разделение продуктов шелушения осуществляют на отсевах, триерах, падди-машинах, крупосортировках, иногда используют и пневмосортировальные столы.

3.4. Общая характеристика процессов на комбикормовых заводах

Как правило, комбикорм включает в свой состав большое число различных кормовых средств органической и неорганической природы. Организация подготовительных операций с этими компонентами заметно различается и осуществляется на отдельных технологических линиях. В соответствии с видом кормовых средств выделяют линии мучнистых

продуктов, зернового сырья, минерального сырья и т.д. Число подготовительных линий обуславливается производственной мощностью завода и ассортиментом комбикормов и достигает 12...18 и более. Пропускная способность каждой линии рассчитывается на подготовку требуемого по рецепту количества данного вида сырья.

В зависимости от принятой технологии на данном предприятии технологический процесс организуется по одному из следующих вариантов:

- с подготовкой каждого вида сырья в отдельности и дозированием их и смешиванием на заключительном этапе (однокомпонентное измельчение - одноэтапное дозирование);
- с формированием предварительных смесей компонентов, двухэтапным дозированием (многокомпонентное измельчение - двухэтапное дозирование);
- с совместной переработкой сырья, требующих измельчения компонентов, одноэтапным дозированием (многокомпонентное измельчение - одноэтапное дозирование);
- с дозированием всех видов сырья и их совместной переработкой (одноэтапное дозирование - многоэтапное измельчение).

Ответственной операцией является смешивание подготовленных компонентов. В дальнейшем рассыпной комбикорм может быть подвержен брикетированию или гранулированию.

При подготовке зерна пленчатых культур проводят операцию шелушения. Для повышения питательности и усвояемости зернового компонента зерно подвергают гидротермической обработке при жестких режимах и в разных вариантах, включая микронизацию и экструдирование.

3.5. Системный анализ технологии муки, крупы и комбикормов

Технологический процесс на мельницах, крупозаводах и комбикормовых заводах представляет собой открытую сложную многофункциональную систему. Поэтому предметное рассмотрение особенностей его организации удобно осуществлять на основе методов системного анализа.

Технологические операции на наших предприятиях осуществляются в такой последовательности: прием сырья - временное хранение сырья - подготовительные операции - производство готовой продукции - временное хранение готовой продукции - реализация готовой продукции. Каждый из этих этапов может быть представлен в виде отдельной

системы со своими специфическими задачами, с индивидуальным набором возмущающих и управляющих факторов. Для примера приведем параметрическую схему операций в подготовительном отделении мельзавода (ПОМ) сортового помола пшеницы, рис. 3.1.



Рис. 3.1. Параметрическая схема подготовительного отделения мельзавода

Здесь M_0 и M_1 - материальные потоки на входе и выходе, X_0 и X_1 - качественная характеристика материального потока на входе и выходе; через Y обозначены различные возмущающие факторы, а посредством Z определены факторы управления, активного воздействия на свойства зерна.

Общая модель системы подготовительного отделения может быть представлена в таком виде:

$$M \cdot X = M_0 \cdot X_0 + m_1 \cdot x_1, \quad (3.1)$$

где m_1 и x_1 - частые материальные потоки, положительные и отрицательные, и их качественные характеристики.

Аналогичная параметрическая схема и ее математическая модель действительна и для крупозавода и комбикормового завода.

Система подготовительного отделения расчленяется на ряд операционных подсистем. На рис. 3.2 приведена развернутая структурная схема этой системы. На этой схеме соответствующими символами обозначены следующие операции:

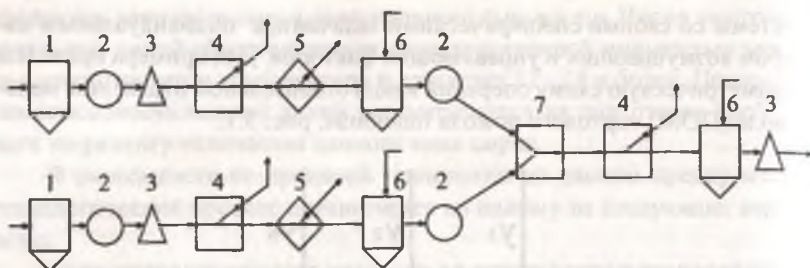


Рис. 3.2. Операционная схема подготовительного отделения мельзавода:

1 - резервный материальный ресурс (емкость);

2 - дозирование;

3 - взвешивание (контроль массы);

4 - сепарирование;

5 - обработка (очистка) поверхности зерна;

6 - гидротермическая обработка зерна: увлажнение и отволаживание;

7 - смешивание (формирование помольных партий).

Каждая из этих технологических операций представляет собой элемент системы; при детальном рассмотрении каждую из них можно представить в виде самостоятельной системы.

Для дополнительного анализа систему "Подготовительное отделение" удобно разделить на отдельные подсистемы с индивидуальной характеристикой и целевой функцией, например:

подсистема 1 - сепарирование;

подсистема 2 - обработка (очистка) поверхности зерна;

подсистема 3 - гидротермическая обработка зерна (ГТО);

подсистема 4 - формирование помольной партии.

На этапах (подсистемах) 1, 2 и 3 происходит изменение и массы зерна и его качества: из зерновой массы удаляются примеси, а также загрязнения с поверхности зерна, на этапе 3 зерно увлажняется. В подсистеме 4 осуществляется объединение двух или более компонентов в единую помольную партию со средневзвешенными значениями основных показателей качества.

Разработка мероприятий, обеспечивающих эффективное функционирование рассматриваемой системы, должна базироваться на технологическом анализе эффективности функционирования подсистем. При этом главными факторами являются следующие:

- для подсистемы 1 - полное удаление минеральной и вредной примесей и максимальное - трудноотделимых примесей;

- для подсистемы 2 - снижение зольности зерна не менее чем на 0,07% с частичным шелушением плодовой оболочки зерна, при условии сохранения зародыша и минимального травмирования зерна;

- для подсистемы 3 - раздельное проведение операции для каждого компонента помольной смеси, по индивидуальным параметрам процесса;

- для подсистемы 4 - особое значение имеет подбор компонентов сильной и слабой пшеницы в соотношении, обеспечивающем высокие технологические достоинства зерна и потребительские достоинства муки.

Выполнение этих условий обеспечивает эффективное функционирование системы ПОМ, в результате чего достигается высокая степень реализации технологического потенциала зерна в размольном отделении мельзавода.

Для некоторых крупозаводов необходимо дополнить схему подсистемой "фракционирование", причем подсистема "ГТО" также может отсутствовать, например, на рисозаводе.

Структурная схема процессов подготовки сырья на комбикормовом заводе индивидуальна для каждой линии подготовки разных видов сырья: крупнокускового, сыпучего, мучнистого и т.д.

В любом случае подготовка сырья к окончательной переработке предусматривает проведение ряда органически связанных технологических операций, совокупность которых может классифицироваться как жесткая открытая система. Основной задачей является управление технологическими свойствами сырья, направленное их изменение в сторону повышения и стабилизации их показателей перед переработкой в муку, крупу или комбикорм. Системный анализ процессов в размольном отделении мельзавода и шелушильном отделении крупозавода изложен ниже, в разделе, посвященном частной технологии муки и крупы.

3.6. Процесс сепарирования зерна

Сепарирование представляет собой процесс разделения исходной смеси на составляющие ее компоненты, более однородные по признаку разделения. В соответствии с этим, любая машина, в которой осуществляется разделение смеси по одному или более признакам, называется сепаратор.

Сепарирование является общим процессом для мукомольных, крупяных и комбикормовых заводов.

Возможность разделения исходной смеси на компоненты с заданной эффективностью определяется ее делимостью по избранному признаку. Для оценки делимости смеси, выбора инженерного варианта сепарирования смеси необходимо выполнить статистический анализ вариации этого признака. На основе сравнения вариационных кривых для компонентов смеси, или вариационных рядов распределения признака избирают конкретный вариант процесса.

На рис. 3.3 приведены вариационные кривые распределения по скорости витания рисового ядра 1, лузги 2 и мучки 3. Очевидно, что для разделения этих продуктов можно использовать воздушный поток, а в качестве сепарирующей машины - аспиратор. При скорости воздушного потока от 4,5 м/с до 5,5 м/с можно полностью освободить ядро от лузги и мучки. Однако разделить лузгу и мучку таким образом невозможно, т.к. их вариационные кривые пересекаются; необходимо использовать иной признак, например, крупность частиц.

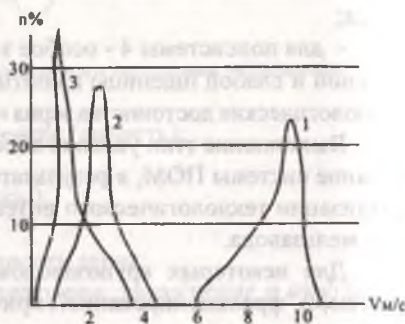


Рис. 3.3. Вариационные кривые скорости витания рисового ядра 1, лузги 2 и мучки 3.

Таким образом, при наличии промежутка между вариационными кривыми смесь может быть разделена совершенно, т.е. с наивысшей эффективностью. Если же кривые на некотором участке пересекаются, то смесь является неполностью делимой, если же кривые накладываются одна на другую - имеем полностью неделимую смесь по данному признаку.

3.6.1. Оценка эффективности сепарирования

Сепарирование является типичным представителем разделительных процессов. Принципиальная схема процесса приведена на рис. 3.4.

При сепарировании полностью делимой смеси из двух компонентов массой

$$M = m_1 + m_2 \quad (3.2)$$



Рис. 3.4. Принципиальная схема процесса сепарирования

получают две самостоятельные партии массой $P_1 \neq m_1$ и $P_2 \neq m_2$; в каждой из них имеется определенная примесь частиц другого компонента: q_2 в P_1 и q_1 в P_2 . Оценка эффективности сепарирования для каждого из компонентов определяется двумя показателями (коэффициентами эффективности): один определяет полноту выделения данного компонента из исходной смеси, отражает количественную сторону процесса; для 1-го компонента получаем:

$$\eta_1 = \frac{P_1 - q_2}{m_1}, \quad (3.3)$$

Второй показатель эффективности определяет качественную характеристику процесса:

$$\eta_2 = \frac{P_1 - q_2}{P_1}, \quad (3.4)$$

Общая эффективность процесса находится как произведение этих частных коэффициентов:

$$E = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot 100\% \quad (3.5)$$

Например, если $m_1 = 500$ т и $m_2 = 500$ т, а после сепарирования получено: $P_1 = 600$ т, $q_2 = 200$ т, то в результате находим

$$\eta_1 = \frac{600 - 200}{500} = 0,80; \quad \eta_2 = \frac{\overset{600-}{\sqrt{200}}}{600} = 0,67;$$

$$E = 0,80 \cdot 0,67 \cdot 100 = 53,6 \, \%.$$

В производственных условиях эффективность сепарирования определяют по упрощенному варианту

$$E = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \cdot (100 - m), \quad (3.6)$$

где X_1 и X_2 - исходное и конечное содержание примесей в зерне, т.е. на входе и выходе сепаратора, m - содержание годного зерна в отходах, %.

3.6.2. Конструкции сепараторов

На рис. 3.5 - 3.13 приведены конструктивные схемы используемых в мукомольном, крупяном и комбикормовом производстве сепараторов и их характеристика.

Для выделения примесей из зерновой массы на мельницах используют аспираторы, пневмосепараторы, воздушно-ситовые сепараторы, камнеотборники, триеры, концентратор, магнитные сепараторы; для разделения зерна на фракции применяют сепаратор шкафного типа.

На крупозаводах - воздушно-ситовые сепараторы, аспираторы, триеры, магнитные сепараторы.

Очистка зерна от примесей на комбикормовых заводах осуществляется на воздушно-ситовых и магнитных сепараторах.

На рис. 3.5, 3.6 и 3.7 представлены три различных сепаратора, выделяющих из зерновой массы примеси по аэродинамическим свойствам - по сопротивляемости воздушному потоку - аспираторы.

На рис. 3.5 дана конструктивная схема простого аспирационного канала, в котором проходящее сверху вниз зерно продувается встречным воздушным потоком. В зависимости от скорости воздушной струи обеспечивается выделение тех или иных примесей. При помощи такой регулировки достигается заданный эффект сепарирования.

В дуоспираторе, приведенном на рис. 3.6, обеспечивается двукратное продувание зерна, что повышает эффект разделения смеси; при этом часть отноров, более тяжелые частицы, оседают непосредственно в камере этой машины, а остальные уносятся в соответствующие пылеуловители, как происходит и в случае применения простого аспирационного канала.

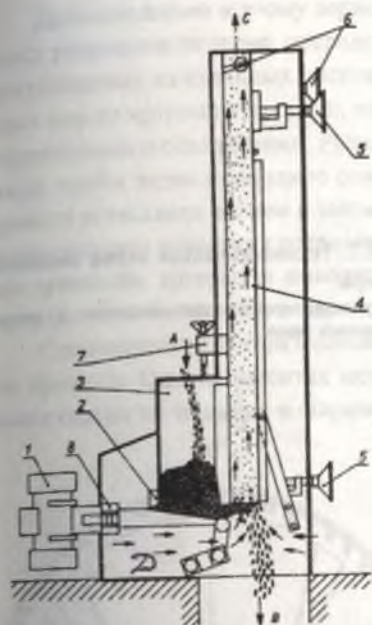


Рис. 3.5. Технологическая схема аспиратора:

1 - вибратор, 2 - днище приемного ковша, 3 - приемный ковш, 4 - подвижная стенка воздушного канала, 5, 6 - регулировочные винты, 8 - эластичное крепление А - исходное зерно, В - зерно, С - отходы, D - воздушный поток

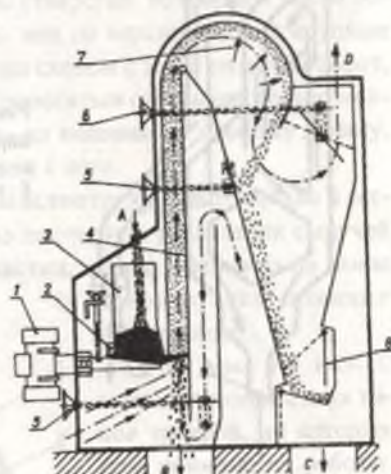


Рис. 3.6. Технологическая схема дуо-аспиратора:

1 - вибратор, 2 - днище, 3 - приемный ковш, 4 - стенка канала, 5, 6 - регулировочные винты, 7 - осадочная камера, 8 - клапан, В - зерно, А - исходное зерно, С - отходы, D - воздушный поток

Приведенный на рис. 3.7 пневмосепаратор применяется на мельницах, оснащенных системой пневмотранспорта продуктов в подготовительном отделении, принцип его работы ясен из рисунка.

Комбинированный способ удаления из зерна сразу нескольких видов примесей использован в конструкции воздушно-ситового сепаратора, схема которого дана на рис. 3.8. В этой машине посредством воздушного потока удаляются аэродинамические легкие примеси, причем зерновой поток продувается и на входе, и на выходе из машины. Особенность конструкции современных типов этой машины состоит в том, что аспирационный канал снабжен устройством, позволяющим регулировать его сечение. Поэтому скорость воздушного потока в канале изменяется и ее устанавливают по необходимости, в зависимости от содержания в зерне примесей, на таком уровне, который обеспечивает максимальную эффективность процесса.

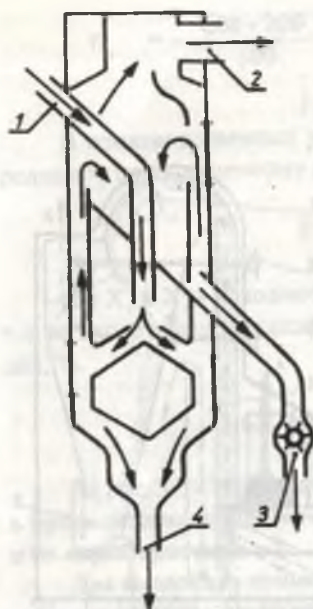


Рис. 3.7. Технологическая схема пневмосепаратора:

1 - поступление зерна, 2 - воздушный поток, 3 - отходы, 4 - очищенное зерно

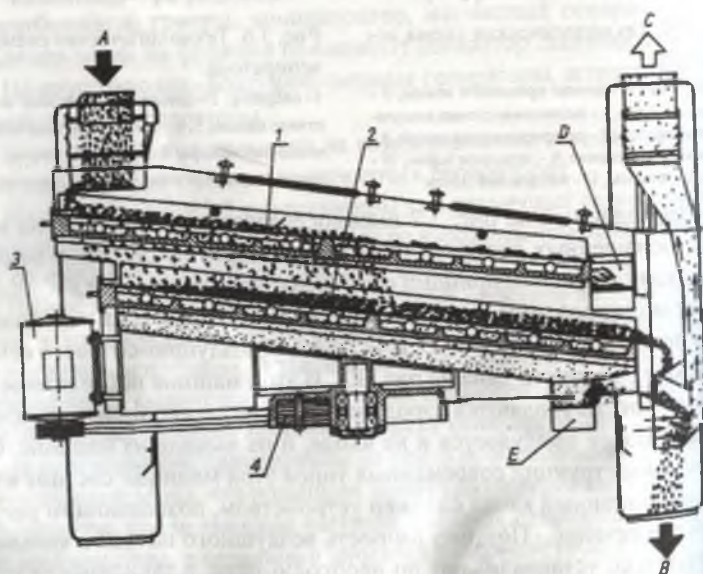


Рис. 3.8. Технологическая схема воздушно-ситового сепаратора:

1 - сортировочное сито, 2 - подсевное сито, 3 - электродвигатель, 4 - баланси́р; А - исходное зерно, В - очищенное зерно, С - воздушный поток, D - крупные примеси, E - мелкие примеси

Дополнительно к этому зерно очищается от примесей, отличающихся размерами от зерна, посредством просеивания на ситах-решетах, изготовленных из стальных листов путем перфорации в них продолговатых или же круглых отверстий; на гречезаводах применяют также сита с треугольными отверстиями. Размеры отверстий подбирают таким образом, чтобы зерно проходило сквозь них на верхнем сите, а крупные примеси оставались на нем и затем шли сходом с этого сита. Наоборот, на нижнем сите отверстия позволяют просеяться сквозь них только мелким примесям, которые и выводятся из машины по особому каналу, зерно же остается на сите и идет сходом с него.

Следовательно, в этой машине выделяются крупные, мелкие и легкие примеси. Однако на ситах можно достигнуть разделения сыпучей массы только по толщине и ширине частиц, для разделения их по длине используется принцип триерования.

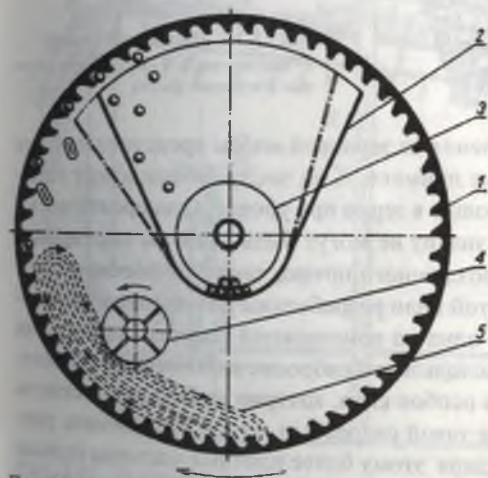


Рис. 3.9. Технологическая схема цилиндрического триера:

1 - корпус, 2 - ювш для коротких частиц, 3, 4 - шнеки, 5 - зерно

На рис. 3.9 и 3.10 приведены схемы двух типов триеров, их которых ясен принцип их работы. В этих машинах на внутренней поверхности цилиндра или же на боковых поверхностях дисков имеются углубления - ячейки, в которые при вращении цилиндра или дисков попадают частицы и поднимаются вверх. Высота их подъема, до их выпадения из ячеек, зависит от размера ячеек и длины частицы: более длинные выпадают

раньше, а более короткие поднимаются выше. Установив соответствующий экран - уловитель этих частиц, можно достигнуть их разделения по признаку длины. По характеру выделяемых примесей триеры подразделяются на куколеотборники, в которых удаляются примеси короче зерна: куколь и др., и овсюгоотборники - для выделения частиц примесей длиннее зерна: овсюг и др.



Рис. 3.10. Дисковый триер:
а - вид внутри, б, в - разделение длин-
ных и коротких частиц

Особую сложность удаления из зерновой массы представляют так называемые трудноотделимые примеси. К их числу принадлежит галька - мелкие камешки, попадающие в зерно при уборке. Они практически не отличаются по размерам, значит не могут быть удалены сортированием на ситах, применение воздушного потока также не обеспечивает их полного выделения. Для этой цели разработаны различные камнеотделители (камнеотборники), одна из конструкций которых приведена на рис. 3.11. В этой машине использован вибропневматический эффект: зерновой поток поступает на особое сито, которое вибрирует и сквозь которое продувается воздух с такой скоростью, чтобы обеспечить разрыхление слоя на сите. Благодаря этому более плотные частицы гальки вступают в контакт с ситовой поверхностью машины и движутся по нему в одном направлении, а менее плотное зерно перемещается в противоположном направлении. Вместе с галькой могут быть выделены и частицы других материалов: стекла, немагнитных металлов и т.п.

Подобный этому комбинированный способ очистки зерна от примесей используется и в концентраторе, схема которого приведена на рис. 3.12. В результате расслоения потока зерна по плотности на сите этой машины образуются две фракции: тяжелая и легкая, различные по технологическим свойствам. Кроме того, из зерна удаляются мелкие примеси и легковесные трудноотделимые примеси: овсюг и т.п.

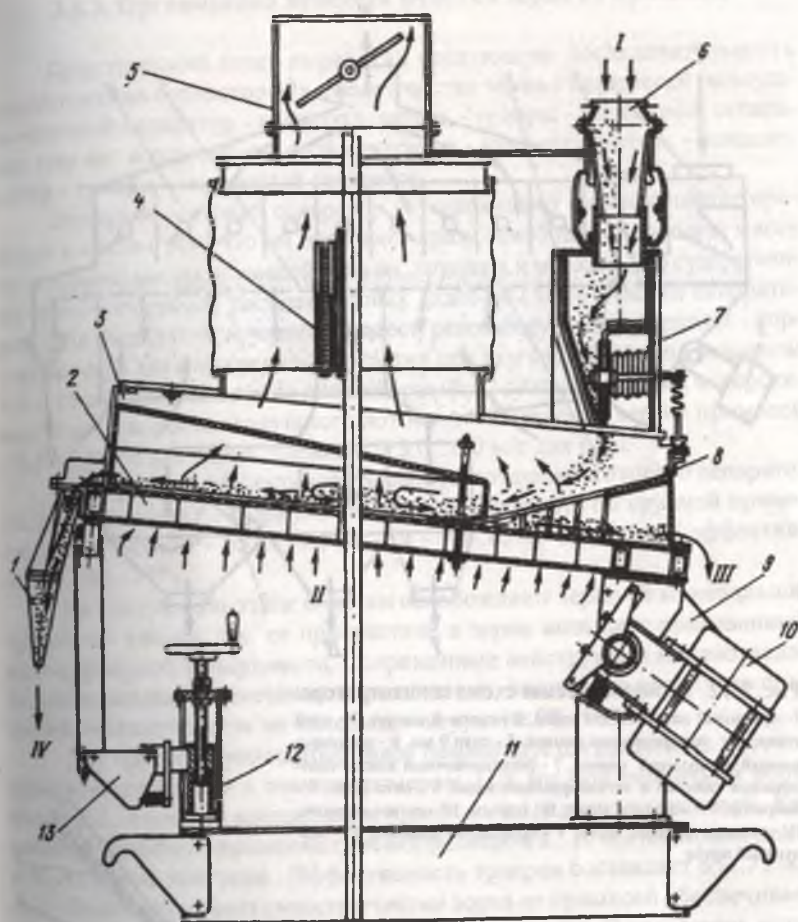


Рис. 3.11. Технологическая схема камнеотделительной машины:

I - минеральные примеси, 2 - дека, 3 - вибростол, 4 - микрометр, 5 - диффузор, 6 - приемная воронка, 7 - регулятор подачи зерна, 8 - приемный лоток-распределитель, 9 - патрубок для вывода зерна, 10 - электровибратор, 11 - станина, 12 - регулировочный винт наклона стола, 13 - шарнирная стойка; I - исходное зерно, II - воздушный поток, III - очищенное зерно, IV - примеси

Для выделения различных примесей, обладающих магнитными свойствами: частиц железа, никеля и их руды применяют различные магнитные аппараты, с постоянными магнитами или же с электромагнитом, схема дана на рис. 3.13.

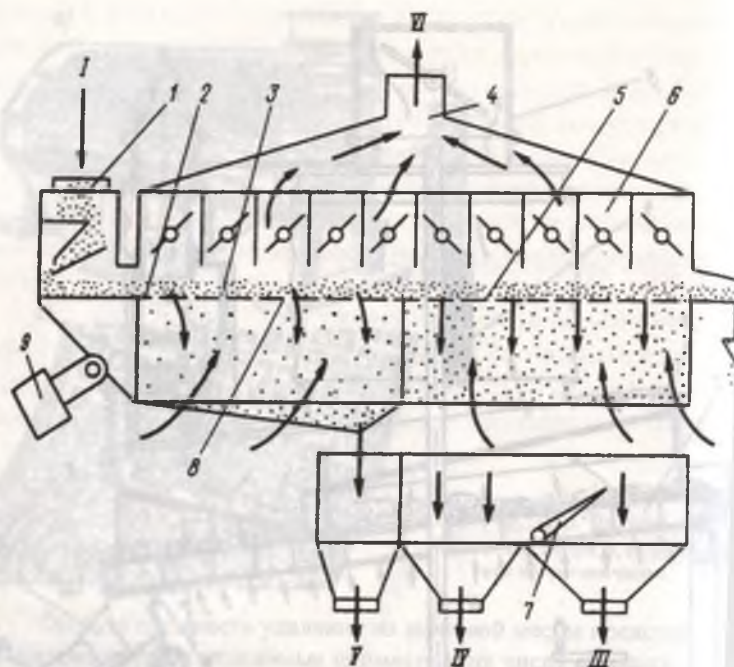


Рис. 3.12. Технологическая схема концентратора:

1 - приемный патрубок для зерна, 2 - ситовой корпус, 3 - слой зерна, 4 - аспирационная камера, 5 - сито 9 мм, 6 - регулировочный воздушный клапан, 7 - регулировочный клапан соотношения тяжелой и легкой фракций зерна, 8 - сито 2 мм, 9 - вибратор; I - исходное зерно, II - отходы, III - легкая фракция, IV - тяжелая фракция зерна, V - проходовая фракция, VI - воздушный поток



Рис. 3.13. Технологическая схема электромагнитного сепаратора:

1 - продукт, 2 - электромагнит, 3 - вал, 4 - приводной шкив, 5 - немагнитная обечайка, 6 - щетка, 7 - разделительный экран, 8 - магнитные примеси

3.6.3. Организация процесса очистки зерна от примесей

Практический опыт выработал следующую последовательность расположения сепараторов в схеме очистки зерна от примесей: воздушно-ситовой сепаратор - камнеотделитель - триеры - магнитный сепаратор или же: воздушно-ситовой сепаратор - камнеотделитель - концентратор - триеры - магнитный сепаратор.

Воздушно-ситовой сепаратор устанавливают в самом начале процесса в связи с тем, что он позволяет сразу освободить зерновую массу от основной массы примесей: легких, крупных и мелких. Это существенно облегчает работу расположенных далее по схеме очистки сепараторов. Для выделения крупной примеси рекомендуется на верхнем - сортировочном сите применять отверстия продолговатой формы размером 4,5 x 25 мм, для выделения мелкой примеси - сито с круглыми отверстиями 2 мм; скорость воздушного потока для выделения легких примесей - 5,5...6,5 м/с для зерна пшеницы и 5,0...6,0 м/с для ржи.

В результате эффективность работы воздушно-ситового сепаратора, рассчитанная по формуле 3.6, должна составить по крупной примеси 100%, мелкой - 65...75%, легкой - 70...85%. Суммарная эффективность - 65...75%.

На следующем этапе очистки освобождают зерно от минеральной примеси - гальки, т.к. ее присутствие в зерне вызывает повышенный износ триерной поверхности. Современные конструкции камнеотделительных машин обеспечивают практически полное удаление этих примесей, эффективность их находится на уровне 98...99%.

Для триеров-куколеотборников рекомендуется применять рабочие поверхности машин с ячейками размером 4...5 мм при первичной обработке и 3...4 мм - на контрольном пропуске выделенных примесей. Для овсюгоотборников применяют ячейки размером 8...10 мм на первом этапе и 9...11 мм на контроле. Эффективность триеров составляет 65...75%.

Высокую эффективность очистки зерна от примесей обеспечивает концентратор. На первом участке установлено сито 2 мм, сквозь которое удаляется оставшаяся в зерне мелкая примесь. При этом слой зерна разделяется по плотности, на поверхность всплывает легкая (менее плотная) фракция, которая состоит из щуплых, изъеденных, недоразвитых, поврежденных клопом-черепашкой зерен и включает в себя также овсюг, ячмень и другие подобные зерна. На второй половине длины машины установлено сито 9 мм, сквозь которое вначале просеивается тяжелая фракция зерна, затем более легкая, а верхний слой со всеми примесями идет сходом.

Анализ работы концентратора показывает, что в тяжелую фракцию поступает 70...75% от массы зерна, сход составляет от 0,2% до 1%,

при этом он на 50...60 % состоит из примесей. Тяжелая фракция зерна освобождается от сорной примеси на 85...95%, а от зерновой - на 70...75%. Благодаря этому тяжелая фракция зерна не нуждается в очистке на триерах, а мелкая фракция проходит обработку только на куколеотборниках.

Современные магнитные сепараторы обеспечивают высокую эффективность выделения своего класса примесей, так что в зерне на выходе из подготовительного отделения не обнаруживаются.

В результате сепарирования сорная примесь из зерна должна быть выделена не менее чем на 80%, остаточное содержание ее не должно превышать 0,3%; выделение зерновой примеси - не ниже 30%, остаточное содержание допускается до 3 % от массы зерна после очистки.

3.7. Процесс обработки поверхности зерна

Зерновая масса, освобожденная от примесей, нуждается в дополнительной очистке. Необходимо удалить загрязнения и пыль с поверхности зерна, накопившиеся при его транспортировании и хранении. Кроме того, в результате травмирования зерна его оболочки могут частично отслаиваться. При неблагоприятных условиях хранения на поверхности зерна развиваются плесневые грибки - продуценты афлатоксинов. Для удаления всех этих загрязнений поверхность зерна обрабатывают сухим или мокрым способом перед направлением в помол. В первом случае применяют обоечные машины или проводят шелушение зерна в машинах ЗШН. При мокром способе обработки поверхности зерна используют моечные машины или же машины для мокрого шелушения зерна.

Обоечные машины с абразивным цилиндром используют только при подготовке пшеницы и ржи к простому помолу в обойную муку. При сортовых помолах применяют обоечные машины со стальным цилиндром, чтобы снизить травмирование зерна и обеспечить целостность оболочек, что необходимо для получения крупных отрубей. Эффективным является обработка зерна на машинах ЗШН при подготовке к простому помолу.

Применение моечных машин обеспечивает высокий технологический эффект, но при этом расход воды питьевых кондиций находится на уровне 2 м^3 на 1 т зерна, а после мойки вода содержит большое количество загрязнений, в том числе и микробиологических. Такую воду перед сбросом в канализацию необходимо очищать, однако надежные и относительно дешевые методы такой очистки не разработаны. В связи с этим, а также благодаря дефициту и высокой стоимости питьевой воды, моечные машины практически на всех мельзаводах вышли из употребления. Для мокрой очистки поверхности зерна используют машины для мок-

рого шелушения, которые обеспечивают эффект на уровне моечных машин, но при этом расход воды снижается почти в 10 раз.

3.7.1. Оценка эффективности процесса

Эффективность очистки поверхности зерна оценивают величиной снижения его зольности. При этом дополнительно учитывают прирост количества битого зерна, а для мокрого способа определяют также приращение влажности зерна.

Принимают, что при обработке в обоечных машинах с абразивным цилиндром зольность его должна уменьшиться на 0,03...0,05%, в обоечных машинах со стальным цилиндром - на 0,01...0,03%, в моечных машинах и машинах для мокрого шелушения - на 0,03...0,05%, а при шелушении в машинах ЗШН - на 0,08...0,12%.

Увеличение содержания битых зерен не должно превышать 2% при обработке зерна в обоечных машинах с абразивным цилиндром и 1% - со стальным цилиндром, а при мойке - до 2%.

Микробиологическая обсемененность зерна при мойке и мокром шелушении снижается в 4...5 раз, а при шелушении в машинах ЗШН - еще выше, т.к. при этом удаляются частично плодовые оболочки зерна - в размере 2...3% от массы зерна.

3.7.2. Машины для обработки поверхности зерна

Конструктивные схемы машин для очистки поверхности зерна приведены на рис. 3.14...3.16.

Основным рабочим органом обоечной машины служит бичевой барабан, помещенный в цилиндр, поверхность которого изготовлена из листовой стали или же специального абразивного материала. Поступающее внутрь цилиндра зерно отбрасывается вращающимися бичами и соударяется с поверхностью, причем по винтовой линии перемещается от входа к выходу машины, вследствие особой конструкции бичей. Помимо удара, зерно в своей массе испытывает интенсивное взаимное трение. Благодаря такому комбинированному воздействию с поверхности зерна удаляются различные загрязнения, отшелушиваются отслоившиеся слои плодовой оболочки, разбиваются имеющиеся в зерновой массе комочки земли. При особо интенсивном режиме работы обоечной машины может быть удален и зародыш зерна, однако по современным технологическим представлениям это нежелательно.

Обоечные машины хорошо аспирируются для удаления образовавшейся пыли, но после этой машины полезно установить аспиратор, с целью обеспечения полноты ее выделения.

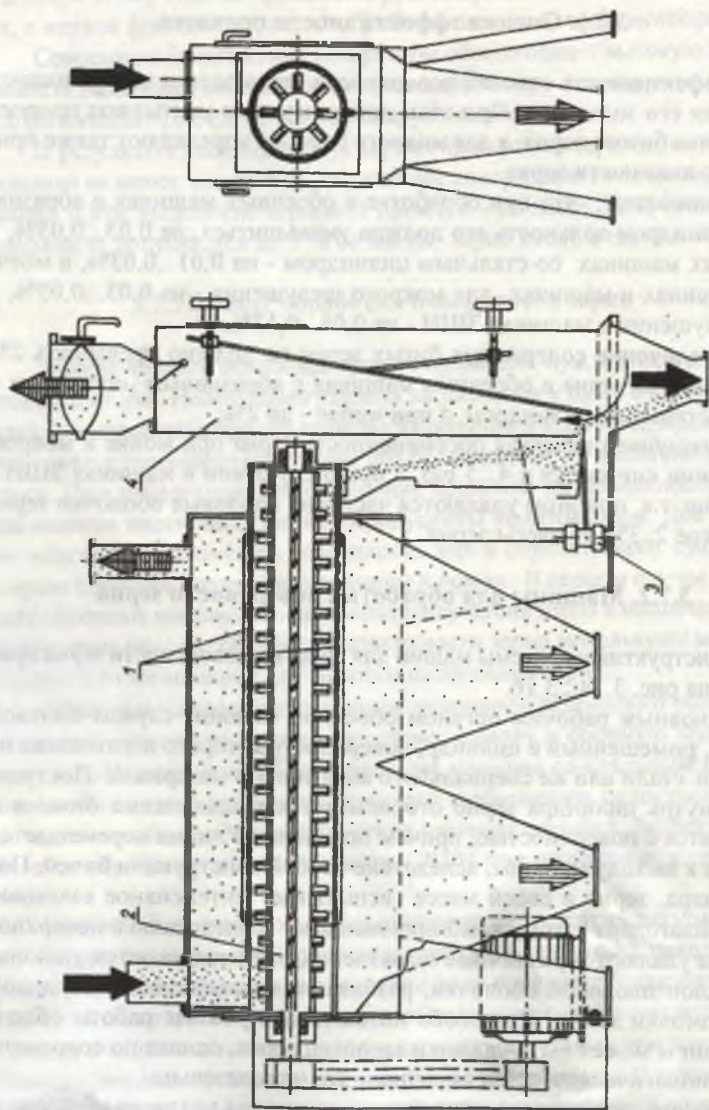


Рис. 3.14. Технологическая схема горизонтальной обочной машины со стальным цилиндром:
1 - ситовой цилиндр, 2 - бункер барабан, 3 - вибратор, 4 - аспирационный канал с регулируемым сечением

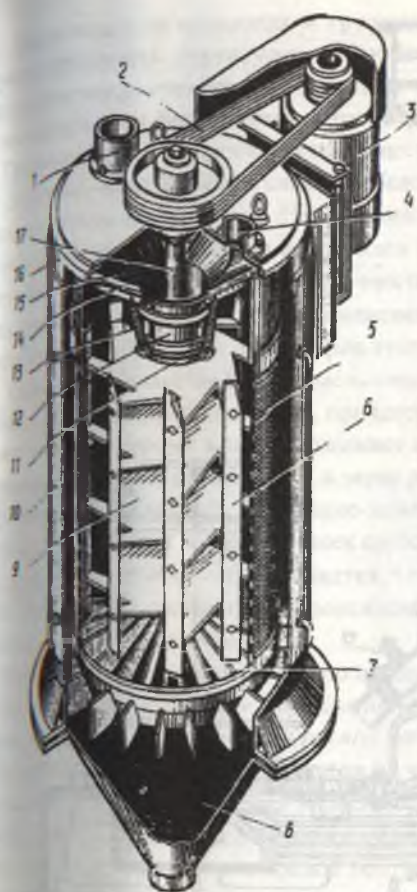


Рис. 3.15. Технологическая схема вертикальной обоечной машины:

1 - патрубki, 2 - привод, 3 - электродвигатель, 5 - ситовая обечайка, 6 - бичевой барабан, 7 - ребро, 8 - выпускной конус, 9 - крестовина, 10 - дверца, 11 - диск, 12 - питатель, 13 - пружина, 14, 15 - нижний и верхний конусы, 16 - кожух, 17 - вал

При сортовых помолах пшеницы в настоящее время применяют только обоечные машины со стальным цилиндром ("мягкие" обойки), при простых помолах пшеницы и ржи в обойную муку, а также при сортовых помолах ржи используют и обоечные машины с абразивной поверхностью ("наждачные" обойки). Вместо них можно применять также машины интенсивного шелушения зерна ЗШН, посредством которых достигается удаление плодовых оболочек до 4% от массы зерна; в результате резко сокращается расход энергии на измельчение, уменьшается протяженность процесса помола, а качество муки повышается.

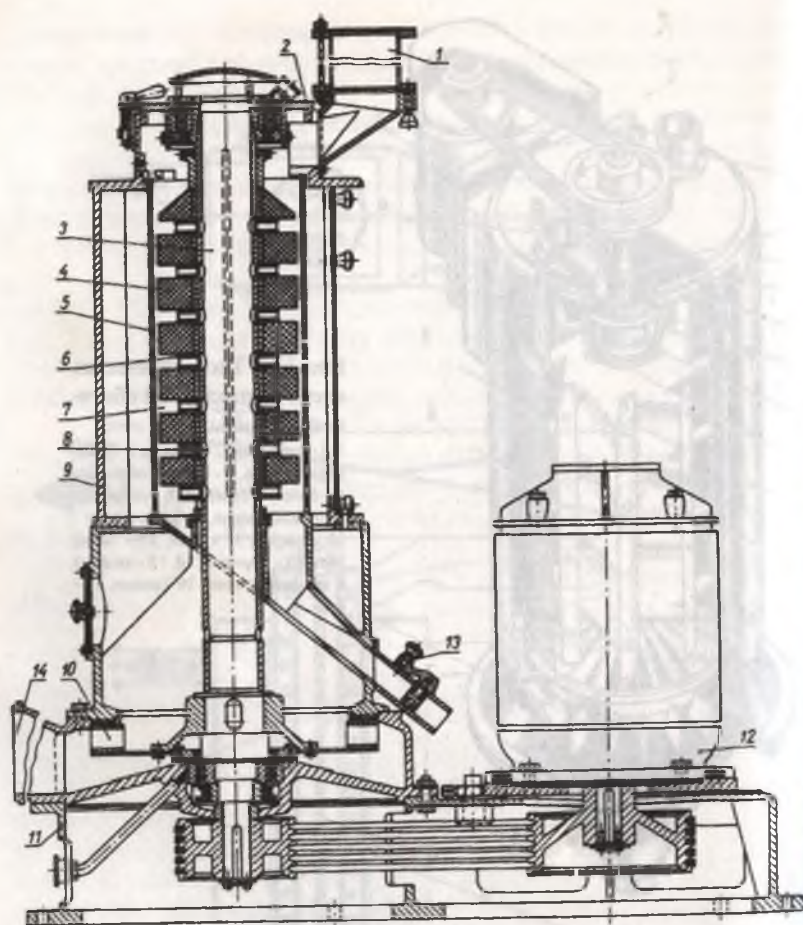


Рис. 3.16. Технологическая схема машины интенсивного шелушения:
1 - приемный патрубок для зерна, 2 - крышка, 3 - вал, 4 - абразивные круги, 5 - ситовая обечайка, 6 - металлические прокладки, 7 - рабочее пространство, 8 - аспирационные каналы, 9 - кожух, 10 - вентилятор, 11 - станина, 12 - электродвигатель, 13 - выпускное устройство, 14 - отходы.

3.8. Гидротермическая обработка зерна

Основная цель гидротермической обработки зерна (ГТО) на мельницах и крупозаводах состоит в направленном изменении исходных технологических свойств зерна для стабилизации их на оптимальном уровне. В комбикормовом производстве ГТО зерно используют для повышения питательной ценности корма.

Поступающее на мельницы и крупозаводы зерно обычно имеет высокую влажность, структурно-механические свойства эндосперма (ядра) и оболочек различаются незначительно. Поэтому и разделить их трудно и результаты переработки такого зерна получаются невысокими. При проведении ГТО достигается существенное повышение различия структурно-механических свойств оболочек и эндосперма или же ветковых пленок и ядра зерна. На мельнице процесс ведут так, чтобы снизить прочность эндосперма и повысить прочность оболочек, а на крупозаводе - наоборот: повысить прочность ядра и уменьшить прочность цветковых пленок. Степень изменения этих свойств зависит от конкретного способа ГТО и параметров этого процесса.

Основным вариантом ГТО на мельницах является так называемое холодное кондиционирование зерна, при котором зерно увлажняют, после чего некоторое время его выдерживают в закромах - проводят его гволаживание. В результате этого в зерне развиваются сложные процессы физико-химической, коллоидно-химической и биохимической природы, что вызывает изменение всех свойств зерна. Зерно поглощает воду, набухает, плотность его снижается, т.е. возрастает его удельный объем. Этот эффект означает, что происходит разрыхление эндосперма, в нем развиваются микротрещины.

В соответствии с развитием этого процесса изменяются мукомольные свойства зерна: возрастает извлечение эндосперма при помоле, повышается выход муки, снижается расход энергии на измельчение. При выборе режима ГТО следует иметь в виду, что время достижения максимальной степени разрыхления эндосперма зависит от исходной характеристики зерна: его твердозерности, стекловидности, ботанического типа. Например, в опытах с яровой белозерной пшеницей получено, что оптимальная длительность отволаживания составляет 6 час., а для яровой краснозерной - 10...12 час., для озимой краснозерной - 16 час. При повышении температуры протяженность периода сокращается и возрастает интенсивность и степень разрыхления эндосперма. Для разрыхления зерна температурный оптимум лежит в границах 45...55°C. Однако процесс холодного кондиционирования проводят при температуре атмосферы, т.е. 20 ± 2°C.

