

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

М.М. Гафин

**ТЕХНОЛОГИЯ МУКОМОЛЬНОГО, КРУПЯНОГО И
МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА**
краткий курс лекций



гДимитровград - 2021

УДК 664/6
ББК

Гафин М.М. Технология мукомольного, крупяного и макаронного производства: краткий курс лекций / М.М. Гафин - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2021.- 81 с.

Рецензенты: Шигапов Ильяс Исхакович, доктор технических наук, доцент кафедры «Технология производства, переработки и экспертизы продукции АПК» Технологического института – филиала ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Технология мукомольного, крупяного и макаронного производства: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Утверждено
на заседании кафедры «Технология производства, переработки и
экспертизы продукции АПК»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 10 от 11 мая 2021г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 10 от 11 мая 2021г.

© Гафин М.М. 2021

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Технология является основой производства. 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.

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.

Технология муки находится в постоянном развитии, разрабатываются и внедряются в производство новые технологические операции, новые машины и аппараты. Для оценки эффективности их применения нужен специалист, владеющий современными методами технологии. В особенности возрастает роль инженера-технолога 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. В настоящее время в России действуют 448 промышленных мельниц и промышленность обеспечивает народнохозяйственную потребность в муке на 90%.

Ассортимент мукомольной промышленности включает 50 наименований основных и побочных продуктов, производимых при переработке пшеницы, ржи и тритикале, установленных действующими стандартами и техническими условиями.

Тема 1. «Технологические свойства зерна».

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 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 особенностей выращивания и комплекса агротехнических мероприятий.

В мукомольной промышленности этот технологический потенциал определяется двумя основными показателями:

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

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

Соотношение масс анатомических частей зерна определяет потенциальный выход продуктов его переработки. 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%.

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%.

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

При производстве сортовой муки наружные покровы зерна необходимо выделить в виде побочных продуктов - отрубей, 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 желателно выделить в качестве самостоятельного продукта.

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

По химическому составу зерно хлебных культур характеризуется высоким содержанием крахмала. Известно, что все химические вещества неравномерно распределены по анатомическим частям зерновки, что связано с различной органической функцией зародыша, эндосперма и оболочек.

Так, 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

крупне резко снижает возможный срок их хранения; поэтому их удаляют в процессе размола. Крахмал, как основное запасное питательное вещество семени, необходимое для развития нового растения, накапливается во внутренней части эндосперма, расположенной под алейроновым слоем.

Белки, способные образовывать клейковину, также расположены только в крахмалистой части эндосперма пшеницы, ячменя, ржи, тритикале.

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.

Физико-химические свойства твердых сыпучих материалов определяются большим числом показателей, выбор которых зависит от поставленной инженерной задачи. Для зерна, как сырья для производства муки, основное технологическое значение имеют его геометрические характеристики (линейные размеры, форма, объем, площадь внешней поверхности), крупность и выравненность зерновой массы, натура зерна, масса 1000 зерен, стекловидность.

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

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, 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 удельная поверхность зернового слоя повышается. Следовательно, в случае мелкого зерна процесс тепловлагообмена с окружающей средой должен развиваться интенсивнее, чем в случае крупного.

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 натуре 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 натуре. При натуре выше 740 г/л влияние ее менее заметно. При снижении натуре ухудшается и качество муки.

Масса 1000 зерен положительно коррелирует с крупностью зерна, его стекловидностью, плотностью, поэтому она оказывает заметное влияние на технологические свойства 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 партии на несколько фракций.

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

Контрольные вопросы.

1. Дайте понятие «технологического потенциала» зерна.
2. Каково анатомическое строение зерновки пшеницы и ржи и его влияние на выход сортовой муки?

3. Объясните взаимосвязь химического состава зерна с качеством вырабатываемой из него муки.
4. Какова технологическая значимость геометрической характеристики зерна? Где ее учитывают и каким образом?
5. Дайте понятие «натуры» зерна и определите условия положительного влияния ее на выход муки.
6. Как классифицируют мягкую пшеницу по стекловидности? Ее значение при сортовых помолах пшеницы?
7. Назовите основные показатели структурно-механических свойств зерна и определите их влияние на мукомольные достоинства его.
8. Как влияет влажность помольной партии зерна на выход и качество муки?
9. Обоснуйте необходимость удаления зародыша и алейронового слоя при производстве сортовой муки.

Тесты по теме 1.

Тест 1. Показатели структурно-механических свойств зерна: а) влажность; б) натура; в) прочность; г) плотность; д) микротвердость; е) твердозерность.

Тест 2. Показатели физико-химических свойств зерна: а) влажность; б) содержание клейковины; в) натура; г) плотность; д) прочность; е) стекловидность.

Тест 3. Технологический потенциал выше в зерне пшеницы при содержании крахмалистой части эндосперма (%): а) 77; б) 80; в) 82; г) 85.

Тест 4. Стекловидность помольной партии пшеницы при хлебопекарном сортовом помоле должна быть не ниже (в %): а) 40; б) 50; в) 60.

Тест 5. Расположите анатомические части зерновки в направлении повышения содержания витаминов в них:

а) оболочки;

б) алейроновый слой; в) зародыш;

г) эндосперм.

Тема 2: «Классификация муки и помолов».

Мука - важнейший продукт переработки зерна является основным сырьем для производства хлеба, булочных, бараночных и макаронных изделий.

Муку классифицируют на виды, типы и сорта.

Вид муки определяется наиболее постоянными биохимическими и анатомическими особенностями, характерными в целом для зерна этой культуры, из которой мука получена.

Основные виды муки:

-пшеничная;

-ржаная;

-пшенично-ржаная.

В пределах вида муку подразделяют на типы.

Мука разных типов отличается особенностями ее физико-химических свойств и технологических достоинств, определяющих ее целевое назначение.

Различают следующие типы муки пшеничной: хлебопекарная, для макаронных и кондитерских изделий.

Мука ржаная чаще бывает только хлебопекарного назначения.

Каковы же особенности разных типов пшеничной муки?

Пшеничная хлебопекарная (табл. 1) характеризуется средним выходом клейковины нормального качества, имеет относительно высокую водопоглотительную и сахарообразующую способности. Получают такую муку из мягкой пшеницы средней силы с добавкой или без добавки сильной и твердой пшеницы.

Макаронная мука отличается малой влагоемкостью, способностью образовывать плотное упругое тесто (не темнеющее). Используют твердую или высокостекловидную пшеницу с большим содержанием сырой клейковины, достаточно эластичной и светлоокрашенной.

При помоле измельчают продукт до относительно крупных частиц, в несколько раз больше, чем частицы хлебопекарной муки. Мука, готовая к потреблению, отличается от хлебопекарной тем, что к ней добавляют соли, сахара, химические разрыхлители, сухое молоко и другие компоненты по рецептуре.

Сорт муки является особенно важной категорией муки всех видов и типов. Основой, определяющей сорт муки, является количественное соотношение содержащихся в ней различных тканей зерна. Изменение количественного соотношения этих частей вызывает изменение состава и свойств муки.

Мука разных сортов отличается по многим признакам: цвету, зольности, содержанию клетчатки и других веществ, неравномерно распределенных в тканях зерна.

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.

Таблица 1

Нормы качества муки хлебопекарной

Сорт муки	Зольность, %, не более	Крупность помола		
		Остаток на сите, № / %, не более	Проход через сито, № / %, не менее	Содержан. клейковины %, 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% ниже зольности зерна до очистки	067/2	38/30	20
Мука ржаная				
Сеяная	0,75	27/2	3	-
Обдирная	1,45	045/2	3	-
Обойная (То же, что и пшеничная)				

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 избирательного измельчения различных анатомических частей зерна вынуждает существенно усложнять технологию муки: необходимо вводить дополнительные этапы процесса, в которых происходит сортирование

на фракции по добротности, на основе различия физико-химических и структурно-механических свойств эндосперма, оболочек и зародыша.

Все помолы разделяют 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 (применяют в комбикормовом производстве).

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.

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 процесс подготовки зерна к измельчению.

Контрольные вопросы.

1. Назовите виды и типы муки.
2. Какие показатели качества учитываются при определении «сортности» ржаной и пшеничной муки?
3. Почему содержание клейковины в пшеничной муке первого сорта выше по сравнению с мукой высшего сорта?
4. Сформулируйте понятие «разового» и «повторительного» помолов. Какие помолы применяют в мукомольном производстве?
5. Приведите пример простого помола зерна и кратко охарактеризуйте его особенности.
6. Какие помолы зерна называют «сложными»? В чем их принципиальные отличия?
7. Мука каких помолов наиболее богата витаминами и почему?

Тесты по теме 2

Тест 1. Расположите сорта пшеничной хлебопекарной муки в направлении повышения ее зольности:

- а) обойная;
- б) первый;
- в) второй;
- г) высший.

Тест 2. Содержание и качество клейковины характеризуют хлебопекарные достоинства муки:

- а) ржаной;
- б) пшеничной.

Тест 3. Наименьшей зольностью характеризуется мука ржаная:

- а) обдирная;
- б) обойная;
- в) сеяная.

Тест 4. Сорты хлебопекарной пшеничной муки с наибольшим содержанием клейковины:

- а) высший;
- б) первый;
- в) второй;
- г) обойная.

Тест 5. К простым помолам ржи относят:

- а) обдирный;
- б) сеяный;
- в) обойный.

Тема 3: «Технология подготовки зерна к помолу».

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.

Завершают операцию 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.

Очистка зерновой массы от примесей.

Партии зерна, поступающие на зерноперерабатывающие предприятия, содержат некоторое количество посторонних примесей, которые должны быть удалены из них в подготовительном отделении.

Кроме удаления примесей сепарирование используют для выделения мелкого зерна, а также фракционирования зерна по крупности для повышения выравниваемости зерна по одному из размеров.

Таким образом, сепарирование представляет собой разделение исходной смеси на составляющие ее компоненты, а машина, в которой смесь разделяется по одному или более признаку, называют сепаратором.

При организации сепарирования используют различие компонентов исходной смеси по следующим признакам:

- геометрической характеристики частиц (размерам, форме, сферичности);
- аэродинамическим свойствам;
- гидродинамическим свойствам;
- плотности, упругости, коэффициенту трения;
- магнитным свойствам;
- электрофизическим свойствам.

Например, сепарирование по длине зерен осуществляют на триерах, по ширине зерен - на ситах с круглыми отверстиями, по толщине зерен - с продолговатыми отверстиями; при очистке гречихи от семян дикой редьки применяют сита с треугольными отверстиями.

Возможность сепарирования исходной смеси с заданной эффективностью определяется ее делимостью по избранному признаку, опытное определение которой основано на статистическом анализе вариации значения признака у компонентов смеси.

Эффективность сепарирования считается наивысшей, если имеет место полное выделение в чистом виде каждого из составляющих смесь компонентов.

При очистке зерна от примесей задача формулируется в упрощенном варианте: должно быть обеспечено полное выделение в чистом виде только одного компонента.

В этом случае технологическую эффективность процесса оценивают по формуле:

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

где X_1 и X_2 - содержание выделяемых примесей в зерновой смеси до и после сепарирования, %;

m -содержание в отходах годного зерна, %.

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

х 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.

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.

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.

Обработка 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. Для удаления всех этих загрязнений поверхность зерна обрабатывают сухим или мокрым способом перед направлением в помол. В первом случае применяют обочные машины или проводят шелушение зерна в машинах ЗШН. При мокром способе обработки поверхности зерна используют моечные и машины для мокрого шелушения зерна.

Применение моечных машин обеспечивает высокий технологический эффект, но при этом расход воды питьевых кондиций находится на уровне 2 м³ 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 еще 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 мокрого шелушения, которые обеспечивают эффект на уровне моечных машин, но при этом расход воды снижается почти в 10 раз.

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%.

Гидротермическая обработка зерна.

Основная цель гидротермической обработки зерна (ГТО) на мельницах состоит в направленном изменении исходных технологических свойств зерна для стабилизации их на оптимальном уровне.

Поступающее зерно обычно имеет невысокую влажность, структурно-механические свойства эндосперма 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. На мельнице процесс ведут так, чтобы снизить прочность эндосперма и повысить прочность оболочек. Степень изменения этих свойств зависит от конкретного способа ГТО и параметров этого процесса.

Основным способом ГТО является так называемое холодное кондиционирование зерна, при котором зерно увлажняют, после чего некоторое время его выдерживают в закромах - проводят его отволаживание. 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 различного зерна температурный оптимум лежит в границах

45...55°C, однако процесс холодного кондиционирования проводят при температуре атмосферы, т.е. $20\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$.

Для увлажнения зерна используют различные машины, из которых наилучший эффект обеспечивают машины БШУ-шнеки интенсивного увлажнения, 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 конструкции шнека вода равномерно распределяется по всем зернам и хорошо ими впитывается.

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. Это необходимо для того, чтобы достигнуть равномерного перемещения зерна в закроме сверху вниз, 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. Вторым этапом увлажнения - отволаживания проводят только для зерна пшеницы средней и высокой стекловидности, для ржи и тритикале ограничиваются одним этапом.

Формирование помольной партии 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.

Предварительное формирование помольной партии ведут на элеваторах или в зерноочистительном отделении мельзавода, а окончательное - после

основного этапа ГТО, т.к. продолжительность отволаживания зависит от стекловидности зерна.

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. 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 средней арифметической величины.

Технология подготовки зерна к простому помолу.

При подготовке зерна к простому помолу основное внимание уделяют выделению из зерновой массы примесей. Для этого используют воздушно-ситовые сепараторы (один или два прохода), камнеотборник, триеры. Обработку поверхности зерна ведут на обочных машинах с абразивным цилиндром (отсюда и название муки - обойная) - один или два прохода. Вместо обочных машин применяют также шелушители типа ЗШН, при этом удаляют 2...4% оболочек; в результате мука получается с пониженным содержанием клетчатки, зольность ее также снижается.

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

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

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

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.

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 обочных машинах с абразивной поверхностью. При этом удаляют 2...4% оболочек, что благоприятно

сказывается на белизне муки. После повторного пропуска через воздушно-ситовой сепаратор зерно доувлажняют на 0,3...0,4% и отволаживают перед размолом в течение 15...30 минут.

Технология 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 технологических свойств; основным вариантом ГТО является холодное кондиционирование.

Рекомендуется вести отдельно 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.

Предварительная очистка от примесей, до ГТО, осуществляется последовательно на воздушно-ситовом сепараторе, камнеотборнике, триере - куколеотборнике, концентраторе или триере – овсюгоотборнике. Затем проводят обработку зерна на обоечной машине и после провеивания на аспираторе осуществляют холодное кондиционирование зерна в один или два этапа, в зависимости от исходной стекловидности зерна. Для тщательной очистки поверхности зерна после ГТО его пропускают вновь через обоечную машину. Далее зерно обрабатывают на энтолейторе для уничтожения клещей и скрытой зараженности; при этом, вследствие интенсивного механического воздействия на зерно в рабочей зоне энтолейтора, происходит дополнительное разрыхление эндосперма. Завершается очистка зерна на аспираторе или воздушно-ситовом сепараторе.