При проведении ГТО на крупозаводе преследуют цель упрочнить зерно, чтобы снизить его дробимость при шелушении и шлифовании и повысить выход целой крупы. Для этого зерно пропаривают под давлением, добиваются значительного увлажнения и нагрева зерна. В результате микроструктура эндосперма претерпевает глубокие изменения.

происходит частичная или полная денатурация белков и клейстеризация крахмала, повышается содержание декстринов. Особенно сильные изменения происходят при использовании современных вариантов - с применением СВЧ, ИКЛ, лазерного излучения и т.п.

На рис. 3.17 приведены микрофотографии центральной части эндосперма ячменного зерна: если пропаривание в течение трех минут при давлении 0,2 МПа не оказало существенного влияния на гранулы крахмала, то обработка ИКЛ вызвала существенное их изменение, а сочетание этих способов полностью деформировало содержимое клетки эндосперма. Образовалась монолитная структура из клейстеризованного крахмала и денатурированного белка. Такое ядро способно выдержать более жесткое механическое воздействие, его сопротивляемость разрушению повышена.



а)



б)

Рис. 3.17. Микрофотографии центральной части эндосперма ячменя:
а - после пропаривания, б - после обработки ИКЛ

Например, при пропаривании овса в течение 3 минут при 0,2 МПа коэффициент шелушения повысился с 70% до 90%, а выход целоты - на 4,5%. Подобные результаты получаются при ГТО гречихи, ячменя, гороха, кукурузы.

На комбикормовых заводах применяют различные варианты обработки зерна. Главная задача процесса заключается в клейстеризации крахмала и разрыве его молекул до декстринов и сахаров типа мальтозы, глюкозы, сахарозы. Это особенно необходимо при производстве кормов.

мов для молодняка животных, у которых пищеварительный тракт еще не в состоянии усваивать крахмал.

Например, при обработке ячменя в барабанных обжарочных аппаратах при влажности 16...22% в течение 2 минут при температуре $t=300^{\circ}\text{C}$ до 36% крахмала превращается в декстрины; в результате заметно повышается усвояемость и питательная ценность корма.

Очень эффективным способом является микронизация, при которой зерно интенсивно нагревается посредством ИКЛ, обычно в течение 30...80 секунд, с доведением температуры зерна до $150...170^{\circ}\text{C}$. В результате крахмал клейстеризуется, происходит деструкция его макромолекул, что существенно повышает питательную ценность корма.

Новейшим способом ГТО на комбикормовых заводах является экструзионная обработка сырья: зерна, отрубей, мучки и т.п. В экструдере зерно и другие продукты разогреваются до $120...130^{\circ}\text{C}$, и благодаря высокому давлению продукт пластифицируется, а при выдавливании из матриц резко вспучивается, приобретает пористую структуру. Желательно перед экструдером зерно пропарить при 0,1...0,3 МПа, с доведением температуры смеси до $70...80^{\circ}\text{C}$ и 17...18% влажности. Одновременно с повышением потребительских свойств комбикорма в экструдере происходит практически полное уничтожение микрофлоры.

В качестве примера положительного воздействия ГТО на свойства зерна на мельницах приведем результаты сравнительного помола пшеницы. По сравнению с помолом зерна, не подвергнутого ГТО, при холодном кондиционировании выход муки повысился с 76,3% до 77,2%, а зольность ее снизилась с 0,93% до 0,72%. Одновременно почти на 20% уменьшился расход энергии на помол.

На крупозаводах в значительном размере повышается коэффициент шелушения зерна пленчатых культур и выход наиболее ценной крупы высоких номеров (сортов), снижается дробление ядра, вследствие повышения его прочности. Например, при шелушении ячменя выход пенска, т.е. шелушенного зерна, возрастает с 72...74% до 78...79%. Выход кукурузной крупы крупных номеров повышается на 7...8%. Выход ядрицы под влиянием ГТО гречихи увеличивается на 10...12%. Одновременно повышаются и потребительские достоинства крупы: возрастает ее разваримость, снижается время варки крупы до готовности, улучшается усвояемость белков и углеводов крупы.

В табл. 3.1 приведены ориентировочные режимы ГТО зерна на мельницах.

Таблица 3.1. Ориентировочные режимы холодного кондиционирования пшеницы при сортовых хлебопекарных помолах

Тип пшеницы	Длительность отволаживания, ч, при стекловидности, %			Конечная влажность зерна, %
	< 40	40...60	>60	
I	4...8	6...12	10...16	14,5...16,0
III	4...6	6...10	8...12	14,5...15,5
IV	6...10	10...16	16...24	15,0...16,5

Для увлажнения зерна используют различные машины, из которых наилучший эффект обеспечивают машины БШУ - шнеки интенсивного увлажнения, схема приведена на рис. 3.18. Увлажнение зерна представляет собой операцию особой важности: необходимо не только ввести в зерновую массу определенное количество воды, но при этом обеспечить равномерное распределение ее по всей массе зерна, одинаково увлажнить все зерна, чтобы в каждом из них произошли в дальнейшем изменения свойств примерно в одинаковом размере. Этот эффект достигается в машинах БШУ, в которых имеется специальная система точного дозирования воды, причем влажность зерна может быть за один проход через машину повышена на 3...5%, а за счет особой конструкции шнека вода равномерно распределяется по всем зернам и хорошо ими впитывается. Все это обеспечивает высокий технологический эффект.

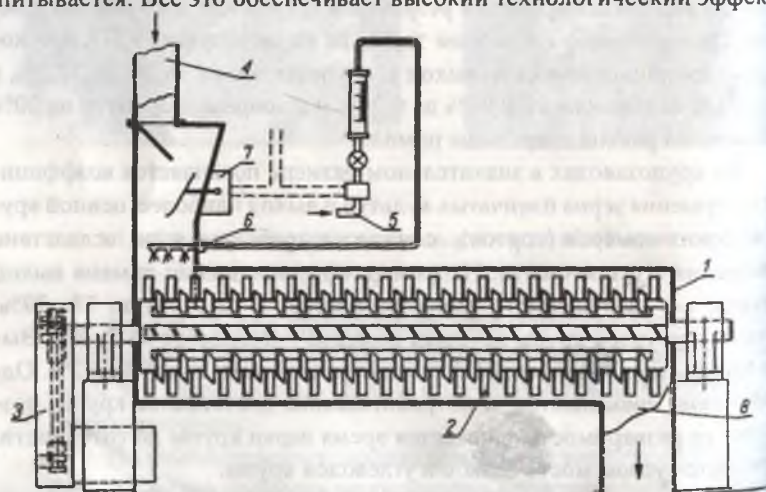


Рис. 3.18. Технологическая схема шнека интенсивного увлажнения:
1 - кожух, 2 - шнек, 3 - привод шнека, 4 - вход зерна, 5-7 - регулируемое устройство подачи воды, 8 - выход зерна

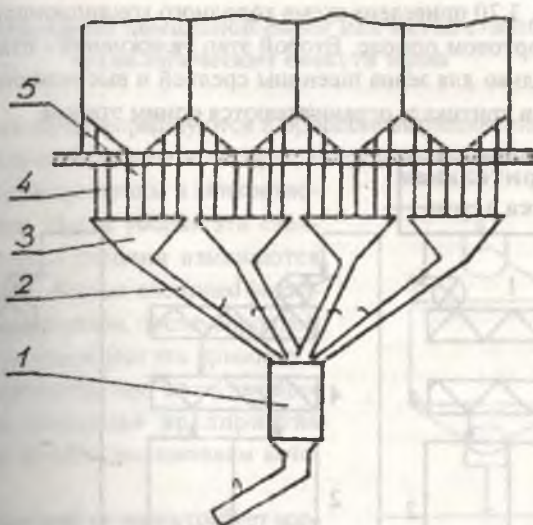


Рис. 3.19. Разрез нижней части закрома для поточного отволаживания зерна:
1 - выпускные отверстия, 2, 5 - самотечные трубы, 3 - сборная воронка, 4 - регулятор потока зерна,

Важным фактором холодного кондиционирования зерна является организация процесса отволаживания. Для этой цели в настоящее время применяют закрома с особой конструкцией днища, в котором имеется несколько выпускных отверстий, примерно по одному на $0,6 \text{ м}^2$ днища или же 1 м^2 . Это необходимо для того, чтобы достигнуть равномерного перемещения зерна в закроме сверху вниз, так, чтобы поступившее последнее зерно и выходило бы последним; в закроме с единственным выпускным отверстием этого достигнуть нельзя, вследствие особого характера истечения сыпучих масс из закромов. А так как в зерне в процессе отволаживания развиваются сложные процессы, то необходимо, чтобы длительность отволаживания всей массы зерна была бы строго одинаковой.

В современных закромах зерно непрерывно движется; поэтому такой способ получил название непрерывного или поточного отволаживания.

Значительное разнообразие зерна крупных культур определяет индивидуальный подбор параметров режима ГТО для каждой культуры. Пропаривание зерна ведут при давлении $0,1 \dots 0,5 \text{ МПа}$ в течение $2 \dots 5$ минут. Влажность зерна при этом возрастает на $3 \dots 6\%$, а после подсушивания и охлаждения, в конце процесса, устанавливается на уровне $12,5 \dots 14,5\%$, в зависимости от культуры.

На рис. 3.20 приведена схема холодного кондиционирования пшеницы при сортовом помоле. Второй этап увлажнения - отволаживание, проводят только для зерна пшеницы средней и высокой стекловидности, для ржи и тритикале ограничиваются одним этапом.

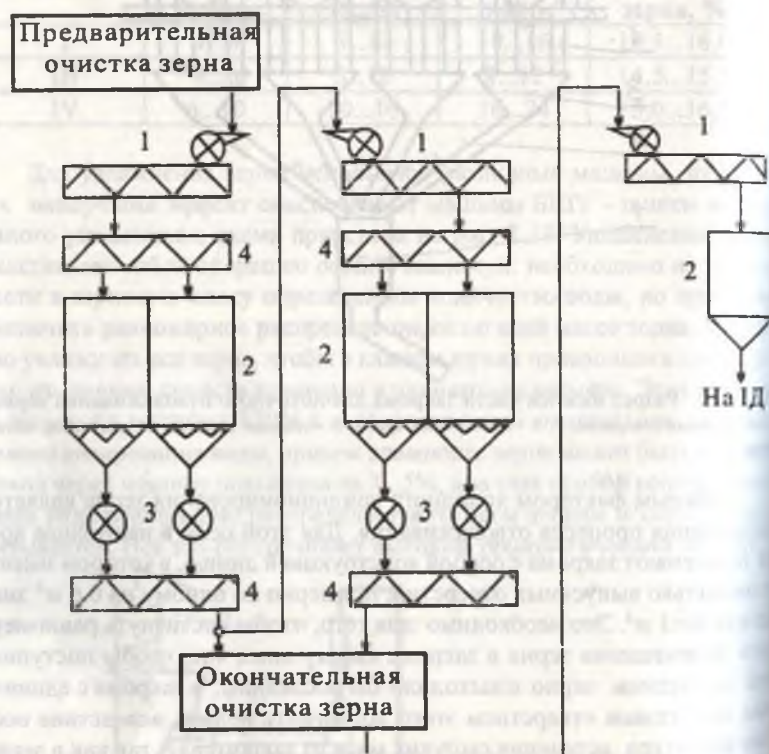


Рис. 3.20. Технологическая схема холодного кондиционирования пшеницы:
1 - шнеки интенсивного увлажнения зерна, 2 - закрое для отволаживания, 3 - дозаторы, 4 - смесительные шнеки

Принципиальная схема ГТО крупяных культур приведена на рис. 3.21. После пропаривания в аппарате периодического или непрерывного действия зерно темпируют, т.е. выдерживают в закрое в нагретом состоянии (не для всех культур), затем просушивают до технологической влажности и охлаждают. На последних двух этапах происходит обволаживание цветковых пленок, что существенно снижает их прочность и повышает эффективность шелушения зерна.

3.9. Формирование помольной смеси как метод стабилизации технологических свойств зерна

Свойства зерна формируются в процессе выращивания его в поле и существенно зависят от типа, сорта, почвенно-климатических условий данного района страны и конкретного года урожая. После уборки эти свойства в некоторой степени изменяются вследствие воздействия внешних факторов: транспортирования, послеуборочной обработки, хранения. Все это приводит к огромному разнообразию поступающих на перерабатывающие предприятия партий зерна по всем показателям качества.

Различие свойств зерна требует корректировки режимов всех технологических операций, т.е. постоянной переналадки всех машин и аппаратов. Чтобы этого избежать, зерно должно поступать в переработку, после прохождения подготовительного отделения, с устойчивыми показателями технологических свойств. Стабилизация показателей свойств зерна на неизменном уровне является необходимой предпосылкой автоматизации технологического процесса. Такая стабилизация достигается посредством ГТО, а также путем смешивания разнородных по характеристике отдельных партий в одну так называемую помольную смесь. При этом показатели качества этой смеси могут быть заданы заранее. Задача в этом случае сводится к подбору компонентов смеси и расчету их соотношения.

Помимо этого, формирование помольных партий позволяет экономно расходовать наиболее ценное зерно сильной пшеницы, а также использовать определенное количество малоценного зерна, при самостоятельной переработке которого невозможно получить муку стандартного качества.

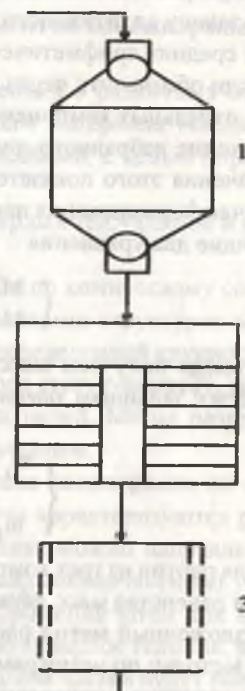


Рис. 3.21. Принципиальная схема гидротермической обработки зерна крупяных культур:
1 - пропариватель, 2 - сушилка, 3 - охлаждающая колонка

Обычно при формировании помольной смеси учитывают стекловидность, устанавливая ее на уровне 50...60%, а также содержание и качество клейковины, зольность. Составляют помольную смесь из двух, трех или четырех компонентов, не более. Состав помольной партии определяют расчетом, основываясь на требуемых показателях качества смеси. При расчете исходят из того, что все показатели качества подчиняются закону аддитивности, т.е. могут быть найдены посредством расчета их средних арифметических величин.

Если обозначить через M массу итоговой помольной партии, m_i - массы отдельных компонентов помольной партии, $\bar{X}$ - средневзвешенное значение избранного показателя качества зерна, x_i - индивидуальные значения этого показателя для каждого из компонентов смеси, то для случая формирования партии из двух компонентов можно составить следующие два уравнения

$$\begin{cases} M\bar{X} = m_1 x_1 + m_2 x_2 \\ M = m_1 + m_2 \end{cases} \quad (3.7)$$

Отсюда получаем массу исходных компонентов для формирования смеси с заданным значением показателя качества

$$\begin{cases} m_1 = \frac{M(\bar{X} - x_2)}{x_1 - x_2} \\ m_2 = M - m_1 \end{cases} \quad (3.8)$$

Для партии из трех компонентов аналитически задача решается при условии равенства масс двух из них.

Изложенный метод расчета прост в исполнении. Существуют и другие методы: по номограммам, метод обратных пропорций и т.д., но все они сводятся к приведенному выше методу.

Недостаток всех этих методов состоит в том, что очень трудно учесть в расчете несколько показателей качества. Значительный эффект достигается, если расчет состава помольной партии осуществить на компьютере, по специальной программе. Из существующих программ наиболее интересной является разработанная С.Н.Моревым. Автор исходил из целевой функции стабилизации технологических свойств зерна в течение возможно более длительного периода работы мельницы. Такая стабилизация позволяет поддерживать режимы технологических систем на неизменных оптимальных уровнях, что положительно сказывается на эффективности помола. Кроме того, наличные запасы зерна в премельничном элеваторе расходуются равномерно. Наконец, метод позволяет учитывать одновременно не один или два показателя качества

зерна, как это было при расчете вручную, а 5...8 и более, включая показатели и хлебопекарных свойств муки.

Окончательное смешивание компонентов следует проводить после ГТО, т.к. каждый из них требует особого режима этого важного процесса, однако это осуществимо только на крупных мельницах.

3.10. Измельчение зерна и компонентов комбикормов

Процесс измельчения широко применяют в различных отраслях промышленности. Для получения сыпучего материала твердые тела подвергают измельчению различными способами, с целью определенных технологических задач.

Различают два метода разрушения твердых тел: простое и избирательное измельчение.

Если измельченный продукт однороден по химическому составу и все его части обладают практически одинаковыми структурно-механическими свойствами, то измельченные до определенной крупности части этого твердого тела образуют однородную сыпучую массу, которую можно использовать для соответствующих целей. Метод разрушения таких тел принято считать простым измельчением.

В тех случаях, когда измельчаемое тело неоднородно по своему химическому составу и его отдельные части характеризуются различными структурно-механическими свойствами, можно направленными действиями (химическими, биологическими, механическими) усилить различия свойств составных частей тела. Применив затем при измельчении различные приемы, удастся измельчить твердое тело так, что при одинаковом силовом нагружении из разных его частей будут получены частицы, отличающиеся по крупности и химическому составу. Для достижения такого результата обычно недостаточно одного этапа измельчения, его повторяют многократно, последовательно выделяя на каждом этапе группы измельченных частиц - фракции различной крупности и качества. Такой метод измельчения называют избирательным.

Например, в комбикормовом производстве зерно, мел и другое сырье измельчают полностью на молотковых дробилках или иных машинах, причем стремятся получить однородную массу по крупности и составу. Наоборот, при сортовом помоле зерна требуется выполнить тонкое измельчение эндосперма и получить крупные частицы оболочек, чтобы затем сформировать из них по отдельности муку и отруби; налицо метод избирательного измельчения.

От грамотного построения процесса измельчения существенно зависят качество и себестоимость готовой продукции, производительность измельчающих машин и удельный расход энергии на единицу продукции.

3.10.1. Измельчение зерна на вальцовых станках

Измельчение зерна и промежуточных продуктов в мукомольном производстве осуществляют на вальцовых станках. Конструктивная схема вальцового станка приведена на рис. 3.22. Рабочими органами станка являются два горизонтально расположенных цилиндрических вальца с рифленой или микрошероховатой поверхностью и вращающихся навстречу друг с другу с различными скоростями. В зависимости от вида измельчаемого продукта, требований к операции измельчения, на данном участке технологической схемы применяют различные геометрические, кинематические и нагрузочные параметры вальцев.

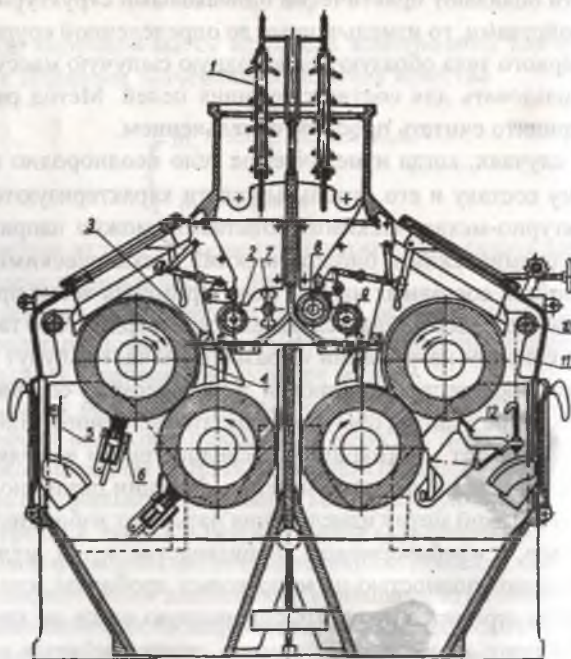


Рис. 3.22. Технологическая схема вальцового станка:

1 - датчики наличия продукта в питающей патрубке, 2, 9 - питающие валики, 3, 4 - ограничители, 5 - фартук вальца, 6 - щеткоочистители, 7, 8 - дозирующие валики, 10 - механизм выравнивания и установки подвижного вальца, 11 - тяга, 12 - нож-очиститель вальца

На интенсивность измельчения влияют: форма поверхности вальцев, характеристика рифлей, отношение окружных скоростей парнороботающих вальцев, величина зазора между ними, удельная нагрузка, технологические свойства зерна и другие факторы.

На рис. 3.23 представлен профиль рифлен. В поперечном сечении рифля имеет неравные боковые грани: принято грань меньшей площади называть гранью острия, а грань большей площади - гранью спинки; γ - угол заострения рифли. Если из теоретической вершины рифли провести радиус вальца, то угол заострения рифли разделится на два неравных угла - угол острия - α и угол спинки β . На вершине рифли имеется площадка, наличие которой способствует повышению износостойкости рифли и обеспечивает стабильность режима измельчения.

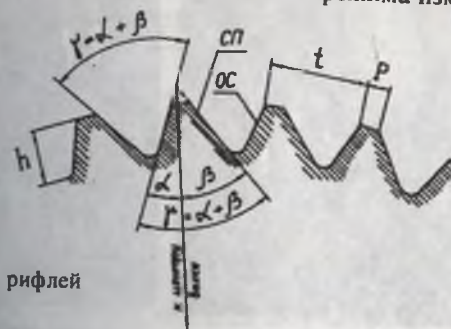


Рис. 3.23. Профиль рифлей (пояснения в тексте)

Рифли на поверхности вальцев располагают не параллельно образующей, а под некоторым углом, величину которого принято измерять уклоном и выражать в %. При прочих одинаковых условиях увеличение уклона рифлей обуславливает повышение интенсивности измельчения, так как уменьшается расстояние между точками пересечения вершин рифлей парнороботающих вальцев.

На характер измельчения большое влияние оказывает взаимное расположение рифлей вальцев, что связано с изменением угла резания. Несимметричность поперечного сечения рифлей и различие в окружных скоростях вальцев обеспечивает четыре варианта расположения рифлей по отношению друг к другу, которые приведены на рис. 3.24.

При расположении рифлей "острие по острию" грани острия обоих парнороботающих вальцев врезаются в частицу, когда она поступает в зону измельчения. Так как быстровращающийся валец опережает медленно вращающийся, то его рифли срезают часть зерна, в то время как рифли медленно вращающегося вальца сдерживают его. При расположении рифлей "спинка по спинке" эффект среза проявляется меньше. В случае установки вальцев в положение "острие по острию", наряду с

эндоспермом зерна интенсивно разрушаются и его оболочки, что при многосортных помолах нежелательно. При этом зольность образуемых промежуточных продуктов измельчения оказывается выше, чем при варианте “спинка по спинке”.

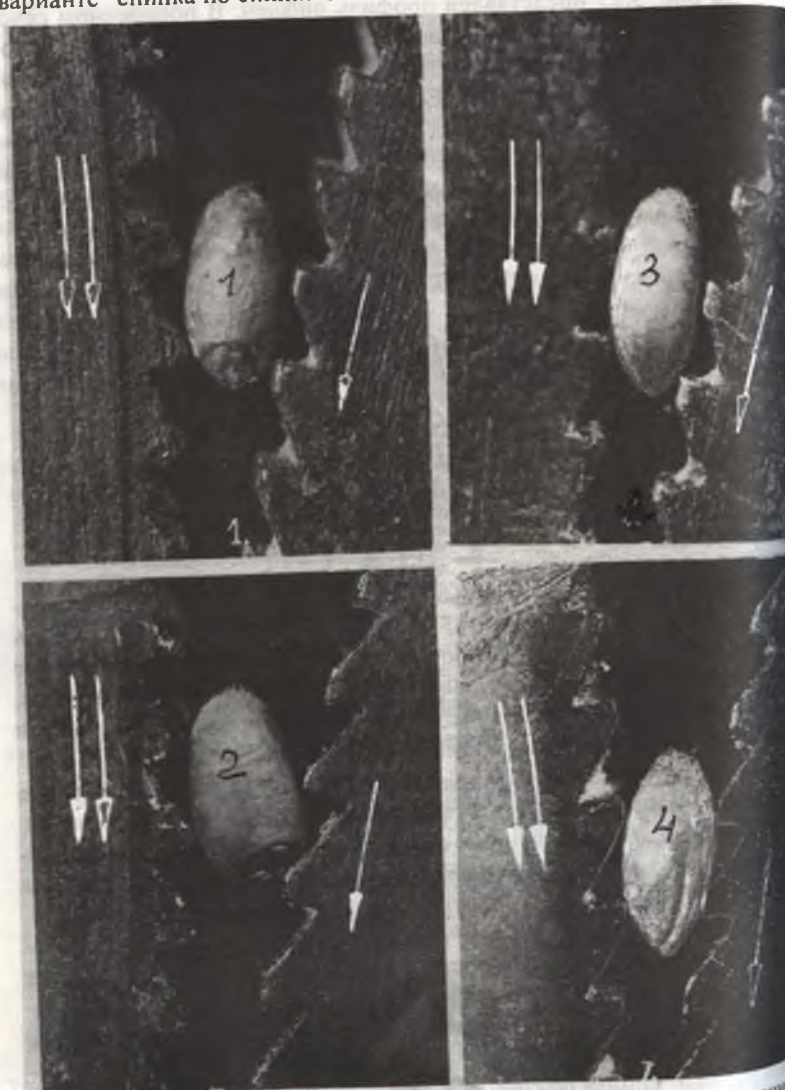


Рис. 3.24. Варианты взаимного расположения рифлей в зоне измельчения: 1 - острие по острию, 2 - острие по спинке, 3 - спинка по острию, 4 - спинка по спинке

Заметное влияние на измельчение продуктов оказывает и уклон рифлей. В табл. 3.2 приведены данные лабораторного испытания при помоле пшеницы.

Таблица 3.2. Зависимость извлечения и зольности промежуточных продуктов от варианта организации процесса (выход, %/зольность, %)

Взаимное расположение рифлей	Уклон рифлей, %		
	4	8	12
Ос/ос	72,3/1,36	72,5/1,29	72,8/1,22
Сп/сп	72,1/1,11	72,6/1,17	72,5/1,13

При фактически одном и том же выходе продуктов зольность их при варианте “сп/сп” заметно ниже, т.е. качество их выше. Это обусловлено тем, что при расположении “сп/сп” измельчаемая частица вначале сплющивается, а затем, по мере опережения одного вальца другим, грань спинки быстровращающегося вальца сдвигает слой частицы, удерживаемой на грани спинки медленновращающегося вальца. Это обеспечивает более мягкое воздействие на частицы, т.к. грани острия в данном случае не участвуют в деформации частицы, поэтому оболочки измельчаются меньше и зольность продуктов снижается.

Плотность рифления, т.е. количество рифлей на 1 см окружности вальца, зависит от типа помола, крупности измельчаемых частиц на данной технологической системе и их качества. Чем меньше крупность частиц, тем выше должна быть плотность рифления.

При любом взаиморасположении рифлей плотность нарезки играет важную роль: с ее увеличением измельчение продуктов на технологической системе возрастает. Это можно объяснить повышением кратности воздействия рифлей на частицы продукта в зерне измельчения.

На эффективность измельчения зерновых продуктов: степень измельчения, энергоемкость, качество получаемых продуктов, а также на производительность вальцового станка большое влияние оказывают кинематические параметры машины, к которым относят окружную скорость быстровращающегося (V_b) и медленновращающегося (V_m) вальцов, их относительную скорость (V_r), соотношение этих скоростей (V_b/V_m).

В табл. 3.3 показано, что варьируя соотношение окружных скоростей и скорость вальцов, можно изменять показатели качества муки и ее извлечение.

Таблица 3.3. Влияние кинематических параметров I - й размольной системы на зольность муки и ее выход

$V_6, \text{ м/с}$	V_6 / V_m	Извлечение муки, %	Зольность муки, %
Относительная скорость 2,0 м/с			
6,0	1,5	26	0,47
4,0	2,0	32	0,49
3,3	2,5	38	0,49
Относительная скорость 3,0 м/с			
9,0	1,5	35	0,45
6,0	2,0	38	0,46
5,0	2,5	42	0,46

Таким образом, эффективность измельчения зависит от многих факторов, в значительной степени она должна определяться частотой воздействия рифлей на продукт. Для определения этого числа воздействия проф. П.А.Козьмин предложил следующую формулу

$$N = S \cdot p \cdot (V_6 / V_m - 1), \quad (3.9)$$

где: S - длина пути измельчения, мм - зависит от размера частицы, величины межвальцового зазора и диаметра вальцев;

p - число рифлей на 1 см окружности вальца, 1/см.

Существенно влияет на эффективность измельчения также удельная нагрузка на вальцы, т.е. количество продукта, поступающего на 1 см длины парноработающих вальцев в течение суток.

3.10.2. Измельчение продуктов на молотковых дробилках

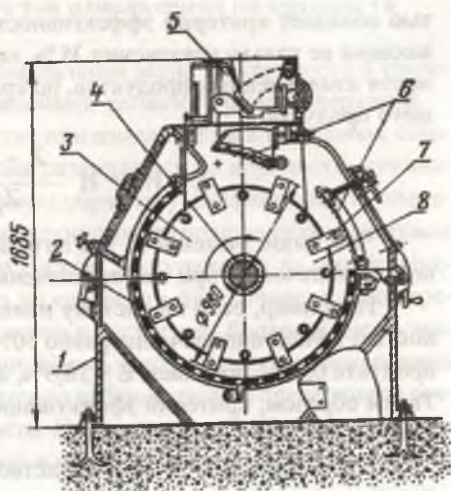
На рис. 3.25 показана кинематическая конструктивная схема молотковой дробилки, которая является основной измельчающей машиной в комбикормовом производстве. Молотковые дробилки различаются размером ротора, типом питающего механизма, наличием вентилятора и другими конструктивными особенностями. На интенсивность измельчения существенное влияние оказывает размер зазора между молотками и ситом, характеристика сита, форма и величина молотков, рифлей броневых плит.

Молотковая дробилка является универсальной машиной и может использоваться для измельчения любых компонентов комбикормов.

Помимо дробилок, при производстве комбикормов иногда применяют также вальцовые станки и другие машины.

Рис. 3.25. Технологическая схема (поперечный разрез) молотковой дробилки:

1 - корпус, 2 - сито, 3 - молотковый ротор, 4 - вал, 5 - питатель, 6 - дека, 7 - молоток, 8 - диск



3.10.3. Оценка технологической эффективности процесса измельчения

В качестве основных критериев этой оценки используют следующие показатели: степень измельчения материала, удельная энергоемкость процесса, удельная нагрузка на рабочие органы машины.

Степень измельчения численно равна отношению величины суммарной поверхности частиц продукта после измельчения к ее величине до измельчения; определение ее требует особой процедуры и в производственных условиях неосуществимо. В мукомольной практике поэтому используют другой показатель - извлечение продуктов на данной технологической системе. Этот показатель представляет собой массу продукта, просиявшего через сито с определенным размером отверстий, т.е. характеризует, как именно измельчается поступающий на систему продукт. При этом учитывают содержание таких проходовых частиц в продукте до измельчения. Расчет этого показателя ведут по формуле

$$И = \frac{(m_2 - m_1)}{100 - m_1} \cdot 100 \%, \quad (3.10)$$

где m_1 и m_2 - относительное содержание проходовых частиц в продукте до и после вальцового станка.

Однако этот показатель имеет большой недостаток, т.к. отражает только количественную сторону процесса. Необходимой объективнос-

тью обладает критерий эффективности процесса измельчения, учитывающий не только извлечение I %, но и относительное снижение зольности измельченных продуктов, по сравнению с зольностью поступающего продукта

$$E = ИД = И \frac{Z_* - Z_1}{Z_1}, \% \quad (3.11)$$

Чем выше значение E , тем на более высоком уровне проведен процесс измельчения, при том же значении I %.

Например, если на систему измельчения поступает продукт зольностью 1,90%, а извлечение равно 50%, то при зольности извлеченного продукта 0,80% получаем $E = 28,9\%$, а при зольности 0,90% $E = 26,3\%$. Таким образом, критерий эффективности E наглядно отражает уровень ведения процесса измельчения.

В комбикормовом производстве определяют модуль крупности размола

$$M = \frac{0,5 P_0 + 1,5 P_1 + 2,5 P_2 + 3,5 P_3}{100} \quad (3.12)$$

где P_0, P_1, P_2, P_3 - остатки на сборном дне анализатора и на ситах отверстиями 1,2 и 3 мм, г.

Удельная энергоёмкость измельчения определяется как работа, затраченная на образование единицы вновь образованной поверхности частиц продукта в результате измельчения. Следовательно, необходимо определять величину поверхности частиц продукта, что требует организации сложного эксперимента. Поэтому в нашей практике учитывают расход энергии на производство 1 т готовой продукции.

Удельные нагрузки на вальцовые станки выражают в кг продукта, поступающего на 1 см длины вальцев в течение суток, т.е. кг/см·сутки. При сортовых помолах пшеницы удельная нагрузка составляет 65...85 кг/см·сутки, при сортовых помолах ржи и тритикале от 70 до 170 кг/см·сутки, при простом помоле зерна в муку обойную - до 300 кг/см·сутки.

Снижение удельной энергоёмкости процесса измельчения является важной инженерной задачей. Достигается ее решение в результате проведения ГТО, рациональной организации технологии помола и выбора оптимального варианта распределения продукта по измельчающим системам. Следует иметь в виду, что в общем балансе энергозатрат на помол, около 70% приходится на долю измельчения. Подобная картина характерна и для комбикормовой промышленности.

3.11. Сортирование продуктов измельчения по крупности

Сортирование продуктов измельчения зерна по крупности в технологии муки и крупы является важнейшей технологической операцией.

В мукомольном производстве при измельчении в вальцовых станках образующиеся продукты резко различаются по крупности, что значительно затрудняет их дальнейшую обработку. Эффективность операций с этими продуктами на последующих технологических системах зависит от гранулометрического состава поступающих на них продуктов: чем выше их выравненность по крупности, тем точнее можно отрегулировать режим работы этих систем и достигнуть более высокого технологического эффекта операции. Кроме того, при фракционировании продукта по крупности одновременно наблюдается и определенное разделение продуктов по добротности. Наконец, мука и отруби - конечные продукты помола также выделяются посредством сортирования продуктов на ситах.

В технологии крупы просеиванием на ситах выделяют мучку, образующуюся при шелушении зерна, шлифовании и полировании крупы, а крупу разделяют по номерам, т.е. по крупности.

В комбикормовом производстве сортирование продуктов по крупности занимает скромное место в технологическом процессе.

3.11.1. Характеристика мельничных сит

Мельничные сита изготавливают из различных материалов. По этому признаку различают сита металлочные, из стальных или бронзовых провололок, шелковые и из различных синтетических нитей: капроновые, нейлоновые, полиамидные и т.п. Сита из шелка и синтетических нитей дополнительно подразделяются по типу переплетения нитей: простое полотняное, ажурное, ложное ажурное и т.п. Для плетения используют нити разной толщины, в зависимости от назначения сита, поэтому выделяют в отдельные группы сита из утяжеленной и сита из облегченной ткани.

В зависимости от толщины нитей и рода их переплетения изменяется коэффициент живого сечения сита, т.е. суммарная площадь отверстий на единице площади сита; обычно ее выражают в %. От величины живого сечения сита и коэффициента трения продукта по материалу сита зависит севкость продукта, т.е. эффективность его сортирования.

В пределах каждой группы из разного материала и характера ткани сита различают по номерам. Для металлканного сита номер определяет размер отверстий в свету, выраженный в мм: так, если сито имеет № 1,2, то внутренний размер его отверстий равен 1,2 мм, если № 056, то отверстие равно 0,56 мм и т.д. Номер шелковых мучных сит из облегченной ткани и синтетических численно равен числу отверстий на длине 1 см; например, если сито имеет № 7, то это соответствует 7 отверстиям на 1 см, № 49 - 49-и отверстиям. При сложном переплетении, когда вдоль основы и вдоль утка ткани имеется разное число отверстий, сито присваивают дробный номер: 45/50, 63/72 и т.д.

В случае шелковых крупочных сит из утяжеленной ткани номер сита определяет число отверстий на длине 10 см: № 80 имеет 80 отверстий, № 220 - 220 отверстий и т.д.

В некоторых странах для нумерации сит подсчитывают число отверстий на длине 1-го дюйма, равного 25,4 мм; эта величина именуется "меш". Так, 280 меш означает 280 отверстий на этом промежутке и т.д.

Иногда используют и искусственную условную нумерацию, например, № 000, № 1 и т.д. При этом особенности плетения ткани сита обозначают разным числом крестиков: например, 12X, 12XX, 12XXX.

Если возникает необходимость замены сита из другого материала, то подбирают подходящее по размеру отверстий, с учетом и коэффициента живого сечения сит. В таблицах 3.4...3.7 приведены нумерация и размеры отверстий используемых в мукомольной практике сит. Например, вместо сита № 80 из шелковой утяжеленной ткани с размером отверстий 1000 мкм можно использовать капроновое сито № 8, размер отверстий которого равен 1 013 мкм, или же № 7,5 из полиамидной ткани - отверстия 1000 мкм, или же № 20 по швейцарской нумерации.

3.11.2. Классификация продуктов измельчения по крупности

Практический опыт мукомолов потребовал разработки специальной классификации продуктов измельчения зерна по фракциям крупности. При этом выделяют группу так называемых промежуточных продуктов, т.е. таких, которые по крупности занимают промежуточное положение между зерном и мукой. Здесь различают три фракции крупной, среднюю и мелкую и две фракции дунстов - жесткий и мягкий. Частицы мельче дунстов формируют муку, частицы крупнее крупной крупки именуется сходовыми продуктами.

Таблица 3.4 Ситовые ткани для отбора крупок и дунстов

Шелковые (утяжеленная ткань)		Капроновые		Ткань из моно- нитей		Швейцар- ская ну- мерация
Номер сита	Размер отв., мкм	Номер сита	Размер отв., мкм	Номер сита	Размер отв., мкм	Номер сита
71	1150	7	1093	6,5	1180	18
80	1000	8	1013	7,5	1000	20
90	900	9	874	8	950	22
-	-	-	-	8,7	850	24
100	800	10	783	9,3	800	26
110	710	-	-	10,3	710	28
120	630	11	677	11	670	30
-	-	12	619	12	600	32
-	-	13	596	12	600	32
130	560	14	564	12,5	560	34
140	530	15	517	13,3	530	36
150	500	-	-	14-200	500	38
-	-	16	475	14-240	475	40
160	450	17	438	15,5	450	42
-	-	18	420	16	425	44
170	400	19	405	17,5	390	46
170	400	20	394	-	-	46
180	360	21	370	18,5	363	48
190	350	-	-	19,5	355	50
-	-	23	329	20,2	335	52
200	315	-	-	21	315	54
210	260	25	294	22,7	300	58
230	270	27	264	24,7	265	64
250	250	29	258	27	250	66
260	250	29	258	27	250	66
280	220	32	226	29	224	72
280	220	36	219	30	212	74

Таблица 3.5 Ситовые ткани для отбора муки

Шелковые		Капроновые		Полиамидные			
				Плетение			
				простое		ажурное	
Номер сита	Размер отв., мкм	Номер сита	Размер отв., мкм	Номер сита	Размер отв., мкм	Номер сита	Размер отв., мкм
-	-	38	195	-	-	33/36	200
35	180	-	-	-	-	36/40	180
38	160	43	165	43	163	41/43	160
38	160	46	156	46	157	42/48	150
43	140	49	143	49	144	45/50	140
43	140	52	142	52	142	45/50	140
-	-	55	132	55	130	49/52	132
46	125	58	122	-	-	52/60	118
49	125	58	122	-	-	52/60	118
52	110	61	114	-	-	54/62	112
55	110	64	106	-	-	56/64	106
58	110	64	106	-	-	56/64	106
61	100	67	99	-	-	58/67	100
64	90	70	93	-	-	61/69	96
67	90	73	93	-	-	61/69	96
70	80	76	82	-	-	63/72	95
73	80	76	82	-	-	67/75	90
76	71	-	-	-	-	-	-

Таблица 3.6 Сетки проволочные стальные тканые

Номер сита	Размер отверстий, мкм	Номер сита	Размер отверстий, мкм	Номер сита	Размер отверстий, мкм
2,2	2200	095	950	06	600
2,0	2000	09	900	056	560
1,8	1800	085	850	053	530
1,6	1600	08	800	05	500
1,4	1400	075	750	045	450
1,2	1200	067	670	04	400
1,0	1000	063	630		

Таблица 3.7 Ситовая полиамидная ткань для отбора муки, швейцарская нумерация

Переплетение			
Простое (волоотняное)		Полуложно-ажурное	
Номер сита	Размер отверстий, мкм	Номер сита	Размер отверстий, мкм
6xxx	212	-	-
7xxx	200	7	200
8xxx	180	8	180
8 ¹ / ₂ xxx	160	8 ¹ / ₂	160
9xxx	150	9	150
9 ¹ / ₂ xxx	140	9 ¹ / ₂	140
10xxx	132	10	132
10 ¹ / ₂ xxx	125	-	-
11xxx	118	11	118
12xxx	112	12	112
-	-	12 ¹ / ₂	106
13xxx	100	13	100
14xxx	95	14	95
14 ¹ / ₂ xxx	90	14 ¹ / ₂	90
15xxx	85	15	85
17xxx	80	17	80
-	-	20	75
-	-	21	71
-	-	25	63
-	-	26	61

В таблице 3.8 приведена классификация промежуточных и других продуктов измельчения зерна по крупности. В числителе указан номер сита, проходом которого выделяют данный продукт, а в знаменателе - с которого этот продукт идет сходом. Каждая фракция может быть получена при использовании сит из различного материала. Проверки в таблице свидетельствуют об отсутствии сит из того или иного материала.

Таблица 3.8 Классификация продуктов измельчения зерна пшеницы по крупности

Продукты	Номер сита				
	Металлотканого	Шелкового крупного	Шелкового мучного	Капронового	По швейцарской нумерации
Сходовые продукты	1	-	-	7	18
Крупка:	1/056	71/120	-	7/12	18/32
- крупная					
- средняя	056/04	120/160	-	12/17	32/42
- мелкая	04/-	160/200	-	17/23	42/52
Дунст:	-	200/260	25/29	23/29	52/66
- жесткий					
- мягкий	-	260/-	29/38	29/43	66/9
Мука	-	-	38...55	43...64	9...14

Следует отметить, что эта классификация продуктов применяется только при сортовых помолах пшеницы. Вследствие анатомических особенностей зерна ржи и тритикале, определяющих характер его измельчения, применение такой классификации смысла не имеет.

3.11.3. Технологические схемы рассевов

Для сортирования продуктов измельчения по крупности в мукомольном производстве используют рассевы. В зависимости от их конструкции они насчитывают от 14 до 22 ситовых рам, собранных по различным схемам, что обусловлено различной характеристикой продуктов на отдельных технологических системах измельчения и разными задачами работы этих систем.

Наибольшее применение на отечественных мельзаводах имеют рассевы марки ЗРШ-М и БРБ. На рис. 3.26 приведена компоновка сит и движение продуктов в этих рассевах, собранных по схеме 1.