Перед измельчением обязательно проводят доувлажнение зерна на 0,3...0,5% и отволаживают в течение 20...40 минут, В результате этого влажность оболочек повышается, 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 отдельной подготовки.

Перед обоечными машинами установлены магнитные аппараты для удаления ферромагнитных примесей. В начале и в 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.

Контрольные вопросы.

1. Каковы требования к качеству зерна, подаваемого в зерноочистительное отделение и в размол?
2. Какова сущность процесса сепарирования и факторы, влияющие на технологическую эффективность сепараторов?
3. Дайте характеристику примесей зерновой массы и применяемого оборудования для их выделения.
4. Укажите последовательность расположения зерноочистительных машин в схеме очистки зерна от примесей.
5. В чем заключается технологическое назначение обоечных машин? Каковы факторы, влияющие на эффективность их работы?
6. Назовите цели, задачи и методы ГТО зерна.
7. Каковы сущность, режимные параметры и технологическая значимость холодного кондиционирования зерна?
8. Какие физико-химические процессы происходят в зерне при ГТО?
9. Что такое «помольная партия зерна»? Каковы цели ее составления и методика расчета состава помольной смеси?
10. К чему сводится технология подготовки зерна пшеницы и ржи к простым и сортовым помолам?
11. В чем состоят принципиальные отличия технологических схем при различных помолах?

Тесты по теме 3.

Тест 1. Для выделения из зерновой массы длинных и коротких примесей используют:

- а) камнеотборники;
- б) триеры;
- в) ситовоздушные сепараторы.

Тест 2. Магнитные сепараторы обязательно устанавливаются перед:

- а) сепараторами;
- б) обоечными машинами;
- в) шелушительными машинами;
- г) триерами;
- д) вальцовыми станками.

Тест 3. Эффективность очистки поверхности зерна оценивают снижением:

- а) микрофлоры;
- б) зольности;
- в) прочности.

Тест 4. Последовательность операций при подготовке зерна к простому помолу:

- а) обработка поверхности зерна;
- б) очистка от примесей;
- в) холодное кондиционирование;
- г) взвешивание зерна.

Тест 5. Последовательность операций при подготовке зерна пшеницы к сортовому помолу:

Тема 4: «Процессы измельчения и сортирования на мукомольных заводах».

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

В качестве основных критериев технологической эффективности измельчения 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, просеявшегося 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:

$$И = (m_2 - m_1) / (100 - m_1) \cdot 100\% ,$$

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

Однако этот показатель отражает только количественную сторону процесса. Необходимой объективностью обладает критерий эффективности процесса измельчения, учитывающий не только извлечение $И\%$, но и относительное снижение зольности измельченных продуктов по сравнению с зольностью поступающего продукта:

$$E = И \cdot (Z_0 - Z_i) / Z_i, \%$$

где Z_0 и Z_i - зольность продукта до и после вальцового станка.

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

Удельная энергоемкость измельчения определяется как работа, затраченная на образование единицы вновь образованной поверхности частиц

продукта в результате измельчения и ее оценивают обычно расходом 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. На степень измельчения влияют: форма поверхности вальцев, характеристика рифлей, отношение окружных скоростей парноработающих вальцев, величина зазора между ними, удельная нагрузка, технологические свойства зерна и другие факторы. 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 парноработающих 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. При расположении рифлей «острие по острию» грани острия обоих парноработающих вальцев врезаются в частицу, когда она поступает в зону измельчения. Так как быстровращающийся валец опережает медленновращающийся, то его рифли срезают часть зерна, в то время как рифли медленновращающегося 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».

Заметное влияние на измельчение продуктов оказывает и уклон рифлей. Чем больше уклон рифлей, тем выше степень измельчения. 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 зоне 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 медленно вращающегося (V_m) валцов, их относительную скорость (V_o), соотношение этих скоростей (V_b/V_m).

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:

$$N = S \cdot n \cdot (V_b/V_m - 1),$$

где S - длина пути измельчения, мм - зависит от размера частицы, величины межвальцевого зазора и диаметра валцов;

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

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

Сортирование продуктов измельчения зерна по крупности в технологии муки 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. 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 крупок: крупную, среднюю и мелкую и две фракции дунстов - жесткий и мягкий. Частицы мельче дунстов формируют муку, частицы крупнее крупной крупки именуется сходовыми продуктами,

В таблице 2 приведена классификация промежуточных и других продуктов измельчения зерна по крупности при сортовых помолах пшеницы. 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. Прочерки в таблице свидетельствуют об отсутствии сит из того или иного материала.

Классификация продуктов измельчения зерна пшеницы по крупности.

Продукты	Номер сита				
	Металло- тканного	Шелкового крупного	Шелко- вого муч- ного	Капронового	По швейц. нумерац.

Сходовые продукты	1	-	-	7	18
Крупка: -Крупная	1/056	71/120	-	7/ 12	18/32
Средняя	056/04	120/160	-	12/17	32/42
Мелкая	04/-	160/200	-	17/23	42/52
Дунст: -жесткий	-	200/260	25/29	23 /29	52/66
мягкий	-	260/-	29/38	29/43	66/9
Мука	-	-	38...55	43 ...64	9...14

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

Технологическая эффективность процесса сортирования продуктов измельчения в отсевах зависит от большого числа разнородных факторов: свойств частиц продукта, коэффициента их трения по материалу сита, гранулометрического состава продукта, удельной нагрузки на сито, характеристики сита, особенностей конструкции отсева, 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 проходových частиц составляет m_1 , то коэффициент извлечения определяется формулой:

$$n = (m_1 / m_0) \cdot 100\%,$$

где m_1 – содержание проходových частиц в проходе.

Коэффициент недосева характеризует относительное количество проходových частиц, оставшихся в сходовом продукте, т.е. не просеявшихся сквозь сито:

$$n = (m_0 - m_1) / m_0 \cdot 100\%.$$

Сумма этих коэффициентов равна 100%.

Выделенные в отсевах 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 низкочольную чистую крупку. Если же частицы получены из поверхностных слоев зерна, то они могут содержать также алейроновый слой и даже оболочки; такую крупку называют сростками. 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 ситовечном процессе.

Принцип работы ситовечных машин.

Принцип работы основан на различии крупок по плотности и аэродинамическим свойствам, обусловленном особенностями их структуры и химического состава. Известно, например, что плотность крахмала 1,4 - 1,5 г/см³, белка 1,1 - 1,3, жиров менее 1,0 г/см³. Уже одно это определяет разность в плотности частиц, полученных из центральных и периферийных частей зерна, так как содержание крахмала по мере движения к центру зерна возрастает, а белка снижается. Кроме того, оболочки зерна представляют собой пористые образования, поэтому их кажущаяся плотность (определенная без удаления воздуха из них) заметно ниже плотности эндосперма. Следовательно, при создании надлежащих условий можно достичь разделения слоя крупки по плотности.

Если слой продукта, содержащего частицы одинакового размера, но различающиеся по плотности, привести в колебательное движение, то после некоторого времени более плотные частицы опустятся в нижний слой (потонут), а частицы меньшей плотности переместятся в верхний (всплывут). Это разделение частиц сыпучего продукта по плотности носит название

стратификации.

В мукомольном производстве это явление оказалось выгодно использовать для сортирования по качеству крупки, полученной при дроблении зерна. Плотность чистой крупки выше, чем сростков, поэтому она в результате стратификации опускается вниз. Если продукт поместить на сито, то через него

будут просеиваться сначала частицы чистого крахмалистого эндосперма и лишь затем частицы, содержащие на своей поверхности алейроновый слой или оболочки.

Кроме разделения по плотности крупа может быть расклассифицирована по добротности на основе различий в аэродинамических свойствах, поэтому на продукт дополнительно следует воздействовать воздушным потоком; при этом воздух должен пронизывать слой продукта снизу вверх, что способствует стратификации.

На этом принципе и сконструированы ситовые машины; основными рабочими органами являются сита, совершающие возвратно-поступающее движение под некоторым уклоном, и воздух, подаваемый под сита. Таким образом, продукт сортируется по крупности (на ситах) и по аэродинамическим и гравитационным свойствам (в восходящем потоке воздуха).

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

Крупа 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 ситам, а менее плотные перемещаются в верхние слои. Так как плотность эндосперма выше плотности оболочек, то в нижних слоях оказываются более чистые крупки, низкочольные, которые и просеиваются преимущественно сквозь сито. Сростки и частицы с высоким содержанием оболочек образуют сход. Таким образом, достигается фракционирование крупок по добротности.

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

Оценку технологической эффективности ситовечного процесса следует вести по комплексному критерию эффективности, учитывающему размер извлечения обогащенной крупки, т.е. количественный показатель, и величину относительного снижения зольности:

$$E = m/M \cdot (Z_0 - Z_1)/Z_0,$$

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

Z_0, Z_1 — зольность поступающей на систему и извлеченной крупки, %;

M - количество поступающий на систему крупки, %.

Контрольные вопросы.

1. Какова роль процесса измельчения?
2. Назовите факторы, влияющие на измельчение зерна и промежуточных продуктов в вальцовом станке.
3. Как оценивают эффективность процесса измельчения?
4. Каково назначение процесса сортирования продуктов по крупности?
5. Как классифицируют промежуточные продукты помола?
6. Назовите показатели технологической эффективности работы сита.
7. Какие факторы влияют на эффективность работы просеивающих машин?
8. В чем состоит сущность процесса обогащения крупок в ситовых машинах?
9. Как оценивают эффективность работы ситовых машин и от каких факторов она зависит?

Тесты по теме 4.

Тест 1. Оптимальные величины удельных нагрузок на вальцовую линию при сортовых помолах пшеницы (кг/см·сут):

- а) 50; б) более 60; в) менее 85; г) 100.

Тест 2. Регулируемые параметры вальцового станка в процессе помола зерна:

- а) межвальцовый зазор;
б) скорость быстровращающегося вальца;
в) скорость медленновращающегося вальца;
г) удельная нагрузка.

Тест 3. Технологическая эффективность вальцовых станков оценивается:

- а) снижением зольности продукта;
б) величиной извлечения;
в) гранулометрическим составом продукта;
г) изменением влажности продукта;
д) удельными энергозатратами.

Тест 4. Технологическая эффективность ситов оценивается:

- а) коэффициентом извлечения;
б) удельными энергозатратами;
в) снижением зольности продукта;
г) коэффициентом недосева.

Тест 5. Расположите продукты размола зерна в направлении снижения крупности и зольности:

- а) мелкая крупка;
- б) средняя крупка;
- в) крупная крупка;
- г) передирная крупка;
- д) мягкий дунст;

ТЕМА 5: «Помолы пшеницы и ржи».

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 металлочные сита №063...09, а степень измельчения регулируют режимом работы вальцового станка.

Для производства обойной муки достаточно трех систем измельчения, при помоле ржи иногда добавляют еще одну систему.

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 вальцы в положение острие по острию. Окружную скорость можно увеличить до 8 м/с., при отношении скоростей 2,5. Для увеличения зоны измельчения рекомендуется применять вальцы диаметром 300 мм.

При контрольном просеивании муки на отсевах устанавливают те же металлочные сита крупных номеров, сход с отсева возвращают на измельчение на третью или четвертую систему.

Сортовые помолы ржи и тритикале.

По классификации эти помолы относятся к сложным повторительным помолам без обогащения крупок на ситовых и шлифовочных системах. Структурная схема помола включает два этапа: дражной и размольный процессы.

Начальный этап - дражной процесс состоит из пяти систем, размольный - из двух. Основные операции: измельчение в вальцевых станках и сортирование продуктов измельчения в отсевах. Параметры рифления вальцов и их кинематические параметры подобраны так, чтобы обеспечить эффективное измельчение зерна в дражном процессе и крупок в размольном.

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 отсевах ведут на достаточно редких ситах - №23... 29 и лишь на последних 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 односортном помоле ржи в муку более высокого качества - сеяную муку, с выходом ее в размере 63%, размольный процесс увеличивается до пяти систем. При этом первые три размольные системы 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 осуществляется на более густых ситах, для обеспечения требований по зольности и крупности, предъявляемых к сеяной муке (№27/2% и №38/90%).

При двухсортном помоле ржи в муку сеяную и обдирную с общим выходом 80% технологическая схема также усложняется, в частности, размольный процесс удлиняется до четырех систем с отбором сеяной муки на первой и второй размольных системах.

Ситовеечный 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.

Сортовые помолы пшеницы.

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 ситовеечных 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 рисунке 1.

В драном 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.

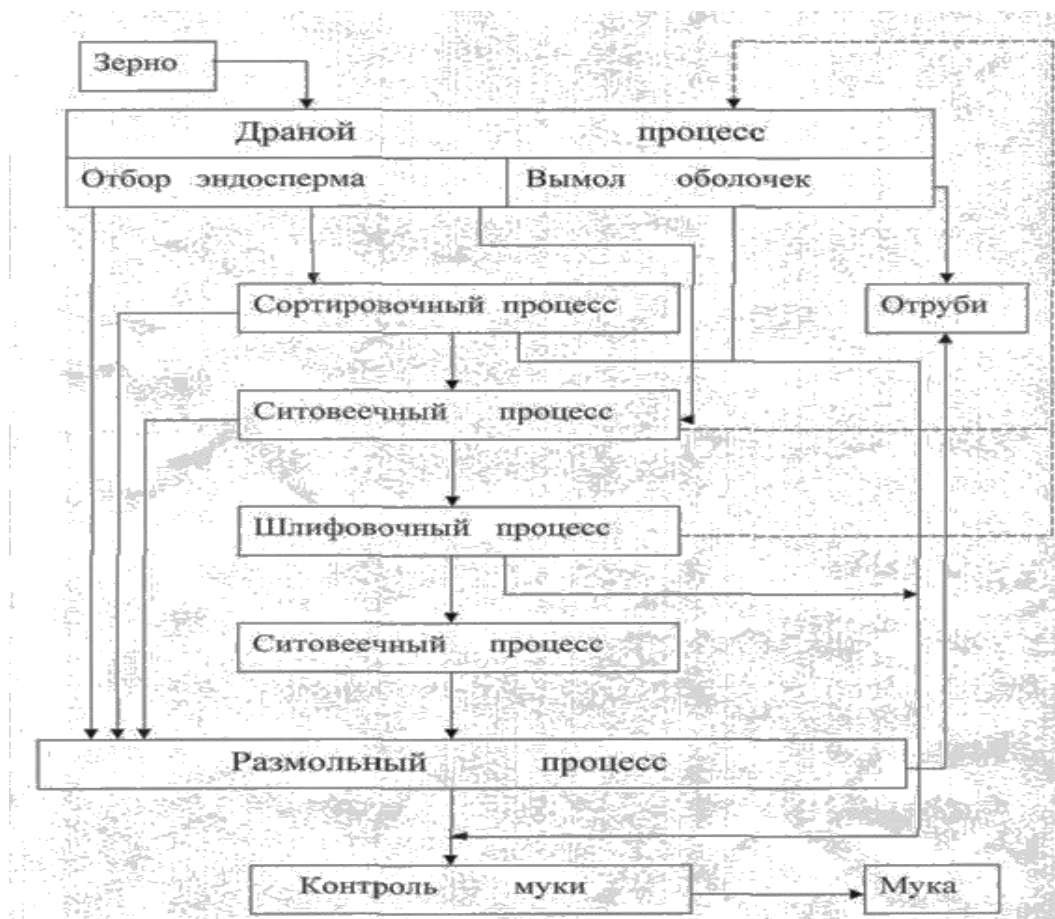


Рис. 1. Структурная схема переработки зерна пшеницы в муку сортовую.