В расसेве ЗРШ-М 16 ситовых рам собраны в 4 группы по 4 сита в каждой. После измельчения в вальцовом станке продукт поступает сразу на все четыре сита 1-й группы и параллельно проходит по ним. Сходы с этих приемных сит выводят из рассева, а их проход собирают вместе на сборном днище и направляют на верхнее сито 2-й группы; здесь

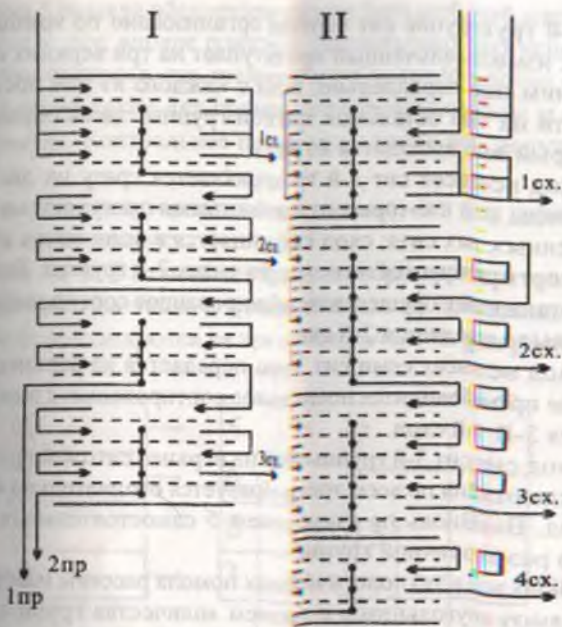


Рис. 3.26. Схема движения продуктов:
1 - ЗШР-М, 2 - БРБ, собранных по схеме 1

последовательное сортирование. С последнего сита 2-й группы сход также выводят из рассева, а все четыре сита объединяют и одним потоком передают на сито 3-й группы. В результате последовательного сортирования на ситах этой группы образовавшийся проход выводят под а на верхнее сито 4-й группы и направляют сход с нижнего сита группы. При окончательном сортировании продукта на ситах 4-й группы получают 3-й сход и 2-й проход. Всего по схеме 1 рассев ЗШР позволяет получить 5 различных по крупности продуктов - 3 схода и 2 прохода. Эта схема применяется на таких системах измельчения, образуются продукты неоднородной крупности, с большим разбросом частиц; это - первые системы измельчения в технологическом процессе помола.

В рассеве БРБ также 4 группы сит, но их больше: 6, 7, 6 и 3, т.е. всего 22 ситовые рамы, вместо 14 в ЗШР-М. Это предоставляет возможность более сложной организации сортирования продуктов и позволяет достигнуть более высокой эффективности процесса.

На 1-й группе сит сортирование организовано по комбинированной схеме: измельченный продукт поступает на три верхних сита, проходит по ним параллельно, затем сход с каждого из них поступает по отдельности на остальные три сита этой группы; здесь образуется 1-й сход, который выводится из отсева.

Проход всех сит 1-й группы направляется сразу на два сита 2-й группы, сходы с которых отдельными потоками поступают на два ниже расположенных сита; сход с них объединяется в один поток и последовательно сортируется на остальных трех ситах 2-й группы. Таким образом, здесь также осуществляется комбинированное сортирование; с нижнего сита выделяется 2-й сход.

Проход всех семи сит 2-й группы передается на верхнее сито 3-й группы, где проводится последовательное сортирование; с нижнего сита выделяется 3-й сход.

Проход сит 3-й группы поступает на верхнее сито 4-й группы; после прохождения по всем трем ситам образуется окончательно 4-й сход и 1-й проход. Вновь по схеме 1 получаем 5 самостоятельных фракций продуктов различной крупности.

Условно в технологических схемах помола отсеивы изображаются в виде прямоугольников с обозначением количества групп сит, числа сит в каждом из них, номеров установленных сит и полученных фракций продуктов. Технологические схемы отсеива ЗРШ-М в таком исполнении приведены на рис. 3.27. Схема 1 предназначена для первого этапа процесса помола, который носит название драного процесса, т.к. на этих системах осуществляют отбор эндосперма. Схемы 2 отсеива используют на последних системах этого процесса, а также для сортирования проходов вымольных машин и на сходовых системах размольного процесса - заключительного этапа процесса помола; она может быть использована также для рассортирования промежуточных продуктов помола.

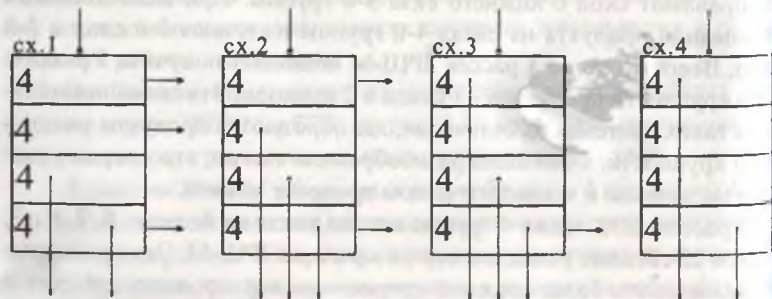


Рис. 3.27. Технологические схемы отсеива ЗРШ-М

Схема 3 отсеива обеспечивает извлечение большой массы продуктов проходом сит; вполне понятно, что ее рационально использовать в размольном процессе, где извлекают основное количество муки. Пригодна эта схема также для применения в сортировочном и шлифовочном процессах. Контрольное просеивание муки также ведут на отсеиве по схеме 3.

Схема 4 сконструирована специально для мельниц простого помола зерна в обойную муку.

Рассев РЗ-БРБ отличается большим разнообразием технологических схем, общее их число составляет 21, которые по принципу компоновки сит подразделяются на три типа, приведенные на рис. 3.28.

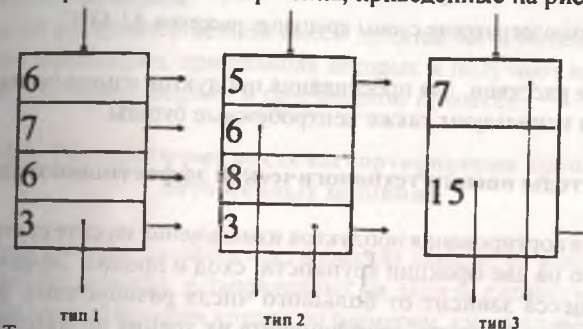


Рис. 3.28. Три типа технологических схем отсеива БРБ

Схемы типа 1 имеют 6 модификаций, их используют для сортирования продуктов измельчения зерна в начальном этапе сортового помола - в драном процессе. По этой схеме получают 5 фракций продуктов различной крупности.

Тип 2 насчитывает 13 вариантов технологических схем и позволяет рассортировывать измельченный продукт на 4 потока - фракции крупности: 2 схода и 2 прохода. Эти схемы применяются в размольном процессе, при окончательном измельчении круп и дунстов в муку, а также в сортировочном и шлифовочном процессах.

Рассев РЗ-БРБ, собранный по типу 3, имеет 2 варианта схемы и служит для контрольного просеивания муки; образуются 1 сход и 2 прохода.

В технологии крупы применяют рассев А1-БРУ, который имеет 4 технологических схемы, приведенные на рис. 3.29. Используется этот рассев для предварительного фракционирования зерна пленчатых культур перед шелушением и для сортирования продуктов в шелушильном

отделении крупозавода: извлечения муки, дробленого ядра, сортирования крупы по номерам, т.е. по размерам.

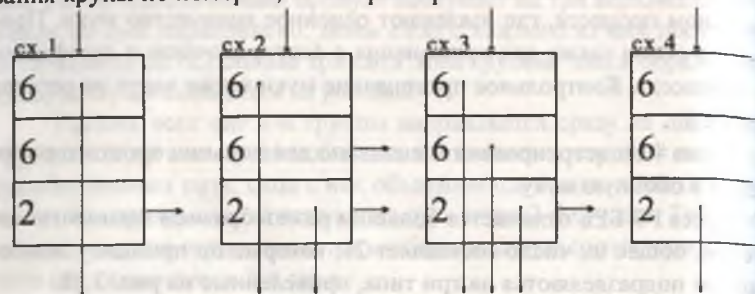


Рис. 3.29. Технологические схемы крупяных рассевов А1-БРУ

Кроме рассевов, для просеивания продуктов измельчения в технологии муки используют также центробежные бураты.

3.11.4. Методы оценки технологической эффективности процесса

Задача сортирования продуктов измельчения на сите состоит в разделении его на две фракции крупности: сход и проход. Эффективность этого процесса зависит от большого числа разнородных факторов: свойств частиц продукта, коэффициента их трения по материалу сита, гранулометрического состава продукта, удельной нагрузки на сито, характеристик сита, особенностей конструкции рассева, кинематических параметров его работы и т.п. Многие из этих факторов взаимосвязаны и 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 m_0 , то коэффициент извлечения определяют формулой:

$$\eta_1 = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100\% \quad (3.13)$$

Коэффициент недосева характеризует относительное количество проходовых частиц, оставшихся в сходовом продукте, т.е. на просевшихся сквозь сито:

$$\eta_2 = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100\% \quad (3.14)$$

Сумма этих коэффициентов равна 100%.

3.12. Сортирование крупок по добротности

Выделенные в рассевах фракции крупок достаточно однородны по геометрическим размерам. Однако отдельные частицы значительно отличаются друг от друга по добротности, т.е. по содержанию эндосперма. Если частицы в процессе дробления зерна образовались из внутренних слоев эндосперма, то они представляют собой низкосортную чистую крупку. Если же частицы получены из поверхностных слоев зерна, то они могут содержать также алейроновый слой и даже оболочки; такую крупку называют сrostками. В массе крупок могут присутствовать также частицы зародыша.

Из этой разнокачественной смеси должны быть выделены частицы чистого эндосперма, при размоле которых и получают высокосортную муку. Эту задачу решают в ситовом процессе.

3.12.1. Технологические схемы сортирования крупок в ситовых машинах

Эффективность процесса сортирования зависит от многих факторов: характеристики сит, установленных на данной ситовоечной системе, выравнивания фракции крупок по размерам, кинематических параметров работы машины и т.п.

Конструктивная схема машины приведена на рис. 3.30.

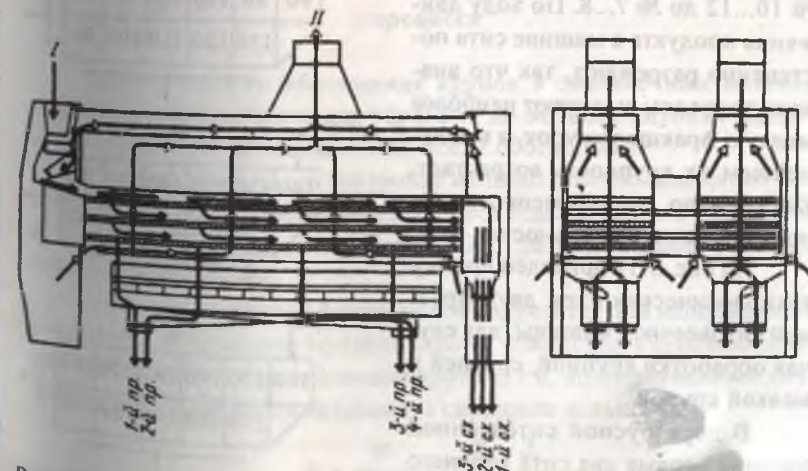


Рис. 3.30. Конструктивная схема трехъярусной ситовоечной машины:
I - поступление продукта, II - выход воздушного потока

Крупка поступает на сита, которые совершают возвратно-поступательные колебания; очень важно, чтобы продукт покрывал все сито. Для повышения эффективности процесса сквозь сито и слой продукта на нем просасывается воздух с такой скоростью, чтобы обеспечить разрыхление слоя крупок - в этом случае создаются условия для расслоения крупок по плотности частиц: более плотные опускаются вниз, к ситу, а менее плотные перемещаются в верхние слои. Так как плотность эндосперма выше плотности оболочек, то в нижних слоях оказываются более чистые крупки, низкозольные, которые и просеиваются преимущественно сквозь сито. Сростки и частицы с высоким содержанием оболочек образуют сход. Таким образом достигается фракционирование крупок по добротности; в обиходе этот процесс определяется как обогащение крупок.

Подбор сит в ситовечных машинах зависит от класса крупности поступающих на машину крупок, т.е. от номеров тех сит, посредством которых они были получены при сортировании на рассеве. Можно принять, что номера сит, установленных на ситовечной системе, должны находиться внутри диапазона сит, определяющих фракцию поступающей крупки. Например, если крупка получена проходом капронового сита № 7 и сходом с сита № 12, то в машине можно установить сита в пределах от № 10...12 до № 7...8. По ходу движения продукта в машине сита постепенно разрежают, так что вначале проходом выделяют наиболее мелкую фракцию крупок, а в дальнейшем их крупность возрастает. Как правило, одновременно с этим повышается и их зольность.

На рис. 3.31 приведен пример технологических схем двухъярусной ситовечной машины, для случая обработки крупной, средней и мелкой крупок.

В двухъярусной ситовечной машине первые два сита верхнего яруса являются приемными и при последовательном обогащении

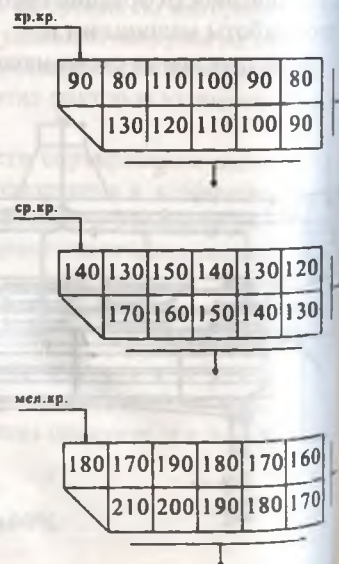


Рис. 3.31. Технологические схемы двухъярусной ситовой машины

крупок служат для дополнительного разделения поступающего потока крупок на две фракции: сход поступает на верхний ярус сит, а проход - на нижний. Так как частицы проходовой фракции мельче, то на нижнем ярусе устанавливают более густые сита, чем на верхнем.

Для разделения крупной крупки на две фракции приемные сита устанавливают с размерами отверстий на верхнем пределе - № 80...90. На верхнем ярусе вначале применяют густое сито - № 120, а по мере продвижения продукта переходят к более редким и заканчивают № 80. На нижнем ярусе сита сгущают.

При обогащении средней крупки устанавливают приемные сита № 120...130, на верхнем ярусе сита - № 160...130, а на нижнем - № 170...140. Подобным образом подбирают сита и при обработке мелкой крупки.

Наиболее добротные продукты идут проходом первых сит. Зольность продукта, полученного проходом последних сит, заметно выше, а зольность сходового продукта превышает зольность поступающей на систему крупки.

При последовательном методе обогащения крупок проход верхних сит поступает на нижерасположенные и проходит повторное обогащение. В этом случае добротность крупок заметно повышается, по сравнению с параллельным методом их обработки.

3.12.2. Оценка технологической эффективности ситовеечного процесса

Эффективность обогащения крупок в ситовеечных машинах можно оценить различным образом, но во всех случаях следует ориентироваться на зольность их после обогащения.

При первоначальной настройке машины обычно исходят из того, что достаточная эффективность процесса достигается в том случае, если зольность сходового продукта в 2...3 раза превышает зольность поступающей крупки.

Надежная оценка эффективности получается при использовании комплексного критерия эффективности, совместно учитывающего и размер извлечения обогащенной крупки, т.е. количественный показатель, и величину относительного снижения зольности:

$$E = \frac{m}{M} \cdot \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0} \quad (3.15)$$

где m - количество (масса) очищенной крупки, %;

M - количество поступающей на систему крупки, %;

Z_0, Z_1 - зольность поступающей на систему и извлеченной крупки, %.

В производственных условиях величина критерия E находится в границах 0,10...0,30.

3.13. Шелушение зерна пленчатых культур

Зерно ячменя, овса, проса, риса, сорго покрыто цветковыми пленками, зерно гречихи - жесткой плодовой оболочкой. При производстве крупы эти пленки необходимо удалить, причем так, чтобы не раздробить ядро, сохранить его целым. В этом и заключается основная задача процесса шелушения.

Организация процесса определяется особенностями анатомического строения и структурно-механическими свойствами ядра и пленок.

Плотно прилегающие к зерновке, почти приросшие к нему цветковые пленки ячменя требуют интенсивного механического воздействия для своего удаления. Существенным фактором является высокая прочность зерна ячменя, что определяет сохранение его целостности при интенсивном шелушении. Поэтому для шелушения в этом случае применяют обоечные машины с абразивным цилиндром или же машины интенсивного шелушения ЗШН. Наоборот, цветковые пленки овса отделяются легко, т.к. скреплены с зерновкой только в области зародыша.

Ядро гречихи отличается невысокой прочностью, легко дробится, поэтому при шелушении необходимо осуществлять строго дозированное механическое воздействие.

Повышенной хрупкостью отличается и ядро риса, причем его цветковые пленки имеют высокую жесткость - это требует особой организации процесса шелушения.

Разрушение пленок зерна, их разрыв осуществляют посредством удара или трения в таких условиях, чтобы проявилась деформация сдвига. Все конструкции шелушительных машин основаны на этих принципах. Например, в шелушительном поставе, вальцедековом станке используется сдвиг, а в обоечной машине и центробежном шелушителе - удар.

Конструктивные схемы шелушителей представлены на рис. 3.32...3.33.

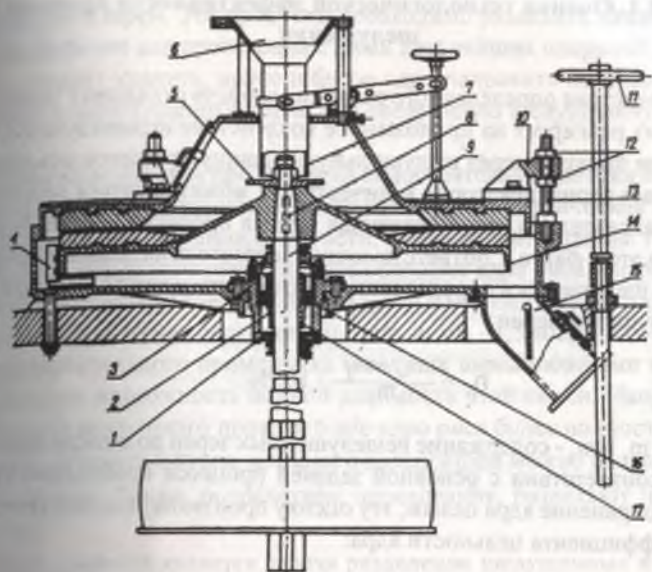


Рис. 3.32. Конструктивная схема шелушильного постава:

1, 2, 3, 16, 17 - подшипник в кожухе, 4 - выводная продукт лопатка, 5 - разбрасывающая зерно тарелка, 6 - питающий конус, 7 - питающая труба, 8 - шпонка, 9 - вал, 10, 11, 12, 13 - регулирующий механизмы зазора между абразивными дисками, 14 - металлическая основа абразивного диска, 15 - выпускной клапан

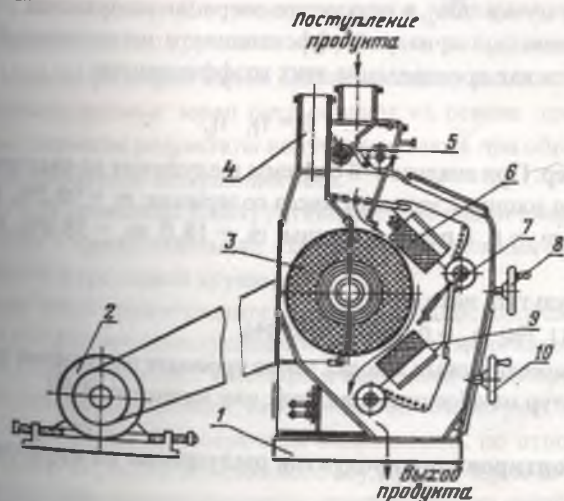


Рис. 3.33. Технологическая схема вальцедекового станка:

1 - станина, 2 - электродвигатель, 3 - валок, 4 - аспирационный патрубок, 5 - питающий механизм, 6, 9 - диски, 7 - направляющий лоток, 8, 10 - регулирующий механизм

3.13.1. Оценка технологической эффективности процесса шелушения

Вследствие определенного различия свойств отдельных зерен каждое из них реагирует на приложенное воздействие индивидуально. Поэтому при проходе через шелушильную машину от плюсок освобождаются не все зерна, некоторое количество их может остаться нешелушенным. Следовательно, количественная оценка процесса должна базироваться на этом факте. Соответствующий показатель называется коэффициентом шелушения и определяется как относительная доля воспринятых шелушение зерен:

$$\eta_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \quad (3.16)$$

где m_1 и m_2 - содержание нешелушенных зерен до и после машины.

В соответствии с основной задачей процесса необходимо также учесть сохранение ядра целым; эту оценку производят посредством расчета коэффициента цельности ядра:

$$\eta_2 = \frac{\Delta m_0}{\Delta m_0 + \Delta m_3 + \Delta m_4} \quad (3.17)$$

где Δ - обозначает прирост содержания целого ядра Δm_0 , битого ядра Δm_3 и мучки Δm_4 , в результате операции шелушения.

Комплексный критерий эффективности шелушильной системы определяется как произведение этих коэффициентов:

$$E = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (3.18)$$

Пример. При анализе 1-й системы шелушения на овсоводе получено, что до машины зерновая масса содержала: $m_1 = 98,5\%$, $m_2 = 1,4\%$, $m_3 = 0,1\%$, $m_4 = 0$, а после машины: $m_2 = 18,0\%$, $m_0 = 58,0\%$, $m_3 = 2,5\%$, $m_4 = 1,5\%$.

В результате находим:

$$\eta_1 = 81,7\%; \eta_2 = 0,936; E = 64,3\%.$$

На комбикормовых заводах также проводят шелушение зерна пшеницы и ячменя на обочных машинах или машинах ЗШН.

3.14. Сортирование продуктов шелушения на крупозаводах

Независимо от способа шелушения образовавшийся продукт содержит целое ядро, битое ядро, мучку, лузгу и некоторое количество

нешелушенных зерен. Эти продукты необходимо разделить на самостоятельные фракции для проведения с ними дальнейших операций. Лузгу и мучку следует удалить, целое и битое ядро направить на финишную обработку, а нешелушенные зерна - на следующую шелушильную систему.

Для разделения этих продуктов на самостоятельные потоки используют различие их физико-химических свойств: геометрической характеристики, скорости витания, упругости, коэффициента трения. На рис. 3.2 показано, как различаются скорости витания ядра риса и аэродинамически легких продуктов шелушения лузги и мучки. Среднее значение скорости витания мучки составляет 0,9 м/с, лузги - 1,5 м/с, ядра - 8,1 м/с. Наличие значительного промежутка между их вариационными кривыми определяет возможность полной делимости этой смеси. Например, при скорости воздушного потока 5 м/с ядро риса будет полностью освобождено от мучки и лузги, которые в дальнейшем можно рассортировать на расходе. Также, посредством просеивания, разделяют целое и битое ядро.

Более сложной является задача разделения шелушенных и нешелушенных зерен. Если ядро и нешелушенные зерна различаются по размерам, то можно использовать сортирование на ситах (по толщине или ширине), или же на триерах, по длине; последний способ применяют, например, на овсоводах. Для разделения ядра и шелушенных зерен гречихи применяют сита с круглыми отверстиями, т.к. размеры ядра на 0,3...0,7 мм меньше размеров зерна. Сложную задачу разделения шелушенных и нешелушенных зерен риса решают на основе применения падди-машин; хорошие результаты получаются также при обработке на этих машинах продуктов шелушения овса.

На рис. 3.34 приведена конструктивная схема падди-машины, а на рис. 3.35 и 3.36 - принципиальные схемы крупотделения при производстве овсяной и гречневой крупы.

Название этого крупотделителя обязано индийскому слову "падди", которое обозначает нешелушенный рис. Рабочим органом машины служит стол, установленный с некоторым наклоном, на котором расположены зигзагообразные каналы, показанные на том же рис. 3.34. Стол приводится в колебание в поперечном направлении, по отношению к рабочим каналам. В результате сложного соударения зерна со стенками каналов и вследствие резкого различия упругих свойств чистого ядра и нешелушенных зерен происходит их разделение: ядро движется вниз по каналу, а нешелушенные зерна перемешаются вверх.

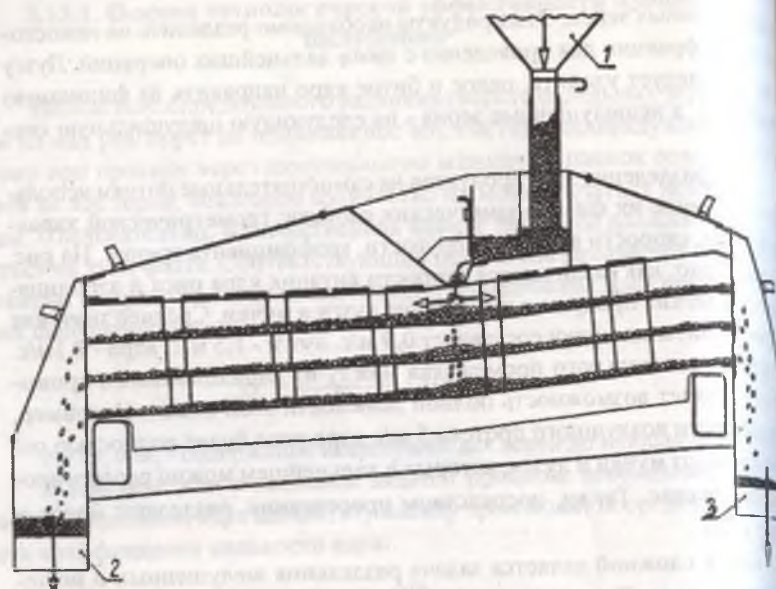


Рис. 3.34. Технологическая схема падди-машины:
1 - приемный ковш, 2 - выход шелушенных зерен, 3 - выход нешелушенных зерен

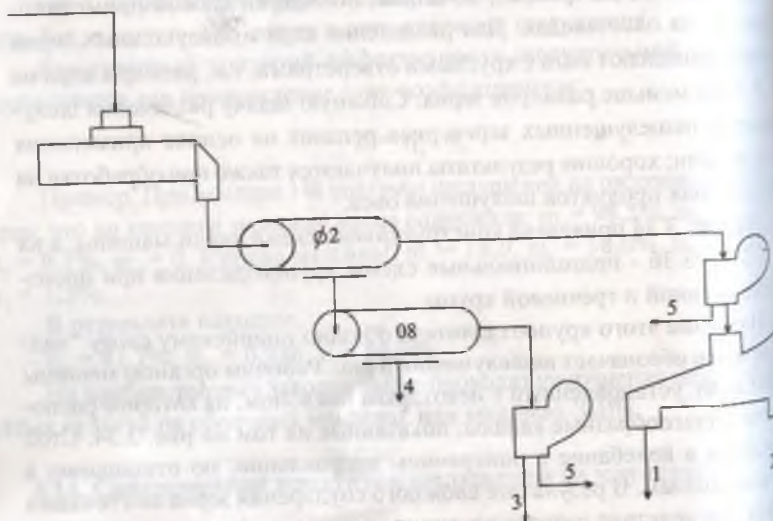


Рис. 3.35. Принципиальная технологическая схема крупотделения на овсоводе:
1 - крупа (шелушенный овес), 2 - нешелушенные зерна овса, 3 - дробленое ядро, 4 - мучка, 5 - лузга

На овсоводе после шелушильной машины смесь продуктов вначале просеивается на бурате; проходом отделяют дробленое ядро, мучку и тонкоизмельченную лузгу, которые затем направляют на повторное просеивание на центробежном бурате, где проходом выделяют мучку, а сход - битое ядро аспирируют для удаления частиц лузги. Сходом с первого бурата идет смесь нешелушенных зерен, целого ядра и лузги. После удаления из нее лузги на аспираторе разделение шелушенных и нешелушенных зерен проводят на падди-машине.

На гречезаводе сортирование продуктов шелушения осуществляют на отсевах: проходом сита 085 выделяют мучку, проходом сит 1,7x20, 1,6x20 и 1,4 - дробленое ядро (продел), проходом сита (решета) с треугольными отверстиями размером 6,5 мм - целое ядро (ядрицу). Лузгу отвеивают на аспираторах. Нешелушенное зерно выделяется сходом с решета с круглыми отверстиями диаметром 4,2 мм.

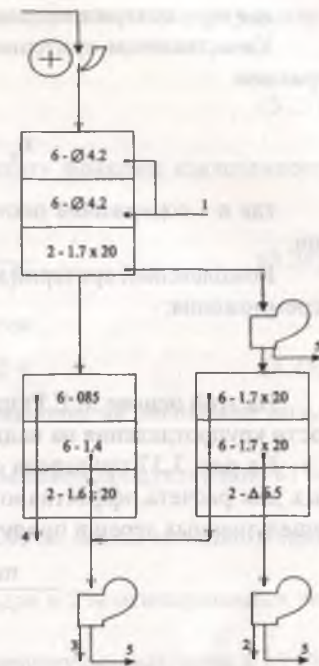


Рис. 3.36. Принципиальная технологическая схема крупотделения на гречезаводе:
1 - нешелушенные зерна, 2 - ядрица, 3 - продел, 4 - мучка, 5 - лузга

3.14.1. Оценка технологической эффективности процесса крупотделения

Разделение продуктов шелушения зерна представляет собой классический пример сепарирования. Поэтому для оценки этой операции можно использовать расчет коэффициентов разделительных процессов. При этом один коэффициент должен отражать количественную сторону процесса, другой - его качественную характеристику. В таком случае для количественной оценки следует принять извлечение данной фракции продукта в самостоятельный поток:

$$\eta_i = \frac{m}{m_0} \cdot 100\% \quad (3.19)$$

где m_0 - содержание данной фракции в исходном продукте.
 Качественным критерием должна служить чистота извлеченной фракции:

$$\eta_1 = \frac{m - p}{m} \quad (3.20)$$

где p - содержание посторонних продуктов в извлеченной фракции.

Комплексный критерий эффективности образуется посредством перемножения:

$$E = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (3.21)$$

На этой основе М.Е. Гинзбург разработал метод оценки эффективности крупноотделения на падди-машине.

На рис. 3.37 приведена схема операции и обозначения необходимых для расчета эффективности величин: m и p - содержание ядра нешелушенных зерен в продуктах.

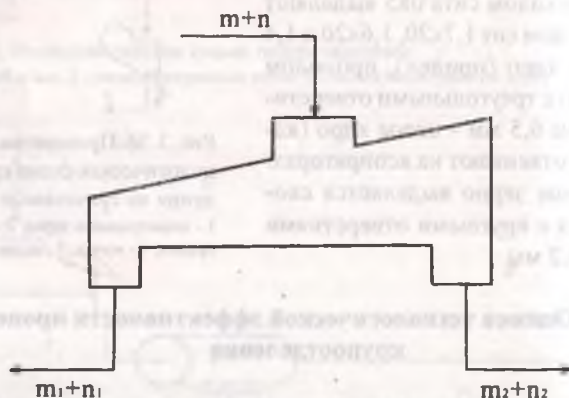


Рис. 3.37 Схема падди-машины к расчету эффективности процесса

По методу Гинзбурга рассчитывают три коэффициента: два количественных и один качественный, а путем их перемножения получают комплексный критерий эффективности процесса. Первый количественный коэффициент определяет полноту выделения ядра в самостоятельный поток:

$$\alpha = \frac{m_1}{m} \quad (3.22)$$

Второй количественный коэффициент определяет полноту извлечения нешелушенных зерен:

$$\beta = \frac{n_2}{n} \quad (3.23)$$

Третий коэффициент оценивает чистоту фракции извлеченного

ядра:

$$\gamma = \frac{m_1}{m_1 + n_1} \quad (3.24)$$

Комплексный критерий эффективности:

$$E = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \quad (3.25)$$

Пример. При анализе работы пади-машины на рисозаводе получены следующие данные:

- содержание ядра в поступающем на машину продукте равно 81%, содержание нешелушенных зерен 19,0%;
- масса нижнего схода составляет 80% от массы исходного продукта, масса верхнего схода 20%;
- в нижнем сходе содержится 98% ядра и 2% нешелушенных зерен;
- в верхнем сходе содержится 87,0% нешелушенных зерен и 13,0% ядра.

Находим:

$$\alpha = \frac{98 \ 80}{81 \ 100} = 0,968$$

$$\beta = \frac{87 \ 20}{19 \ 100} = 0,916$$

$$\gamma = \frac{98 \ 80}{80 \ 100} = 0,980$$

Таким образом, комплексный критерий $E = 0,869$ или же 86,9%.

3.15. Финишная обработка крупы

Выделенное при шелушении и последующем сортировании ядро зерна всех крупяных культур, за исключением гречихи, еще не является готовым продуктом. Для превращения его в крупу необходимо удалить плодовые и семенные оболочки и алейроновый слой. Это осуществля-

ется посредством специальной операции шлифования крупы. При производстве гречневой крупы плодовые оболочки удаляют при шелушении, и дальнейшую обработку ядрицы и продела не проводят.

При производстве овсяной крупы на шлифовочных машинах удаляют с поверхности зерновки только ее опушение, т.е. покрывающие ее волоски; непрочное ядро овса не выдерживает жесткого воздействия при попытке сошлифования оболочек и алейронового слоя будет дроблено. Схема шлифовального постава приведена на рис. 3.38.

После шлифования в некоторых случаях применяют полирование крупы, например, рисовой, для придания ей привлекательного товарного вида. Изредка проводят и операцию глазирования крупы.

В таблице 3.9 приведены данные об изменении химического состава крупы в процессе шлифования. По мере прохождения крупы через шлифовальные машины снижается содержание белка, клетчатки и жира за счет удаления оболочек, алейронового слоя и зародыша, уменьшается также и зольность. Наоборот, содержание крахмала возрастает, вследствие снижения массы зерна при шлифовании. При полировании крупы эти изменения также наблюдаются, но в меньшей степени.

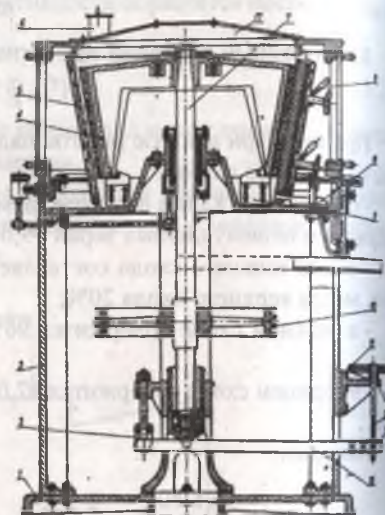


Рис. 3.38. Технологическая схема шлифовального постава:

1 - опорная плита, 2, 11...15 - регулятор зазора, 3 - кожух, 4 - металлический барабан, 5 - обечайка, 6 - аспирационный канал, 7 - вал, 8 - абразивная масса, 9, 16 - лопасти, 10 - шкив, 17 - крышка

Таблица 3.9 Изменение состава рисовой крупы, % с.м.

Вещества	Ядро до шлифования	Системы шлифования		
		1-я	2-я	3-я
Белок	8,9	8,5	8,0	7,8
Крахмал	83,9	86,2	87,9	90,4
Клетчатка	1,20	0,80	0,46	0,32
Жиры	2,85	1,47	0,95	0,41
Зольность	1,62	1,29	0,87	0,69

Одновременно в крупе снижается и содержание витаминов, причем значительно: тиамина, рибофлавина и ниацина в 2...3 раза, токоферола в 4...5 раз. Следовательно, в результате шлифования биологическая ценность крупы снижается.

Объективные инструментальные методы оценки эффективности шлифования и полирования крупы не разработаны. В исследовательской практике применяют различные цветомеры для оценки белизны рисовой крупы. Основным способом оценки качества является визуальный: например, определяют так называемый "недодир" в технологии перловой крупы, т.е. содержание зерен в крупе с видимыми остатками на их поверхности плодовых и семенных оболочек.

3.16. Процессы крупяных продуктов быстрого приготовления

Крупа является ценным пищевым продуктом и используется во всем мире для приготовления самых разнообразных блюд. Однако варка почти всех видов крупы до готовности требует значительной затраты времени - от 0,5 до 3 ч. Для сокращения времени варки крупу подвергают дополнительной интенсивной механической, термической или гидротермической обработке. В результате изменяется ее микроструктура, происходит частичная или полная денатурация белков, декстринизация и клейстеризация крахмала. Время кулинарной обработки заметно сокращается, а для так называемых сухих завтраков вообще не требуется.

На крупозаводах производят плющеную крупу, хлопья, взорванные и вспученные зерна, а также различные экструдаты.

3.16.1. Плющение крупы

Плющеную крупу вырабатывают из овсяной, пшеничной, ячменной и гороховой крупы. Плющение производят на вальцовом станке с гладкими или рифлеными вальцами. Предварительно крупу подвергают гидротермической обработке: увлажнению, пропариванию, и т.п. для придания ей пластических свойств. Это достигается при увлажнении крупы до 25...28% и пропаривании ее.

Помимо пластичности требуется повысить и вязкость крупы для того, чтобы получились крупные целые хлопья. Этому способствует клейстеризация крахмала и образование декстринов за счет расщепления его макромолекул.

Время варки плющенной крупы снижается до 5...15 мин, для хлопьев достаточно 5...7 мин, а особые тонколепестковые хлопья могут употребляться непосредственно, например, с горячим молоком.

Установлено, что усвояемость основных пищевых компонентов зерна и крупы заметно возрастает в результате их гидротермической обработки и плющения: переваримость белка повышается до 93%, углеводов - до 96%, жиров - до 97%. Снижаются и энергетические затраты организма на ассимиляцию этих веществ, вследствие их большей доступности ферментам пищеварительной системы. В результате ГТД зерна при жестких режимах атакуемость крахмала амилалитическими ферментами возрастает от 5 до 16 раз. Атакуемость белков протеазами также повышается.

Значительную роль в ассимиляции крахмала играет его клейстеризация. Если пропарить зерно ячменя при атмосферном давлении, при нагреве зерна до 97...98°C, то при обработке его в течение 7 минут клейстеризуется 8% крахмала, при 10 мин - 13%, при 30 мин - 40%, при 70 мин - 100%. При незначительном повышении давления - до 0,05 МПа через 10 мин клейстеризуется 37% крахмала, через 30 мин - 60%; при давлении 0,2 МПа 100% крахмала клейстеризуется через 25 мин, а при 0,35 МПа - уже через 5 мин пропаривания. Последующее плющение дополнительно усиливает этот эффект.

3.16.2. Экструзионная обработка продуктов

Экструдер представляет собой машину, в которой происходит обработка различных материалов при высоких значениях давления и температуры. Давление создается в толстостенном корпусе аппарата посредством винтового конвейера - шнека, корпус имеет обогрев. При сжатии помещенного в корпус экструдера материала в пределах 15...50 МПа и разогреве до 150...180°C материал переходит в вязкотекучее состояние и легко формуется посредством продавливания через матрицу в виде пластин, тяжей, трубочек, гранул и т.п., в зависимости от формы отверстий матрицы.

В основе экструзионной обработки продуктов лежат два явления: механическая деформация исходного материала и формирование пенообразной структуры готовых изделий за счет большой разницы давлений в экструдере и атмосфере; поэтому при выходе из матрицы продукт вспучивается.

На рис. 3.39 приведен пример влияния влажности зернового сырья на отношение объема готового продукта к исходному при обработке при 180°C. Рис. 3.40 демонстрирует влияние температуры нагрева материала в экструдере на возрастание удельного объема экструдата - особенно сильно влияет нагрев от 175 до 195°C.

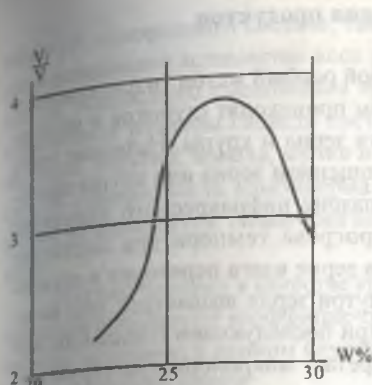


Рис. 3.39. Изменение объема экструдата в зависимости от влажности исходных продуктов

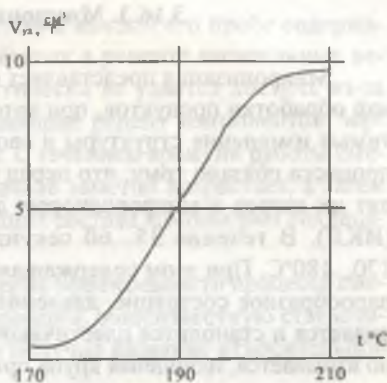


Рис. 3.40. Изменение объема экструдата под влиянием температуры процесса

В результате сложного механического и термического воздействия происходит деструкция макромолекул биополимеров, поэтому все физические и химические свойства продукта резко изменяются. Например, до 15% клетчатки становится растворимой.

Гомогенизация продукта в экструдере позволяет формировать композиции самого разнообразного состава, вводить растительные добавки, а также различные биологически активные вещества: витамины, микроэлементы, незаменимые аминокислоты. В результате получают полноценные в питательном отношении продукты - сухие завтраки.

Экструзионная обработка позволяет эффективно использовать малоценную дробленую крупу, а также мучку, низкие сорта муки, зерно со слабой клейковиной, отруби и т.п.

В качестве критерия эффективности процесса удобно использовать коэффициент экструзии, представляющий отношение разности плотностей исходного продукта ρ_0 и экструдата ρ_1 к плотности последнего:

$$K = \frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_1} \quad (3.26)$$

Таким образом, этот показатель определяет относительное изменение плотности материала в процессе производства экструдата, т.е. степень разрыхленности последнего, по сравнению с исходным состоянием. Значение этого коэффициента практически прямолинейно возрастает с повышением температуры обработки продуктов в диапазоне 170...210°C.

3.16.3. Микронизация продуктов

Микронизация представляет собой особый метод гидротермической обработки продуктов, при котором происходят глубокие и необратимые изменения структуры и свойств зерна и крупы. Название этого процесса обязано тому, что перед плющением зерна или крупы проводят их нагрев в микроволновом диапазоне инфракрасного излучения (ИКЛ). В течение 35...60 секунд прогрева температура достигает 170...180°C. При этом содержащаяся в зерне влага переходит в псевдопарообразное состояние, давление внутри зерна возрастает, оно вступает и становится пластичным. При последующем плющении зерно взрывается, плюшенная крупа приобретает микропористую структуру.

Оптимальная температура нагрева зерна при микронизации составляет: для гороха и кукурузы 150°C, пшеницы - 170°C, ячменя - 175°C, овса - 185°C.

Микронизированная крупа представляет собой продукт, готовый к употреблению. Пищевые достоинства такой крупы заметно повышаются вследствие возрастания атакующести ферментами крахмала и белков 3...4 раза. Определенную роль играет также декстринизация крахмала.

На образование декстринов заметно влияет температура нагрева зерна, в особенности, при его повышенной влажности. В опытах с зерном ячменя получено, что при нагреве до 130°C при влажности 30% содержание декстринов составило 6%, а при 180°C - 13%, в 2 раза выше.

Этот процесс широко используется в комбикормовом производстве.

3.17. Смешивание измельченных продуктов в комбикормовом производстве

При производстве рассыпных комбикормов процесс смешивания является конечным. В результате этой операции должен быть получен комбикорм однородного состава. От уровня организации смешивания зависит конечное качество готового комбикорма.

По характеру работы смесители бывают двух типов: периодического и непрерывного действия, а по расположению рабочих органов - горизонтальные и вертикальные. Чаще всего применяют смесители первого типа.

Таким образом, в результате смешивания разнородных по составу компонентов комбикорма должен быть получен продукт

однородного, однородного состава, так чтобы в каждой его пробе содержалось одинаковое количество всех принятых в рецепте питательных веществ. Идеального смешивания практически не удается достичь из-за отмеченной разницы свойств составляющих рецепт компонентов: зерна, мела, отрубей, жмыха, муки и т.п. С течением времени работы смесителя однородность комбикорма вначале заметно возрастает, а затем почти не изменяется. Некоторая вариация состава комбикорма сохраняется.

Именно поэтому в качестве критерия эффективности процесса смешивания используют коэффициент вариации, общеизвестную статистическую величину; в данном случае он получил название относительной неоднородности смеси:

$$V = \frac{100}{B_0} \sqrt{\frac{\sum (B_i - B_0)^2}{n - 1}} \quad (3.27)$$

где B_0 - заданное значение содержания компонента в смеси;

B_i - фактическое его содержание в смеси;

n - число проб в анализе, число испытаний.

Вполне понятно, что чем меньше значение коэффициента вариации, тем выше однородность состава комбикорма.

И тем выше достигнута эффективность процесса. На рис. 3.41 приведен принципиальный график изменения величины этого показателя в течение работы смесителя. Оптимальной длительностью процесса является та, при которой изменения его практически прекращаются. На эту длительность и должен быть отрегулирован смеситель периодического или непрерывного действия.

Помимо коэффициента вариации, для оценки эффективности смешивания комбикорма определяют также степень его однородности, в соответствии с формулой:

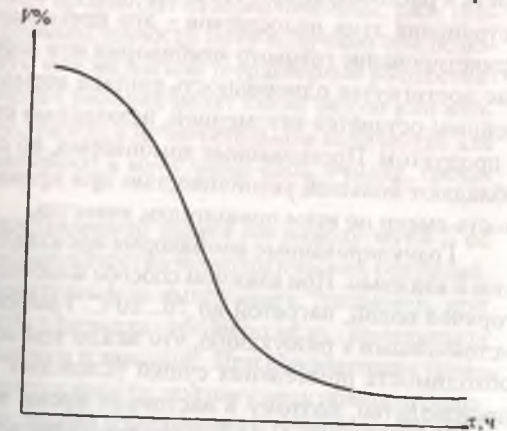


Рис. 3.41. Изменение критерия однородности при смешивании комбикорма

3.16.3. Микронизация продуктов

Микронизация представляет собой особый метод гидротермической обработки продуктов, при котором происходят глубокие и необратимые изменения структуры и свойств зерна и крупы. Название этого процесса обязано тому, что перед плющением зерна или крупы проводят их нагрев в микроволновом диапазоне инфракрасного излучения (ИКЛ). В течение 35...60 секунд прогрева температура достигает 170...180°C. При этом содержащаяся в зерне влага переходит в псевдопарообразное состояние, давление внутри зерна возрастает, оно вспучивается и становится пластичным. При последующем плющении зерно взрывается, плюшенная крупа приобретает микропористую структуру.

Оптимальная температура нагрева зерна при микронизации составляет: для гороха и кукурузы 150°C, пшеницы - 170°C, ячменя - 175°C, овса - 185°C.

Микронизированная крупа представляет собой продукт, готовый к употреблению. Пищевые достоинства такой крупы заметно повышаются вследствие возрастания атакующести ферментами крахмала и белка в 3...4 раза. Определенную роль играет также декстринизация крахмала.

На образование декстринов заметно влияет температура нагрева зерна, в особенности, при его повышенной влажности. В опытах с зерном ячменя получено, что при нагреве до 130°C при влажности 30% содержание декстринов составило 6%, а при 180°C - 13%, в 2 раза выше.

Этот процесс широко используется в комбикормовом производстве.

3.17. Смешивание измельченных продуктов в комбикормовом производстве

При производстве рассыпных комбикормов процесс смешивания является конечным. В результате этой операции должен быть получен комбикорм однородного состава. От уровня организации смешивания зависит конечное качество готового комбикорма.

По характеру работы смесители бывают двух типов: периодического и непрерывного действия, а по расположению рабочих органов горизонтальные и вертикальные. Чаще всего применяют смесители лоткового типа.

Таким образом, в результате смешивания разнородных по составу компонентов комбикорма должен быть получен продукт

однородного, однородного состава, так чтобы в каждой его порции содержалось одинаковое количество всех принятых в рецепте питательных веществ. Идеального смешивания практически не удается достичь из-за отмеченной разницы свойств составляющих рецепт компонентов: зерна, мела, отрубей, жмыха, мучки и т.п. С течением времени работы смесителя однородность комбикорма вначале заметно возрастает, затем почти не изменяется. Некоторая вариация состава комбикорма сохраняется.

Именно поэтому в качестве критерия эффективности процесса смешивания используют коэффициент вариации, общеизвестную статистическую величину; в данном случае он получил название относительной неоднородности смеси:

$$V = \frac{100}{B_0} \sqrt{\frac{\sum (B_i - B_0)^2}{n - 1}} \quad (3.27)$$

где B_0 - заданное значение содержания компонента смеси;

B_i - фактическое его содержание в смеси;

n - число проб в анализе, число испытаний.

Вполне понятно, что чем меньше значение коэффициента вариации,

тем выше однородность состава комбикорма и тем выше достигнутая эффективность процесса. На рис. 3.41 приведен принципиальный график изменения величины этого показателя в течение работы смесителя. Оптимальной длительностью процесса является та, при которой изменения его практически прекращаются. На эту длительность и должен быть отрегулирован смеситель периодического или непрерывного действия.

Помимо коэффициента вариации, для оценки эффективности смешивания комбикорма определяют также степень его однородности, в соответствии с формулой:

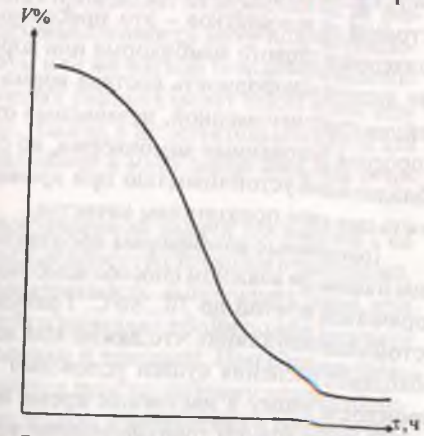


Рис. 3.41. Изменение критерия однородности при смешивании комбикорма

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum i \quad (3.21)$$

где $i = V_i/V_0$, если $V_i < V_0$ или $V_i = V_0$.

Если же $V_i > V_0$, то $i = 2 (V_0 - V_i)/V_0$.

При этом V_0 - заданное по рецепту число компонентов;

V_i - обнаруженное при испытании в пробе комбикорма число компонентов;

n - число взятых для анализа проб.

Чем ближе к 1,0 степень однородности, тем равномернее распределены все компоненты в готовом комбикорме и тем выше эффективность смешивания.

3.18. Гранулирование, брикетирование и прессование комбикормов

Рассыпные комбикорма и кормовые смеси имеют ряд недостатков, отрицательно влияющих на их качество при хранении и перевозках. К ним относятся высокая гигроскопичность, малая объемная масса и склонность к расслоению при транспортировке. Самый эффективный способ устранения этих недостатков - это прессование, гранулирование или брикетирование готового комбикорма или кормовой смеси. В этом случае достигнутая однородность состава корма при смешивании в дальнейшем останется неизменной, независимо от последующих операций с продуктом. Прессованные комбикорма, по сравнению с рассыпными, обладают большей устойчивостью при хранении, сохраняют однородность смеси по всем показателям качества.

Гранулированные комбикорма производятся двумя способами: сухим и влажным. При влажном способе комбикорм увлажняют до 30...35% горячей водой, нагретой до 70...80°C. Гранулы получаются плотными, устойчивыми к разбуханию, что важно при кормлении рыб. Однако необходимость применения сушки усложняет процесс и сдерживает их производство, поэтому в настоящее время используют главным образом сухой способ, причем гранулирование ведут на агрегатах с вальцовыми прессами.

Вырабатывают гранулы диаметром от 2,5 до 19 мм. Крупные гранулы для птиц затем измельчают, производят так называемую крошку. Это связано с организацией дополнительной операции, но в результате такая крошка хорошо поедается птицами, практически исключаются потери корма.

ГЛАВА 4.

ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МУКИ

Технологический процесс на мельзаводе представляет собой многоуровневую систему, отдельные части которой находятся в сложном взаимодействии. Весь процесс помола расчленяется на ряд этапов (подсистем) с конкретными задачами для каждого этапа.

Технологический процесс принято изображать в виде схем, в графической форме, отображающих последовательность проведения технологических операций, с указанием рабочих параметров машин и аппаратов. Выполняемые в подготовительном и в размольном отделениях мельзавода операции выделяются в виде самостоятельных процессов и изображаются в виде отдельных технологических схем.

4.1. Классификация помолов

Муку для хлебопечения производят из зерна пшеницы, ржи, тритикале, для макаронной промышленности муку получают при помоле твердой пшеницы Дурум или же мягкой твердозерной выюкостекповидной пшеницы. В южных районах мелют также белую или желтую зубовидную кукурузу. Иногда в незначительном количестве для специальных целей размалывают в муку зерно овса, ячменя, гречихи, проса.

В зависимости от поставленной задачи по выходу муки и ее качеству может различаться количество технологических операций, их взаимосвязь и последовательность выполнения. Например, при помоле зерна в муку простого размола - обойную муку, измельчается все зерно, включая оболочки и зародыш. При современном уровне техники эта задача решается просто, поэтому весь помол ограничивается всего лишь одним этапом измельчения и сортирования продуктов.

Наоборот, при производстве сортовой муки тонкому измельчению подвергают только крахмалистую часть эндосперма, а оболочки и алейроновый слой зерна направляют в отруби, в виде крупных частиц. Зародыш может быть при таком помоле выделен как самостоятельный продукт или также идет в отруби. Такая задача изби-

рательного измельчения различных анатомических частей зерна вынуждает существенно усложнять технологию муки: необходимо вводить дополнительные этапы процесса, в которых происходит разделение продуктов измельчения на фракции по добротности, на основе различия физико-химических и структурно-механических свойств эндосперма, оболочек и зародыша.

Различные организации процесса помола требуют разработки некоторой системы их классификации. Наиболее удачная классификация предложена проф. И.А.Наумовым, которая приведена на рис. 4.1. В ее основу положены кратность измельчения зерна, число отдельных самостоятельных этапов в технологической схеме и степень сложности организации ситовеечного процесса, занимающего особое место в технологии муки.

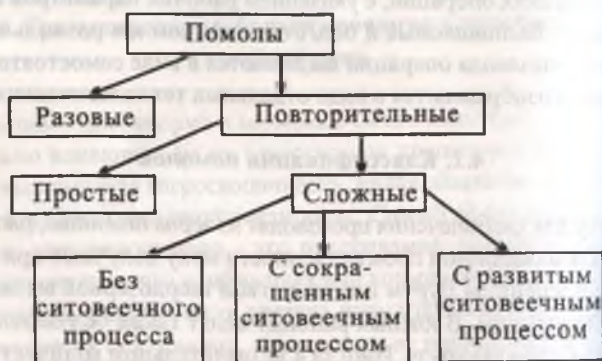


Рис. 4.1. Схема классификации помолов

По этой системе классификации все помолы разделены по кратности измельчения на разовые и повторительные. При разовом помоле измельчение зерна в муку происходит в результате однократного пропуска зерна через измельчающую машину, например, через жернов или молотковую дробилку.

При повторительных помолах операции измельчения повторяются. В этом случае муку выделяют проходом сит из различного материала, а оставшиеся на сите более крупные частицы фракционируют по крупности и добротности и проводят с ними операции измельчения и сортирования до полной реализации поставленной задачи по выходу муки заданного качества.

Повторительные помолы далее разделены на простые и сложные, в зависимости от особенностей организации технологического

процесса. Схема простого помола состоит из одного технологического этапа, в котором измельчение продуктов осуществляется последовательно на 2...4 системах; представителем простого помола является помол зерна в обойную муку.

К классу сложных помолов отнесены помолы зерна в сортовую муку. Эти помолы дополнительно разделены на три группы, в зависимости от наличия и сложности организации ситовеечного процесса, а также наличия шлифовочного процесса. При сортовых помолах ржи и тритикале эти этапы технологического процесса отсутствуют, что обусловлено анатомическими особенностями и структурно-механическими свойствами зерна этих культур. При переработке пшеницы в муку 2-го сорта или же при двухсортном помоле ее в муку 1-го и 2-го сортов шлифовочный процесс отсутствует, а ситовеечный представлен в сокращенном виде или также отсутствует.

Наиболее сложно организован многосортный помол пшеницы с производством муки высшего сорта, а также помол пшеницы в муку для макаронных изделий. В этом случае все этапы процесса, в том числе ситовеечный и шлифовочный получают полное развитие.

С повышением сложности помола усложняется и процесс подготовки зерна к измельчению.

4.2. Требования к зерну, поступающему на мельзаводы

Современные мельзаводы оснащены мощным парком различных машин, осуществляющих очистку зерна от примесей, а также выполняющих другие операции, необходимые для придания зерну оптимальных мукомольных свойств. Однако для обеспечения установленных результатов помола по выходу и качеству муки к партиям зерна для помола предъявляют определенные требования.

Исходная влажность зерна при сортовых помолах пшеницы и ржи должна быть не выше 13%, при других помолах - до 14%, а при простом помоле зерна в обойную муку - на уровне, обеспечивающем выработку муки влажностью не выше 15%.

Содержание сорной примеси в зерне ограничивается на уровне 2%, в том числе вредной примеси - не более 0,2%, и не более 1% испорченных зерен. Содержание зерновой примеси - не более 5% для пшеницы и 4% для ржи, в том числе проросших зерен - не более 3%.

Дополнительно ограничивается содержание зерен, пораженных фузариозом - не выше 1%; в этом случае содержание микотоксина не будет превышать 1 мг в 1 кг зерна.

При помолах пшеницы содержание клейковины и ее качество должны обеспечивать стандартное качество муки по этому показателю.

4.3. Технологический процесс подготовки зерна к простому помолу

К обойной муке предъявляют невысокие требования. Эта мука представляет собой измельченное до определенной крупности зерно, без отбора отрубей, поэтому ее показатели качества практически воспроизводят показатели качества зерна.

При подготовке зерна к простому помолу основное внимание уделяют выделению из зерновой массы примесей. Для этого используют воздушно-ситовые сепараторы (один или два прохода), камне-отборник, триеры. Обработку поверхности зерна ведут на обоечных машинах с абразивным цилиндром (отсюда и название муки - обойная) - один или два прохода. Вместо обоечных машин применяют также шелушители типа ЗШН, при этом удаляют 2...4% оболочек; в результате мука получается с пониженным содержанием клетчатки, зольность ее также снижается. Если при использовании обоечных машин зольность зерна в конце очистки уменьшается примерно на 0,07%, то при шелушении зерна на машинах ЗШН достигается снижение зольности на 0,09...0,12%.

Гидротермическую обработку зерна по методу холодного кондиционирования производят лишь в том случае, если его исходная влажность ниже 14%. Рекомендуется, чтобы перед измельчением влажность зерна пшеницы равнялась 15,5...16,0%, а зерна ржи - 14,5...15,0%.

В начале и конце процесса подготовки зерна устанавливают автоматические весы для учета количества зерна.

Технологическая схема процесса подготовки зерна к простому помолу в обойную муку приведена на рис. 4.2.

4.4. Технологический процесс подготовки зерна ржи к сортовому помолу

Зерно ржи по всем свойствам существенно отличается от зерна пшеницы. Особое значение для технологии муки имеет его повышенная пластичность, а также прочное срастание алейронового слоя с крахмалистой частью эндосперма и наличие более толстых оболо-

чек. В результате при сортовом помоле возрастает трудность осуществления избирательного измельчения эндосперма, мука формируется с заметным присутствием в ней периферийных анатомических частей зерна.

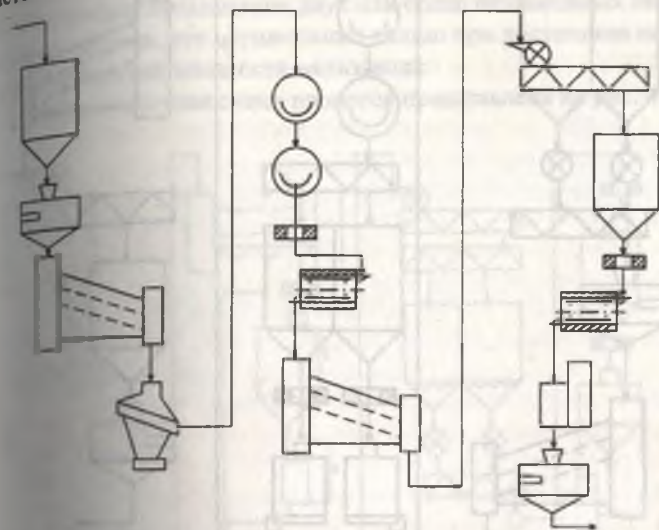


Рис. 4.2. Технологическая схема подготовительного отделения мельзавода простого помола зерна в обойную муку

Для снижения этого эффекта зерно ржи при подготовке к размолу подвергают интенсивному шелушению. Это оказывается возможным также и потому, что зерно ржи отличается высокой пластичностью и поэтому хорошо переносит механическое воздействие.

Технологическая схема подготовительного отделения мельзавода сортового помола ржи представлена на рис. 4.3.

После очистки от примесей на воздушно-ситовом сепараторе, камнеотборнике и триерах зерно подвергают гидротермической обработке по методу холодного кондиционирования. В связи с наличием у зерна ржи пластических свойств его увлажняют в меньшей степени, чем зерно пшеницы - не выше 14,5%, и отволаживают не свыше 8 часов. Затем проводят интенсивное шелушение на машинах ЗШН или же на обоечных машинах с абразивной поверхностью. При этом удаляют 2...4% оболочек, что благоприятно сказывается на белке муки. После повторного пропуска через воздушно-ситовой

сепаратор зерно доувлажняют на 0,3...0,4% и отволаживают перед размолом в течение 15...30 минут.

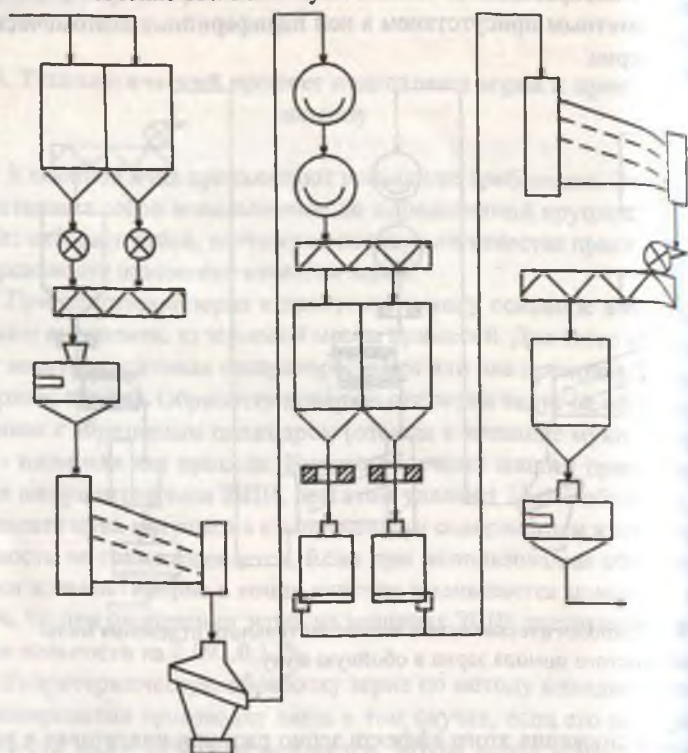


Рис. 4.3. Технологическая схема подготовительного отделения мельзавода сортового помола ржи

В начале и конце схемы регистрируют массу проходящего через подготовительное отделение зерна посредством автовесов.

4.5. Технологический процесс подготовки пшеницы к сортовому помолу

При сортовом помоле пшеницы к процессу подготовки зерна предъявляются повышенные требования. Кроме тщательной очистки зерна от примесей, большое внимание уделяют гидротермической обработке зерна, с целью придания ему оптимальных техно-

гических свойств; основным вариантом ГТО является холодное кондиционирование.

Рекомендуется вести раздельно подготовку к размолу компонентов помольной смеси различной исходной характеристики. Однако это требует организации двух или более независимых технологических потоков, что осуществимо только при достаточно высокой производственной мощности мельзавода.

Технологическая схема процесса представлена на рис. 4.4.

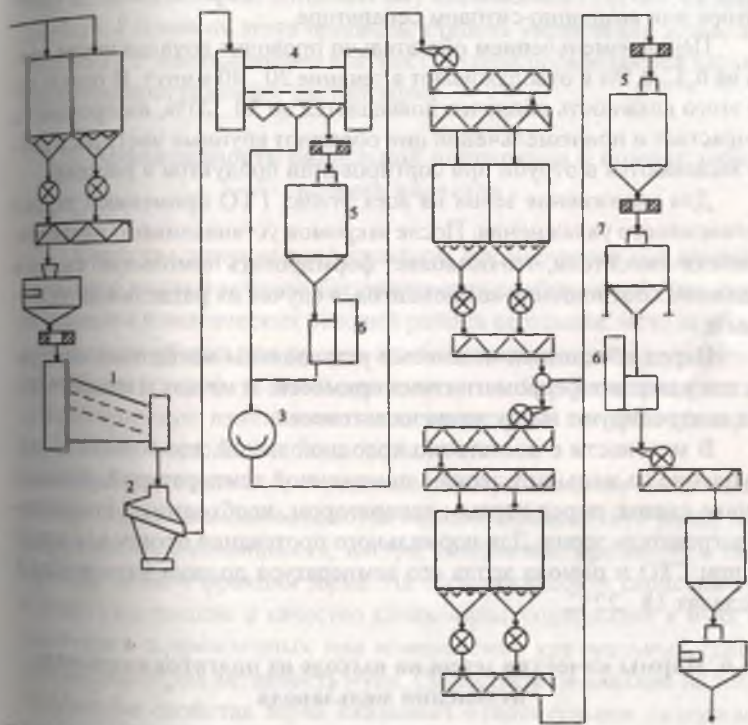


Рис. 4.4. Технологическая схема подготовительного отделения мельзавода
сортового помола пшеницы

Предварительная очистка от примесей, до ГТО, осуществляется последовательно на воздушно-ситовом сепараторе 1, камнеотборнике 2, триере-куклеотборнике 3, концентрате 4 или триере - овсюгоотборнике. Затем проводят обработку зерна на обоечной машине 5 и после провеивания на аспираторе 6 осуществляют холодное

кондиционирование зерна в один или два этапа, в зависимости от исходной твердозерности и стекловидности зерна. Для тщательной очистки поверхности зерна после ГТО его пропускают вновь через обочную машину. Далее зерно обрабатывают на энтолейторе 7 для уничтожения клещей и скрытой зараженности; при этом, вследствие интенсивного механического воздействия на зерно в рабочей зоне энтолейтора, происходит дополнительное разрыхление эндосперма и на первых системах измельчения заметно возрастает извлечение крупок и дунстов 1-го качества. Завершается очистка зерна на аспираторе или воздушно-ситовом сепараторе.

Перед измельчением обязательно проводят доувлажнение зерна на 0,3...0,5% и отвлаживают в течение 20...40 минут. В результате этого влажность оболочек повышается до 20...23%, их прочность возрастает и при измельчении они образуют крупные частицы и легко выделяются в отруби при сортировании продуктов в отсевах.

Для увлажнения зерна на всех этапах ГТО применяют шнеки интенсивного увлажнения. После закроев устанавливают дозаторы и шнеки-смесители, что позволяет формировать помольную смесь в заданном соотношении компонентов, в случае их раздельной подготовки.

Перед обочными машинами установлены магнитные аппараты для удаления ферромагнитных примесей. В начале и конце очистки контролируют массу зерна на автовесах.

В местности с достаточно холодной зимой, где возможно поступление на мельницу зерна с пониженной температурой, в самом начале схемы, перед первым сепаратором, необходимо установить подогреватель зерна. Для нормального протекания процессов в зерне при ГТО и помола зерна его температура должна находиться в пределах 18...22°C.

4.6. Нормы качества зерна на выходе из подготовительного отделения мельзавода

Для обеспечения высокого технологического эффекта помола подготовительные операции играют важную роль. Установлены предельно допустимые нормы остаточного содержания примесей, а именно:

- сорной примеси:

- при хлебопекарных помолах пшеницы и ржи - не более 0,4%.
- при макаронных помолах пшеницы и при хлебопекарных помолах с отбором макаронной муки - не более 0,3%.

В числе сорной примеси содержание вредной примеси - не более 0,05%, а куколя - не более 0,10% (при макаронных помолах - не более 0,05%);

- фузариозных зерен - не более 0,3%, а в твердой пшенице - не более 0,6%.

Особое значение имеет гидротермическая обработка, как основной метод направленного преобразования исходных технологических свойств зерна, придания ему оптимальных технологических свойств. Регламент этого процесса: степень увлажнения зерна, длительность отволаживания и кратность этапов определяются характеристикой поступающих партий зерна.

4.7. Эффективность раздельной подготовки к помолу зерна разного качества

Свойства зерна каждой культуры формируются под влиянием большого числа факторов: биологических особенностей (тип, сорт), почвенно-климатических условий района вегетации, метода уборки (раздельная уборка или прямое комбайнирование), послеуборочной обработки (сушка), условий хранения и т.п. Все это определяет довольно широкую изменчивость поступающих на мельзаводы партий зерна по их технологическим свойствам.

Среди показателей, определяющих мукомольные свойства зерна, наиболее значимыми являются влажность, масса 1000 зерен, твердозерность, стекловидность, натура, содержание примесей, а также наличие мелкой фракции зерна. На технологические свойства муки влияют содержание и качество клейковины, содержание в муке механически поврежденных при измельчении крахмальных гранул, амилолитическая активность муки. Существенное влияние на технологические свойства зерна оказывает относительное содержание эндосперма. Кроме того, преобразование свойств зерна под воздействием ГТО в каждой партии развивается в индивидуальном темпе и происходит не в одинаковом размере. Поэтому для обеспечения оптимальных технологических свойств зерна необходимо подготовку каждой партии к помолу вести раздельно, применяя индивидуальные режимы основных технологических операций. Установлено, что раздельная подготовка компонентов помольной смеси при многосортных помолах пшеницы в хлебопекарную муку обеспечивает повышение общего выхода муки до 0,5%, а муки высоких сортов до 5%.

4.8. Простой повторительный помол

К этой группе относятся помолы зерна в обойную муку. В этом случае измельчают все зерно так, что в виде отрубей оставляют 1...2% неизмельченных оболочек. Выход муки при помоле пшеницы установлен в размере 96%, ржи - 95%, смеси пшеницы с рожью - 96%.

По крупности мука обойная должна отвечать следующим требованиям: остаток на сите № 067 не более 2%, проход сита № 38 не менее 30%. Исходя из этого, в отсевах для отбора муки устанавливают металлотканые сита № 063...09, а степень измельчения регулируют режимом работы вальцового станка.

Технологическая схема процесса приведена на рис. 4.5. Для производства обойной муки достаточно трех систем измельчения, при помоле ржи иногда добавляют еще одну систему. Техническая характеристика систем измельчения приведена в таблице 4.1, а режимы измельчения - в таблице 4.2.

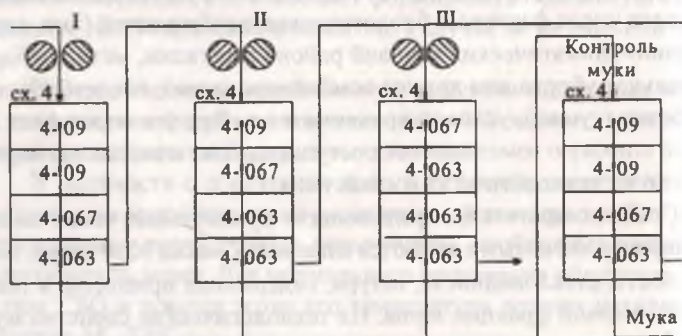


Рис. 4.5. Технологическая схема простого повторительного помола

Таблица 4.1 Техническая характеристика систем измельчения при простом помоле

Показатели	Системы		
	I	II	III
$n, 1/\text{см}$	4,5	6	8
$Y, \%$	12	12	12
$V_6, \text{м/с}$	6...8	6...8	6...8
V_6/V_m	2,5	2,5	2,5
α^0/β^0	25/70	25/70	25/65
$\times$	ос/ос	ос/ос	ос/ос

Таблица 4.2 Примерные режимы измельчения при простом помоле

Показатели	Системы		
	I	II	III
Номер контрольного сита	067	067	067
Извлечение, в % к данной системе	69...65	80...85	90...95

Техническая характеристика систем подобрана с таким расчетом, чтобы обеспечить интенсивное измельчение продуктов в муку. Нарезают крупные рифлы под большим уклоном, с малым углом острия и устанавливают валцы в положение острие по острию. Окружную скорость можно увеличить до 8 м/с, при отношении скоростей 2,5. Для увеличения зоны измельчения рекомендуется применять валцы диаметром 300 мм.

При указанных в таблице 4.2 режимах измельчения достигается извлечение муки в размере 96% за три прохода.

При контрольном просеивании муки на отсеиве устанавливаются те же металлотканые сита крупных номеров, сход с отсеива возвращают на измельчение на III или IV систему, при наличии последней в схеме.

4.9. Сортовые помолы ржи и тритикале

По классификации эти помолы относятся к сложным повторительным помолам без обогащения крупок на ситовечных и шлифовочных системах. Структурная схема помола включает два этапа: драной и размольный процессы. Технологическая схема односортового помола ржи в муку обдирную представлена на рис. 4.6.

Начальный этап - драной процесс состоит из пяти систем, размольный - из двух. Техническая характеристика систем приведена в таблице 4.3, а режимы измельчения - в таблице 4.4.

Параметры рифления валцов и их кинематические параметры подобраны так, чтобы обеспечить эффективное измельчение зерна в дражном процессе и крупок - в размольном. Сходовые продукты последовательно передают с системы на систему, вымол отрубей ведут на бичевой машине.

На I Д и II Д нижним сходом выделяют 25...30% крупочных продуктов и направляют их в размольный процесс на I Р. После

измельчения их на этой системе верхним сходом рассева выделяют продукт с высоким содержанием оболочек и возвращают его в дра-
ной процесс на III Д. Нижний сход с рассева I Р поступает на валь-
цовый станок 2 Р, а сход с этой системы идет на IV Д.

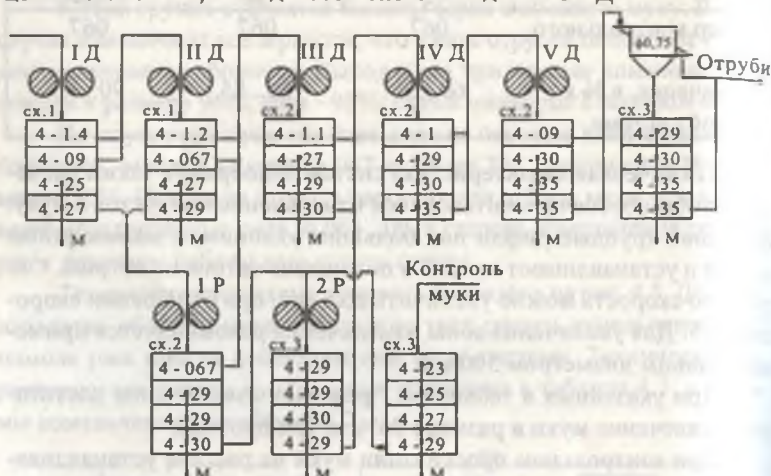


Рис. 4.6. Технологическая схема односортного помола ржи в муку обдирную

Таблица 4.3 Техническая характеристика систем измельчения.

Показа- тели	Системы						
	I Д	II Д	III Д	IV Д	V Д	1 Р	2 Р
n, л/см	4,5	5,5	7,5	9	10	10	11
У, %	12	12	12	12	12	12	12
V _б , м/с	6	6	6	6	6	6	6
V _б /V _м	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
α^0/β^0	25/65	25/65	25/65	25/65	25/65	40/70	40/70
X	ос/ос	ос/ос	ос/ос	ос/ос	ос/ос	ос/ос	ос/ос

Таблица 4.4 Рекомендуемые режимы измельчения на первых си-
стемах дражного процесса

Показатели	Системы	
	I Д	II Д
Контрольный номер сита	08	08
Извлечение, в % к данной системе	45...50	50...55

Для нормального ведения процесса при этом помоле достаточно указать режим измельчения на первых двух системах драного процесса. Именно здесь необходимо извлечь основную массу эндосперма; если это достигнуто, на остальных системах режимы измельчения диктуются задачей постепенного вымола оболочек. На размольных системах устанавливают низкий режим измельчения, чтобы обеспечить высокое извлечение муки - в размере 40...60% от массы поступающего на систему продукта.

Мука обдирная должна отвечать по крупности следующим требованиям: остаток на сите № 045 не более 2%, проход сита № 38 не менее 60%. Поэтому отбор муки на рассевах ведут на достаточно редких ситах - № 23...29 и лишь на IV Д и последующих системах применяют № 35. Контрольное просеивание муки осуществляют на ситах № 23...29. Зольность обдирной муки ограничивается величиной 1,45%, при выходе ее в размере 87%.

При односортом помоле ржи в муку более высокого качества - сеяную муку, с выходом ее в размере 63%, размольный процесс увеличивается до пяти систем. При этом 1 Р, 2 Р и 3 Р разделяют на "крупные" и "мелкие", и на "мелких" системах применяют вальцы с микрошероховатой поверхностью. Перед направлением на размольные системы извлеченные в драном процессе продукты подвергают дополнительному сортированию. Извлечение муки осуществляют на более густых ситах, для обеспечения требований по зольности и крупности, предъявляемых к сеяной муке.

При двухсортом помоле ржи в муку сеяную и обдирную с общим выходом 80% технологическая схема также усложняется, по сравнению с приведенной на рис. 4.6. В частности, размольный процесс удлиняется до четырех систем. Отбор сеяной муки производят на 1 Р и 2 Р, первым проходом рассевов, собранных по схеме 3.

Ситовечный процесс при сортовых помолах ржи применять нецелесообразно, вследствие его низкой эффективности. Обусловлено это тем, что при измельчении зерна ржи крупочные продукты формируются преимущественно в виде сростков, так что при обработке на ситовейках их добротность повышается лишь в малой степени.

4.10. Сортовые помолы пшеницы с сокращенной схемой технологического процесса

Современная технология муки имеет солидную научную основу и богатый практический опыт. Поэтому даже на мельницах не-

высокой производственной мощности можно осуществить производство муки высоких сортов, при ограниченном наборе технологического оборудования. Разработаны и успешно используются сокращенные схемы помола.

На рис. 4.7 представлен вариант такой схемы, которая позволяет вырабатывать муку двух или даже трех сортов, с общим выходом ее в размере 75...78%. В этой схеме вдвое сокращен размольный процесс и до минимума сведен ситовеечный процесс. Однако драной процесс, организация и ведение которого определяет эффективное ведение всех остальных процессов помола, сохранен в развитом варианте.

Как и в развитых схемах хлебопекарного помола пшеницы, отбор промежуточных продуктов 1-го качества осуществляют на первых трех драных системах, причем крупная крупка с I Д и II Д обогащается на ситовеечной машине; при необходимости здесь можно отобрать 1,0...1,5% манной крупы.

Как и в развитых схемах, вымол оболочек начинают с верхнего схода III Д, проходы бичевых машин 1 и 2 сортируют на отсевах, а проход БМ 3 - на центробежном бурате.

Две шлифовочные системы обеспечивают обработку крупок с большим содержанием сростков. В размольном процессе 1 Р разделена на "крупную" и "мелкую", после 2 Р предусмотрена специальная система для обработки сходовых продуктов со 2 шл., 1 Р и 2 Р. В размольном процессе установлены вальцы с микрошероховатой поверхностью, за исключением Сх.с., 5 Р и 6 Р, на которых идет вымол оболочечных продуктов.

В высший сорт могут быть направлены потоки муки с 1 шл.с., 1 Р и 2 Р, общее ее извлечение может быть в размере 20...25%.

После вальцовых станков шлифовочных систем установлены дещетеры, а на системах 1 Р, 2 Р, 3 Р и 4 Р - энтолейторы. Этот прием заметно повышает извлечение муки на каждой из этих систем.

Техническая характеристика и режимы измельчения на системах приведены в таблицах 4.5 и 4.6.

Техническая характеристика и кинематические параметры вальцовых станков разработаны с таким расчетом, чтобы обеспечить высокое качество муки при общем выходе ее 75...78%. С этой целью окружная скорость быстровращающегося вальца снижена до 4,5 м/с на концевых системах драного процесса и до 5 м/с на III Д; на шлифовочных системах и размольных системах с микрошероховатой поверхностью вальцев отношение окружных скоростей снижено до 1,25; на Сх.с. 5 Р и 6 Р нарезаны мелкие рифли с углом заострения 110° и углом острия 40°. Взаимное расположение рифлей ос/ос применено только на двух системах - V Д и 6 Р, на которых завершается отбор эндосперма, на всех остальных системах - сп/сп.

Таблица 4.5 Техническая характеристика систем измельчения

Показатели	Системы									
	I Д	II Дк	II Дм	III Дк	III Дм	IV Д	V Д	Сх.с.	5 Р	6 Р
$n, 1/\text{см}$	5	6	7	7,5	8,5	9	11	11	12	12
$U, \%$	6	6	8	8	8	10	12	12	12	12
$V_6, \text{м/с}$	6	6	6	5	5	4,5	4,5	5	5	5
V_6/V_m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
α/β°	25/65	25/65	30/65	30/65	30/65	30/65	25/70	40/70	40/70	40/70
$\times$	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	ос/ос	сп/сп	сп/сп	ос/ос

На системах с микрошероховатыми вальцами окружная скорость быстровращающегося вальца принята равной 5 м/с, а отношения окружных скоростей валцов равно 1,25.

Таблица 4.6 Рекомендуемые режимы измельчения на первых системах

Показатели	Системы		
	I Д	II Д	III Д
Контрольный номер сита	08	08	056
Извлечение, в % к данной системе	30...35	50...55	30...40

По избранной сокращенной схеме помола извлечение промежуточных продуктов 1-го качества с первых трех систем драного процесса составляет: крупной крупки 7...9%, средней крупки 20...22%, мелкой крупки 15...17%, дунстов 20...23%.

Муку в драном процессе отбирают в количестве 26...28%, в шлифовочном 3...5%, в размольном 20...25% на I Р и 2 Р, и столько же на остальных системах.

Извлечение продуктов 1-го качества возрастает, если перед I Д применить легкое плющение зерна на специальном вальцовом станке с микрошероховатыми вальцами, при отношении окружных скоростей валцов на нем 1 : 1.

При односортом помоле пшеницы в муку хлебопекарную 2-го сорта, с выходом ее в размере 85%, ситовеечный процесс можно вообще исключить, а размольный процесс сократить до пяти и даже до трех систем.

4.11. Сортные помолы пшеницы с развитым процессом обогащения крупок

Зерно пшеницы, как наиболее ценное, перерабатывается, главным образом, в муку высоких сортов. Повышенные требования к такой муке определяют необходимость в более сложной организации технологической схемы помола. При этом особое значение приобретает обработка промежуточных продуктов - крупок на ситовесечных машинах, с целью повышения их добротности, что является непременным условием достижения высокого выхода муки высшего сорта. В связи с этим такие помолы определяются по классификации, как сложные повторительные помолы с развитым процессом обогащения крупок. Структурная схема этих помолов представлена на рис. 4.8.

В дражном процессе стремятся вести процесс измельчения таким образом, чтобы обеспечить возможно более полное извлечение эндосперма зерна в виде крупок и дунстов; частично при этом образуется и мука. Обязательно применяют дополнительное фракционирование продуктов измельчения на сортировочных системах.

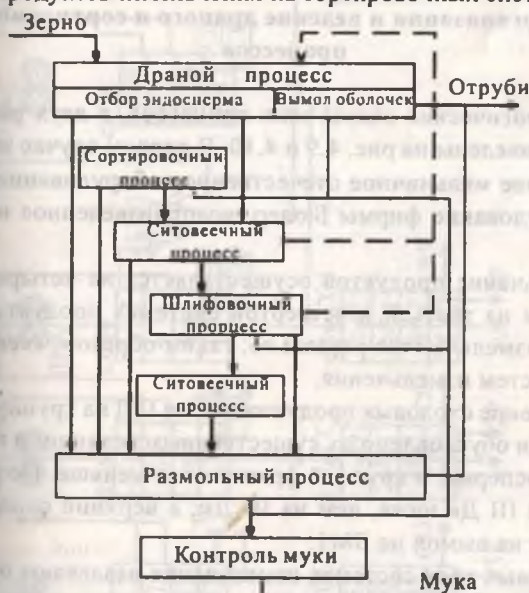


Рис. 4.8. Структурная схема сложного повторительного помола пшеницы с развитым процессом обогащения крупок

Крупная, средняя и мелкая крупки проходят обогащение на ситовечных системах, при этом часть сходовых продуктов высокой зольности возвращается в драной процесс, а обогащенные продукты направляются на размольные системы для измельчения в муку. В ситовечном процессе в качестве готовой продукции может быть выделена манная крупа, обычно ее выход не превышает 2% от массы перерабатываемой партии зерна.

В размольном процессе производится интенсивное измельчение крупок и дунстов, здесь образуется от $2/3$ до $3/4$ всей муки. С последней размольной системы сходовой продукт может быть возвращен в драной процесс для окончательного вымола.

Такое многоэтапное построение процесса помола позволяет достигнуть высоких результатов: на современных мельзаводах получают 75...76% муки высшего сорта, почти полностью сформированной из чистого крахмалистого эндосперма. Общий выход муки в этих помолах составляет 75...78%, при среднем содержании эндосперма в зерне пшеницы 82,5%.

4.11.1. Организация и ведение драного и сортировочного процессов

Технологические схемы этих процессов, в двух разных вариантах, приведены на рис. 4.9 и 4.10. В первом случае использовано серийное мельничное отечественное оборудование, во втором - оборудование фирмы Бюлер, воспроизведенное на наших заводах.

Измельчение продуктов осуществляется на четырех системах, причем на третьей и четвертой системах продукты разной крупности измельчаются отдельно; таким образом, всего имеется шесть систем измельчения.

Разделение сходовых продуктов после II Д на крупную и мелкую фракции обусловлено их существенным различием по содержанию эндосперма: в крупной фракции его меньше. Поэтому извлечение на III Дк ниже, чем на III Дм, а верхний сход с III Дк направляют на вымол на БМ1.