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%.

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

На первых трех драмых системах извлекают основную массу эндосперма в

виде низкосолевых продуктов, которые поэтому аттестуют как продукты 1-го качества. Общее извлечение этих продуктов должно составлять 80%. 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 раздельно по фракциям крупности.

На четвертой драной системе 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 драной системы. 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 4 драной и 4-й и 5-й сортировочных системах, имеют повышенную зольность, поэтому они аттестуются как продукты 2-го качества и их общее извлечение составляет 8...12%.

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

При использовании в технологической схеме оборудования фирмы «Бюллер» организация драного процесса остается неизменной. Это обусловлено установившимися принципами технологии сортового помола пшеницы, выработанными мировой практикой. Технологические схемы различаются лишь в деталях. Основное отличие заключается в использовании высокоэффективных рассевов БРБ, в которых более четкое разделение продуктов на фракции по крупности при сортировании и более совершенный характер 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%.

Подбор сит в ситовечных машинах определяется крупностью поступающей крупки. Распределение продуктов после них диктуется их добротностью: обогащенная крупка идет на первые размольные системы, продукты с большим содержанием сrostков направляют для дополнительной обработки на шлифовочные системы.

Основная 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, и обрабатывать сrostки с ситовеек.

В размольном процессе измельчаются крупки и дунсты, извлеченные в драном 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.

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.

Принципиальное отличие заключается в используемом оборудовании. Следует отметить, прежде всего, что используют вальцы с микрошероховатой поверхностью, а продукты после вальцовых станков обрабатывают дополнительно перед сортированием на отсевах на энтолейторах, на первых трех системах, и на деташерах, на остальных системах, за исключением последней размольной, на которой установлены рифленые вальцы. Применение энтолейторов и деташеров обеспечивает существенное повышение извлечения муки на каждой системе. Использование микрошероховатых вальцов позволяет избежать нежелательного измельчения оболочечных частиц.

Сортирование продуктов измельчения осуществляют на отсевах БРБ, применение которых повышает эффективность этой важной операции. При этом используют шесть разных технологических схем отсевов, 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 удается.

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

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.

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 жестких дунстов; поэтому она получила название «крупка». Нормы устанавливают 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 ситовечных систем. Измельчение на всех системах ведут в таком режиме, чтобы формировались крупные продукты. Поэтому драной процесс удлинен до шести систем. Очень развиты ситовечный и шлифовочный (6-8 систем) процессы. 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 второго сорта составляет 2 ...5%.

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные операции и применяемое оборудование при простых помолах зерна.
2. В чем состоит принцип построения сортовых помолов ржи и тритикале?
3. Каковы основные этапы сложных помолов пшеницы и их назначение?
4. Охарактеризуйте особенности производства муки для макаронных изделий.

Вопросы к экзамену по дисциплине: «Технология муки».

1. Современное состояние мукомольной промышленности и перспективы ее развития.
2. Ассортимент мукомольной продукции из зерна пшеницы.
3. Ассортимент и показатели качества муки из зерна ржи.
4. Технологические свойства зерна пшеницы.
5. Физико-химические свойства зерна.
6. Биохимические свойства зерна и муки.
7. Структурно-механические свойства зерна и их изменение в процессе гидротермической обработки.
8. Влияние на выход и качество муки анатомического строения зерновки и химического состава ее.
9. Сущность процесса сепарирования и факторы, влияющие на технологическую эффективность работы сепараторов.
10. Состав и характеристика примесей зерновой массы и применяемое оборудование для их выделения.
11. Технологическое назначение обоечных машин и факторы, влияющие на эффективность работы обоечной машины.
12. Шелушение зерна пшеницы и ржи на мукомольных заводах и характеристика применяемого оборудования.
13. Мокрое шелушение зерна и его технологическая эффективность.
14. Цели, задачи и методы гидротермической обработки зерна.
15. Холодное кондиционирование зерна пшеницы, его сущность и режимные параметры.
16. «Скоростное» кондиционирование зерна пшеницы, его сущность, применяемое оборудование и режимные параметры.
17. Технологическая и экономическая эффективность гидротермической обработки зерна.
18. Составление помольных партий зерна: цели, методы и методики расчета состава помольной смеси.
19. Измельчение зерна и промежуточных продуктов в вальцовых станках и факторы, влияющие на степень измельчения.
20. Применение энтолейторов и деташеров в процессе измельчения при сортовых помолах пшеницы.
21. Сортирование продуктов измельчения в отсевах, назначение процесса и технологическая эффективность.
22. Классификация промежуточных продуктов помола.
23. Причины недосевок и меры борьбы с ними.

24. Схемы движения продуктов в отсевах.
25. Обогащение крупок в ситовечных машинах, назначение этого процесса, его сущность и принцип работы ситовечных машин.
26. Факторы, влияющие на технологическую эффективность работы ситовечных машин.
27. Виды помолов пшеницы и ржи, их характеристика.
28. Требования к качеству зерна, подаваемого в зерноочистительное отделение мельзавода и в размол.
29. Факторы, определяющие принципы построения процесса подготовки зерна к помолу.
30. Этапы, входящие в процесс подготовки зерна к помолу.
31. Технология раздельной (параллельной) подготовки зерна различной стекловидности к сортовым помолам.
32. Особенности процесса подготовки зерна ржи к сортовым помолам.
33. Особенности процесса подготовки зерна пшеницы к помолу в макаронную муку.
34. Принципы построения помолов для выработки обойной муки.
35. Структура сортового помола пшеницы, основные его этапы и операции.
36. Назначение драного процесса и принципы его построения при сортовом помолу пшеницы.
37. Назначение ситовечного процесса и принципы его построения.
38. Назначение шлифовочного процесса и принципы его построения.
39. Назначение размольного процесса и принципы его построения при сортовых помолах пшеницы.
40. Принципы формирования сортов муки из отдельных потоков; физико-химические показатели оценки ее качества.
41. Назначение контроля муки и используемое оборудование.
42. Особенности построения ситовечного и шлифовочного процессов при макаронных помолах.
43. Формирование сортов и организация контроля готовой продукции при макаронных помолах.
44. Структурно-механические и технологические особенности зерна ржи, обуславливающие принципы построения помола, величину выхода и качества муки соответствующих сортов.
45. Особенности технологии подготовки и переработки зерна на мельзаводах с «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЛИМОСТИ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ»

Цель работы. Ознакомление с методом определения делимости зерновой

смеси и подбором характеристики сепарирующего органа машины (размер отверстий сит в сепараторе, размер ячеей в триере и т.п.) для выделения данной фракции зерна или примесей.

Продолжительность занятия – 4 часа.