На первых трех системах измельчения извлекают основную массу эндосперма в виде низкозольных продуктов, которые поэтому аттестуют как продукты 1-го качества. Общее извлечение этих продуктов должно составлять 78...80%, в том числе 18...20%

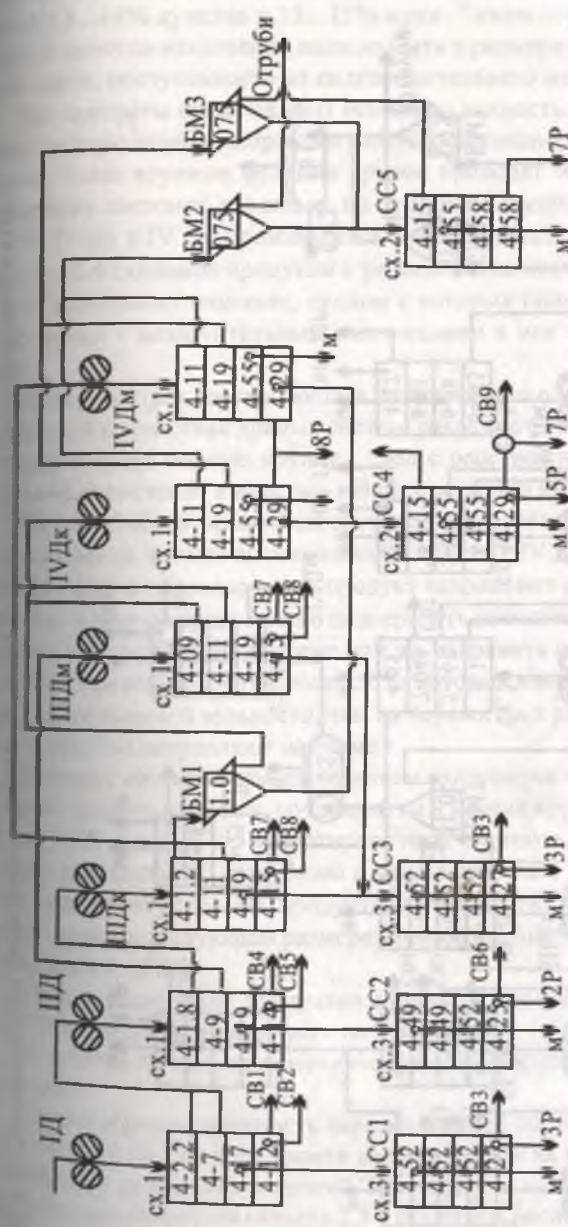


Рис. 4.9. Технологическая схема драного процесса сложного повторительного помола пшеницы в муку хлебопекарную с использованием расставов ЗРШ-М

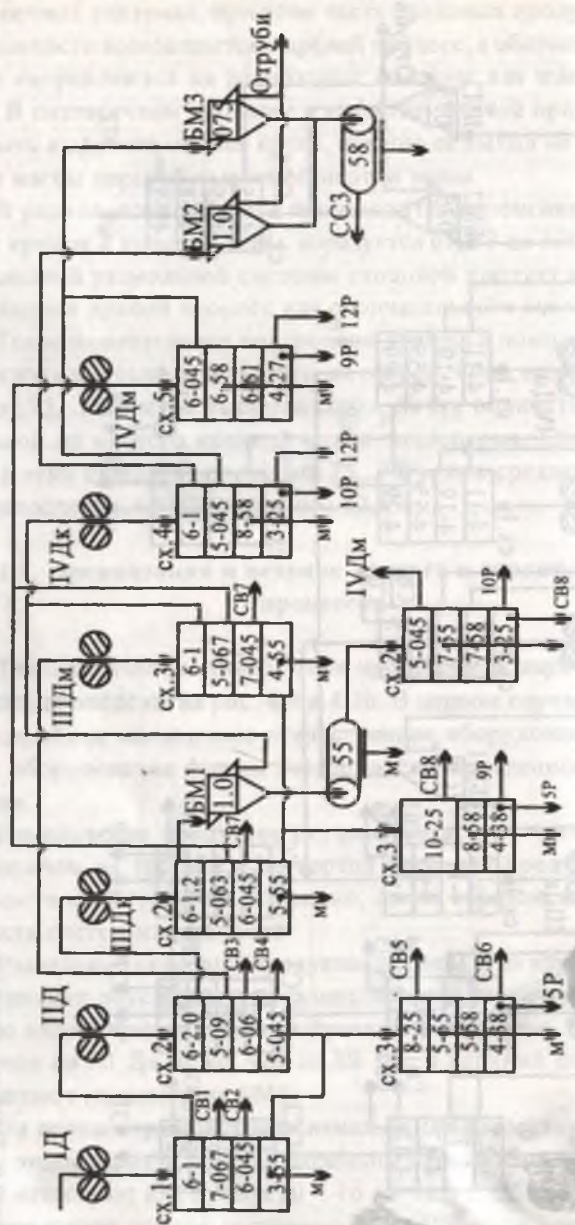


Рис. 4.10. Технологическая схема дражного процесса сложного повторительного помола пшеницы в муку хлебопекарную с использованием распылов БРЕ

в виде крупной крупки, 22...24% средней крупки, 13...15% мелкой крупки, 12...14% дунстов и 13...15% муки. Таким образом, в виде крупок и дунстов извлечение должно быть в размере около 65% от массы зерна, поступающего из подготовительного отделения.

Эти продукты представляют основную ценность. Дунсты и частично мелкую крупку направляют непосредственно в размольный процесс, более крупные фракции крупок проходят обогащение на ситовеечных системах, разделяя по фракциям крупности.

На IV Дк и IV Дм производится окончательный вымол оболочек, 1-й и 2-й сходовые продукты с рассевов этих систем обрабатывают на вымольных машинах, сходом с которых получают отруби, т.е. оболочки с незначительным содержанием в них частиц эндосперма.

На первых трех сортировочных системах проход сит № 17 и 19, выделенный на рассевах драных систем, разделяют на мелкую крупку, дунст и муку; мелкую крупку - сход с рассевов направляют на ситовеечные системы, а дунсты - непосредственно на размол.

На 4-й и 5-й сортировочных системах пересеивают проходы сит бичевых машин, а также высокозольные дунсты с IV Д. Выделенный верхним сходом высокозольный продукт направляют на IV Дм, нижний сход - мелкую крупку можно подвергнуть дополнительному обогащению на ситовеечной системе или же направить на одну из последних систем размольного процесса, на которых измельчаются продукты более высокой зольности, чем на первых трех размольных системах; обычно направляют на размол.

В связи с интенсивным извлечением эндосперма на первых трех системах драного процесса, мука, дунсты и мелкая крупка, извлекаемые на IV Д и на 4-й и 5-й сортировочных системах, имеют повышенную зольность, по сравнению с продуктами на I Д ... III Д. Поэтому они аттестуются как продукты 2-го качества, их извлечение осуществляют в следующем размере: мелкой крупки 1...2%, дунстов 3...5%, муки 4...6%.

Общее извлечение продуктов в драном процессе составляет 85...87% от массы поступающего на I Д зерна.

В таблице 4.7 приведена техническая характеристика систем измельчения.

Таким образом, плотность нарезки рифлей постепенно возрастает от 4 до 10 на 1 см окружности вальцев, уклон их повышается от наименьшего до средних значений. Измельчение ведут при отношении окружных скоростей вальцев 2,5 и взаимном расположении риф-

лей спинка по спинке; угол заострения рифлей 95°, при угле острити 30° и угле спинки 65°. Такая техническая характеристика обеспечивает эффективное измельчение продуктов с преимущественным избирательным измельчением эндосперма.

Таблица 4.7 Примерная техническая характеристика драных систем

Показатели	Системы					
	I Д	II Д	III Дк	III Дм	IV Дк	IV Дм
п, л/см	4	5	7	8	9	10
У, %	4	6	6	8	8	10
V _б , м/с	6	6	6	6	6	6
V _б /V _м	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
α/β	30/65	30/65	30/65	30/65	30/65	30/70
X	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп

Режим измельчения по системам оценивают величиной извлечения, которое рекомендуется поддерживать в следующих пределах: на I Д - 25...35%, на II Д - 50...60%, на III Д - 35...45%, по отношению к массе поступающего на каждую систему продукта. Более высокие значения извлечения рекомендуются выдерживать при помоле яровой краснозерной или белозерной пшеницы, меньшие значения - при помоле озимой краснозерной пшеницы IV-го типа.

При использовании в технологической схеме воспроизведенного оборудования фирмы "Бюлер" организация драного процесса остается неизменной. Это обусловлено установившимися принципами технологии сортового помола пшеницы, выработанных мировой практикой. Технологические схемы различаются лишь в деталях. Основное отличие заключается в использовании высокоэффективных рассевов БРБ.

Помимо того, что эти рассевы имеют 22 ситовые рамы против 16 рам в рассевах ЗРШ-М, они имеют 19 различных схем компоновки сит, что позволяет избирать для каждой технологической системы процесса помола особую схему рассева, добиваясь наивысшей эффективности сортирования продуктов. Например, в драном процессе применяют 7 различных технологических схем этих рассевов.

Техническая характеристика систем измельчения и режимы измельчения также не изменяются. Извлечение промежуточных продуктов, муки и общее извлечение в процессе сохраняются на том же уровне. Однако более четкое разделение продуктов на фракции круп-

при сортировании на отсевах БРБ и более совершенный хатер измельчения продуктов на вальцовых станках БЗН обеспечивают низкую зольность крупок и дунстов. В результате при помоле достигается выход муки высшего сорта в размере 75...76%.

4.11.2. Организация и ведение ситовоечного и шлифовочного процессов

Принцип организации ситовоечного процесса демонстрирует рис. 4.11, на котором показано извлечение и обогащение продуктов. Подбор сит на СВ определяется крупностью поступающей крупки. Распределение продуктов после СВ диктуется их добротностью: обогащенная крупка идет на первые размольные системы, продукты с большим содержанием сrostков направляют для дополнительной обработки на шлифовочные системы. Сходовой продукт с верхних ярусов сит СВ для крупной и средней крупки возвращают на III Дм, исходя из высокого содержания в нем оболочек; в случае мелкой крупки сход сит верхнего яруса идет на 7 Р, а сход 2-го яруса - на 4 Р, на которых обрабатывают сходные продукты с других размольных систем.

Подобным образом организуют сортирование по добротности крупок с I Д и III Д.

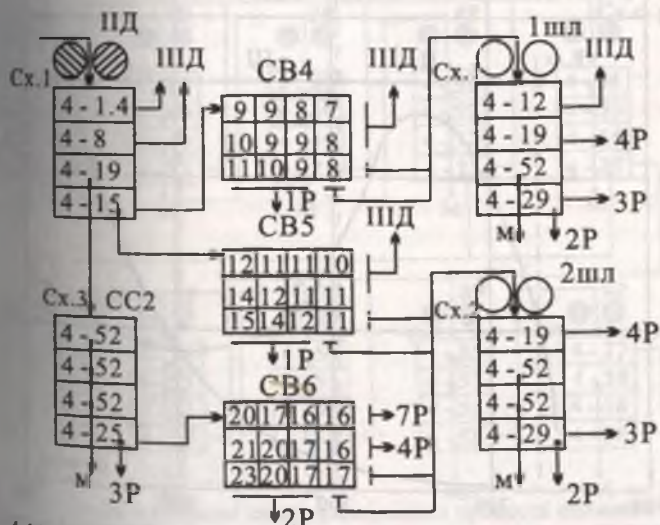


Рис. 4.11. Принципиальная технологическая схема извлечения и обогащения крупок 1-го качества

На шлифовочных системах измельчение поступающих крупок ведут в таком режиме, чтобы раздробить частицы эндосперма, оставив целыми присутствующие на сростках оболочки. Можно использовать рифленые вальцы с плотностью нарезки рифлей 10...12 на 1 см окружности, или же вальцы с микрошероховатой поверхностью. В любом случае устанавливают высокий режим, так что извлечение муки находится в пределах 10...15%, не выше.

На 1 шл.с. сортирование продуктов обычно ведут на отсевах, собранном по схеме № 1, верхний сход возвращают на III Дм, 2-й сход и 3-й сход и проход дунтовых сит направляют на разные системы размольного процесса. На 2 шл.с. удобно применять схему № 2 отсева.

Особенности режима измельчения крупок на шлифовочных системах хорошо иллюстрирует рис. 4.12. Поступающий продукт состоял почти нацело из средней крупки, с небольшой примесью мелкой и незначительным содержанием дунстов. После измельчения гранулометрический состав продуктов претерпел существенные изменения: основное содержание составляют дунсты, немного мелкой крупки и муки; в области средней крупки присутствуют оболочечные неизмельченные частицы, т.е. сходовой продукт.

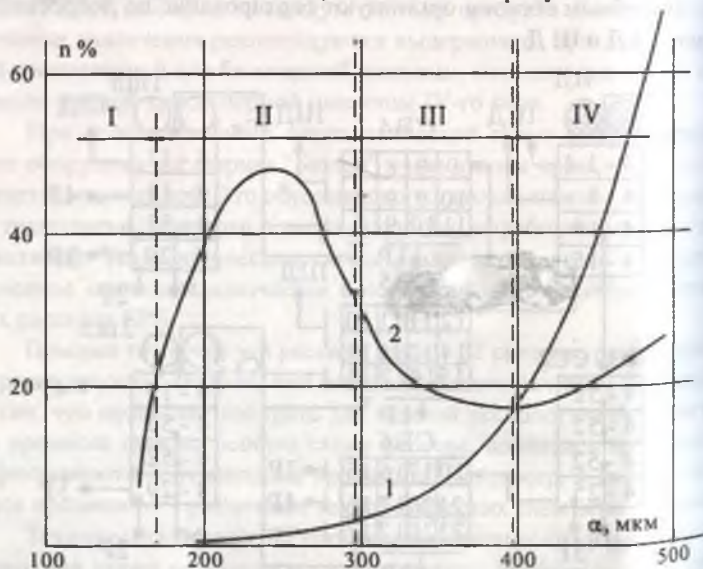


Рис. 4.12. Гранулометрический состав продуктов шлифовочной системы: 1 — до измельчения, 2 — после измельчения; I — мука, II — дунсты, III — мелкая крупка, IV — средняя крупка

В этом и состоит задача шлифовочных систем: превратить более крупную крупку в частицы меньших размеров, но существенно ниже зольностью, которые могут непосредственно размалываться на размольных системах в муку высокого качества.

4.11.3. Организация и ведение размольного процесса

В размольном процессе измельчаются крупки и дунсты, извлеченные в драмном и сортировочном процессах и прошедшие дополнительную обработку на шлифовочных и ситовеечных системах. Более простая задача этого процесса определяет и более простую его организацию. Обычно он включает 10...12 систем измельчения, с последовательным направлением продуктов.

На рис. 4.13 приведен вариант технологической схемы размольного процесса для мельзавода, оснащенного серийным отечественным оборудованием. Процесс состоит из девяти систем, в числе которых одна сходовая. На всех системах измельчение ведут на рифленых вальцах. На 1 Р...8 Р системах применяют схему 3 отсева, на 9 Р - схему 2, позволяющую выделить верхним сходом относительно крупные частицы оболочек; схему 2 отсева можно применить и на сходовой системе.

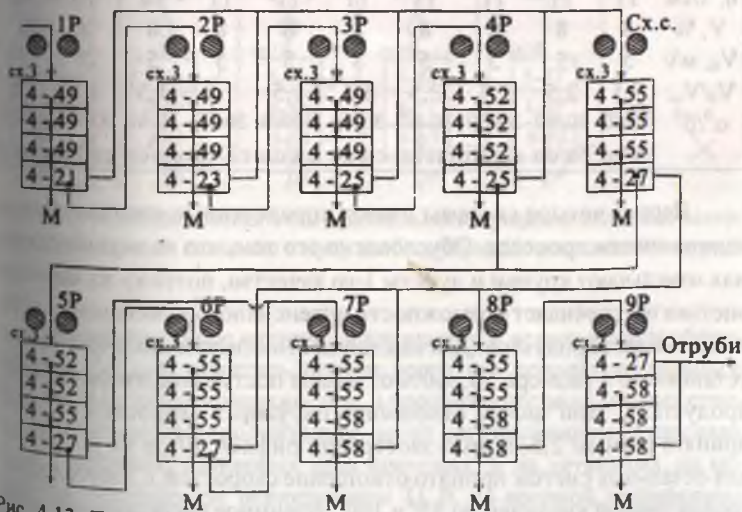


Рис. 4.13. Технологическая схема размольного процесса сложного повторительного помола пшеницы в муку хлебопекарную с использованием рас-
сеев ЗРШ-М

Сходовые продукты с первых четырех систем направляют на сходовую систему, для обработки их в особом режиме; сход с этой системы передают сразу в конец процесса, в данном случае на 8 Р. С 5 Р и 6 Р сходовые продукты идут на 7 Р, с нее - на 8 Р, а с нее - на 9 Р. На этой системе процесс завершается, и оба сходовых продукта направляются в отруби.

При сортировании продуктов измельчения на первых шести размольных и на сходовой системе проходом сит № 21-27 извлекают дунсты и передают их последовательно с одной системы на другую, для измельчения; на остальных системах дунсты не выделяют, а с системы на систему направляют сходовой продукт.

Для извлечения муки используют густые сита, чтобы предотвратить засорение ее частицами оболочек.

В таблице 4.8 приведена техническая характеристика размольных систем.

Таблица 4.8 Техническая характеристика систем размольного процесса

Показатели	Системы									
	1 Р	2 Р	3 Р	4 Р	Сх.с.	5 Р	6 Р	7 Р	8 Р	9 Р
n, 1/см	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10
У, %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
V _б , м/с	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V _б /V _н	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5*	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
α ⁰ /β ⁰	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	35/65	40/70
×	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп	сп/сп

Первые четыре системы имеют определенные отличия от последних систем процесса. Обусловлено это тем, что на первых системах измельчают крупки и дунсты 1-го качества, поэтому их характеристика обеспечивает возможность интенсивного измельчения этих низкозольных продуктов. Для каждой из этих систем извлечение муки установлено в размере 50...60% от массы поступающего на систему продукта. С этой целью отношение окружных скоростей вальев принято равным 2,5, а угол заострения рифлей 90°, в то время как для остальных систем принято отношение скоростей 1,5 и угол заострения рифлей увеличен до 95° и 100°. Взаимное расположение рифлей на всех системах принято спинка по спинке, чтобы предотвратить измельчение оболочечных частиц в муку.

Схема организации размольного процесса на мельзаводах, оснащенных воспроизведенным оборудованием, приведена на рис. 4.14, она принципиально не отличается от описанного варианта. Точно так же, как и на схеме рис. 4.13, первые три системы образуют 1-й этап процесса, на котором измельчают чистые крупки и дунсты - продукты 1-го качества. Системы 4 Р, 7 Р и 9 Р выполняют роль сходовых систем, на каждую из них поступают сходовые продукты с предыдущих трех или двух систем. Всего в размольном процессе предусмотрено 11 систем измельчения.

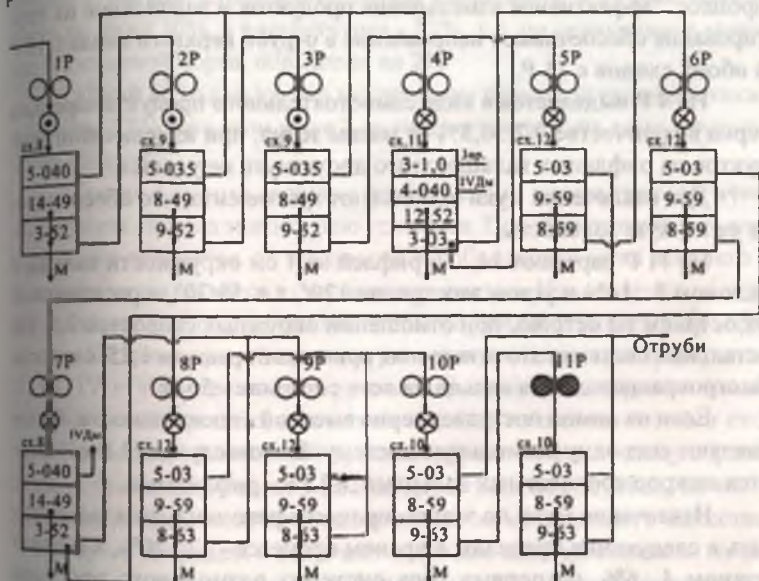


Рис. 4.14. Технологическая схема размольного процесса сложного повторительного помола пшеницы в муку хлебопекарную с использованием расставов БРБ

Принципиальное отличие заключается в используемом оборудовании. Следует отметить, прежде всего, что используют валцы с микрошероховатой поверхностью, а продукты после вальцовых станков обрабатывают дополнительно перед сортированием на рассевах на энтолейторах, на первых трех системах, и на деташерах, на остальных системах, за исключением 11 Р, на которой установлены рифленные валцы. Применение энтолейторов и деташеров обеспечивает существенное повышение извлечения муки на каждой системе.

ме. Использование микрошероховатых вальцев позволяет избежать нежелательного измельчения оболочечных частиц.

Сортирование продуктов измельчения осуществляют на рассевах БРБ, применение которых повышает эффективность этой важной операции. При этом используют шесть разных технологических схем рассевов, в зависимости от характеристики продуктов на каждой системе.

Сохранение целыми частиц оболочек позволяет выделить их в виде самостоятельных потоков на 4 Р и 7 Р и вернуть их в драной процесс. Эффективное измельчение продуктов и тщательное их сортирование обеспечивают направление в отруби верхнего схода с 10 Р и обоих сходов с 11 Р.

На 4 Р выделяется в виде самостоятельного продукта зародыш зерна в количестве 0,2...0,3% от массы зерна; при измельчении продуктов на рифленых вальцах этого достигнуть не удастся.

Для извлечения муки используют густые сита, что обеспечивает ее низкую зольность.

На 11 Р нарезают 14...16 рифлей на 1 см окружности вальца, с уклоном 8...10% и углом заострения 120°, т.е. 50/70°, и располагают их острием по острию, при отношении окружных скоростей 2,5. На остальных системах это отношение принимают равным 1,25, скорость быстровращающегося вальца на всех системах - 5 м/с.

Если на помол поступает зерно высокой стекловидности, то добавляют еще одну размольную систему. В этом случае 11 Р оснащается микрошероховатыми вальцами, а 12 Р - рифлеными.

Извлечение муки по этапам процесса рекомендуется выдерживать в следующих пределах: в драном процессе - 17...20%, в шлифовочном 4...6%, на первых трех системах размольного процесса 30...35%, на 4 Р...7 Р - 12...15%, на остальных системах 3...7%, при общем выходе муки 75...78%.

4.12. Особенности технологии муки для макаронных изделий

К муке для макаронных изделий предъявляют особые требования и по крупности, и по характеристике клейковины. Традиционно эта мука получается при помоле твердой пшеницы Дурум, но в настоящее время широко используют также мягкую твердозерную пшеницу высокой стекловидности.

По крупности макаронная мука высшего сорта представляет собой смесь средней и мелкой крупки с небольшой примесью жест-

них дунстов; поэтому она получила название "крупка". Нормы устанавливаются так, что при просеивании на крупочном сите № 140 остаток не должен превышать 3%, а проход сита № 260 - не более 12%. Для муки 1-го сорта - "полукрупки" - принято, что остаток на сите № 190 должен быть не выше 3%, а проход сита № 43 - не более 40%.

Зольность крупки из пшеницы Дурум ограничена величиной 0,75%, полукрупки - 1,10%, а муки 2-го сорта - 1,80%; это связано с более высокой зольностью эндосперма твердой пшеницы, по сравнению с мягкой. Содержание сырой клейковины в крупке должно быть не ниже 30%, а в полукрупке - 32%, т.е. по сравнению с мукой хлебопекарной норма повышена на 2%.

Общий выход муки при макаронном помоле установлен также в размере 75%, при этом муки 2-го сорта должно быть лишь несколько процентов.

В связи с такими особыми требованиями к муке технологический процесс помола значительно усложнен. После многократного сортирования продуктов по крупности и добротности мука высшего и 1-го сортов извлекается с ситовеечных систем. Измельчение на всех системах ведут в таком режиме, чтобы формировались крупные продукты. Поэтому драной процесс удлинен до шести систем, причем II, III, IV и V разделены на крупные и мелкие. Очень развит также шлифовочный процесс, обычно он состоит из шести - восьми систем. Наоборот, размольный процесс играет незначительную роль, служит только для тонкого измельчения таких продуктов, из которых невозможно получить макаронную муку заданного качества. Поэтому он сокращен и включает всего две или три системы, на которых измельчение ведут на рифленых вальцах. Полученная мука 2-го сорта не используется в макаронной промышленности, а идет в некоторые сорта хлеба, в качестве добавки к обычной муке из мягкой пшеницы. Извлечение муки 2-го сорта составляет от 2 до 5%.

4.13. Системный анализ операций в размольном отделении мельзавода

Процессы в размольном отделении мельзавода представляют собой сложную динамичную открытую систему иерархического типа. Организационно они расчленяются на ряд этапов, каждый из которых также может быть представлен в виде сложной динамичной системы с самостоятельным набором управляющих и возмущающих

факторов, в соответствии с той конкретной задачей, которая решается на данном этапе.

Такое сложное построение сортовых помолов в значительной степени обусловлено особенностями анатомического строения зерна, в частности, наличием бороздки и прочной органической связью алейронового слоя с остальной частью эндосперма.

Математическая модель операций в размольном отделении может быть представлена в следующем виде:

$$M X = \sum m_i x_i$$

где M - материальный поток на входе в размольное отделение,

X - качественная (технологическая) характеристика зерна на входе в размольное отделение,

m_i, x_i - материальные потоки и их качественная характеристика на выходе из размольного отделения.

Этой модели соответствует общая схема размольного отделения типа "черный ящик"; и модель, и схема с полным основанием пригодны для описания операций на каждом отдельном этапе процесса помола. Структурная схема сложного сортового помола пшеницы приведена выше, на рис. 4.8.

Первый - головной этап помола получил название драного процесса, в связи с представлением о том, что здесь зерно "раздирают" для извлечения эндосперма; этот термин возник в те далекие времена, когда весь помол выполнялся на жерновах, которые действительно раздирали зерно. При использовании вальцовых станков целевая функция этого этапа осталась неизменной: драной процесс служит задаче возможно более полного извлечения эндосперма зерна в виде так называемых промежуточных продуктов - крупок и дунстов, с частичным формированием и муки. Затем крупная и средняя крупки проходят специальную обработку в ситовечном и шлифовочном процессах и в виде сравнительно чистых частиц эндосперма - мелких крупок и дунстов - направляются на окончательное измельчение в муку в размольном процессе. Мука формируется из индивидуальных потоков с сортировочных, драных, шлифовочных и размольных систем, отруби выделяются на концевых системах драного и размольного процессов.

Высокоэффективная переработка зерна в муку определяется большим числом разнородных факторов, из которых особо важное значение имеют следующие:

- технологические свойства помольной партии зерна: необходимым условием является их стабилизация на оптимальном уровне в течение возможно более длительного периода работы мельзавода;

- организация и ведение процессов в подготовительном отделении мельзавода, в особенности это относится к гидротермической обработке зерна;

- организация и ведение драного процесса: извлечение низкостольных крупок и дунстов - промежуточных продуктов 1-го качества - должно составлять около 70% от массы зерна, а общее извлечение продуктов - находиться на уровне 80...85%;

- эффективное ведение ситовеечного процесса, в сочетании со шлифовочным (или без него, в зависимости от схемы помола); 70...80% поступающих на ситовейки крупок должны быть направлены для окончательного измельчения на размольные системы;

- интенсивное измельчение подготовленных таким образом продуктов в муку на размольных системах, причем особое значение имеет режим измельчения на первых трех - пяти системах, на которых измельчаются наиболее добротные крупки и дунсты.

В связи с иерархическим построением системы процессов в размольном отделении мельзавода основное значение имеют прямые связи; обратные связи - "завороты" продуктов - выполняют незначительную роль, однако при моделировании процессов их необходимо учитывать.

Таким образом, процессы в размольном отделении мельзавода представляют собой сложную динамичную открытую систему. Углубленный системный ее анализ требует предварительного расчленения ее на ряд самостоятельных процессов. При этом особое значение имеет системный анализ драного процесса, организация и ведение которого во многом определяют конечный результат переработки зерна в муку.

Структурно драной процесс состоит из двух этапов. На первых системах измельчения обрабатываются продукты с высоким содержанием эндосперма; на этих системах осуществляется интенсивное измельчение, эндосперм извлекается в виде крупок, дунстов и, частично, муки. Дополнительное фракционирование по крупности и, в некоторой степени, добротности, происходит в сортировочном процессе, который поэтому можно рассматривать как часть драного процесса.

На втором этапе драного процесса производится вымол оболочек, на последних системах измельчения обрабатываются продукты

с низким содержанием эндосперма. Завершается процесс обработкой сходовых продуктов на вымольных машинах для отрубей.

В связи с особой важностью драного процесса значительный практический интерес представляет разработка его математической модели. Такая модель получена на основе обработки большого числа данных количественно-качественных балансов сортовых помолов пшеницы. При этом в качестве определяющих факторов использованы два показателя: количественный критерий эффективности процесса - извлечение продуктов и качественный критерий - принят в виде относительного снижения зольности извлеченных продуктов, по сравнению с зольностью исходных (Δ), поступающих в процесс или же на отдельную систему.

Математическая модель драного процесса имеет вид:

$$E = -75,7 + 0,85 I + 100,6\Delta \quad (4.1)$$

По экспериментальным данным, значения комплексного критерия эффективности E для разных мельзаводов сортового помола пшеницы находятся в пределах от 24,4% до 43,6%, со средним значением 32,4%.

Для первых трех систем измельчения, на которых осуществляется извлечение продуктов I-го качества, такие модели имеют следующий вид:

для I Д:

$$E = -25,0 + 0,58 I + 49,5\Delta \quad (4.2)$$

для II Д:

$$E = -10,3 + 0,39 I + 31,4\Delta \quad (4.3)$$

для III Д:

$$E = -34,8 + 0,71 I + 49,6\Delta \quad (4.4)$$

Среднестатистические значения E составляют: для I Д - 9,0% (вариация от 3,5% до 14,5%), для II Д - 23,5% (14,5...43,0%), для III Д - 24,0% (16,5%...33,5%).

Эти модели в количественно-качественной мере определяют эффективность организации и ведения драного процесса при сложном сортовом помоле пшеницы. Несомненно, средние значения E соответствуют для современных предприятий минимально допустимым уровням эффективности всего драного процесса и его головных систем измельчения, а максимальные - тот уровень, к которому необходимо стремиться и который должен быть достигнут при грамотном ведении процесса.

В системе размольного отделения мельзавода ниже по подчиненности располагается объединенный ситовеечный и шлифовочный процесс. Их совместное рассмотрение диктуется тем, что они выполняют задачу повышения добротности извлеченных в драном процессе крупок, хотя и разными способами. На ситовеечные системы поступает смесь различных по добротности крупок, которые затем разделяются на поток относительно чистых частиц эндосперма, выделяемых проходом сит, которые могут направляться непосредственно на размольные системы, и поток крупок, содержащих значительную долю сростков в своем составе и требующих дополнительной обработки на шлифовочных системах; некоторое количество продуктов с высоким содержанием оболочек зерна возвращают в драной процесс для дополнительной обработки.

На вальцовых станках шлифовочных систем поддерживают высокий режим измельчения, с тем чтобы только раздробить сростки и затем, при сортировании на отсевах, выделить из полученных продуктов потоки мелких крупок и дунстов, по своей добротности пригодных к размолу в муку; сходовые высокозольные продукты с этих систем обрабатываются затем вместе с такими же продуктами размольных систем, а при высоком содержании в них оболочек возвращаются в драной процесс.

Являясь промежуточным этапом схемы помола между драным и размольным процессами, объединенный ситовеечный и шлифовочный процесс играет важную роль. Именно здесь обеспечивается высокое качество измельчаемых в размольном процессе продуктов, что и определяет выход муки высоких сортов и ее характеристику.

Высокий технологический эффект этого процесса зависит, прежде всего, от регулировки ситовеечных машин и рациональной компоновки поступающих на них и извлекаемых продуктов, однородных по добротности и крупности. В связи с этим ситовеечный процесс требует постоянного контроля со стороны обслуживающего персонала.

Заключительным в технологии муки является размольный процесс. Основная его задача заключается в интенсивном измельчении поступающих из других процессов низкозольных мелких крупок и дунстов. Структурно он расчленяется на три этапа, на каждом из которых измельчаются различные по добротности продукты. На каждой технологической системе размольного процесса извлекают муку в качестве конечного результата процесса помола; оставшиеся не измельченными дунсты передают с одной системы на другую - пос-

ледующую, а сходовые продукты более высокой зольности, с некоторым содержанием оболочек, обрабатывают в конце каждого этапа на специально выделенных системах измельчения. В конце схемы размольного процесса сходовые продукты с последних систем дополнительно обрабатывают на вымольных машинах для отрубей или же направляют в отруби, при незначительном содержании в них эндосперма.

Определяющим в размольном процессе является первый этап, на котором требуется получить основное количество муки самого высокого качества; обычно он состоит из трех систем измельчения. В современных схемах измельченные продукты после вальцовых станков дополнительно обрабатывают на специальных машинах ударно-истирающего действия - энтолейторах (на первых системах) или же деташерах (на последующих системах, за исключением последней в схеме).

Высокий эффект размольного процесса достигается при условии формирования поступающих на измельчающие машины потоков продуктов строго по крупности и добротности. Чем выше выравниность потоков продуктов по этим показателям, тем интенсивнее можно вести процесс измельчения и тем выше можно обеспечить извлечение муки высшего качества. Важное значение поэтому имеет регулярное получение количественно-качественного баланса первых трех систем измельчения.

Математическая модель размольного процесса имеет вид:

$$E = -57,9 + 0,58 И + 111,3\Delta \quad (4.5)$$

Для сортового помола пшеницы в муку хлебопекарную математическая модель получена в следующем виде:

$$E = -12,5 + 0,10 И + 87,2\Delta \quad (4.6)$$

Вариация значений критерия E составляет: для размольного процесса от 25,1% до 39,0%, со средним значением 34,6%, для помола в целом - от 43,1% до 52,7%, при среднем значении 48,3%.

Таким образом, технологический процесс в размольном отделении мельзавода сортового помола пшеницы представляет собой сложную динамичную открытую систему иерархического типа. Он подразделяется органически на ряд подсистем, в которых решаются самостоятельные технологические задачи, а именно:

- драной процесс, в сочетании с сортировочным; задачей его является максимально возможное извлечение эндосперма в виде от-носительно чистых промежуточных продуктов;

- объединенный ситовеечный и шлифовочный процесс, в кото-ром осуществляется повышение добротности этих промежуточных продуктов;

- размольный процесс, осуществляющий конечные операции из-мельчения крупок и дунстов в муку.

Системный анализ процессов в размольном отделении мельза-вода позволяет выделить наиболее значимые элементы этой систе-мы, которые определяют высокий эффект всего процесса помола. Такими элементами являются:

- первый этап драного процесса, на котором извлекаются про-дукты 1-го качества;

- группа ситовеек, на которых обрабатываются продукты 1-го качества;

- первый этап размольного процесса.

Именно на этих подсистемах - этапах процесса помола осуще-ствляется реализация технологического потенциала зерна, обеспе-чивается высокая эффективность помола.

4.14. Баланс помола

Баланс помола представляет собой табличную запись распре-деления всех продуктов по системам технологического процесса, а также извлечения продуктов со всех систем. Различают количествен-ный и количественно-качественный балансы помола. В первом слу-чае учитывают только количественное распределение продуктов, во втором учитывают и показатель их качества, т.е. зольность.

Само название этого документа показывает, что по каждой си-стеме, этапам процесса и помолу в целом должно быть выдержано равенство (баланс) величин продуктов, поступающих и уходящих, а также их средневзвешенная зольность, в случае ее учета.

Следовательно, баланс помола отражает не только организацию технологического процесса, в соответствии с его технологической схемой, но и ведение процесса, и поэтому предоставляет полную воз-можность предметного анализа процесса на данном предприятии.

Впервые балансы помола начали вводить в практику на мель-ницах в конце 20-х годов текущего столетия, а в качестве обязатель-ной операции снятие натурального баланса в нашей стране узаконено

Правилами организации и ведения технологического процесса уже в 1940 г. Обязательным является также разработка теоретического баланса помола при новом проектировании или же реконструкции действующего предприятия.

При разработке баланса помола принимают, что на I Д нагрузка составляет 100%, т.е. не учитывают изменение массы зерна в подготовительном отделении мельницы, вследствие удаления примесей и увлажнения зерна. Поэтому сумма полученных при помоле муки и отрубей, а также манной крупы, если ее получают, также должна составить 100%. Массы всех продуктов выражают в процентах к I Д.

При анализе количественно-качественного баланса проверяют равенство средневзвешенных значений зольности, поступающих на систему и уходящих с системы продуктов; эту же операцию выполняют для каждого из этапов процесса помола и помола в целом; расхождение значений зольности не должно превышать 0,05% абсолютных, т.е. находиться в пределах установленной ГОСТом ошибки при стандартном методе определения зольности.

Данные баланса записывают в виде таблиц: отдельно по каждой системе или же по всему помолу - в так называемой таблице-шахматке, примеры которых приведены ниже.

В таблице 4.9 расшифрован баланс трех драных и одной ситовечной системы. Такая запись удобна для анализа отдельных систем; здесь перечислены все продукты, поступающие на каждую систему, и приведена их зольность. Точно также расшифрованы полученные на каждой системе продукты, и определено их дальнейшее направление, по ходу технологического процесса.

По второму варианту баланс помола представляется в виде таблицы-шахматки; в качестве примера приводим в таблице 4.10 количественный баланс обдирного помола ржи. В этом случае в первой колонке сверху вниз перечислены все системы, причем после каждого этапа процесса подводится итог, для удобства дальнейшего анализа. Во второй колонке приведены нагрузки на каждую систему. Распределение полученных на системе продуктов записывается в строчках, в зависимости от направления продукта в технологическом процессе. По каждой строчке, т.е. по каждой системе имеется баланс, это же относится к отдельным этапам и к помолу в целом. В последних двух колонках приведены данные об извлечении продуктов на системах, выраженные в процентах по отношению к I Д к данной системе.

Таблица 4.9 Пример записи данных количественно-качественного баланса помола

Сис- темы	Поступило продуктов			Получено продуктов			
	Наименова- ние	Коли- чество, % к I Д	Золь- ность, %	Наиме- нование	Коли- чество, % к I Д	Золь- ность, %	Напра- вление продук- та
I Д	Зерно	100	1,75	1-й сход	68,3	2,11	II Д
				2-й сход	12,4	1,23	СВ1
				3-й сход	7,9	0,89	СВ2
				4-й сход	8,7	0,77	СС1
				Проход	2,7	0,71	Мука
	Итого	100	1,75		100	1,75	
II Д	1-й сход I Д	68,3	2,11	1-й сход	16,8	3,50	III Дкр
				2-й сход	16,2	3,05	III Дмел
				3-й сход	3,5	2,00	СВ3
				4-й сход	9,2	1,10	СВ4
				Проход	22,6	0,84	СС1
	Итого	68,3	2,11		68,3	2,11	
III Дкр	1-й сход II Д	16,8	3,50	1-й сход	5,2	5,05	Б1
				2-й сход	3,2	4,93	IV Дм
				3-й сход	1,9	3,54	СВ7
				4-й сход	4,1	2,00	СС2
				Проход	2,1	0,73	Мука
	Итого	16,8	3,50		16,8	3,5	
III Дмел	2-й сход II Д	16,2	3,05	1-й сход	9,7	4,63	IV Дкр
	1-й сход СВ4	0,8	2,76	2-й сход	2,6	4,41	IV Дмел
	2-й сход СВ4	1,8	2,28	3-й сход	2,2	2,00	СВ7
	1-й сход СВ1	1,8	2,10	4-й сход	9,7	0,87	СС2
	2-й сход СВ1	0,3	1,87	Проход		0,60	Мука
	1-й сход СВ2	0,6	2,28				
	2-й сход СВ2	0,1	2,17				
	1-й сход СВ3	0,4	3,80				
	2-й сход СВ3	0,4	3,40				
	3-й сход СВ1	3,9	1,55				
	Итого	26,3	2,67		26,3	2,67	
СВ1	2-й сход I Д	12,4	1,23	1-й сход	1,8	2,10	III Дмел
				2-й сход	0,3	1,87	III Дмел
				3-й сход	3,9	1,55	III Дмел
				1-й про- ход	4,0	0,55	I Ркр
				2-й про- ход	2,4	1,11	I шл.с.
	Итого	12,4	1,23		12,4	1,23	

Таблица 4.10 Примерный количественный баланс односортного помола ржи в муку обдирную

Системы	Нагрузка, % к I Д	Дранные						Размольные		Контроль муки	Готовая продукция		Извлечение, %	
		II	III	IV	V	БВУ	Пересев БВУ	1	2		Мука	Отруби	к I Д	к даовой сист.
I Д	100	50,0						24,0		26,0			50,0	50,0
II Д	50,0		20,0					7,0		23,0			30,0	60,0
III Д	29,0			20,0						9,0			9,0	31,0
IV Д	20,0				15,0					5,0			5,0	25,0
V Д	15,0					11,5				3,5			3,5	23,3
БВУ	11,5						6,0					5,5	-	-
Пересев прохода БВУ	6,0									2,0		4,0		-
Итого		50,0	20,0	20,0	15,0	11,5	6,0	31,0		68,5		9,5		
1 Р	31,0								15,5	15,5			15,5	50,0
2 Р	18,0		9,0							9,0			9,0	50,0
Итого			9,0						15,5	24,5				
Контроль муки	93,0								2,5		90,5			
Итого									2,5		90,5			
Всего		50,0	29,0	20,0	15,0	11,5	6,0	31,0	18,0	93,0	90,5	9,5		

Таким образом, баланс помола воспроизводит технологическую схему в части распределения всех продуктов и количества систем в схеме помола. Количественная характеристика продуктов определяет режимы всех систем, т.е. в балансе присутствует полная информация о ведении процесса помола. Следовательно, баланс помола представляет собой документ, полностью отражающий все особенности технологического процесса на данном предприятии. Особенно богатая информация содержится в количественно-качественном балансе помола.

На основе полученного баланса помола проводят анализ организации и ведения технологического процесса. В драном процессе определяют извлечение продуктов: крупок, дунстов и муки, в том числе 1-го качества. Определяют затем в ситовечном процессе извлечение обогащенных крупок, а в размольном процессе - извлечение муки, причем особое внимание уделяют режиму измельчения на первых системах процесса.

Например, при анализе количественно-качественного баланса современного мельзавода сортового помола пшеницы в муку хле-

бопекарную получены следующие результаты:

- суммарное извлечение крупок, дунстов и муки в драном процессе составило 83,2% с зольностью 1,23%;
- с первых двух систем извлечено крупок и дунстов 1-го качества в количестве 56,5% зольностью 0,92%;
- с этих же систем получено муки 12,7% зольностью 0,64%;
- общее извлечение продуктов 1-го качества составило 69,2% зольностью 0,86%;
- в ситовеечный процесс направлено 66,1% крупок зольностью 1,28%, извлечено в этом процессе обогащенных крупок и направлено на размольный процесс 48,5% зольностью 0,89%; извлечение в ситовеечном процессе, по отношению к поступившим крупкам составило 73,4%;
- в размольный процесс поступило 55,2% крупок и дунстов из драного и ситовеечного процессов зольностью 1,06%; при их размоле получено 51,5% муки зольностью 0,71%; таким образом, суммарное извлечение в размольном процессе равно 93,3%;
- всего получено муки 80,0% зольностью 0,69%.

Эти данные дают основание считать, что на данном предприятии организация и ведение процесса помола находится на должном уровне.

Данные количественно-качественного баланса помола дают возможность рассчитать эффективность отдельных измельчающих систем и отдельных этапов процесса; наглядные результаты получают при использовании комплексного количественно-качественного критерия эффективности, по формуле (3.11). При расчете получены следующие величины эффективности:

- для драного процесса $E = 28,2\%$,
- для ситовеечного процесса $E = 22,3\%$,
- для размольного процесса $E = 30,8\%$,
- для помола в целом $E = 48,5\%$.

По отдельным системам драного процесса получены следующие величины:

- для I Д - $E = 14,1\%$, для II Д - $E = 27,2\%$, для III Д - $E = 21,6\%$,
- для III Дм - $E = 33,3\%$, для IV Дк - $E = 11,0\%$, для IV Дм - $E = 7,9\%$.

Эти результаты показывают, что эффективность процессов на всех этапах, а также по системам драного процесса поддерживается на достаточно высоком уровне.

Таким образом, наличие баланса помола дает возможность специалистам выполнить углубленный анализ процесса, выявить недо-

статки в схеме помола или же неверно избранные режимы отдельных операций, и затем внести необходимые усовершенствования в организацию и ведение помола. Рекомендуется на каждом мельзаводе проводить снятие и разработку баланса помола дважды в течение рабочего периода: перед остановкой на капитальный ремонт и после него. На основе сравнения полученных данных определяются результаты внесенных при капитальном ремонте усовершенствований и намечаются дальнейшие подобные мероприятия.

Результат сортового помола зерна наглядно может быть представлен для анализа путем построения так называемой кумулятивной кривой зольности муки, на основе разработки баланса муки.

Баланс муки представляет собой сведения об изменении зольности муки, по мере возрастания ее выхода. Составляется он следующим образом. Вначале определяют извлечение муки по всем системам технологического процесса, в процентах по отношению к массе зерна, поступившего на I Д, и зольность каждого потока муки. Затем эти данные располагают в порядке возрастания зольности и анализируют, как возрастает средневзвешенное значение зольности муки, по мере увеличения ее выхода. В качестве примера в таблицах 4.11 и 4.12 приведены результаты расчета баланса помола для двухсортного помола пшеницы по сокращенной схеме.