Теоретические основы. Сепарирование зерновой смеси и промежуточных продуктов на мукомольных заводах – одна из основных операций. При сепарировании зерновой смеси решаются две задачи:

удаление посторонних примесей: семена сорных растений, семена других культур, песок и т.д., - содержащихся в зерновой массе, при подготовке зерна к переработке в муку;

фракционирование партии зерна по размерам (крупности).

Для сепарирования зерновой смеси необходимо уметь определить признак, по которому можно выделить из смеси интересующую фракцию продукта (или компонента смеси). Обычно к таким признакам относят линейные размеры частиц смеси (ширину, толщину или длину), их форму и т.п. В частности, для сепарирования по ширине применяют сита с отверстиями круглой формы, а по толщине – сита с отверстиями продолговатой формы.

С этой целью изучают вариацию избранной характеристики зерна основной культуры и частиц, подлежащих удалению компонента, и определяют делимость зерновой смеси путем составления вариационных рядов распределения данного признака. Для наглядности строятся вариационные кривые (рис. 1), которые визуально сопоставляются и анализируются. Для расчета делимости рекомендуется формула:

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

где Δ – интервал взаимного перекрытия вариационных кривых компонентов смеси;

Δ_0 – суммарный интервал компонентов.

Если $\lambda = 1$, смеси полностью разделимы; при $\lambda = 0$ – смеси неразделимы; $0 < \lambda < 1$ – смеси разделимы частично.

Визуальное сравнение кривых распределения позволяет подобрать и характеристику сепарирующего органа.

Вопросы для подготовки к занятию.

1. Каково назначение процесса сепарирования?
2. Укажите факторы, влияющие на работу сепараторов.

3. Дайте характеристику примесей зерновой массы и применяемого оборудования для их выделения.
4. В чем состоит сущность методики определения делимости зерновой смеси?
5. Каким образом по анализу вариационных кривых можно судить о делимости зерновой смеси?

Методические указания.

Для определения делимости искусственно (по указанию преподавателя) составляют смесь из двух компонентов: пшеница и ячмень, пшеница и рожь, пшеница и овес, пшеница и просо и т.п. Из навески массой 50 г методом крестообразного деления на разборной доске выделяют 50-100 штук зерен пшеницы и столько же семян второго компонента (количество устанавливает преподаватель) и измеряют штангенциркулем или микрометром один, два или три линейных размера зерна и примесей (устанавливает преподаватель); точность измерения 0,1 мм.

Результаты обрабатывают следующим образом.

60 Результаты измерений записывают в порядке получения в табл. 1.

Таблица 1

Первый компонент (пшеница)				Второй компонент			
№ п/п	<i>a</i> , мм	№ п/п	<i>a</i> , мм	№ п/п	<i>a</i> , мм	№ п/п	<i>a</i> , мм
1	3,8	26	4,4	1		26	
2	3,1	27	4,1	2		27	
3	4,3	28	3,5	3		28	
4	3,6	29	4,3	4		29	
5	3,9	30	3,6	5		30	
6	3,6	31	3,3	6		31	
7	3,5	32	3,6	7		32	
8	4,0	33	3,2	8		33	
9	4,1	34	4,0	9		34	
10	2,5	35	3,3	10		35	
11	3,6	36	3,9	11		36	
12	4,5	37	3,6	12		37	

13	4,2	38	4,1	13		38	
14	3,4	39	3,2	14		39	
15	4,7	40	3,7	15		40	
16	3,5	41	2,9	16		41	
17	3,4	42	3,8	17		42	
18	3,9	43	3,0	18		43	
19	3,6	44	3,9	19		44	
20	4,2	45	4,5	20		45	
21	2,9	46	3,5	21		46	
22	3,4	47	3,7	22		47	
23	3,6	48	3,6	23		48	
24	3,2	49	3,4	24		49	
25	3,4	50	3,4	25		50	

2. Анализируют полученные данные и определяют наибольшее и наименьшее значение измеренного признака. Например из таблицы 1 находим, что наибольшее значение ширины пшеницы равно 4,7 мм, а наименьшее – 2,5 мм.

3. Находят зону рассеивания, которая равна разности между наибольшим и наименьшим значениями признака. Следовательно, в данном случае зона рассеивания составляет:

$$R = 4,7 - 2,5 = 2,2\text{мм}$$

4. Для составления вариационного ряда распределения всю зону рассеивания необходимо подразделить на группы (число их рекомендуется от 8 до 15) так, чтобы частное определение позволило удобно группировать результат измерений и найти интервал между группами. В нашем случае всю зону рассеивания удобно подразделить на 11 групп.

5. Составляют таблицы вариационного ряда распределения полученных значений признака (табл. 2). Для этого находят граничные значения интервалов, среднее значение интервала X_i , частоту n_i . Причем, первое среднее значение интервала выбирается равным наименьшему полученному значению признака. Таблицы составляют для каждого признака (ширины, толщины и т.п.) и для каждого компонента смеси.

6. На основании таблицы 2 на одном графике строят вариационные кривые распределения анализируемого признака первого и второго компонента зерновой смеси. Для построения кривых в выбранном масштабе на оси абсцисс откладывают среднее значение интервала (табл. 2, строка 1) конкретного признака X_i , а по оси ординат – частоту (табл. 2, строка 2) того же признака n_i . По полученным данным строят кривые 1 и 2.

7. Визуально сравнивают кривые распределения, устанавливают также делимость зерновой смеси по формуле 1 и подбирают характеристику сепарирующего органа (например, в данном рассмотренном примере – это диаметр ячеек сита воздушно-ситового сепаратора).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХОЛОДНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Цель работы – освоение методики расчета основных параметров холодного кондиционирования зерна пшеницы I и IV типов на мукомольных заводах сортового хлебопекарного помола, имеющих возможность производить отдельную подготовку зерна I и IV типов с исходной влажностью от 12 до 15%.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Теоретические основы. В настоящее время параметры кондиционирования зерна определяют в соответствии с рекомендациями «Правил организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах». Однако эти рекомендации недостаточно конкретны и не включают все показатели, влияющие на параметры (конечная влажность зерна и длительность его отволаживания) кондиционирования.

Проведенные исследования и математическое моделирование процесса показали, что на количество добавляемой воды при кондиционировании оказывают влияние тип зерна, его стекловидность и исходная влажность, а на продолжительность отволаживания – натура зерна и качество клейковины.

По предлагаемым моделям количество добавляемой воды и продолжительность отволаживания определяется более точно, чем при использовании рекомендаций «Правил».

Вопросы для подготовки к занятию.

1. Назовите цели, задачи и методы гидротермической обработки (ГТО) зерна.
2. Каковы сущность, режимные параметры и технологическая значимость холодного кондиционирования зерна?
3. Какие физико-химические процессы происходят в зерне при ГТО?
4. Назовите параметры кондиционирования зерна, предусмотренные Правилами.
5. Какие параметры холодного кондиционирования зерна пшеницы учитываются при использовании математических моделей и от чего зависят?

Методические указания.

Определение параметров холодного кондиционирования (количество добавляемой воды и длительность отволаживания зерна) производится расчетным путем на основании показателей качества зерна пшеницы (по индивидуальному варианту для каждого студента):

исходной влажности, %;

стекловидности, %;
качества клейковины, ед. прибора ИДК;
объемной массы (натуры), г/л.