Таблица 4.11 Данные количественно-качественного анализа потоков муки

Системы	I Д	II Д	III Д	IV Д	V Д	I Р	2 Р	3 Р	4 Р	5 Р
Выход, %	6,0	14,0	9,0	5,0	4,0	18,0	15,0	8,0	5,0	3,0
Зольность, %	0,70	0,65	0,85	1,00	1,10	0,55	0,50	0,75	0,80	0,95

Таблица 4.12 Расчетная таблица баланса муки

$I_n, \%$	15,0	18,0	14,0	6,0	8,0	5,0	9,0	3,0	5,0	4,0
$Z_n, \%$	0,50	0,55	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,95	1,00	1,10
$I_n Z_n$	7,50	9,90	9,10	4,20	6,00	4,00	7,65	2,85	5,00	4,40
$\Sigma I_n Z_n$	7,50	17,40	26,50	30,70	36,70	40,70	48,35	51,20	56,20	60,60
$\Sigma I_n, \%$	15,0	33,0	47,0	53,0	61,0	66,0	75,0	78,0	83,0	87,0
$Z_n, \%$	0,50	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70

Таким образом, по мере возрастания выхода муки от 15% до 87% средневзвешенная зольность ее повысилась с 0,50% до 0,70%. На рис. 4.15 приведена кумулятивная кривая, отражающая зависимость зольности муки от ее выхода.

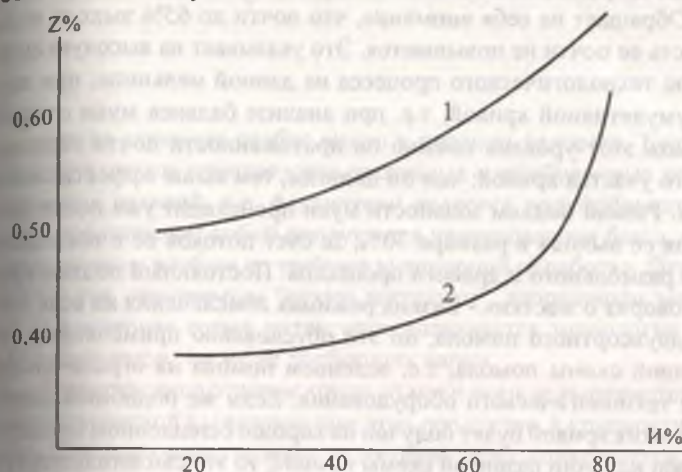


Рис. 4.15. Кумулятивные кривые зольности муки - пояснения в тексте

На основе полученного баланса муки рассчитывают ее возможный выход по сортам, ориентируясь на стандартные требования к их зольности. Так, если для муки высшего сорта пшеничной хлебопекарной установлено, что ее зольность должна быть не выше 0,55%, то при взгляде на кумулятивную кривую создается впечатление, что ее выход может быть равен 41%. Однако, если рассчитать зольность остальной части муки, то получается, что она равна 0,83%, т.е. не соответствует муке 1-го сорта, которая должна быть получена в данном помоле. Поэтому расчет возможного выхода муки по сортам необходимо осуществлять, начиная с конца кумулятивной кривой, т.е. вначале определить выход муки 1-го сорта, а затем и выход высшего сорта. В данном случае получаем, что мука высшего сорта может быть получена только не более 15%, т.к. лишь при этом условии зольность оставшейся муки будет соответствовать нормам муки 1-го сорта. А именно:

$$Z = \frac{60,60 - 7,50}{87,0 - 15,0} = 0,74\%$$

Итак, в данном помоле получаем 15% муки высшего сорта зольностью 0,50% и 72% муки 1-го сорта зольностью 0,74%.

На том же рис. 4.15 приведена кумулятивная кривая зольности муки для современной мельницы сортового помола пшеницы - кривая 2. Обращает на себя внимание, что почти до 65% выхода муки зольность ее почти не повышается. Это указывает на высокую организацию технологического процесса на данной мельнице; при анализе кумулятивной кривой, т.е. при анализе баланса муки следует оценивать этот уровень именно по протяженности почти горизонтального участка кривой: чем он длиннее, тем выше эффективность помола. Резкий подъем зольности муки происходит уже после достижения ее выхода в размере 70%, за счет потоков ее с последних систем размольного и драного процессов. Постоянный подъем кривой 1 говорит о жестких - низких режимах измельчения на всех системах двухсортного помола, но это обусловлено применением сокращенной схемы помола, т.е. ведением помола на ограниченном наборе технологического оборудования. Если же подобный характер развития кривой будет получен на хорошо оснащенном предприятии, при наличии развитой схемы помола, то это свидетельствует о ненормальном положении в организации и ведении процесса. В этом случае необходимо обратить внимание на те системы процесса, на которых потоки муки имеют повышенную зольность, и внести изменения в режим измельчения на них.

Анализ кумулятивной кривой зольности муки можно дополнить расчетом так называемого показателя К, численно равного отношению выхода муки к ее зольности. При этом получается, что вначале его значения растут, а по достижении выхода муки в размере 72...74% начинают снижаться. Очевидно, это указывает на понижение эффективности процесса. С точки зрения экономики, возможно, следует ограничиться именно таким выходом муки, не затрачивая повышенное количество энергии на вымол оболочек, а полученные "жирные" отруби использовать в качестве эффективного компонента комбикормов. Однако это определяется конкретными условиями работы и финансового состояния данного предприятия, а также условиями конкурентной борьбы.

Глава 5.

ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КРУПЫ

Крупа занимает особое место в питании человека. Если мука используется для производства различных хлебобулочных или кондитерских изделий, т.е. фактически является полуфабрикатом, то крупа представляет собой продукт для приготовления блюд, а некоторые ее виды вообще не требуют кулинарной обработки. Это относится к так называемым "сухим завтракам", взорванным зернам и т.п. В последнее время интенсивно развивается технология пищевых экструдатов, также не требующих варки.

Существенное отличие крупы от муки внешне выражается в гранулометрической характеристике этих продуктов, в крупности их частиц. При производстве муки эндосперм зерна подвергается тонкому измельчению, в то время как крупа представляет собой целое, неизмельченное ядро зерна (эндосперм) или же его крупные частицы. Эти существенные отличия физико-химической характеристики муки и крупы определяют и различное построение технологического процесса их производства.

Так, если при подготовке зерна к помолу стремятся в максимально возможной степени разупрочнить эндосперм, разрушить его плотную структуру за счет разрыхления его в процессе гидротермической обработки, то в крупяном производстве этот процесс имеет диаметрально противоположную задачу. Для обеспечения производства крупы в виде целого ядра необходимо посредством специально подобранных режимов гидротермической обработки повысить прочность эндосперма с тем, чтобы при последующих технологических операциях сохранить его целостность. В этом случае создаются условия для получения крупы наилучшего качества, наиболее удовлетворяющей требованиям потребителей.

Важное значение имеет фракционирование по крупности зерна в подготовительном отделении гречезаводов; весьма желательна эта операция при переработке риса и некоторых других культур.

При подготовке ячменя к переработке в крупу проводят интенсивное предварительное шелушение зерна, преимущественно на машинах ЗШН.

В остальном подготовительные операции на мельзаводе и крупозаводе совпадают; основным является тщательная очистка зерна от примесей на различных сепараторах.

Технологический процесс в шелушильном (рушальном) отделении крупозавода построен существенно проще, по сравнению с процессами в размольном отделении мельзавода. Главные отличия заключаются в отсутствии, в большинстве случаев, измельчения зерна, а также в необходимости освобождения ядра крупяного зерна от покрывающих его жестких цветковых пленок (или плодовых оболочек - в технологии гречневой крупы).

Основными операциями в шелушильном отделении крупозавода являются поэтому шелушение и сортирование полученных продуктов с целью разделения их на фракции по качеству: целое ядро, дробленое ядро, мучка, лузга. Важное значение имеет дальнейшая обработка выделенного ядра для повышения потребительских достоинств крупы: шлифование, полирование. При этом удаляются плодовые и семенные оболочки, снижается содержание клетчатки и жира, повышается стойкость крупы при хранении и ее усвояемость при потреблении.

В связи с целевой задачей производства крупы преимущественно в виде целого, нераздробленного ядра, технологические схемы шелушильного отделения имеют более простой вид, по сравнению с технологическими схемами помола, в особенности высокосортного помола пшеницы. Но эта внешняя простота все равно требует от технолога глубоких знаний особенностей организации и ведения технологических операций, тем более, что разные виды крупы требуют особого технологического регламента, в связи с особенностями анатомического строения и структурно-механических свойств зерна различных крупяных культур.

В нашей стране производится крупа из проса, риса, овса, гречихи, ячменя, кукурузы, пшеницы, гороха.

5.1. Технология пшена

Пшено вырабатывается из проса, которое различается, прежде всего, по цвету пленок: белое, кремовое, красное, желтое, серое, а также формой зерна, хотя незначительно. Наиболее близка к шаровидной форма зерна белой и кремовой окраски, у этих типов проса меньше и толщина цветковых пленок. Сферичность с увеличением крупности зерна возрастает, повышается в этом случае и массовая

доля ядра, что обеспечивает более высокий выход крупы. Важную роль играет стекловидность зерна.

В результате шелушения проса получается пшено-дранец, а после обработки его в шлифовальных машинах - пшено шлифованное.

Масса 1000 зерен проса равна 5...7 г, линейные размеры: длина 1,8...3,2 мм, ширина 1,2...3,0 мм, толщина 1,0...2,2 мм; сферичность достигает 0,90...0,95, т.е. зерно близко к шаровидному.

Пленчатость проса находится в пределах 16 ... 20%, содержание ядра составляет 68 ... 75%, плодовых и семенных оболочек - 7 ... 8%, зародыша - 3 ... 4%. В таблице 5.1 приведены данные о химическом составе проса и пшена.

Таблица 5.1 Химический состав проса и пшена, % с.м.

Объект	Белок	Крахмал	Клетчат-ка	Жиры	Зольность
Просо	10 ... 12	55 ... 65	8 ... 11	2,5 ... 4,5	3,0 ... 4,5
Пшено:					
- дранец	11 ... 13	65 ... 75	1 ... 2	3 ... 4	1,5 ... 2,5
- шлифованное	12 ... 14	70 ... 80	0,5 ... 0,8	1 ... 2	1,0 ... 1,5

Изменение химического состава пшена происходит вследствие удаления цветковых пленок при шелушении проса, а затем - удаления оболочек и частично алейронового слоя и зародыша.

К поступающему на крупозавод просу предъявляются следующие требования: влажность не должна превышать 13,5%, содержание сорной примеси - не более 3,0%, зерновой - не более 6,0%, содержание ядра - не менее 74%. В результате сепарирования в зерне остаточное содержание сорной примеси должно быть не более 0,3%.

Если остаток на сите 1,6 х 20 составляет 80% или более, то такое просо считают крупным, если - от 80% до 40% - средним по крупности и если ниже 40% - мелким.

Установлены 4 сорта пшена шлифованного: высший, 1-й, 2-й, 3-й. Их общий выход при переработке проса базисного качества должен быть равен 65%, дробленки кормовой - 4%, мучки - 7,5%, лузги - 15,5%; при использовании для шлифования машин ЗШН или У1-БШН выход целого ядра снижается до 60%, выход дробленого ядра повышается до 5%, мучки - до 11,5%.

Основные требования к пшену разных сортов приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Нормы качества пшена шлифованного

Показатели	Сорт			
	высший	1-й	2-й	3-й
Содержание ядра, %	99,2	98,7	98,0	97,0
не менее				
в т.ч. битое ядро, %	0,5	1,0	1,5	3,0
не более				
Нешелушенное зерно, %	0,3	0,4	0,6	1,0
не более				
Испорченное ядро, %	0,2	0,5	0,8	1,3
не более				
Примеси, % не более	0,3	0,4	0,6	0,7

На рис. 5.1 приведена технологическая схема подготовительного отделения просозавода. Тщательное отделение крупных, мелких и аэродинамически легких примесей обеспечивается путем трехкратного пропуска зерна через воздушно-ситовые сепараторы; галечка и немагнитные примеси удаляются на камнеотделителе, после 1-го сепаратора. При сортировании зерна на отсевах в конце схемы дополнительно извлекаются крупные и мелкие примеси и партия разделяется на две фракции: крупная образуется проходом сита (решета) с круглыми отверстиями $\phi 3,0$ мм и сходом с сита $1,7 \times 20$, а мелкая - проходом $1,7 \times 20$ (на третьем сепараторе) и сходом $1,5 \times 20$. На шелушение эти фракции направляются раздельно.

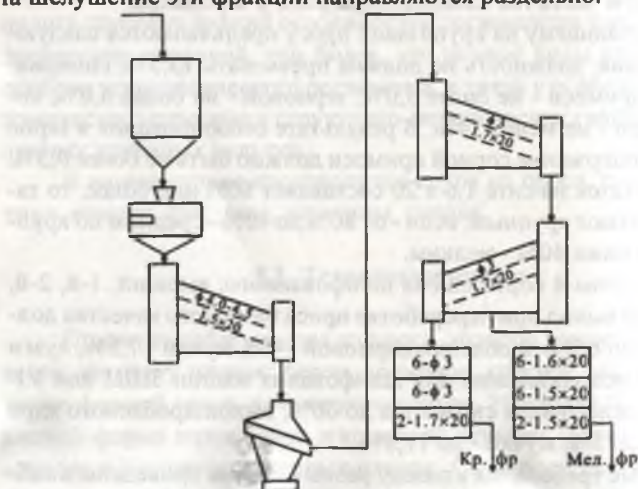
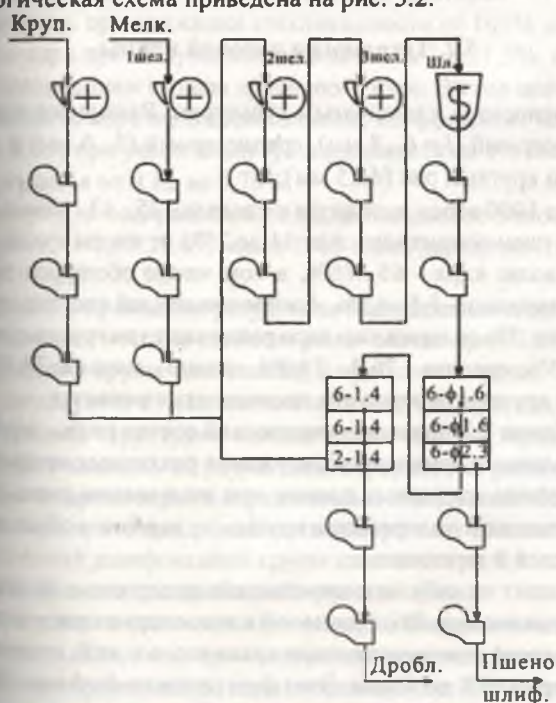


Рис. 5.1. Технологическая схема подготовительного отделения просозавода

Гидротермическую обработку проса. При этом в партии зерен с испорченным ядром происходит повышение прочности нормального ядра поверхности; в результате оно окажется в пшенице при шелушении.

Цветковые пленки неплотно облегают ядро и при механическом воздействии (сжатии) легко выщелачиваются, освобождая ядро.

Толщина цветковых пленок проса составляет 0,15 мм. Поэтому шелушенное зерно (просо) отличается по размерам незначительно. Невелики и различия в свойствах этих фракций продуктов шелушения. Эта особенность определяет построение технологического процесса производства пшена без промежуточных операций разделения шелушенных и нешелушенных зерен. Обычным вариантом является последовательное направление зерна с первой системы шелушения на вторую и последующие одним потоком; этот способ носит название "конвейерного". Технологическая схема приведена на рис. 5.2.



Шелушение делает невыгодным объединение зерен в одну фракцию.

Рис. 5.2. Технологическая схема производства пшена конвейерным способом

Шелушение проса осуществляется на вальцедековых станках, на 1 шел.с. крупная и мелкая фракции поступают раздельно, затем объединяются и проходят последовательно 2 шел.с. и 3 шел.с. В результате остаток нешелушенных зерен не превышает 1%; их шелушение происходит на шлифовальной машине, на которую направляется пшено-дранец.

После вальцедековых станков смесь продуктов провеивается на дуоасpirаторах, трижды после 1 шел.с. и дважды на остальных системах.

Шлифованное пшено дважды провеивается и поступает на рассев, где из него проходом сит ϕ 1,6 извлекается дробленое ядро, которое направляется на дополнительное сортирование. Проход сит ϕ 2,3 представляет собой конечный продукт - пшено шлифованное, которое после двукратного провеивания направляется на выбор.

Относы с дуоасpirаторов сортируются на расसेве, где проходом сит № 063 выделяют мучку, а сход направляют на повторное сортирование. На этом расसेве проходом сит идет дробленое ядро.

5.2. Технология рисовой крупы

Рис относится к пленчатым культурам. Различают три подвида: длиннозерный ($l = 6 \dots 8$ мм), среднезерный ($5 \dots 6$ мм) и короткозерный или круглый рис ($4 \dots 5$ мм).

Масса 1000 зерен находится в пределах 25...43 грамм. На долю цветковых пленок приходится от 14 до 35% от массы сухих веществ зерна, на долю ядра - 65...86%, в том числе оболочки занимают 1,5...4,0%, зародыш - 1,5...4,5%. Алейроновый слой состоит из 2-х...4-х рядов клеток. По содержанию ядра различают три группы: высокое - свыше 76,5%, среднее - 76,4 - 74,0%, низкое - меньше 74,0%. С повышением крупности зерна его пленчатость снижается.

В таблице 5.3 приведен химический состав риса - зерна и крупы. Наблюдаемые изменения содержания различных веществ связаны с удалением цветковых пленок при шелушении риса, а затем - при шлифовании и полировании крупы - с удалением оболочек алейронового слоя и зародыша.

Обращает на себя внимание низкое содержание белка в зерне риса, в среднем около 8%, причем он в эндосперме присутствует не в форме прослоек между гранулами крахмала, а в виде отдельных частиц размером от 1 до 4 мкм. Этот факт, а также формирование гранулами крахмала ($2 \dots 10$ мкм) крупных конгломератов из нескольких

тысяч единиц, между которыми белок отсутствует, определяет невысокую прочность ядра. Поэтому типичным для зерна риса является наличие в эндосперме микротрещин; содержание таких зерен в партии определяет показатель трещиноватости риса.

Таблица 5.3 Химический состав зерна риса и рисовой крупы, % с.м.

Объекты	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жиры	Зольность
Рис - зерно	5,4...12,6	75...85	8,5...12,5	1,5...3,3	4,7...7,0
Крупа шлифованная	6,9...10,5	77...87	0,1...0,2	0,2...0,4	0,5...0,7
Крупа полированная	5,7...7,8	85...92	0,1	0,2...0,3	0,4...0,5

На технологические свойства риса оказывают влияние влажность, трещиноватость, стекловидность, содержание белка, пленчатость, форма зерна, наличие остей и другие факторы.

Например, при снижении стекловидности от 100% до 20% выход целого ядра при шелушении снижается на 1,0...1,5%, с одновременным увеличением выхода дробленого ядра. Выход целого ядра и трещиноватость обратно взаимосвязаны, коэффициент корреляции $r = -0,50...0,65$; при увеличении трещиноватости на 1% выход целой крупы снижается от 0,12 до 0,70%.

Наоборот, с содержанием белка наблюдается положительная корреляция: $r = +0,53...0,65$; масса 1000 зерен влияет почти функционально: $r = +0,94...0,98$.

На рис. 2.3 приведены результаты исследования влияния влажности на технологические свойства риса - зерна: при 13,5% влажности выход целой крупы наивысший, а дробленой крупы - наименьший; это согласуется с повышенной прочностью ядра, как это отмечено при анализе структурно-механических свойств зерна.

Заметное влияние на результаты переработки риса оказывает содержание в партии зерен с окрашенными плодовыми оболочками: опыт показывает, что при повышении содержания красных зерен на 1%, выход целой шлифованной крупы снижается на 0,11...0,21%, за счет повышения выхода дробленой крупы и мучки.

Крупное зерно отличается более высокими технологическими достоинствами. Так, если при шелушении крупной фракции - сита $\phi 4,0$ мм - выход целого ядра составил более 87%, то при переходе к фракции $\phi 4,0/\phi 3,6$ он понизился до 84%, затем - для фракции

$\phi 3,6/\phi 3,4$ получено 82%, для фракции $\phi 3,4/\phi 3,2$ - 81%, для фракции $\phi 3,2/\phi 3,0$ - 79%.

Таким образом, в среднем при уменьшении ширины зерна на 0,1 мм произошло снижение выхода целого ядра на 0,8%.

Все эти факторы необходимо учитывать при организации и ведении технологии рисовой крупы.

К поступающему на рисозавод зерну предъявляются следующие нормативные требования:

- влажность - не более 15,5%;
- содержание примесей: сорной и зерновой не более 2,0% каждой;
- содержание ядра - не менее 74%.

После очистки содержание сорной примеси в партии должно быть не более 0,4%.

При переработке риса базисных кондиций выход целой шлифованной крупы должен составить 55,0%, крупы дробленой 10,0%, кормовой мучки 12,9%, лузги 18,4%.

Готовая целая крупа должна отвечать нормам качества, приведенным в таблице 5.4.

Таблица 5.4 Основные показатели качества целой рисовой шлифованной крупы

Показатели	Сорт			
	Высший	1-й	2-й	3-й
Содержание доброкачественного ядра, %	99,7	99,4	99,1	99,1
В том числе:				
- рис дробленый, %, не более	4,0	9,0	13,0	20,0
- пожелтевшие ядра, %, не более	0,5	2,0	3,0	8,0
Нешелушенные зерна, %, не более	не допускается	0,2	0,3	0,3

При этом влажность - не выше 15,5%, для всех сортов. В подготовительном отделении рисозавода осуществляется очистка зерна от примесей и рассортирование партий на три фракции крупности, на сепараторе А1-БРР. Все фракции подвергаются очистке от минеральной примеси на камнеотборнике, а мелкая фракция

дополнительно очищается на сепараторе А1-БЛС. После этого фракции раздельно направляются на шелушильные системы.

Гидротермическая обработка зерна при подготовке риса не применяется, хотя имеется настоятельная необходимость повысить прочность ядра. Разработке режимов ГТО риса посвящено большое число исследований, предложено значительное число вариантов ГТО, но в нашей практике ни один из них не нашел применения.

Главным препятствием, не позволяющим применять этот процесс, является то, что при прогреве увлажненного зерна риса ядро приобретает желтую или даже коричневую окраску, что резко снижает, в нашем понимании, потребительские достоинства крупы.

Изменение окраски эндосперма происходит вследствие реакции белков с сахарами, с образованием меланоидинов. Это мало отражается на питательности крупы и практически не влияет на вкус каши, но желтоватая окраска крупы является непривычной.

Гидротермическая обработка риса применяется в Индии, Китае, Японии, Вьетнаме, на Филиппинах и в других странах приэкваториальной зоны. Существует значительное число конкретного оформления этого процесса. Однако практически все они предусматривают прогрев предварительно увлажненного зерна при обычном или повышенном давлении, в особенности если зерно подвергают обработке паром. В результате на 10-15-20% возрастает выход наиболее ценной крупы, в виде целого ядра, улучшаются в некоторой степени и кулинарные свойства крупы. Вследствие повышения прочности ядра и снижения прочности оболочек заметно улучшается шелушение зерна, коэффициент шелушения увеличивается на 5-10%.

Очищенное от примесей зерно поступает в шелушильное отделение крупозавода. Здесь осуществляются операции шелушения, крупотделения, шлифования, а в некоторых случаях и полирования готовой крупы.

На рис. 5.3 приведена схема технологического процесса шелушения и крупотделения рисо завода, для крупной фракции зерна.

Шелушение проводят на станке с обрезиненными вальцами. Это необходимо, исходя из невысокой механической стойкости ядра риса; мягкое воздействие предотвращает дробление ядра, хотя и при такой организации процесса наблюдается заметное образование дробленой крупы, прежде всего, за счет зерен с микротрещинами.

После шелушения смесь образовавшихся продуктов сортируется на расее. Сход ϕ 5,0 мм представляет собой нешелушенные зерна и после двукратного похода через дуоспираторы, для удаления

лузги, направляется на сходовую шелушильную систему, где завершается процесс. Вторая по крупности фракция, выделяемая на рас­сее проходом $\phi 5,0$ мм и сходом $\phi 3,8$ мм, после двукратного аспирирования, для удаления лузги, поступает на падди-машину, где происходит разделение шелушенных и нешелушенных зерен; первые на­правляются на шлифование, вторые - на вторую (сходовую) шелу­шильную систему.

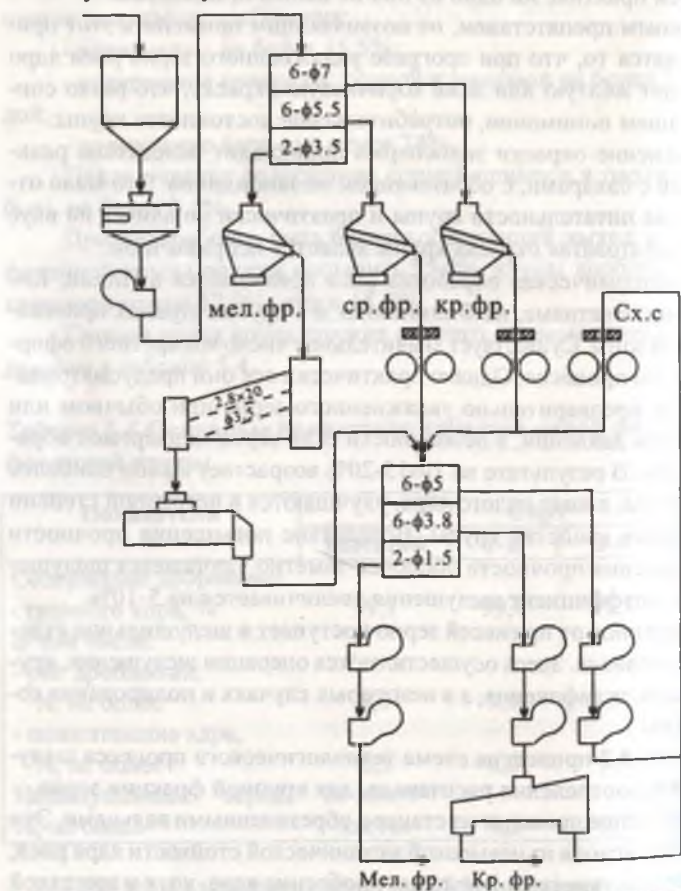


Рис. 5.3. Технологическая схема шелушения и крупотделения при про­водстве рисовой крупы

Нижний сход с рас­сева состоит из смеси целого и дробленого ядра и после провеивания направляется на шлифование.

Проходом нижнего сита $\phi 1,5$ мм извлекается мучка.

Сортирование продуктов, образующихся на сходовой шлифовальной системе, аналогично описанному для 1 шел.с. Нешелушенные зерна с падди-машины возвращаются вновь на эту же систему, "поворачиваются на себя".

Таким образом, процесс шелушения и крупотделения ограничивается двумя системами.

Освобожденное от цветковых пленок ядро поступает на шлифовочные машины; вначале на А1-БПМ, а затем на постава. Удаление плодовых и семенных оболочек и алейронового слоя приходится вести при слабом механическом воздействии на ядро, чтобы избежать его неоправданного дробления, поэтому процесс растянут и осуществляется на трех-четырех системах последовательно; завершается он на полировальном поставе (рис. 5.4).

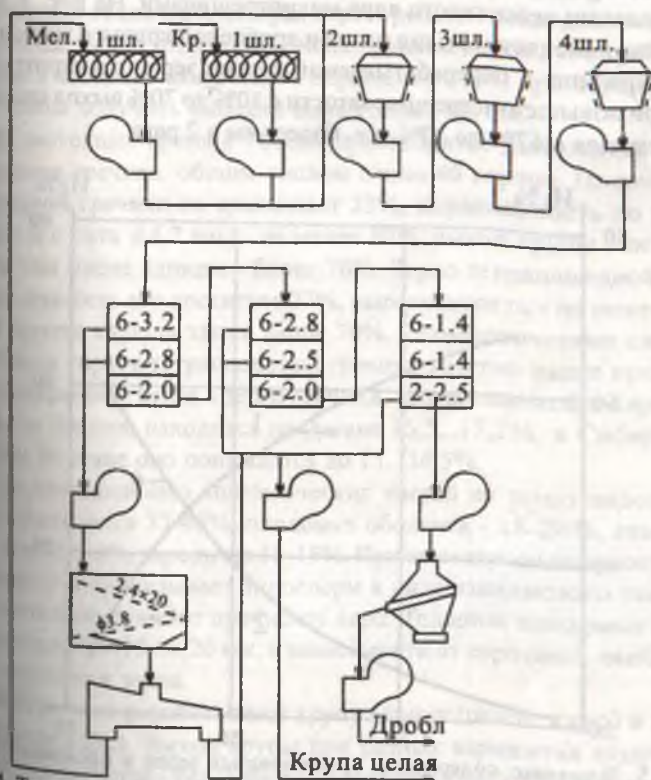


Рис. 5.4. Технологическая схема шлифования рисовой крупы

После каждой системы шлифования крупа провеивается на дуоасpirаторах для удаления мучки и, возможно, лузги. После 4 шл.с. осуществляется сортирование на расसेве, для отбора дробленого ядра и мучки.

Крупа тщательно сортируется на рассевах для удаления дробленого ядра, проходит окончательный контроль на падди-машине и дуоасpirаторе и направляется на выбор. Верхний сход с падди-машинны возвращается на 2 шл.с. или даже на сходовую систему шелушения.

Дробленая крупа дополнительно очищается от минеральной примеси на камнеотборнике.

Образование дробленой крупы - нежелательное явление, т.к. ее стоимость существенно ниже стоимости целой крупы, и поэтому прибыль предприятия заметно снижается. Главная причина состоит в нарушении целостности ядра микротрещинами. На рис. 5.5 показано, как изменяется выход целой и дробленой крупы, в зависимости от содержания в перерабатываемой партии зерен с микротрещинами. При повышении трещиноватости с 10% до 70% выход целой крупы снизился с 67% до 30%, т.е. более чем в 2 раза.

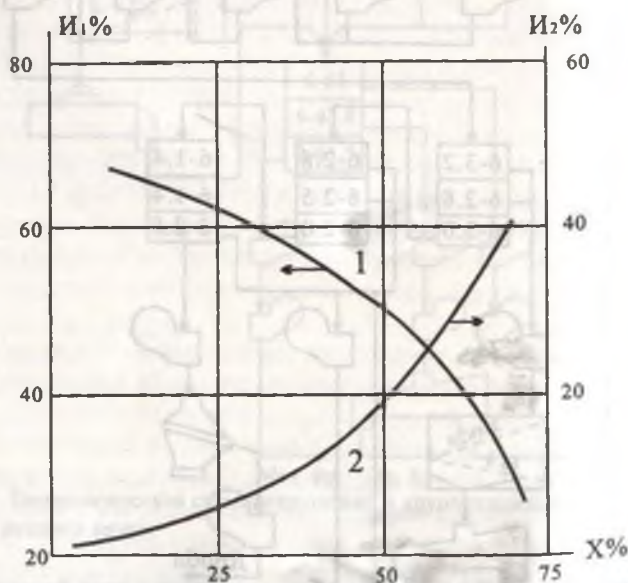


Рис. 5.5. Влияние содержания трещиноватых зерен в производственной партии на выход целой 1 и дробленой 2 рисовой крупы

При шлифовании ядра существенно изменяется химический состав крупы: на 1,0...1,5% снижается содержание белка, на 1...1,5% - содержание жира, в 1,5...2 раза - клетчатки, на 2...4% возрастает содержание крахмала. Особенно следует отметить резкое уменьшение содержания витаминов, вследствие удаления зародыша и алейронового слоя: тиамин - в 2...3 раза, рибофлавин - на 20...30%, ниацин - на 40...60%, токоферола - в 2...2,5 раза. В результате этого снижается биологическая ценность крупы.

5.3. Технология гречневой крупы

Гречиха занимает особое место среди крупяных культур.

Прежде всего, обращает на себя внимание необычная форма зерна, близкая к тетраэдру. Во-вторых, ядро гречихи покрыто жесткой плодовой оболочкой, которая играет роль пленок, удаляемых при шелушении. Зерно отличается очень хрупким ядром, что требует от технолога особенно аккуратного обращения с ним при переработке, с тем чтобы получить высокий выход целой крупы.

В настоящее время в России производится диплоидная и тетраплоидная гречиха, общим числом около 40 сортов. Пленчатость диплоидной гречихи не превышает 23%, выравненность по размерам (сход с сита ϕ 4,2 мм) - не менее 80%, выход крупы - не менее 75%, в том числе ядрицы - более 70%. Зерно тетраплоидной крупнее, пленчатость его достигает 27%, выравненность - не менее 90%, выход крупы ядрицы также выше 70%. Технологические свойства этих новых сортов тетраплоидной гречихи заметно выше прежних.

Содержание белка в зерне гречихи, выращиваемой в Европейской части России, находится на уровне 15,5...17,2%, в Сибири и на Дальнем Востоке оно понижается до 15...14,5%.

По соотношению анатомических частей на долю эндосперма (ядра) приходится 57-65%, плодовых оболочек - 18-24%, семенных оболочек - 1,5-2%, зародыша 10-15%. При этом зародыш имеет сложную форму и пронизывает эндосперм в виде извилистого тяжа, что дополнительно снижает прочность ядра. Толщина плодовых оболочек составляет 0,15...0,20 мм, в зависимости от сортовых особенностей и крупности зерна.

Из гречихи вырабатывают крупу ядрицу (целое ядро) и продел (дробленое ядро). Выход крупы при разных вариантах подготовки зерна к переработке - без гидротермической обработки и с ее применением приведен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 Нормы выхода гречневой крупы

Вид крупы	Варианты подготовки зерна	
	без ГТО	с применением ГТО
Ядрица 1 с, 2 с, 3 с.	56,0	62,0
Продел	10,0	5,0
Всего	66,0	67,0

Налицо высокий положительный эффект применения гидротермической обработки гречихи. При этом не только упрочняется эндосперм зерна, но улучшаются и потребительские свойства крупы и ее усвояемость.

Таблица 5.6 Химический состав зерна гречихи и его анатомических частей, % с.м.

Объект	Белок	Крахмал	Клетчатка	Жиры	Зольность
Зерно	11,5...18,5	50...70	10...17	2...4	2,5...3,5
Ядро	13,5...20,3	65...79	1,0...2,0	2,2...4,2	2,0...2,5
Плодовые оболочки	3...5	-	42...68	0,5...1,5	7,5...10,0
Зародыш	40...45	-	3,5...4,0	10...22	3,5...5,0

Белки гречихи отличаются хорошей усвояемостью и высоким содержанием незаменимых аминокислот; например, лизина почти столько же, как в соевых бобах, валина - как в молоке и т.п.

По содержанию ядра различают три группы: высокое - свыше 77%, среднее - 76,9...74,0%, низкое - менее 74%.

На рис. 5.6 приведена технологическая схема подготовительного отделения гречезавода. Схема предусматривает тщательную очистку от примесей и разделение партий на три потока различной крупности после ГТО.

Особенностью является применение на воздушно-ситовых сепараторах и отсевах решет с треугольными отверстиями. Обусловлено это особой формой семян гречихи, которые в проекции имеют треугольную форму, поэтому применение таких отверстий способствует более успешному отделению ряда примесей. Примеси из зерна выделяются на воздушно-ситовых сепараторах, на отсевах, дуоаспираторе, пневмосортировальном столе, триерах. При сортировании в отсевах формируются три фракции крупности: крупная про-

ходом $\phi 6$ и сходом 2,4 x 20, средняя - проходом $\phi 4,2$, мелкая - проходом $\phi 4$ и сходом 2,2 x 20. В триере удаляются рожь, овес и другие длинные примеси.

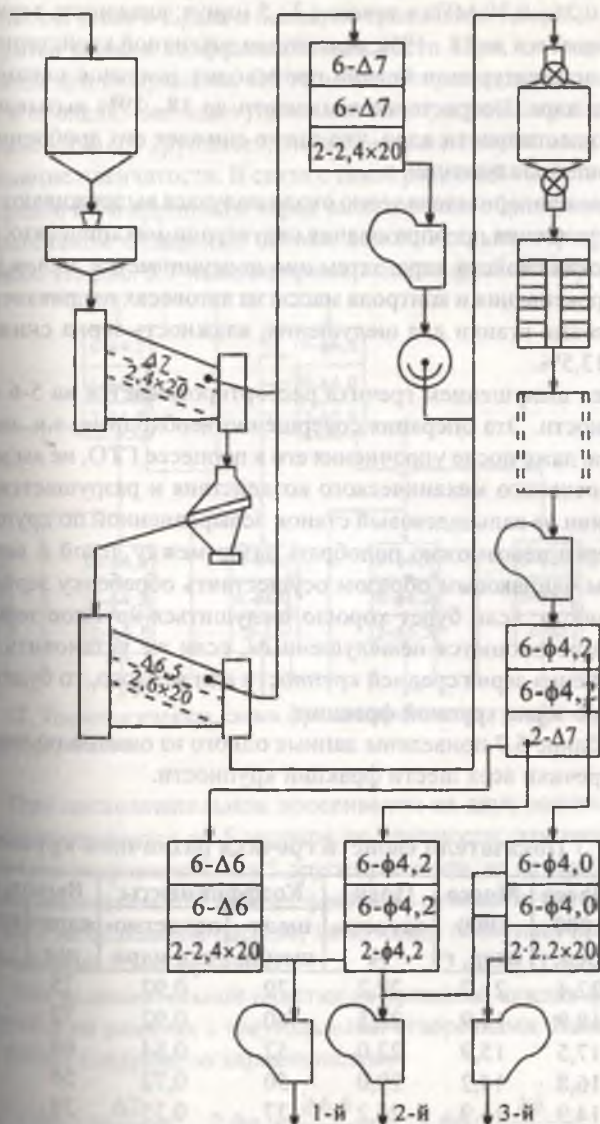


Рис. 5.6. Технологическая схема подготовительного отделения гречезавода

Этап гидротермической обработки включает операции пропаривания, отлежки, сушки, охлаждения. Зерно поступает в пропариватель периодического действия и подвергается обработке паром при давлении 0,25...0,30 МПа в течение 3...5 минут; влажность зерна при этом повышается до 18...19%; вследствие частичной клейстеризации крахмала и денатурации белков происходит заметное увеличение прочности ядра. Возрастание влажности до 18...19% вызывает повышение пластичности ядра, что также снижает его дробление при последующем шелушении.

После пропаривателя зерно около получаса выдерживают в закроме, для усиления преобразования структурно-механических и технологических свойств ядра, затем оно подсушивается, охлаждается и после провеивания и контроля массы на автовесах направляется на вальцедековые станки для шелушения; влажность зерна снижается до 12,5...13,5%.

Перед шелушением гречиха рассортировывается на 5-6 фракций крупности. Эта операция совершенно необходима, т.к. нежное ядро зерна, даже после упрочнения его в процессе ГТО, не выдерживает интенсивного механического воздействия и разрушается. При направлении на вальцедековый станок невыравненной по крупности партии зерна невозможно подобрать зазор между декой и вальцом так, чтобы одинаковым образом осуществить обработку зерна разной крупности: если будет хорошо шелушиться крупное зерно, то более мелкое останется нешелушенным, если же установить зазор для шелушения зерна средней крупности или мелкого, то будет дробиться ядро зерна крупной фракции.

В таблице 5.7 приведены данные одного из опытов по характеристике гречихи всех шести фракций крупности.

Таблица 5.7 Показатели свойств гречихи различной крупности

Фракции	Масса 1000 зерен, г	Масса 1000 ядер, г	Пленчатость, %	Коэффициенты		Выход, %	
				шелушения	целостности ядра	ядрицы	пропада
1	22,4	21,7	22,2	79	0,97	75	11
2	18,9	17,9	22,8	60	0,92	72	12
3	17,5	15,9	23,0	52	0,84	64	15
4	16,8	14,2	29,0	50	0,72	56	16
5	14,9	11,9	25,2	37	0,35	39	18
6	12,9	8,5	26,0	30	0,23	26	20

Обращает на себя внимание заметное различие свойств первых трех и последних трех фракций; в особенности снижаются технологические свойства двух самых мелких фракций. Так, коэффициент шелушения ниже в 2 раза и более, по сравнению с первыми фракциями. Резко снижен коэффициент цельности ядра, т.е. ядро сильнее крошится при шелушении. Об этом же говорят данные о выходе ядра и продела. Наглядно указывают на ухудшение свойств зерна, с уменьшением его крупности, снижение массы зерна и ядра, а также повышение пленчатости. В связи с такой разницей свойств зерна гречихи различной крупности перед шелушением образованные в подготовительном отделении потоки дополнительно сортируются на рассевах. На рис. 5.7 показан пример такого фракционирования.

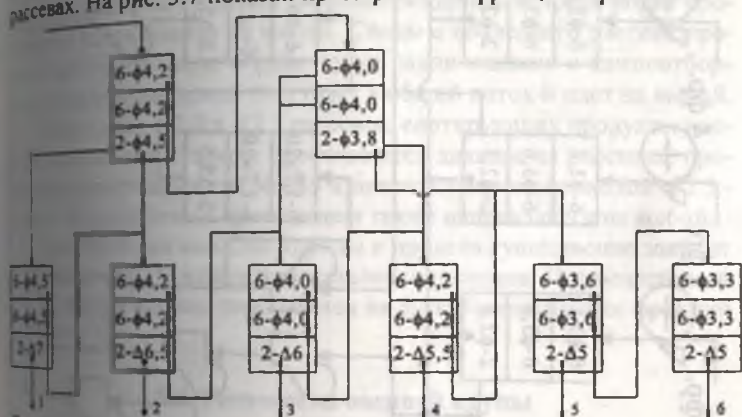
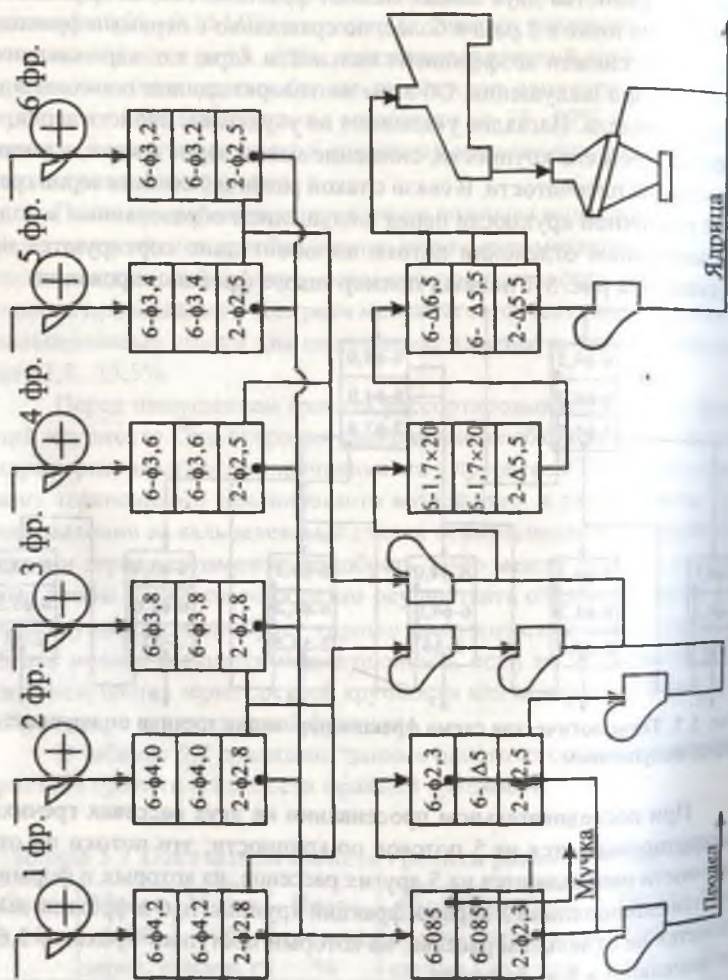


Рис. 5.7. Технологическая схема фракционирования гречихи по крупности перед шелушением

При последовательном просеивании на двух рассевах гречиха рассортировывается на 5 потоков по крупности; эти потоки по отдельности направляются на 5 других рассевов, на которых и формируются окончательно 5 первых фракций крупности; 6-я фракция выделяется на отдельном расसेве, на который поступает проход $\phi 3,6$, не вошедший в 5-ю фракцию.