Для определения параметров используют математические модели холодного кондиционирования, которые имеют вид:

для зерна I типа:

$$\Delta W = 13,6 - 0,9 \times X_1 + 0,017 \times X_2;$$
$$T = 26 - 2 \times X_1 + 0,24 \times X_2^{0,825} + \frac{120}{X_3};$$

для зерна IV типа:

$$\Delta W = 14,0 - 0,93 \times X_1 + 0,016 \times X_2;$$
$$T = 14 - 0,9 \times X_1 + 0,05 \times X_2^{1,3} + 0,23 \times \frac{X_4}{X_3};$$

где: ΔW – степень увлажнения, %;
 T – длительность отволаживания, ч;
 X_1 – исходная влажность зерна, %;
 X_2 – стекловидность, %;
 X_3 – качество клейковины, ед. прибора ИДК;
 X_4 – натура, г/л.

Расчет параметров кондиционирования производится отдельно для каждого компонента помольной смеси с использованием математических моделей, соответствующих каждому типу зерна.

Если помольная смесь зерна определенного типа состоит из нескольких партий, то расчет количества добавляемой воды проводится по средневзвешенным значениям показателей качества партий зерна, входящих в данный поток.

Расчет длительности отволаживания для каждой партии проводится отдельно; в качестве рекомендуемой длительности отволаживания принимается максимальное значение.

Использование математических моделей холодного кондиционирования зерна позволяет исключить проведение пробных помолов зерна для уточнения параметров процесса.

Расчет параметров производится для основного процесса; не учитывается дополнительное увлажнение на 0,3-0,5% и отволаживание перед 1 драной системой.

Расчет производится с помощью вычислительной техники (мини – ЭВМ, микрокалькуляторов).

Пример 1. Определить параметры холодного кондиционирования (степень

увлажнения ΔW , % и длительность отволаживания τ , ч) для партии пшеницы 1 типа со следующими показателями качества зерна:

исходная влажность $X_1 - 13,0\%$;

стекловидность $X_2 - 78\%$;

клейковина $X_3 - 53$ ед. пр. ИДК;

натура $X_4 - 770$ г/л.

Применяем модель для зерна 1 типа:

$$\Delta W = 13,6 - 0,9 \cdot 13 + 0,017 \cdot 78 = 3,2\%;$$

$$\tau = 26 - 2 \cdot 13 + 0,24 \cdot 78^{0,825} + \frac{120}{53} = 11,0 \text{ ч.}$$

Следовательно, зерно необходимо увлажнять до 16,2 %, а длительность отволаживания – 11 ч.

Пример 2. Зерно пшеницы IV типа.

Показатели качества:

исходная влажность – 14,0%;

стекловидность – 46%;

качество клейковины – 90 ед. пр. ИДК;

натура – 728 г/л.

$$\Delta W = 14 - 0,93 \cdot 14 + 0,016 \cdot 46 = 1,7\%;$$

$$\tau = 14 - 0,9 \cdot 14 + 0,05 \cdot 46^{1,3} + 0,23 \frac{728}{90} = 10,5 \text{ ч.}$$

Зерно данной партии должно быть увлажнено до 15,7%, а длительность отволаживания составляет 10,5 ч.

Пример 3. Расчет оптимальных параметров кондиционирования для смеси зерна IV типа.

Тип	Помольная смесь	Показатели качества			
		Исходная влажность, %	Стекловидность, %	Качество клейковины, ед. пр. ИДК	Натура, г/л
IV	Ростовская	10,0	56	80	810
IV	Джамбульская	12,6	40	65	739
	Средневзвешенная	11,3	48	72	774

Проводим расчет ΔW и τ по модели на основе качества 1-го компонента:

$$\Delta W = 14 - 0,93 \cdot 10 + 0,016 \cdot 56 = 5\%;$$

$$\tau = 14 - 0,9 \cdot 10 + 0,05 \cdot 56^{1,3} + 0,23 \frac{810}{80} = 17 \text{ч.}$$

Расчет ΔW и τ по модели на основе качества 2-го компонента:

$$\Delta W = 14 - 0,93 \cdot 12,6 + 0,016 \cdot 40 = 3\%;$$

$$\tau = 14 - 0,9 \cdot 12,6 + 0,05 \cdot 40^{1,3} + 0,23 \frac{739}{65} = 11 \text{ч.}$$

Расчет ΔW и τ по модели на основе средневзвешенного качества данной помольной смеси:

$$\Delta W = 14 - 0,93 \cdot 11,3 + 0,016 \cdot 48 = 4\%;$$

$$\tau = 14 - 0,9 \cdot 11,3 + 0,05 \cdot 48^{1,3} + 0,23 \frac{774}{72} = 14 \text{ч.}$$

Зерно данной партии должно быть увлажнено до 15,3%, а длительность отволаживания – 17 часов.

Расчетные параметры холодного кондиционирования зерна пшеницы следует сопоставить с рекомендациями Правил [5].

Задание. Определить параметры холодного кондиционирования зерна пшеницы расчетным путем (по индивидуальному варианту) и сопоставить их с рекомендациями Правил.

Лабораторная работа № 3 на тему: «Определение технологической эффективности работы вальцового станка»

Цель работы – освоение метода контроля эффективности измельчения в вальцовом станке.

Продолжительность занятия – 4 часа.

Теоретические основы. Измельчение зерна и промежуточных продуктов при помоле пшеницы в хлебопекарную муку проводят на вальцовых станках. При этом зерно и промежуточные фракции (оболочечные частицы, крупку, дунст) измельчают последовательно, по мере их образования, на вальцовых станках, параметры работы которых существенно различаются с учетом показателей качества измельчаемых продуктов.

На эффект измельчения оказывают влияние большое количество факторов:

- величина зазора между мелющими вальцами;
- структурно-механические свойства зерна;

- параметры рабочей поверхности мелющих валцов (геометрическая характеристика рифлей, взаиморасположение рифлей, соотношение окружных скоростей быстро и медленно вращающихся валцов): - удельная нагрузка (кг/см.сут) и др.

В производственных условиях практически невозможно варьировать многие параметры вальцового станка, которые предопределены его местонахождением в технологической схеме, где каждая система выполняет соответствующую задачу.

Системой называется сочетание измельчающей и сепарирующей машин. Например, вальцовый станок и рассев, на который поступает продукт после вальцового станка.

В зависимости от показателей качества зерна (его крупности, результатов гидротермической обработки, технического состояния предыдущих и последующих систем) варьируют величины извлечения.

Извлечением называют содержание в продукте после измельчающей машины (вальцового станка) фракций определенной крупности, установленной для данной системы.

Рекомендуемые величины извлечения на различных системах приведены в Правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. При размоле крупок и дунстов первого качества, например, извлечение характеризуют проходом через шелковое сито № 43 или капроновое № 49.

Методические указания.

Для определения величины извлечения отбирают образцы продуктов до и после станка. Продукты отбираются совком или ковшом путем пересечения продукта, причем до станка отбираются из-под питающих валиков, а после станка – по всей длине мелющей щели. Снятие образцов повторяется 2 – 3 раза до и после станка с интервалами 1-2 минуты. Из средних образцов до и после станка выделяют навески по 100 г, просеиваются в течение 5 минут на лабораторном расसेве на соответствующих ситах в зависимости от контролируемой системы. Продукты, полученные проходам сит, взвешивают и выражают в % к массе навески. Извлечение в % к системе определяют как разницу между величиной прохода до и после станка:

$$I = I_2 - I_1,$$

где I – извлечение в % к количеству продукта, поступившего на данную

систему;

I_1 , I_2 - % прохода сита в продукте соответственно до и после вальцового станка.

Полученные данные заносят в таблицу 1, анализируют их, сопоставляя с величинами извлечения продукта, рекомендованными Правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах, и делают выводы об эффективности работы вальцовых станков в производственных условиях.