Для дополнительной очистки от примесей каждая фракция калибруется на решетках с треугольными отверстиями. Поэтому фракции имеют следующую характеристику:

$$1 \text{ фр.} - \frac{\Delta 7}{\phi 4,5}; \quad 2 \text{ фр.} - \frac{\Delta 6,5}{\phi 4,2}; \quad 3 \text{ фр.} - \frac{\Delta 6}{\phi 4,0};$$



Умс. 5.8. Технологическая схема шелушения и крупостделения на гречезаводе

$$4 \text{ фр.} - \frac{\Delta 5,5}{\phi 3,8}; \quad 5 \text{ фр.} - \frac{\Delta 5}{\phi 3,6}; \quad 6 \text{ фр.} - \frac{\Delta 5}{\phi 3,3}$$

Затем каждая фракция самостоятельным потоком направляется на операции шелушения и крупотделения. На рис. 5.8 приведена схема переработки гречихи.

После вальцедековых станков продукты шелушения сортируются на отсевах. Нижние сходы содержат целую крупу - ядрицу; на первых трех отсевах установлены сита с отверстиями $\phi 2,8$ мм, на последних трех - $\phi 2,5$ мм. Ядрица первых трех фракций и последних трех фракций раздельно провеивается для удаления лузги и мучки и одним потоком направляется на отсев; после двукратного сортирования проходом сит $\Delta 5,5$ мм выделяется ядрица, которая после провеивания направляется на выбор. Сходы с последнего отсева проходят дополнительную обработку на падди-машине и камнеотборнике; выделенная ядрица поступает в общий поток и идет на выбор.

Проход сит $\phi 2,8$ и $\phi 2,5$ отсевов, сортирующих продукты после вальцедековых станков, просеиваются дважды на отсевах; проходом металлотканых сит № 085 извлекается мучка, проходом $\phi 2,3$ - продел, который после провеивания также направляется на выбор.

Соотношение выходов ядрицы и продела существенно зависит от проведения ГТО в подготовительном отделении. Под воздействием ГТО выход ядрицы повышается на 5...15%, для разных фракций крупности.

5.4. Технология овсяной крупы

Овес принадлежит к группе настоящих хлебов, вместе с пшеницей, рожью, тритикале и ячменем. Зерновка тонкая, плодовая оболочка покрыта волосками (1...2% от массы зерна); цветковые пленки охватывают зерновку в 2...3 слоя, так что на их долю приходится 20...40%; доля эндосперма составляет 59...63%. Масса 1000 зерен 28...42 г, с увеличением крупности (толщины) пленчатость снижается.

Целая овсяная шлифованная крупа производится высшего, 1-го и 2-го сортов, их общий выход установлен в размере 45,5%; выход дробленки кормовой и мучки - 15,5%.

Овсяная крупа является высокопитательным продуктом; из нее вырабатывают также хлопья и толокно.

По химическому составу зерно овса отличается высоким содержанием жира - до 6,5%, около 10% приходится на клетчатку, крахмал занимает 35-40%, белки - около 10%.

В подготовительном отделении овсозавода зерно тщательно очищают от примесей и подвергают гидротермической обработке. Схема процессов приведена на рис. 5.9.

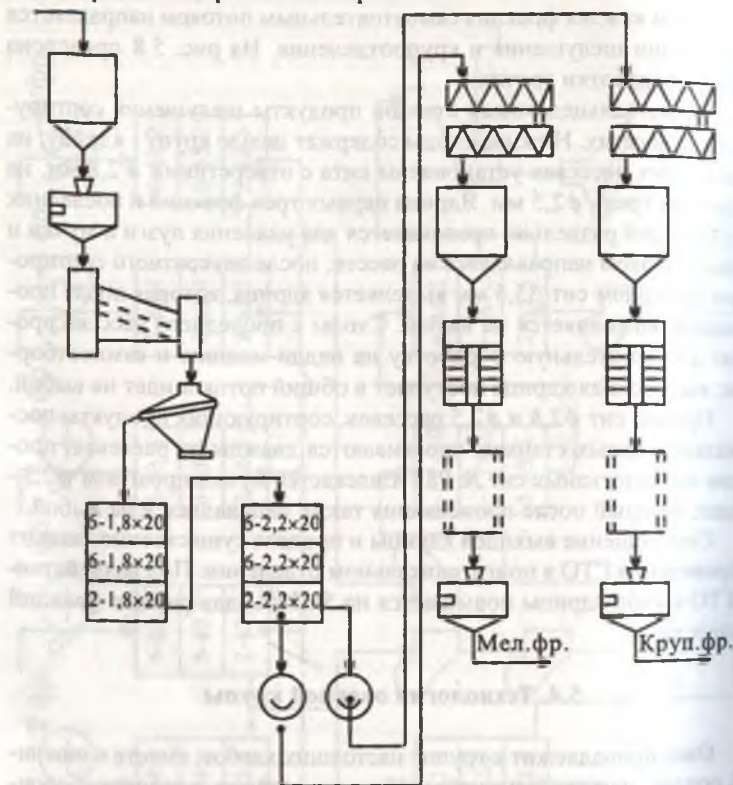


Рис. 5.9. Технологическая схема подготовительного отделения овсозавода

После очистки на воздушно-ситовом сепараторе и камнеотборнике зерно на расसेве сортируется на 2 фракции крупности, которые раздельно поступают на триеры. Затем зерно проходит гидротермическую обработку по классической схеме: пропаривание - сушка - охлаждение. Помимо повышения прочности ядра, ГТО преследует цель также уничтожить горьковатый привкус, обычный для овсяной крупы.

Пропаривание осуществляют при давлении 0,05 - 0,10 МПа в течение 3-5 минут. После непродолжительной отлежки в закрое зерно проходит сушку и охлаждение, при этом его влажность снижает-

ся с 20% до 12,5-13,5%. После взвешивания на автовесах зерно направляется на шелушение.

Шелушение овса можно производить на различных машинах. Издавна применяются обоечные машины, шелушильные поставы, в последнее время в практику овсозаводов все шире входят центробежные шелушители. На рис. 5.10 приведен вариант схемы с использованием шелушильных поставов.

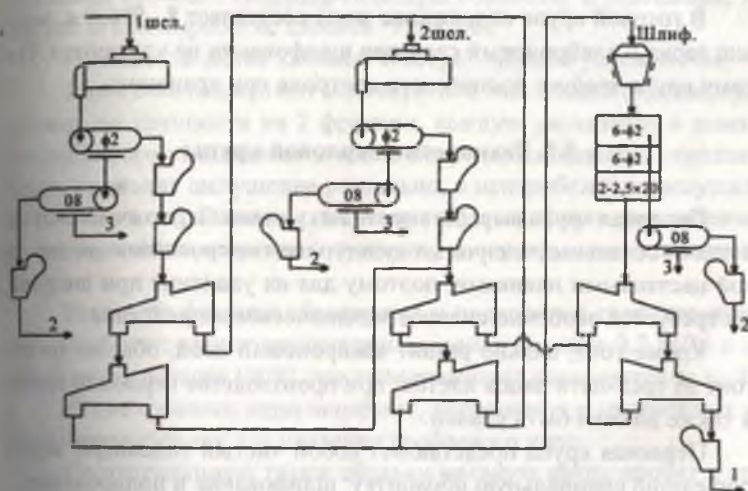


Рис. 5.10. Технологическая схема шелушения и крупотделения на овсозаводе:

1 - крупная шлифованная, 2 - крупная дробленая, 3 - мука

Зерно подвергают двукратному шелушению; оставшиеся необрушенные зерна после 2 шел.с. выделяются на падди-машинах и возвращаются на эту же систему для дополнительной обработки.

После шелушильного постава продукт рассортировывается на две фракции на центробежном бурате; проход сита $\phi 2$ состоит из дробленого ядра и муки и для их разделения направляется на второй центробежный бурат и дуоаспиратор. Сход с $\phi 2$ представляет собой смесь шелушенных и нешелушенных зерен и лузги. Для удаления последней применяют двукратное провеивание на дуоаспираторах, а шелушенные и нешелушенные зерна разделяются на самостоятельные потоки на падди-машинах, причем за два прохода; вследствие этого на шлифовочную систему поступает целое ядро с незначительным содержанием нешелушенных зерен.

Последовательность операций на 1 шел.с. и 2 шел.с. одинакова. На шлифовальном поставе с поверхности зерна удаляются волюски, а также полностью или частично плодовые оболочки. Затем на расसेве выделяется фракция целой крупы, которая проходит дважды через падди-машины, провеивается, и шлифованная крупа направляется в цех готовой продукции. Выделенные на падди-машинах нешелушенные зерна возвращаются на 2 шел.с.

В готовой крупе содержание жира составляет 8...9%, т.е. зародыш зерна и алейроновый слой при шлифовании не удаляются. Поэтому крупа требует постоянного контроля при хранении.

5.5. Технология перловой крупы

Перловая крупа вырабатывается из ячменя. Зерно ячменя отличается от остальных пленчатых культур плотно сросшимися с зерновкой цветковыми пленками; поэтому для их удаления при шелушении требуется особенно сильное механическое воздействие.

Кроме того, сильно развит алейроновый слой, обычно он состоит из трех-пяти рядов клеток; при производстве перловой крупы он также должен быть удален.

Перловая крупа представляет собой чистый эндосперм зерна, прошедший специальную обработку: шлифование и полирование.

По массе сухих веществ в зерне ячменя на долю эндосперма приходится 63...68% (в том числе на алейроновый слой 12-13%), цветковые пленки занимают 8...17%, плодовые и семенные оболочки 5...7%, зародыш 2,5-3,0%.

Содержание белка в нешелушенном зерне находится в пределах 12,0...14,4%, крахмала 51...64%, клетчатки 4,5...9,0%, зольность составляет 2,5...3,5%.

В зависимости от крупности перловая крупа разделяется на пять номеров:

№ 1 - проход решета с отверстиями $\phi 4$ мм, сход $\phi 3,0$ мм ($\phi 4 / \phi 3$);
№ 2 - $\phi 3 / \phi 2,5$; № 3 - $\phi 2,5 / \phi 2$; № 4 - $\phi 2 / \phi 1,5$; № 5 - $\phi 1,5 / \phi 0,56$

Выход крупы установлен в следующих размерах:

№ 1 и № 2 - 36,0%; № 3 и № 4 - 8,0%; № 5 - 1,0%

Итого - 45,0%

Выход мучки установлен в размере 40%.

При выработке лепестковых хлопьев овсяную крупу высшего или 1-го сортов после двукратного контрольного пропуска через падди-машины подвергают дополнительному шлифованию с последующим просеиванием для выделения мучки проходом сита № 08. При этом крупу разделяют на две фракции крупности: крупная фракция образуется проходом сита 2,5 x 20 и сходом 1,8 x 20, мелкая - проходом 1,8 x 20 и сходом № 08. После провеивания крупы с каждой фракцией проводят гидротермическую обработку и плюшение, так же, как и при выработке хлопьев "Геркулес".

При производстве хлопьев "Экстра" процесс усложняется.

Зерно овса подвергают многократной тщательной очистке и разделяют по крупности на 2 фракции, каждую увлажняют в шнеках интенсивного увлажнения и после непродолжительного отволаживания проводят шелушение раздельно, в центробежных шелушителях. После шелушения и провеивания ядро шлифуют для удаления с его поверхности волосков (опушение) и сортируют в падди-машинах.

Затем обе фракции объединяют и подвергают гидротермической обработке: пропариванию при давлении не ниже 0,7 МПа и нагреве крупы не ниже 100°C, при этом влажность повышается на 3...4%.

После сушки ядро шлифуют, провеивают и пропускают через куколеотборник для удаления дробленого ядра.

Подготовленную таким образом овсяную крупу дробят в крупорезках и выделяют фракцию проходом сита 2,5 x 20 и сходом 08, которую после дополнительного просеивания направляют на повторное пропаривание при давлении не ниже 0,7 МПа. В результате влажность крупы повышается до 18%, а температура - до 80...100 °C. Такая крупа при плюшении превращается в тонкие хлопья, толщина которых не превышает 0,2 мм. После высушивания хлопья дополнительно просеивают для удаления мучки и фасуют в пакеты.

Влажность хлопьев всех видов должна быть не выше 12 %.

Время варки хлопьев "Геркулес" около 20 мин, лепестковых хлопьев - 10 мин, "Экстра" - от 15 до 5 мин.

5.7. Технология крупы быстрого приготовления

Крупа используется для приготовления каши, плова, супа, различных гарниров. В любом случае она нуждается в кулинарной обработке - варке. Для потребителя крупы важное значение имеет такая характеристика, как время, необходимое для варки крупы до пол-

ной готовности. Разные виды крупы требуют для варки от 20 до 180 минут.

В особенности долго разваривается перловая и ячневая крупа.

Поэтому издавна стоит вопрос о разработке технологии крупы быстрого приготовления.

В мировой практике разработано много различных способов решения этой задачи. При этом крупа подвергается дополнительной обработке, включающей следующие операции:

- пропаривание,
- предварительная варка,
- плющение,
- вспучивание.

Эти операции применяются самостоятельно или же в различных сочетаниях. Наиболее эффективным способом является вспучивание, вследствие быстрого прогрева увлажненного зерна токами высокой частоты (так называемая микронизация), или же в условиях подвода мощного потока теплоты (например, инфракрасными лучами или же при непосредственном контакте с раскаленной металлической или керамической поверхностью); вспучивание пропаренного зерна происходит также в том случае, если резко снизить давление, от избыточного до нормального или даже отрицательного.

Все эти варианты обработки зерна основаны на том, что в эндосперме происходят глубокие преобразования структуры и биохимической характеристики, причем эти изменения имеют необратимый характер.

В увлажненном зерне при температуре свыше 80°C происходит разрушение крахмальных гранул и их клейстеризация, а белки подвергаются денатурации. Это заметно повышает интенсивность их насыщения влагой и дальнейшего преобразования их свойств. В особенности эффективно в этом смысле вспучивание зерна, когда структура его становится макропористой, ноздреватой.

В результате такой обработки длительность варки крупы может быть сокращена в несколько раз. Такая крупа определяется как быстрорастваривающаяся.

Еще более эффективным является применение экструзионной обработки. Эти продукты получили название сухих завтраков, т.к. они не требуют дополнительной кулинарной обработки (например, кукурузные палочки и т.п.). Полная готовность продуктов к употреблению достигается вследствие воздействия на него в экструдере высокой температуры и механической обработки под высоким давлением.

На рис. 5.14 приведена технологическая схема производства быстрорастворимой ячменной крупы.

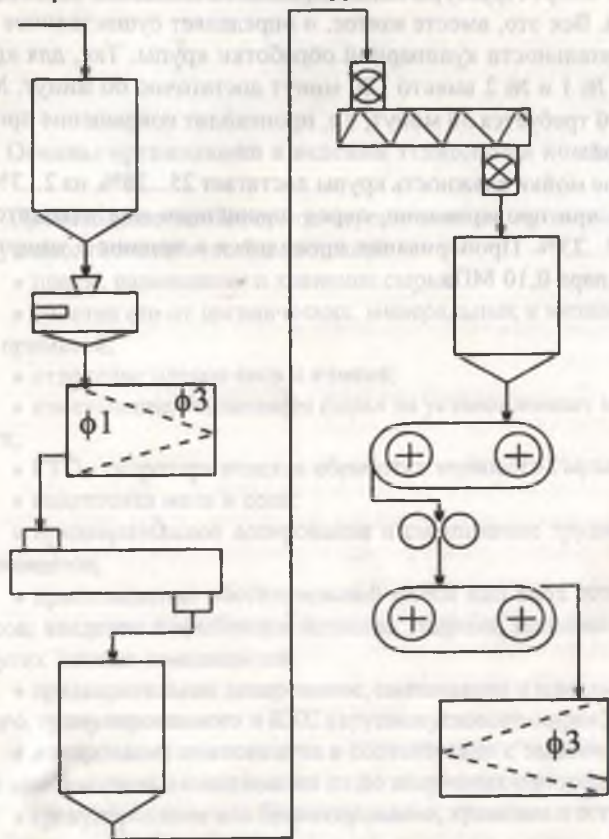


Рис. 5.14. Технологическая схема производства быстрорастворимой ячменной крупы

Перловая крупа после контрольного просеивания на крупосортировке подвергается мойке, затем, после непродолжительного отволаживания пропаривается, проходит отлежку в закреме, подсушивается на ленточной сушилке, плющится на вальцовом станке, окончательно высушивается, просеивается и направляется на выбор в виде хлопьев.

Сочетание мойки, пропаривания и отлежки крупы определяют ее пластификацию, благодаря чему она хорошо плющится и превра-

шается в хлопья. Кроме того, происходит отмеченное выше преобразование микроструктуры эндосперма и его биохимической характеристики. Все это, вместе взятое, и определяет существенное снижение длительности кулинарной обработки крупы. Так, для крупы перловой № 1 и № 2 вместо 180 минут достаточно 60 минут, № 3 - вместо 150 требуется 30 минут, т.е. происходит сокращение процесса в 3...5 раз.

После мойки влажность крупы достигает 25...28%, на 2...3% повышается при пропаривании, перед плющением она находится на уровне 22...23%. Пропаривание проводится в течение 3 минут при давлении пара 0,10 МПа.

Глава 6.

ЧАСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИКОРМОВ

6.1. Основы организации и ведения технологии комбикормов.

Производство комбикормов осуществляется путем выполнения следующих технологических операций:

- ♦ прием, размещение и хранение сырья;
- ♦ очистка его от органических, минеральных и металломагнитных примесей;
- ♦ отделение пленок овса и ячменя;
- ♦ измельчение очищенного сырья до установленных норм крупности;
- ♦ ГТО - гидротермическая обработка зернового сырья;
- ♦ подготовка мела и соли;
- ♦ предварительное дозирование и смешивание трудносыпучих компонентов;
- ♦ приготовление обогатительной смеси или ввод готовых премиксов; введение в комбикорм мелассы, гидрола, технического жира и других жидких компонентов;
- ♦ предварительное дозирование, смешивание и измельчение зернового, гранулированного и ККС (крупнокускового сырья);
- ♦ дозирование компонентов в соответствии с заданными рецептами комбикормов и смешивании их до получения однородной смеси;
- ♦ гранулирование или брикетирование, хранение и отгрузка комбикормов.

В зависимости от принятой технологии на предприятии по производству комбикормов и кормовых концентратов технологический процесс организуется по одному из следующих вариантов:

1 - с подготовкой каждого вида сырья в отдельности и дозированием на заключительном этапе (однокомпонентное измельчение - одноэтапное дозирование);

2 - с формированием предварительных смесей компонентов, двухэтапным дозированием (многокомпонентное измельчение - двухэтапное дозирование);

3 - с совместной переработкой сырья, требующего измельчения, подготовкой остальных компонентов, одноэтапным дозированием (многокомпонентное измельчение - одноэтапное дозирование);

4 - с дозированием всех видов сырья и их совместной переработкой (одноэтапное дозирование - многокомпонентное измельчение).

Для выполнения перечисленных операций современные комбикормовые заводы располагают необходимым количеством соответствующих технологических линий:

- зернового сырья;
- шелушения пленчатых культур;
- мучнистого сырья;
- рассыпной травяной муки;
- прессованного и кускового сырья;
- шротов;
- кормовых продуктов пищевых производств;
- обработки затаренного сырья;
- подготовки соли;
- подготовки мела и другого минерального сырья;
- предварительных смесей трудносыпучих компонентов, предварительных смесей зернового, гранулированного и другого сырья;
- ввода жидких видов сырья;
- ввода карбамида и карбамидного концентрата;
- ввода премиксов;
- подготовки и ввода сена;
- тепловой обработки зернового сырья;
- дозирования и смешивания;
- гранулирования и брикетирования продукции.

Непрерывность процесса зависит от числа подготовительных линий сырья, наличия закрывов над дробилками и дозаторами, а также от правильной организации работы линий.

Подготовительные линии конструируются для переработки сырья с близкими технологическими свойствами, однородными по способу очистки, измельчения и другими видами обработки. Количество подготовительных линий обуславливается производительностью предприятия и ассортиментом вырабатываемой продукции и достигает 12...18 и более. Пропускная способность каждой подготовительной технологической линии рассчитывается на подготовку максимально-допускаемого рецептами количества перерабатываемого сырья.

Комбикормовые предприятия должны работать по схеме технологического процесса, утвержденной в установленном порядке.

6.2. Варианты организации и ведения технологического процесса

6.2.1. Технологический процесс производства комбикормов, кормовых концентратов и БВД по схеме с формированием предварительных смесей компонентов

По такой технологии на предприятиях складские емкости совмещают с наддозаторными и организуют следующие линии:

- предварительной очистки зернового сырья;
- предварительной подготовки жмыхов;
- предварительной смеси зернового, гранулированного и другого сырья;
- предварительной смеси белкового и минерального сырья (линия, цех);
- мучнистого сырья;
- шротов;
- подачи предварительной смеси белкового и минерального сырья;
- основного дозирования и смешивания компонентов.

Технология приготовления предсмеси предусматривает дозирование компонентов, смешивание их, измельчение и подачу в бункера основной линии дозирования, как один компонент.

Для повышения точности дозирования, улучшения технологических свойств трудносыпучего белкового и минерального сырья рекомендуется составление из них предварительных смесей, которые далее перерабатывают как один компонент.

6.2.2. Технологический процесс производства комбикормов, комбикормовых концентратов и БВД по схеме с совместной порционной переработкой сырья

По данной технологии складские силосные емкости совмещают с наддозаторными и включают следующие линии:

- предварительной очистки зернового и гранулированного сырья;
- предварительной очистки шротов, жмыхов;
- мучнистого сырья;
- подготовки белкового и минерального сырья;

- совместной переработки зернового, гранулированного сырья, жмыхов;

- совместной переработки белкового и минерального сырья;
- дозирования и смешивания.

Приготовленные виды сырья накапливают в наддозаторных бункерах. Линия совместной переработки зернового, гранулированного сырья и жмыхов (рис. 6.1) предназначена для дозирования зернового, гранулированного и другого сырья и его совместной гранулометрической подготовки (измельчения). Дозаторы устанавливают под силосами, в которых накапливают сырье, подработанное на линиях предварительной очистки сырья. Порция компонентов, сдозированных на многокомпонентных весовых дозаторах, подвергается очистке от металломагнитных примесей, совместному измельчению и накоплению в бункере перед смесителем.

Линия совместной переработки белкового и минерального сырья (рис. 6.1.). Порцию сдозированных компонентов направляют на просеивающую машину с установкой сит, обеспечивающих требуемую по стандарту крупность, сходовую фракцию измельчают на дробилке, объединяют с проходовой и передают в бункер наддозаторный.

6.2.3. Технологический процесс производства комбикормов, кормовых концентратов и БВД по схеме с дозированием всех видов сырья и их совместной переработкой в смеси

Очищенные от некормовых и металломагнитных примесей зерновые, гранулированные, мучнистые виды сырья, жмыхи и предсмесь белкового и минерального сырья сначала дозируют, смешивают, а затем измельчают до требуемой крупности.

В производственном цехе организуют следующие линии:

- предварительной очистки зернового, гранулированного, мучнистого сырья и жмыхов;
- подачи предсмеси белкового и минерального сырья;
- дозирования и смешивания;
- совместного измельчения смеси всех компонентов и контроля крупности.

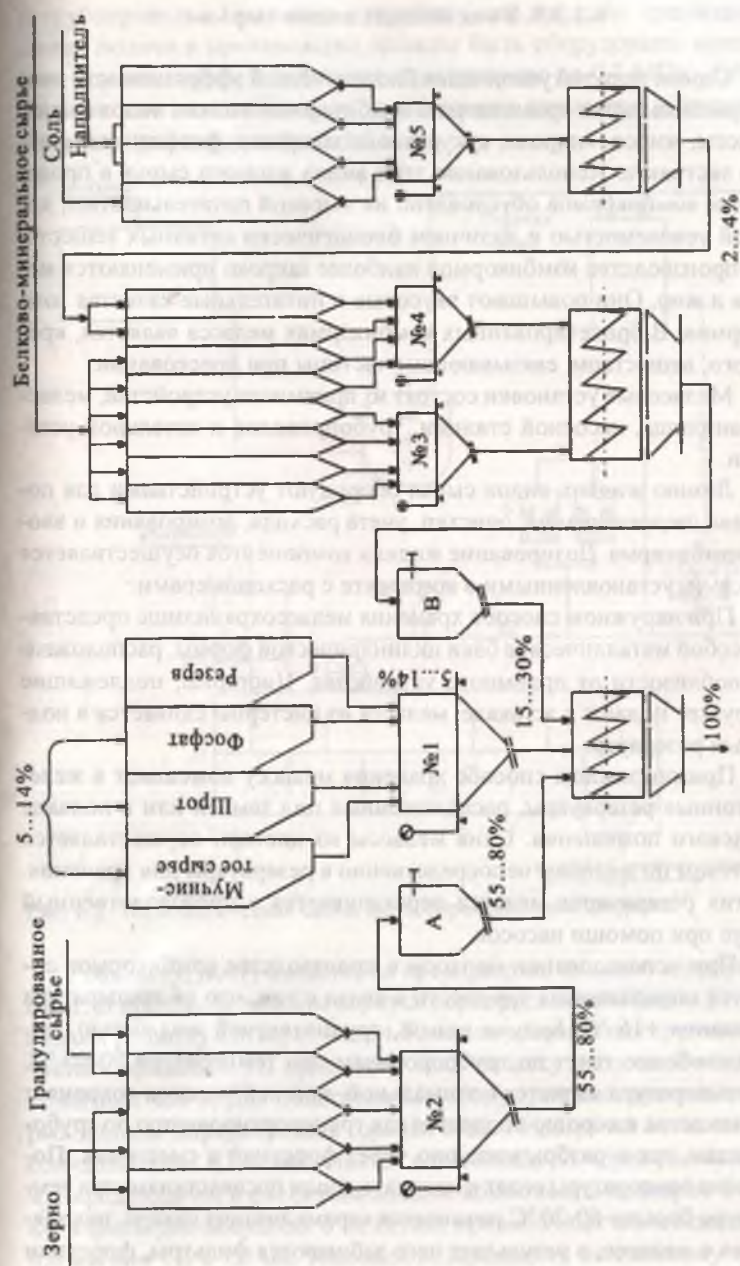


Рис. 6.1. Технологическая схема производства комбикормов и белково-витаминных добавок

6.2.3.1. Ввод жидких видов сырья

Одним из путей увеличения биологической эффективности комбикормов является применение в комбикормах жидких видов сырья: мелассы, жиров, гидрола, кукурузного экстракта, фосфатидов, рыбного экстракта. Использование этих видов жидкого сырья в производстве комбикормов обусловлено их высокой питательностью, хорошей усвояемостью и наличием биологически активных веществ. При производстве комбикормов наиболее широко применяются меласса и жир. Они повышают вкусовые и питательные качества комбикормов. В брикетированных комбикормах меласса является, кроме того, веществом, связывающим частицы при прессовании.

Мелассные установки состоят из приемного устройства, мелассохранилища, насосной станции, трубопроводов и котельной установки.

Линию жидких видов сырья оборудуют устройствами для подогрева, перекачивания, очистки, учета расхода, дозирования и ввода в комбикорма. Дозирование жидких компонентов осуществляется насосами, установленными в комплекте с расходомерами.

При наружном способе хранения мелассохранилище представляет собой металлические баки цилиндрической формы, расположенные поблизости от приемного устройства. Цистерны, подлежащие разгрузке, подают к эстакаде, меласса из цистерны сливается в подземный резервуар.

При подземном способе хранения мелассу помещают в железобетонные резервуары, расположенные под землей или в подвале складского помещения. Слив мелассы из цистерн осуществляется самотеком по желобам непосредственно в резервуары для хранения. Из этих резервуаров меласса перекачивается в производственный корпус при помощи насосов.

При использовании мелассы в производстве комбикормов создаются определенные трудности в связи с тем, что ее температура застывания $+16^{\circ}\text{C}$. Будучи вязкой, труднотекучей жидкостью, меласса свободно течет по трубопроводам при температуре $50-60^{\circ}\text{C}$. Эта температура является оптимальной, при ней меласса сохраняет свои качества и хорошо поддается как транспортированию по трубопроводам, так и разбрызгиванию через форсунки в смеситель. Повышение температуры ведет к нежелательным последствиям: при температуре больше $60-70^{\circ}\text{C}$ начинается карамелизация сахара, находящегося в мелассе, в результате чего забиваются фильтры, форсунки

и трубопроводы. Приемные устройства для мелассы, хранилища и линии подачи в производство должны быть оборудованы подогревом. Для подогрева используют пар (давление до 0,3 МПа). Оборудование для мелассирования комбикормов находится в производственных помещениях (рис. 6.2).

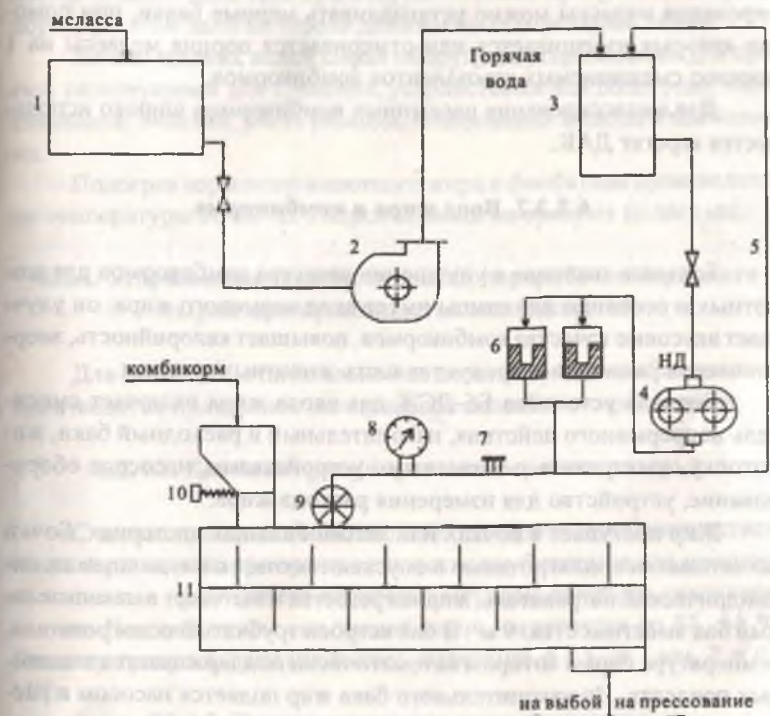


Рис. 6.2. Технологическая схема мелассирования комбикормов

Мелассу, поступающую на предприятие, сливают в приемный бак 1. В производственном корпусе перед расходным баком устанавливают решетку с отверстиями 4-6 мм для улавливания крупных случайных примесей. Из приемного бака мелассу насосом 2 подают в подогреватель 3. Для подогрева бак оборудуют змеевиками, в которых должна циркулировать горячая вода. Подогретая меласса насосом-дозатором НД-4 нагнетается в смеситель 11 через распылитель 9. Перед подачей в смеситель жидкие компоненты повторно очищают в фильтрах-ловушках 6 на сетках проволоочных с ячейками 0,8 x 0,8 мм или 1,0 x 1,0 мм. Излишек возвращается по сливному трубо-

проводу 5 в подогреватель. Меласса, поступающая в смеситель, фиксируется расходомером 8 и регулируется вентилем 7. Количество комбикорма, поступающего в смеситель, регулируют питателем 10, который заблокирован с насосом 4.

При весовом дозировании и порционном смешивании для дозирования мелассы можно устанавливать мерные бачки, при помощи которых взвешивается или отмеривается порция мелассы на 1 порцию смешиваемых компонентов комбикормов.

Для мелассирования рассыпных комбикормов широко используется агрегат ДАК.

6.2.3.2. Ввод жира в комбикорма

Большое значение в улучшении качества комбикормов для животных и особенно для птицы имеет ввод кормового жира: он улучшает вкусовые качества комбикормов, повышает калорийность, энергоемкость рационов и продуктивность животных и птицы.

Типовая установка Б6-ДСЖ для ввода жира включает смеситель непрерывного действия, накопительный и расходный баки, жироотопку, электроталь с захватными устройствами, насосное оборудование, устройство для измерения расхода жира.

Жир поступает в бочках или автомобильных цистернах. Бочки захватываются электроталью и опускаются открытым днищем на цилиндрический нагреватель, жир нагревается и вытекает в накопительный бак вместимостью 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 вместимостью 1 м³, имеющий паровую рубашку для подогрева продукта до температуры 70-80 °С. Внутри бака находится мешалка, обеспечивающая равномерный прогрев продукта. Бак оборудован электронными 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. Производительность установки 10 т/ч при вводе жира от 0,5 до 10%.

Жир можно также подавать в пресс для обогащения гранулированных комбикормов. внедрение жира в количестве до 3% позволяет

снизить расход электроэнергии в среднем на 2% и увеличить производительность пресса в среднем на 30%.

Жир в количестве до 6% может быть подан также в смеситель периодического действия.

Жидкие компоненты вводят при выработке комбикормов в производственном цехе или при отпуске готовой продукции на транспорт. Для этой цели на заводе должны быть отдельные линии.

Линию жидких видов сырья оборудуют устройствами для приема, резервуарами для хранения, устройствами для подогрева, перекачивания, очистки, учета расхода, дозирования и ввода в комбикорм.

Подогрев кормового животного жира и фосфатида производится до температуры 50-70 °С. Гидрол и лизин не требуют подогрева.

6.2.4. Углубленная технологическая переработка зернового сырья при производстве комбикормов

Для повышения питательной ценности зерна в комбикормовом производстве применяют интенсивные способы его подготовки.

6.2.4.1. Двойное гранулирование зернового сырья

С целью повышения питательной ценности и доброкачественности зернового сырья при производстве комбикормов для молодняка животных проводят его обработку методом двойного гранулирования. Под действием сил трения зерно нагревается до 55...65 °С. Диаметр гранул 4,7 мм (не более). Вторично ϕ 3,5...4,7 мм, $P = 0,5$ МПа.

6.2.4.2. Экструдирование зернового сырья

Экструдирование зернового сырья организуют в отдельных цехах (цехах карбамидного концентрата или на специально оборудованной линии). На экструдирование направляется зерновое сырье (как отдельные виды зерна, так и их смесь).

Технология производства включает следующие операции:

- подготовка зерна к экструдированию;
- обработка в экструдерах;
- охлаждение и измельчение экструдированного продукта.

Подготовка зерна к экструдированию включает очистку от сорных примесей (минеральных и металломагнитных), измельчение. Из-

мельчение осуществляют на дробилках с отверстиями сит $\phi 3...4$ мм. Экструдирование производят на экструдерах КМЗ-2У, КМЗ-2М, ПЭК-125х3, КМЗ-2 модернизированный с установкой пропаривателя.

Перед экструдированием проводят увлажнение зерна водой или паром до влажности 17-18%. Процесс экструдирования проводят при следующем режиме:

- температура продукта на выходе 120-130 °С;
- давление пара 1-3 кг/см² (0,1-0,3 МПа);
- расход пара 50-75 кг/т;
- температура пропаренной смеси на выходе из пропаривателя 70...80 °С.

Охлаждение экструдата проводят в горизонтальных охладителях Б6-ДПБ. Измельчение охлажденных гранул осуществляют на лотковых дробилках с применением сит, обеспечивающих требуемую стандартом крупность. Экструдированные зерновые компоненты используют при выработке комбикормов для молодняка животных.

6.2.4.3. Плющение зернового сырья (производство хлопьев)

Зерно увлажняют водой на 4...5%, отволаживают 3-4 часа, пропаривают $P = 0,2...0,4$ МПа. Влажность зерна 20...25%, $t = 100$ °С. Плющение осуществляют на плющильной машине при зазоре 0,2...0,5 мм, хлопья охлаждают до температуры не более 10° от окружающей среды. Высушенные хлопья измельчают на дробилке.

6.2.4.4. Микронизация (обработка инфракрасными лучами) зерна

Линия микронизации предусматривает пропаривание в течение 6...15 мин при расходе пара 50...100 кг/т.

Влажность пропаренного зерна 19...25%. Нагрев ИК-лучами 40...180 с при температуре = 90...98 °С, охлаждение, измельчение.

6.2.4.5. Обжаривание зернового сырья (рис. 6.3)

Обжарочный аппарат представляет собой цилиндрическую камеру вместимостью 700 л. Обжарочная камера аппарата обогревается теплоносителем - маслом АМТ-300 с температурой до 250 °С.

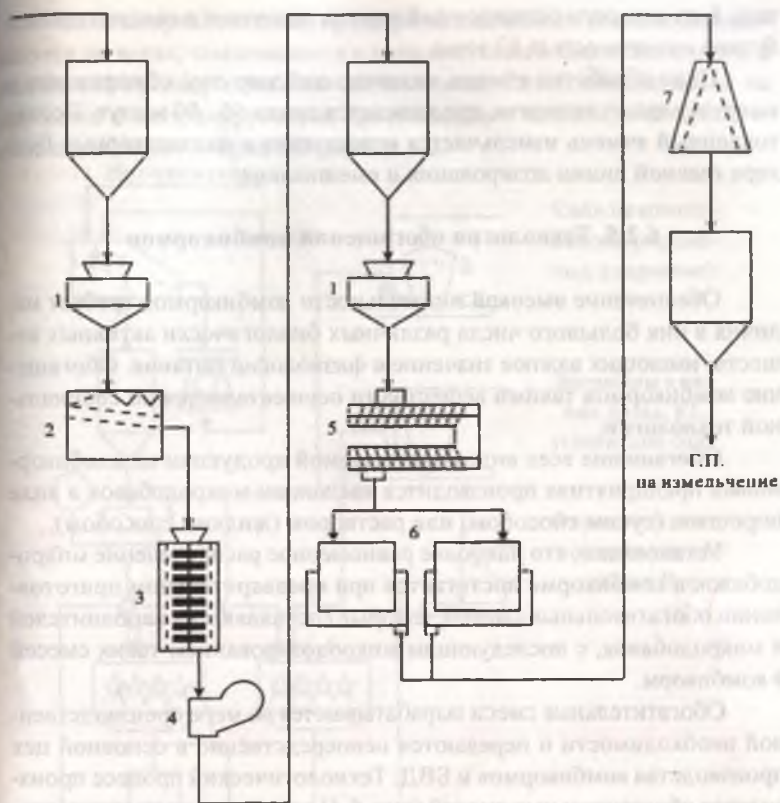


Рис. 6.3. Технологическая схема подготовки зернового сырья на комбикормовом заводе с обжариванием

Ячмень дозируют на дозаторах 1 и после очистки на сепараторе 2 подвергают шелушению 3, затем пропускают через аспирационное устройство для отделения пленок 4 и направляют в наполнительный бункер вместимостью 12 тонн. Из бункера через дозатор 1 зерно поступает в пропаривательный шнек 5 и из него в обжарочный аппарат 6.

В результате обжаривания зерна приобретают коричневый цвет, вспучиваются и частично растрескиваются. Содержание декстринов в зерне после термообработки увеличивается от 1-1,5 до 10-12%.

Процесс обжаривания протекает циклично. В аппарат закружают порцию ячменя (примерно 200-300 кг), происходит обжаривание зерна и затем оно выгружается из аппарата и направляется в охлади-

тель 8, из которого охлажденный ячмень поступает в накопительный бункер вместимостью 12 тонн.

Цикл обработки ячменя, включающий загрузку, обжаривание и выгрузку его из аппарата, продолжается около 60...90 минут. Подготовленный ячмень измельчается и поступает в наддозаторные бункера главной линии дозирования и смешивания.

6.2.5. Технология обогащения комбикормов

Обеспечение высокой питательности комбикормов требует наличия в них большого числа различных биологически активных веществ, имеющих важное значение в физиологии питания. Обогащение комбикормов такими веществами осуществляется по специальной технологии.

Обогащение всех видов выпускаемой продукции на комбикормовых предприятиях производится введением микродобавок в виде порошков (сухим способом) или раствором (жидким способом).

Установлено, что наиболее равномерное распределение микродобавок в комбикорме достигается при предварительном приготовлении обогатительных смесей, которые составляют из наполнителей и микродобавок, с последующим микродозированием таких смесей в комбикорм.

Обогатительные смеси вырабатываются по мере производственной необходимости и передаются непосредственно в основной цех производства комбикормов и БВД. Технологический процесс производства обогатительных смесей (рис. 6.4) состоит из следующих этапов:

- подготовки наполнителя;
- подготовки солей микроэлементов, требующих измельчения;
- подготовки микродобавок, не требующих измельчения;
- смешивания компонентов.

Подготовка наполнителя заключается в контроле его крупности на просеивающей машине с сеткой проволоочной № 1,2 или полотно решетным типа 1 № 14. Проход через сито поступает в бункер над весами, сход измельчается на дробилке и снова направляется на просеивание.

Подготовленный наполнитель отвешивают на весах согласно расчету и направляют для приготовления предварительных смесей микродобавок в малых дозах и в смеситель окончательного смешивания.

Соли микроэлементов, предварительно измельченные, отвешиваются на весах, смешиваются с наполнителем в соотношении 1:1 в смесителе предварительного смешивания. Смесь измельчается на дробилке и контролируется на просеивающей машине, в которой устанавливаются сетки проволочные № 1,2.

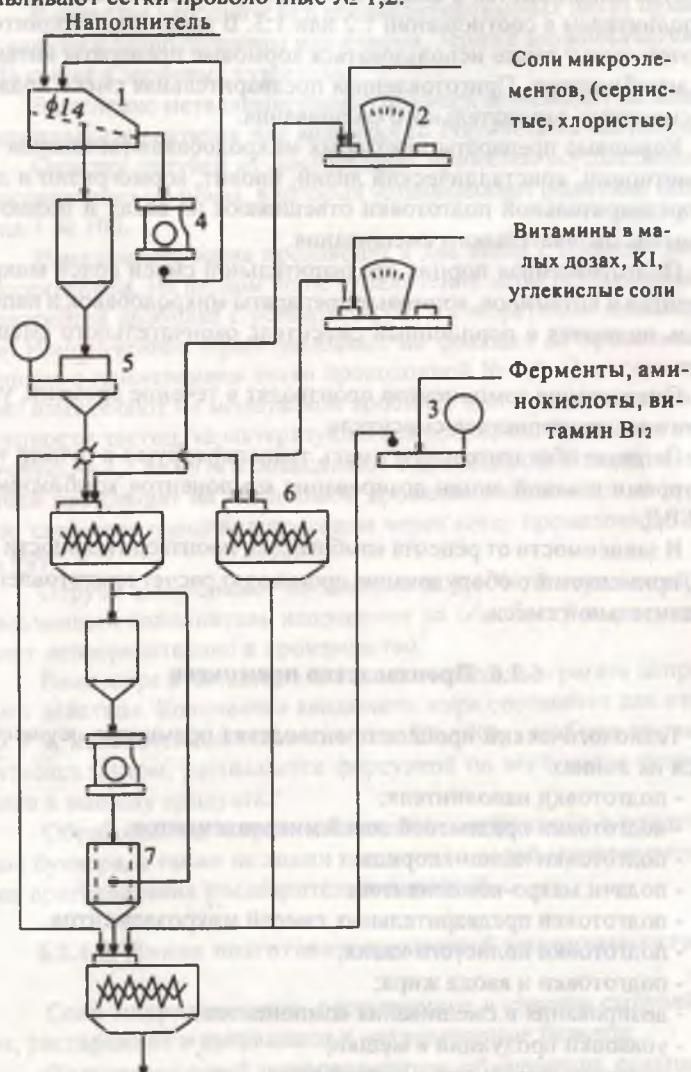


Рис. 6.4. Технологическая схема производства обогащающей смеси

1 - сепаратор, 2, 3, 5 - весовые дозаторы, 4 - молотковая дробилка, 6 - смеситель, 7 - просеиватель

Сходовая фракция доизмельчается на этой же дробилке. Измельченная смесь направляется в смеситель окончательного смешивания.

Углекислые соли микродобавок, витамины фармакопейные, ферментные препараты, антибиотики не подвергаются измельчению. Эти вещества смешиваются в смесителе предварительного смешивания с наполнителем в соотношении 1:2 или 1:3. В качестве наполнителя при этом могут также использоваться кормовые препараты витаминов, антибиотиков. Приготовленная предварительная смесь подается в смеситель окончательного смешивания.

Кормовые препараты некоторых микродобавок (витамины B_1 , B_{12} , метионин, кристаллический лизин, биовит, кормогризин и др.) без предварительной подготовки отвешивают на весах и подают в смеситель окончательного смешивания.

Подготовленная порция предварительной смеси солей микроэлементов и витаминов, кормовые препараты микродобавок и наполнитель подаются в порционный смеситель окончательного смешивания.

Смешивание компонентов производят в течение времени, указанного в характеристике смесителя.

Готовую обогатительную смесь транспортируют в бункер над дозаторами главной линии дозирования компонентов комбикормов или БВД.

В зависимости от рецепта комбикорма, производительности завода, применяемого оборудования производят расчет приготовления обогатительной смеси.

6.2.6. Производство премиксов

Технологический процесс производства премиксов осуществляется на линиях

- подготовки наполнителя;
- подготовки предсмесей солей микроэлементов;
- подготовки холин-хлорида;
- подачи макро-компонентов;
- подготовки предварительных смесей микроэлементов;
- подготовки йодистого калия;
- подготовки и ввода жира;
- дозирования и смешивания компонентов;
- упаковки продукции в мешки;
- упаковки продукции в контейнеры;
- бестарное хранение и отпуска продукции.

6.2.6.1. Линия подготовки наполнителя

Линия предназначена для подготовки наполнителя: очистки от посторонних примесей, металломагнитных примесей, сушки и измельчения.

В качестве наполнителя в специализированных цехах применяют отруби и зерно пшеницы или ячменя. Зерно с влажностью свыше 13% сушат в зерновых сушилках.

Выделение металломагнитной примеси производят на электромагнитных сепараторах или колонках со статическим магнитом.

Очистку отрубей от посторонних примесей осуществляют на просеивающих машинах, в которых устанавливают решетчатые полотна типа I № 100.

Измельчение зерна производят в два этапа с промежуточным просеиванием. На первом этапе измельчение зерна осуществляют на молотковой дробилке с установкой сит с отверстиями диаметром 3 мм. Измельченное зерно разделяют на фракции на просеивающей машине с применением сетки проволочной № 1,2. Сходовую фракцию измельчают на молотковой дробилке или вальцовом станке до крупности частиц, характеризующейся проходом через сетку проволочную № 1,2 на 99% и объединяют с проходовой. Измельчение отрубей производят на молотковой дробилке в один этап до крупности, характеризующейся проходом через сетку проволочную № 1,2 на 99%.

Отруби высушивают до влажности 7-10%. Высушенный и измельченный наполнитель направляют на обработку жиром или подают непосредственно в производство.

Ввод жира в наполнитель осуществляют на агрегате непрерывного действия. Количество вводимого жира составляет для отрубей до 3%, измельченной пшеницы - до 2%. Жир, стабилизированный антиоксидантом, распыляется форсункой по всей массе поступающего в машину продукта.

Обработанный жиром наполнитель направляют в наддозаторные бункера, а также на линии подготовки солей микроэлементов и для приготовления предварительных смесей.

6.2.6.2. Линия подготовки предсмесей микроэлементов

Соли микроэлементов, поступающие в хорошо сыпучей форме, растаривают и направляют в наддозаторные бункера.

Подготовка солей микроэлементов, обладающих повышенной гигроскопичностью и слеживаемостью и требующих измельчения,

осуществляется двумя способами; сушкой и измельчением солей; смешиванием с высушенным наполнителем.

По первому способу соли микроэлементов предварительно измельчают в валковой дробилке, высушивают в сушилке, окончательно измельчают в молотковой дробилке и направляют на дозирование.

При втором способе используется сорбционный метод, при котором измельченные на валковой дробилке соли микроэлементов дозируют с высушенным наполнителем в соотношении 1:1.

Смешиваемую в смесителях периодического действия смесь измельчают на молотковой дробилке и направляют на дозирование в бункера для средних компонентов.

Крупность частиц подготовленной смеси характеризуется следующим показателем: остаток на сите с сеткой № 1,2 - не более 0,5%.

Добавки в микроэлементах, которые не требуют предварительной подготовки, - фармакопейные витамины, антибиотики, углекислые соли микроэлементов и др. - подают непосредственно в бункера для микроэлементов над многокомпонентными весами малой грузоподъемности. Каждый компонент отвешивают поочередно и загружают в смеситель второй стадии смешивания. Приготовление предварительных смесей с наполнителем производят в соотношении от 1:3 до 1:20.

5.2.6.3. Линия подготовки и ввода жира

Линия предназначена для подготовки и ввода в наполнитель жира стабилизированного кормового.

Линию оборудуют накопительными и оперативными емкостями, устройствами для подогрева, перекачивания, очистки и дозирования жира. Емкости для жира должны иметь рубашки, в которые подают горячую воду (95 °С) для поддержания жира в расплавленном состоянии. Ввод жира в наполнитель производят на установке непрерывного действия в количестве 1-3%.

6.2.6.4. Линия дозирования и смешивания компонентов

Дозирование компонентов осуществляется по массе с применением многокомпонентных весовых дозаторов различной грузоподъемности: для наполнителя, макрокомпонентов, средних компонентов и микрокомпонентов. Весы должны работать в автоматическом режиме с применением перфокарт. Разгрузка весов осуществляется по перфокарте количества компонентов.

Смешивание компонентов премиксов производится в несколько стадий в целях наилучшего распределения микродобавок смеси.

За один производственный цикл осуществляются два взвешивания наполнителя: в смеситель предварительного смешивания компонентов и смеситель окончательного смешивания.

6.3. Схема технологического процесса комбикормового завода

Схема предусматривает производство полнорационных гранулированных комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы в соответствии с утвержденной рецептурой. В схеме предусмотрено дозирование на многокомпонентных весовых дозаторах, смешивание на смесителях периодического действия, гранулирование комбикормов в потоке на пресс - грануляторах; обогащение комбикормов микродобавками, дистанционное управление, автоблокировка, производственная сигнализация, повышенная очистка воздуха фильтрами и ряд других мероприятий, направленных на улучшение условий труда. В схеме предусмотрены транспортные линии для инвентаризации зернового и мучнистого сырья.

Прием сырья и отпуск готовой продукции механизированы. Обработка жмыхов и кукурузы в початках производится на линии зернового сырья, для чего на этой линии дополнительно установлен жмыхоломач или другая дробильная машина, а сухого жома, шротов и других компонентов - на линии мучнистого сырья, с установкой на этой линии дробилки.

Производственный корпус состоит из очистительного, дробильного, дозирочно-смесительного отделений, отделения по производству гранулированных комбикормов и силосов для сырья и готовой продукции.

В состав комбикормового предприятия сходит склад соли и мела, бункер для некормовых отходов, компрессорная станция и мелассная установка, расположенная снаружи здания. Внутри производственного здания находится: трансформаторная подстанция, цеховая лаборатория, тепловой пункт, помещение пульта управления, бытовое помещение, комната для цехового собрания и комната мастера цеха.

Весовой учет сырья и готовой продукции (рассыпных комбикормов) ведется по многокомпонентным весам.

Карбамид вводится в комбикорма вместе с мелассой.

Предусмотрено частичное затаривание гранулированных комбикормов на весовыбойном аппарате с зашивочной машиной.

Глава 7.

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Контроль и управление технологическим процессом должны обеспечить высокое качество продукции и ее заданные выхода. Организация и ведение технологического процесса на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах предусматривают решение двух задач:

- первая - выбор оптимального режима подготовки сырья к переработке и режима работы основных систем технологического процесса производства готовой продукции;
- вторая - поддержание неизменных значений выбранных параметров режима в течение всего периода переработки данной партии.

Первую задачу решают посредством использования рекомендаций, изложенных в Правилах организации и ведения технологического процесса, или же путем опытных переработок сырья на лабораторных установках.

Вторая задача требует наличия на предприятиях определенной системы контроля параметров режимов и стабилизации их на заданных уровнях. Организация такой системы сопряжена с особыми трудностями, вследствие сложности современной технологии муки, крупы и комбикормов.

Технологический процесс на зерноперерабатывающих предприятиях организован по принципу разветвленного потока со сложной взаимосвязью отдельных этапов. Несмотря на полную механизацию всех технологических операций, разработать автоматизированные системы управления (АСУ) ими очень трудно, так как технологический процесс многоступенчат, потоки продуктов варьируют по удельному расходу и показателям качества, в зависимости от исходной характеристики поступающего на переработку сырья и вариации режимов на технологических системах. Поэтому в настоящее время используют только на отдельных основных операциях.

Однако на практике многие вопросы из числа необходимых для АСУ технологического процесса (АСУТП) уже разрешены спецификой производства.

На всех предприятиях процесс имеет общие характеристики: иерархическое построение, поточность, полная механизация, наличие большого числа этапов. Технологический процесс на зерноперерабатывающих предприятиях представляет открытую сложную динамическую систему с множеством прямых и обратных связей.

7.1. Рациональная организация автоматизированного управления и контроля

Процесс производства муки, крупы и комбикормов включает в себя множество операций. Выполняют их определенные машины и аппараты, заданный оптимальный режим работы которых надо постоянно поддерживать. Однако в условиях современного производства неизменность режима не может быть обеспечена, вследствие влияния таких факторов, как разрегулирование машин в процессе работы, степень износа их рабочих органов, колебание удельных нагрузок на оборудование и т.п. Все это отрицательно влияет на стабильность выполнения технологических операций.

Свойства поступающего в переработку сырья также подвержены вариации. В особенности это касается свойств зерна, т.к. они 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. Важную роль играют также особенности организации технологического процесса на данном предприятии. Таким образом, процесс производства муки и крупы зависит от огромного количества разнородных факторов, причем степень влияния большинства из них не поддается количественной оценке. Неизбежным следствием этого является непрерывная вариация условий, определяющих выполнение технологических операций, что сказывается на эффективности технологического процесса, оцениваемой выходом и качеством готовой продукции. Для примера в таблице 7.1 приведены данные об изменениях во времени основных параметров поступающего в размольное отделение мукомольного завода зерна и готовой продукции.

Данные таблицы показывают, что наименьшая стабильность характерна для поступления зерна на 1 драную систему (нагрузки), выхода муки высшего сорта и зольности муки второго сорта. Установлено, что на выход муки существенное влияние оказывают внутренние факторы. Их доля составляет для муки высшего сорта 15%, пер-

вого - около 55%, второго - более 60%. Влияние внутренних факторов на качество муки ниже и находится в пределах 10...20%.

Таблица 7.1 Значения коэффициента вариации выходных параметров подготовительного и размольного отделений мукомольного завода сортового помола пшеницы

Параметры	Коэффициент вариации, %
Влажность зерна перед 1 Д	4...6
Натура зерна	0,8...1,5
Стекловидность зерна	3...6
Нагрузка на 1 Д	14...16
Выход муки:	10...12
высшего сорта	
первого сорта	4...6
второго сорта	6...8
Зольность муки:	2...3
- высшего сорта	
- первого сорта	4...6
- второго сорта	9...11
Выход отрубей	4...5

Особо важное значение имеет стабилизация влажности зерна, поступающего в размольное отделение. Изменение структурно-механических свойств зерна и его анатомических частей, а также характера измельчения и сортирования продуктов приводит к тому, что при вариации влажности зерна в пределах 0,1% выход муки высшего сорта изменяется на 0,8%, первого - на 0,5% и второго - на 1,0%. Приведенное в таблице значение коэффициента вариации влажности зерна 4...6% означает, что абсолютные изменения ее равны 0,5...1,0%. Значит, только благодаря влиянию этого фактора выход муки по сортам может снижаться или повышаться в следующих пределах: высшего - до 8%, первого - до 5% и второго - до 10%.

Колебания зольности муки достигают для муки высшего сорта 0,08%, первого 0,10% и второго 0,35%.

Подобная картина характерна также для крупозаводов: вариация основных параметров технологического процесса является основным фактором, определяющим выход и качество готовой продукции. Следовательно, система контроля технологического процесса мукомольного и крупяного производства должна учитывать эту ва-

риацию условий и обеспечивать высокую эффективность переработки сырья, независимо от вышеперечисленных факторов.

Ручное управление технологическим процессом на зерноперерабатывающих предприятиях не может обеспечить стабилизацию его параметров. Значительное влияние оказывают случайные возмущения, общая доля которых в нестабильности процесса может достигать более 50%.

Каждая технологическая операция оказывает определенное влияние на конечный результат процесса - выход и качество готовой продукции и, в свою очередь, 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.

При построении автоматизированной системы обязательно надо учитывать возмущающие воздействия или непосредственно, или же посредством анализа отклонений параметров режима от заданного уровня. В качестве таких возмущающих воздействий может выступать, в частности, состояние воздушной среды в производственных цехах, особенно в размольном отделении. Так, установлено, что при повышении относительной влажности воздуха с 50 до 65% электростатический потенциал капроновых сит падает с 12 кВ до нуля. Это заметно сказывается на эффективности просеивания. Существенное влияние оказывает также затупленность рифлей вальцев, натяжение приводных ремней, колебания напряжения и частоты тока в электросети и т.п.

Применение статистических методов позволило установить, что количественно-качественные показатели технологических процессов переработки зерна следует рассматривать как случайные величины, их распределение в большинстве случаев подчиняется нормальному закону.

На этом основании в качестве показателя стабильности процесса можно выбрать величину среднего квадратического отклонения величины определяющих показателей. На рисунке 7.1 показано распределение некоторого показателя качества при ручном управлении (1) и после стабилизации процесса (2). Видно, что при ручном управлении кривая 1 плотности распределения вытянута вдоль оси X . В результате проведенных мероприятий процесс был стабилизирован, что проявилось в существенном уменьшении величины среднего квадратического отклонения для кривой 2, хотя средняя арифметическая величина X показателя X осталась на прежнем уровне. Од-

нако конечная точка правой ветви кривой распределения стабилизированного процесса заметно отодвинулась от предельно допустимого значения X_0 , установленного стандартом.

Вследствие этого появился резерв увеличения выхода муки. Если до стабилизации процесса, в условиях высокой вариации показателя качества, имелась определенная вероятность выработки муки с предельно допустимым значением X_0 , то после стабилизации эта вероятность исчезла. Значит, появилась возможность сместить вправо среднеарифметическое значение показателя X и поддерживать его на уровне X_1 , вместо X . Смещение $X = X_1 - X$ обеспечивает повышение выхода муки.

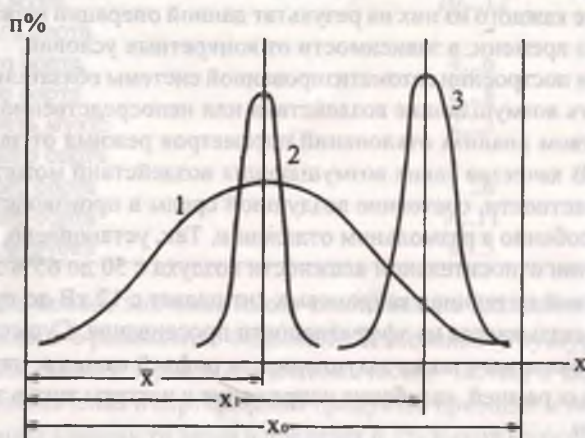


Рис. 7.1. Вариация зольности муки при нестабилизированном ручном управлении 1, после стабилизации 2 и после смещения стабилизированной величины средневзвешенного значения 3

Степень стабилизации технологического процесса можно оценить величиной среднего квадратического отклонения S показателя X от среднеарифметического значения $\bar{X}$: чем меньше S , тем выше стабильность.

Вторым критерием стабилизации процесса может служить отношение средних квадратических отклонений до и после стабилизации S_1/S . Эта величина изменяется в пределах от 0 до 1. Чем меньше ее значение, тем большим может быть изменение качества и выхода муки.

Технологический процесс на зерноперерабатывающих предприятиях целесообразно рассматривать как многостадийный, что позво-

ляет управлять процессом на основе управления его отдельными стадиями (этапами); в настоящее время эта задача решена для мельзаводов. Установлено, что для обеспечения высокой эффективности системы 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 1 драную систему, извлечение продуктов первого качества и т.п.;

- технологическая схема должна быть по возможности упрощена и иметь высокую структурную устойчивость;

- система измерительных преобразователей (датчиков) должна обеспечивать непрерывное поступление информации о параметрах технологического процесса в некоторых основных (узловых) его стадиях.

На конечные результаты переработки зерна в муку и крупу примерно одинаковое влияние оказывает стабильность ведения процессов как в подготовительном, так и в основном (размольном или шелушильном) отделениях. В частности, в подготовительном отделении необходимо обеспечить автоматическую стабилизацию процесса гидротермической обработки в целом и процесса увлажнения зерна. В размольном отделении на выход и качество муки основное влияние оказывают режимы измельчения на первых I...III драных системах, 1-й и 2-й шлифовочных, 1...3-й размольных и на сходовых системах. Следовательно, прежде всего именно на этих системах необходимо стабилизировать технологические режимы.

Отдельные этапы технологического процесса взаимодействуют друг с другом, поэтому изменение параметров одного из них отражается на параметрах других. В связи с этим нужна не просто стабилизация определяющих параметров на отдельных этапах, но синхронизация управляющих воздействий на всех этапах. Это определяется системной сущностью технологического процесса на мельзаводе, его комплексным характером.

Применение математического моделирования позволяет выявить определяющие факторы эффективности процесса, качества готовой продукции и другие, а также оценить вклад каждого из этих факторов в конечный результат. Создание АСУТП таких процессов, представляющих собой сложные открытые динамические системы,

требует разработки математических моделей, формализованно описывающих процесс. В качестве примера приводим модели для основных процессов и сортового помола пшеницы, полученные на основе обработки большой совокупности количественно-качественных балансов помола:

для драного процесса:

$$E = -76,7 + 0,85 И + 100,6\Delta;$$

для размольного процесса:

$$E = -57,9 + 0,58 И + 111,3\Delta;$$

для помола в целом:

$$E = -12,5 + 0,10 И + 87,2\Delta$$

Для первых систем драного процесса модели приведены в главе 4.

Здесь

$$\Delta = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0}$$

где Z_0 и Z_1 - зольность поступающего на систему и извлеченного на системе продукта.

Анализ показывает, что эффективными эти операции и процессы можно признать только в том случае, если значения критерия E находятся в следующих границах: для I Д от 9,0% до 14,5%, для II Д от 23,5% до 43,0%, для III Д от 24,0% до 33,5%, для драного процесса от 32,4% до 43,6%, для размольного процесса от 25,1% до 39,0%, для помола в целом от 43,1% до 50,2%. Особо важное значение имеет снижение зольности извлекаемых продуктов.

Важное значение имеет рациональное построение контроля качества сырья и готовой продукции. Особенность состоит в том, что большинство показателей качества зерна, муки и крупы требует для своего определения значительной затраты времени (например, для определения зольности). Поэтому их анализ проводят один-три раза в течение смены. Исключение составляет белизна муки, для определения которой существуют установки дистанционного контроля 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 и крупы, а также зерна, методы анализов, позволяющие автоматизировать их определение, пока не разработаны.

7.2. Методы оценки эффективности технологии муки, крупы и комбикормов

Рациональная организация контроля и управления технологическим процессом должна обеспечить высокую эффективность переработки зерна. Особенность мукомольного и крупяного производства состоит в том, что в общей структуре затрат на единицу массы готовой продукции затраты на зерно составляют от 94% до 96%. В связи с этим при практической организации и ведении технологического процесса необходимо обеспечить максимальный выход готовой продукции высшего качества.

Однако оценка эффективности переработки зерна только по выходу и зольности муки не позволяет сравнивать результаты производственной деятельности различных заводов, перерабатывающих зерно разного качества. Существует несколько косвенных методов, позволяющих оценить технологическую эффективность. Одним из них является метод построения кумулятивной кривой зольности муки.

Получение исходных данных, их обработка, расчет и построение кумулятивной кривой и ее анализ требуют значительных затрат времени; обычно на это уходит несколько дней. Поэтому данный способ можно использовать только для систематического контроля технологического процесса, его корректировки, например, один раз в квартал.

Еще больший промежуток времени необходим для снятия полного количественно-качественного баланса помола. Поэтому его проводят не чаще двух раз в течение года.

Для постоянного контроля технологического процесса необходим метод, не требующий значительных затрат времени. Хорошие результаты можно получить при организации контроля муки по белизне. Между белизной и зольностью муки существует тесная корреляция, для индивидуальных партий взаимосвязь практически прямолинейна. Значит, посредством контроля белизны муки можно осуществлять косвенный контроль за ведением технологического процесса помола для каждой отдельной партии зерна.

Наглядно отражает эффективность переработки зерна анализ изменения технологического показателя K вдоль кумулятивной кривой. На рис. 7.2 приведены три графика, которые дают возможность достаточно объективно сравнить результаты деятельности различных мельниц. Интересно, что по достижении определенного общего

выхода муки эффективность начинает снижаться. Очевидно, это указывает на целесообразный предел извлечения муки.

Рассмотренные методы позволяют оценить технологическую эффективность помола только косвенно. Разработан прямой метод оценки этой эффективности, который позволяет количественно выразить степень извлечения эндосперма в муку в процессе сортового помола. Метод непосредственно определяет степень использования потенциальных возможностей зерна, что и составляет его физический смысл. Исходя из этого условия, технологическая эффективность процесса сортового помола (%)

в общем виде может быть выражена следующим образом:

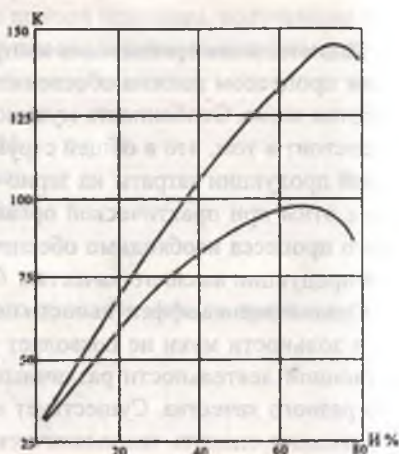


Рис 7.2. Кумулятивная кривая технологического показателя эффективности сортового помола пшеницы: 1 - 1923 г., 2 - 1988 г.

$$\eta = \frac{I_1 x_1}{m_0 x_0} \cdot 100\% \quad (7.1)$$

где: $I_1 x_1 = I_1 x_1 + I_2 x_2 + \dots + I_n x_n$; $I_1, I_2, \dots, I_n$ - выход муки и манной крупы по сортам; $x_1, x_2, \dots, x_n$ - выбранный оценочный показатель качества.

Принципиальное значение имеет выбор показателя качества x , входящего в формулу. По условию он должен быть основан на определении содержания таких веществ, которые находятся только в крахмалистом эндосперме и совершенно отсутствуют в оболочках, алейроновом слое и зародыше. В случае пшеницы к таким веществам относятся крахмал и клейковина, в случае ржи - крахмал. Их распределение по конечным продуктам помола непосредственно отражает распределение по ним крахмалистого эндосперма зерна, который более чем на 90%, по массе сухих веществ, состоит из крахмала и клейковины. Исходя из этого, определение содержания именно этих

веществ в зерне и в продуктах его размола выбрано для использования при расчете технологической эффективности.

Особенность применения такого метода - ведение расчета только по относительному содержанию сухих веществ. Это исключает влияние влажности, которая различна для зерна и продуктов его переработки и в каждом конкретном случае имеет другое значение.

Изложенный метод обладает достаточно высокой чувствительностью. Например, при одной и той же влажности зерна перед 1 дражной системой, одинаковой влажности муки, одинаковом ее выходе, равном 75%, и содержания в зерне 70% крахмала и 10% сухой клейковины результаты двух помолов показали, что содержание крахмала в муке в обоих случаях составило 65%, а сухой клейковины в одном случае 15%, а во втором 10%. Технологическая эффективность в первом случае равна 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% (повысилось на 5%), то технологическая эффективность возросла с 88,2 до 93,7%.

Таким образом, метод позволяет непосредственно определить извлечение крахмалистого эндосперма в муку. Метод обеспечивает высокую точность и чувствительность к малейшим изменениям в организации и ведении процесса помола. Все используемые в расчете величины имеют вполне определенный физический смысл, их легко определить в производственной лаборатории. В связи с небольшой затратой времени (в пределах 1 ч) на проведение анализов и обработку результатов данный метод можно использовать не только для систематического, но и для оперативного контроля эффективности технологического процесса сортового помола пшеницы.

Для реализации этого метода содержание эндосперма в зерне пшеницы можно проводить также расчетно-аналитическим способом, описанным в приложении 1.

На крупозаводах для оценки эффективности технологического процесса можно также использовать подобный метод, основанный на определении содержания в зерне чистого ядра и выхода крупы.

7.3. Правила организации и ведения технологического процесса на предприятиях

Организацию и ведение технологических процессов производства муки и крупы регулируют руководящими положениями и реко-

мендациями, изложенными в специальных сборниках - Правилах. В этих документах регламентированы:

- схемы технологических процессов подготовки сырья и производства муки, крупы и комбикормов;
- показатели качества зерна, поступающего на эти предприятия;
- показатели качества зерна, прошедшего подготовительное отделение мукомольных или крупяных заводов;
- показатели качества готовой продукции;
- режимы гидротермической обработки зерна;
- режимы измельчения на основных системах технологического процесса размола зерна или же режимы шелушения;
- процессы формирования муки по сортам;
- порядок расчета выходов готовой продукции.
- организация процесса на отдельных технологических линиях комбикормовых заводов и т.п.

Таким образом, Правила организации и ведения технологического процесса являются для технологического персонала основным документом, которым он должен руководствоваться при организации процесса.

Вместе с тем необходимо иметь в виду, что 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 уточняя их каждый раз, применительно к конкретным условиям (это не относится к требованиям государственных стандартов; их выполнение всегда обязательно).

Глава 8.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ МУКОМОЛЬНОГО И КРУПЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА

При производстве муки и крупы образуются побочные продукты - отруби, мучка, лузга, рациональное использование которых в народном хозяйстве имеет важное значение.

Отруби применяют в комбикормовом производстве в качестве одного из компонентов комбикормов, в производстве премиксов в качестве наполнителя, в микробиологической промышленности как питательный субстрат. Лузгу рисовую, гречневую, просяную используют в химическом производстве, а также в качестве топлива.

Однако анализ химического состава этих продуктов показывает, что они могут служить сырьем для производства ценных продуктов питания или же биологически активных веществ.

В таблице 8.1 приведено содержание некоторых важных веществ в этих продуктах. Анализ этих данных показывает, что в побочных продуктах присутствует много биологически важных веществ, необходимых для полноценного питания. В зародыше содержится много жира и белка. Белок зародыша отличается хорошей усвояемостью и биологической полноценностью, а жир более чем на 80% состоит из непредельных жирных кислот и содержит значительное количество (до 2%) фосфолипидов.

В таблице 8.2 приведено содержание незаменимых аминокислот в отрубях, мучке и зародыше, полученных при сортовом помоле пшеницы. Из данных таблицы видно, что в этих продуктах присутствуют все восемь незаменимых аминокислот, не синтезируемых в человеческом организме; в особенности много их в белке зародыша. Богаты побочные продукты мукомольного и крупяного производства и различными витаминами (табл. 8.3).

Подобные результаты получаются и при анализе мучки рисовой, гороховой, ячменной и других.

Практически все побочные продукты имеют ценный минеральный состав. Например, пшеничные отруби содержат около 10 мг/кг фосфора, 40...50 мг/кг марганца, более 80 мг/кг цинка, более 10 мг/кг калия, 5...10 мг/кг меди, а также более 15 других макро-и микро-

элементов (кобальт, фтор, железо и т.п.), необходимых для нормального протекания различных биохимических и физиологических процессов в человеческом организме; в ржанных отрубях содержание железа достигает 40 мг/кг, марганца 15 мг/кг и т.д.

Таблица 8.1 Химический состав побочных продуктов мукомольного и крупяного производства, % с.м.

Продукты	Белок	Крахмал и другие углеводы	Клет- чатка	Жир	Золь- ность
Отруби	15...18	30...45	8...12	3...4	4...7
пшеничные					
Отруби	15...17	50...55	9...13	3...4	5...7
ржанные					
Мучка:	14...16	60...65	4...5	3...4	2...3
- пшеничная					
- ржаная	19...21	55...60	10...13	5...7	2...3
- гречневая	9...21	60...63	7...9	2...3	3...4
- рисовая	8...16	45...55	15...10	10...18	10...13
- овсяная	10...13	60...65	10...12	4...6	5...6
- ячменная	15...18	55...65	5...8	2...4	3...5
- гороховая	20...25	45...55	7...9	3...5	3...4
- кукурузная	9...11	65...70	3...5	4...6	2...3
- просьяная	12...15	45...55	10...15	8...10	4...6
Зародыш:	25...30	35...45	2...4	8...12	4...6
- пшеничный					
- кукурузный	12...18	45...50	4...7	25...30	3...5
Лузга:	4...5	30...35	45...55	1...2	12...14
- просьяная					
- гречневая	4...6	50...60	20...25	1...2	6...8
- овсяная	3...5	20...25	50...55	1...2	15...18
- ячменная	3...6	20...25	60...70	1...2	7...9
- рисовая	2...3	10...15	35...45	1...2	18...22
- гороховая	3...7	15...20	55...65	0,5...1	2...3

Зародыш содержит более 20 макро-и микроэлементов. При этом содержание фосфора достигает 1% и более, калия также более 1%, свыше 50 мг/кг натрия, около 100 мг/кг железа, в значительном количестве присутствуют также медь, цинк, кобальт и другие микроэлементы.

Таблица 8.2 Содержание незаменимых аминокислот в побочных продуктах мукомольного производства, мг/100 г

Продукты	Лизин	Треонин	Валин	Лейцин	Изолейцин	Метионин	Фенилаланин	Триптофан
Отруби пшеничные	790	680	920	1210	620	310	770	230
Мучка пшеничная	650	560	800	1160	580	290	750	270
Зародыш пшеничный	1910	1120	1340	1840	1060	580	1210	310

Таблица 8.3 Содержание витаминов в побочных продуктах мукомольного производства, мг%

Продукты	Тиамин	Рибофлавин	Ниацин	Пиридоксин	Токоферол	Бетаин	Холин	Пантотеновая кислота	Фолиевая кислота
Отруби пшеничные	2,29	0,56	34,6	0,97	6,8	559	246	3,7	0,18
Мучка пшеничная	2,70	0,29	5,0	0,56	3,6	412	186	1,5	0,10
Зародыш	2,54	0,69	8,7	1,36	16,9	562	349	2,5	0,24

Все это указывает на высокую пищевую ценность побочных продуктов мукомольного и крупяного производства. В связи с этим во всех развитых странах в настоящее время уделяют особое внимание их рациональному использованию. Разработаны способы применения зародыша, отрубей и мучки при производстве диетических продуктов питания, обогащения пищевых продуктов витаминами, микроэлементами и другими биологически важными веществами, путем добавки к ним зародышевого продукта или тонко измельченных

отрубей. Зародыш является также хорошим сырьем для производства растительного масла (кукурузного, рисового, пшеничного).

В ряде стран пшеничный зародыш добавляют к хлебу в количестве 3...5%. в результате хлеб получается полноценным по незаменимым аминокислотам, витаминам и микроэлементам.

Хорошие результаты получают также при производстве сахарного печенья с добавкой до 10% пшеничных зародышей. Применяют зародыш и в производстве специальной муки для кондитерской промышленности, которая идет на выработку шоколадных конфет, тортов, пирожных, кремов и другой продукции.

Используют зародыш и в фармацевтической и микробиологической промышленности, в связи с высоким содержанием в нем комплекса витаминов и непредельных жирных кислот. Рекомендуются зародыш для диетического питания при болезнях кровеносной системы, дерматозах, нервных расстройствах, для профилактики атеросклероза, для укрепления организма при физическом переутомлении. Употребление в пищу 50 г зародыша удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в витаминах.

Оставшийся после экстракции масла из зародыша продукт отличается высоким содержанием белка - более 30%, ценным аминокислотным и минеральным составом. Его используют в виде обогапителя при изготовлении хлебобулочных изделий, сухих завтраков и диетических кулинарных блюд.

Хорошим сырьем для масложировой, фармацевтической и микробиологической промышленности является также мучка, особенно рисовая.

Однако широкое использование зародыша и мучки для производства продуктов питания сдерживается их нестойкостью из-за высокого содержания жира, богатого ненасыщенными жирными кислотами. Они быстро окисляются, что вызывает прогоркание масла и придает неприятный вкус и запах зародышу и мучке. Для предотвращения этого нежелательного явления разработаны и применяются различные методы их стабилизации, в частности сушка или даже поджаривание. При этом биологически активные вещества должны сохраняться.

В зависимости от способа обработки стабилизированный зародыш может храниться от одного месяца до двух лет.

Зародыш используют и в качестве компонента специальных рецептов комбикормов для пушных зверей. В результате интенсифицируется их размножение, заметно повышается качество меха.

Приложение 1.

Метод определения массовой доли эндосперма в зерне пшеницы

При сортовом помоле мука должна быть получена только за счет избирательного измельчения крахмалистой части эндосперма, а оболочки, алейроновый слой и зародыш должны направляться в отруби. Поэтому важно иметь сведения о содержании эндосперма в зерне данной партии, чтобы составить прогноз о возможном выходе муки при его помоле.

Метод основан на статистическом анализе геометрической характеристики зерна и отличается достаточной точностью для практических условий мукомольного производства, причем не требует большой затраты времени.

Метод основан на результатах сложного исследования, в котором выполнено многократное сравнение результатов, полученных различными прямыми и косвенными методами.

Расчет содержания крахмалистой части эндосперма в зерне осуществляется по следующей формуле:

$$m_1 = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \cdot 100 - m_2$$

где V_0 - объем зерна.

V_1 - объем оболочек с алейроновым слоем.

m_2 - массовая доля зародыша зерна.

Объем зерна определяется соотношением:

$$V_0 = 0,52 \cdot a \cdot b \cdot l$$

где a, b, l - ширина, толщина и длина зерна.

Объем оболочек и алейронового слоя представляет собой произведение площади внешней поверхности зерна F на толщину покровных тканей δ :

$$V_1 = F \cdot \delta$$

причем площадь внешней поверхности находится по формуле:

$$F = -0,02a^2 + 3,76b^2 + 0,88l^2$$

Статистический анализ литературных данных и экспериментальное изучение разнообразных партий зерна показывает, что среднее значение толщины покровных тканей зерна пшеницы составляет 0,065 мм, а массовая доля зародыша равна 2,5%.

Следовательно, имея данные о линейных размерах зерна, можно определить массовую долю эндосперма. Для этого достаточно измерить с точностью до 0,1 мм 50 зерен, отобранных из образца методом случайной выборки, и рассчитать среднесрифметические значения ширины, толщины и длины зерна.

Пример. При анализе партии зерна пшеницы сорта Саратовская 29 получены следующие среднесрифметические значения геометрических размеров:

ширина $a = 3,0$ мм,

толщина $b = 2,6$ мм,

длина $l = 6,2$ мм.

На этом основании находим:

Объем зерна $V_0 = 3,0 \cdot 2,6 \cdot 6,2 \cdot 0,52 = 25,1$ мм³

Площадь внешней поверхности зерна:

$F = -0,02 \cdot 9,0 + 3,76 \cdot 6,76 + 0,88 \cdot 38,44 = 59,07$ мм²

Содержание покровных тканей:

$V_1 = 59,07 \cdot 0,065 = 3,8$ мм³

Массовая доля крахмалистой части эндосперма:

$$m_2 = \frac{25,1 - 3,8}{25,1} \cdot 100 - 2,5 = 82,3\%$$

Глава 9.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ МУКИ И КРУПЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СЕЛЬСКОГО ТИПА

Возрождение российской деревни, развитие фермерских хозяйств требует восстановления сельских мельниц и крупорушек для обслуживания местного населения. До 1931 г. ветряные или водяные мельницы были почти в каждом селе. Несмотря на извне простоту, это были полностью механизированные предприятия с хорошим инженерным оснащением.

Современное технологическое оборудование и научно обоснованные принципы технологии позволяют осуществить эффективную переработку зерна в муку или крупу высокого качества. Привод можно осуществить от ветряного, водяного или электрического двигателя.

На рис. 9.1 приведена принципиальная схема сортового помола пшеницы для мельницы на 30...50 т/сутки. От примесей зерно очищают на сепараторе и триерах, увлажняют и отволаживают. Помол производится на четырех вальцовых станках, поровну разделенных между драным и размольным процессами. Для вымола оболочек используют бичевую машину, просеивание всех продуктов ведут на рассевах, пересев прохода вымольной машины можно вести на центробежном бурате, крупная и средняя крупка с I и II драных систем извлекается нижним сходом с рассева и обогащается на ситовечной машине, после чего направляется для тонкого измельчения на I Р. Мелкая крупка и дунсты с I Д и II Д - проход сит нижнего яруса рассева идут на 2 Р. Мука извлекается на всех системах. Сход с рассева 4 Р можно возратить в драной процесс на вымольную машину или обработать самостоятельно, на отдельной бичевой машине.

Для мельницы на 15...20 т/сут схема упрощается. В этом случае исключаются 3 Р и 4 Р и ситовечная машина. Драной процесс также можно сократить до трех систем. Эта же схема пригодна и для сортового помола ржи на 15...20 т/сутки.

При необходимости проведения простого помола зерна в обойную муку достаточно двух-трех систем измельчения.

На мельницах до 10 т/сутки можно использовать жернова, на III Д или на вымол; обойный помол можно осуществить на двух жерновах, при сортировании продуктов на центробежных буратах.

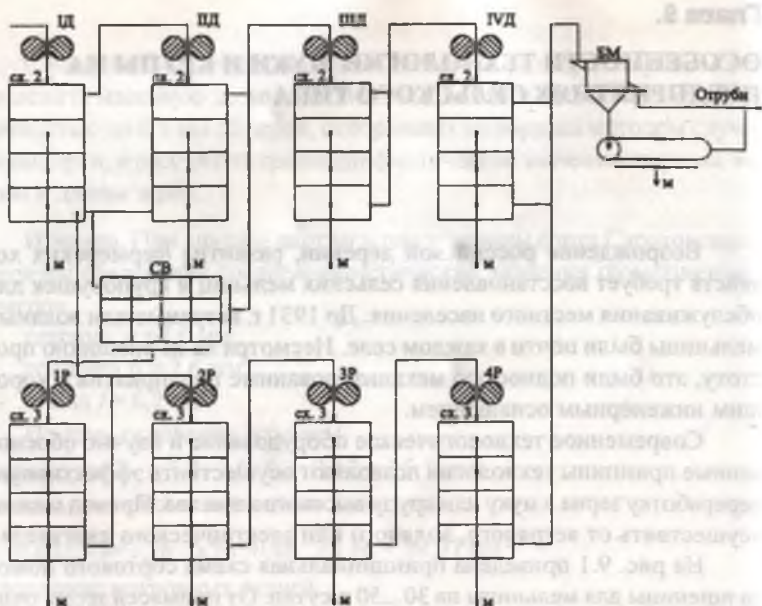


Рис. 9.1. Принципиальная технологическая схема сортового помола пшеницы на мельнице сельского типа

По упрощенным схемам можно вести и переработку крупяных культур.

На рис. 9.2 представлена схема производства гречневой крупы. в этом случае необходимо при подготовке к шелушению не только очистить зерно от примесей, но и разделить его на несколько (хотя бы 3-4) фракции крупности и провести гидротермическую обработку: пропаривание и сушку. Этот процесс можно заменить прогревом (легким поджариванием) увлажненного зерна, но эффективность его ниже. Шелушение гречихи, выделение ядрицы, продела, мучки и лузги проводят, как обычно. Для шелушения можно использовать не только вальцедековый станок, но и шелушильный постав. Для сокращения затрат на строительство и оборудование крупороушки предусмотрена поочередная переработка разных фракций крупности зерна.

Производство пшена ведут по обычной схеме: после шелушения на поставе продукт провеивают для удаления лузги и мучки и повторяют шелушение еще раз или два; обычно за три прохода достигается хорошая обработка проса, так что остаток нешелушенных зерен не превышает 3%.

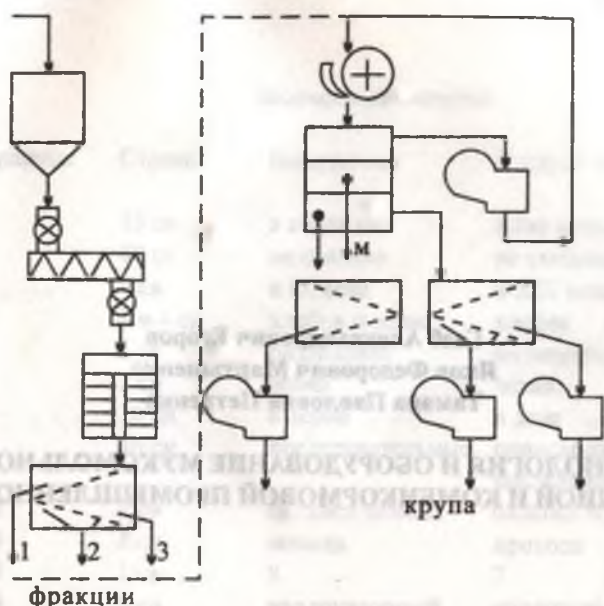


Рис. 9.2. Принципиальная технологическая схема сельской крупорушки

При выработке овсяной крупы также следует проводить гидро-термическую обработку - пропаривание, подсушивание, охлаждение. Шелушение ведут на поставках или центробежных шелушителях, сортируют крупу на триерах. Лузгу и мучку удаляют на аспираторах.

Переработку ячменя в перловую крупу можно осуществить на обоечных машинах с абразивным цилиндром; за 4-5 проходов обеспечивается достаточное шелушение и частичное шлифование зерна. Получается хороший пенсак, который желательно подвергнуть дополнительной обработке - шлифованию на машине ЗШН. Если же вместо наждачных обоек использовать ЗШН, то эффективность процесса повышается.

Таким образом, если оборудовать сельскую крупорушку вальцедековым станком, шелушильным поставом, рассевом и машиной ЗШН для шлифования перловой или овсяной крупы, то можно осуществить переработку в крупу зерна практически любой культуры.



**Глеб Александрович Егоров
Яков Федорович Мартыненко
Тамара Павловна Петренко**

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МУКОМОЛЬНОЙ,
КРУПЯНОЙ И КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Редактор А.В.Шилова
Корректор А.В.Шилова**

Сдано в набор 5.06.96 г. Подписано в печать 7.08.96 г. Формат 60х84 1/16.
Бумага тип. № 1. Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл.-печ.л. 12,3. Уч.-
изд.л. 10,3. Изд. № 44. Тираж 2000 экз.
Заказ 83. Цена свободная.

125080, Москва, Волоколамское ш., 11
Издательский комплекс МГАПП

Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	следует читать
8	13 стр	а анализом	анализом
8	10 стр	не связано	связанных
14	9 стр	в IX веке	XIX веке
25	3 и 4 стр	хлебов и зерна	исбоов
31	1 стр	разделенис	разделенис
58	2 стр	зерно	ерна
71	10 стр	в зерне	зоне
81	16 стр	последовательнь	происходят
			последовательные
142	2 стр	баланса помола	баланса муки
153	1 стр	похода	рохода
187	1 стр	8	наддозаторный
189	3 стр	наддохаторный	перед подачей в
191	4 стр	в смеситель	меситель
			сходят
191	12 стр	сходит	на их
207	4 стр	на из	