Таблица 1

Система	№ сита	Проход сита, %		Извлечение, %	
		До станка	После станка	Фактич.	По Правилам
I драная	1				25 – 30
II драная	1				40 – 45
III драная	080				10 – 13

IV драная	056				5 – 7
2 шлифовочная	38				10 – 15
1 размольная	43				45 – 60
5 размольная	38				30 – 50

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСХОДНОГО КАЧЕСТВА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ (ВЛАЖНОСТИ, СТЕКЛОВИДНОСТИ) НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО МУКИ

Цель работы. Освоение методики оценки мукомольных достоинств зерна пшеницы по результатам лабораторного помола.

Предварительные замечания. Мукомольные достоинства зерна пшеницы обычно оцениваются общим выходом и качеством конечной продукции – муки, а также выходом муки высоких сортов.

Технологический регламент помола во многом определяется сочетанием таких показателей качества зерна, как влажность его перед I драной системой, стекловидностью, натурой, зольностью и др.

Рекомендуют вести как отдельную (параллельную) подготовку зерна пшеницы разной стекловидности, так и сам помол, поэтому на современных мельзаводах предусматривают секции низкостекловидного и высокостекловидного зерна пшеницы.

Это обусловлено тем, что основные режимные параметры гидротермической обработки (ГТО) – степень увлажнения и продолжительность отволаживания зерна зависят от его стекловидности. Чем выше стекловидность, тем больше требуется времени для преобразования физико-химических и структурно-механических свойств зерна в нужном направлении и размере.

Известно также, что при измельчении высокостекловидной пшеницы образуется больше промежуточных продуктов первого качества в виде крупитчатого продукта, которые имеют лучшую «севкость» и обеспечивают при помолу получение большего выхода муки высоких сортов.

Согласно Правил организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах при хлебопекарных сортовых помолах помольная партия пшеницы должна соответствовать следующим требованиям: влажность в пределах 15,0-16,5%, стекловидность не ниже 50%, содержание клейковины не менее 25-26%, а качество клейковины – не ниже II группы.

Методические указания.

При оценке мукомольных достоинств зерна проводят лабораторные помолы на специальных мельничных установках. В данной работе предусматривается вести измельчение подготовленных проб зерна пшеницы разной стекловидности на лабораторных вальцовых станках типа QC-104, основные режимные параметры которых (характеристика рифлей вальцев, рабочий зазор между мелющими вальцами) позволяют реализовать драной процесс на двух системах (1 станок) и размольный – на четырех системах (2 станка).

Работу следует выполнять двумя подгруппами студентов, каждая из которых

проводит помол пробы пшеницы определенной стекловидности, а затем результаты работы анализируются сообща.

Содержание и порядок выполнения работы. Для выполнения

лабораторной работы необходимо заблаговременно (за 8-12 часов) подготовить две пробы по 400 г каждая увлажненного зерна пшеницы (влажностью примерно 16,0%) разной стекловидности, например, 40 и 60%. Стекловидность проб зерна определяют с помощью диафаноскопа.

Расчет количества воды, необходимого для достижения заданной влажности зерна, проводят по формуле добавок:

$$g_6 = g_3 \left(\frac{100 - \omega_1}{100 - \omega} - 1 \right) = g_3 \frac{\omega_2 - \omega_1}{100 - \omega},$$

где g_3 – масса пробы зерна, г;

w_1, w_2 – исходная и заданная влажность зерна, %.

Каждую пробу зерна рассыпают тонким слоем на противне и увлажняют путем разбрызгивания отмеренной порции воды пульверизатором, при этом тщательно перемешивают его.

Увлажненное зерно помещают для отволаживания в герметически закрытую колбу и выдерживают при комнатной температуре. По окончании заданного периода отволаживания (к началу лабораторного задания) отбирают образцы для определения влажности по общепринятой методике с использованием сушильного шкафа СЭШ-3М.

Отвешивают на технических весах две навески зерна разной стекловидности по 300 г для проведения лабораторного помола, предварительно изучив устройство, принцип работы и техническую характеристику вальцового станка QC-104.

По окончании помола выделяют из конечного продукта, путем просеивания его на рассевке, проходные фракции контрольных сит, взвешивают их и рассчитывают выход муки каждого сорта, а также общий выход сортовой муки, принимая измельчаемую навеску зерна (300 г) за 100%.

По Правилам для муки высшего сорта остаток на контрольном сите (шелковое) № 43 не должен превышать 5%, а для первого и второго сортов на контрольных ситах соответственно № 35 и № 27 – не более 2%.

Результаты лабораторной работы записывают в таблицу 1. Анализируют полученные данные и делают выводы о мукомольных достоинствах зерна пшеницы разной стекловидности.

Таблица 1

Стекловидность зерна, %	Выход проходных фракций, %			
	Номер контрольного сита			Суммарный
	43	35	27	
40				
60				

Практическое занятие на тему: «Расчет состава помольных партий зерна».

Цель работы. Освоение методики расчета состава помольной партии.

Предварительные замечания. Технологические свойства пшеницы, поступающей на мукомольные заводы, обусловлены типом, сортом, почвенно-климатическими условиями района произрастания. Разнокачественность партий зерна усложняет и снижает эффективность процесса переработки, требует корректировки режимов работы технологических систем, приводит к выработке муки с различными показателями качества.

В связи с этим формируют помольные партии, которые должны обеспечить на протяжении 10...15 сут. Стабильную, ритмичную работу завода. Правильное выполнение этой важнейшей подготовительной операции позволяет повысить использование зерна в результате экономного расходования высококачественного зерна и рационального использования зерна пониженного качества.

Рассчитывая рецепт – задание помольной партии (процент подсортировки, массу каждого компонента, качественную характеристику помольной партии), исходят из производительности мукомольного завода, типа помола, наличия зерна, его качества и качества готовой продукции. Составляют помольную партию смешиванием зерна разных типов и подтипов, районов произрастания, старого и нового урожая, пониженного и нормального качества. Компоненты подбирают так, чтобы обеспечить высокие мукомольные достоинства зерна и хлебопекарные свойства муки.

Смешивают зерно с учетом следующих показателей качества: стекловидности, клейковины, зольности, влажности и засоренности зерна.

Различное по влажности зерно смешивают в том случае, если расхождение по влажности не превышает 1,5%. Высокозольное зерно смешивают с низкозольным так, чтобы получить зольность смеси не выше 1,97%. Зерно различной стекловидности смешивают из расчета получения средней стекловидности для помольной партии 50...60%.

Особое внимание должно быть уделено обеспечению в помольной партии требуемого количества и качества клейковины, что необходимо для выработки муки с установленными по этому признаку характеристиками. При сортовом помоле количество клейковины должно быть не менее 25%, качество не ниже II группы; содержание сорной примеси – не более 2%, зерновой – 5%, в том числе проросших – 3%.

Методические указания.

Существует несколько методов расчета рецептуры помольной партии. Правильность расчета проверяют, определяя средневзвешенные значения показателей качества для смеси и их соответствие нормам качества, предъявляемым к зерну помольной партии. Средневзвешенное значение

показателя качества находят по формуле:

$$X = \frac{M_1 X_1 + M_2 X_2 + \dots + M_n X_n}{\sum_{i=1}^n M_i},$$

где $X_1, X_2 \dots X_n$ – конкретные значения показателя для компонентов смеси;
 $M_1, M_2 \dots M_n$ – соотношение компонентов смеси, % , или масса каждого

компонента, кг;

$$\sum_{i=1}^n M_i$$

- масса помольной партии, кг, или 100%.

Кроме того, правильность подсортировки рекомендуется проверять помолами в лабораторной установке с анализом качества зерна, выхода муки и ее качества.

Расчет помольной партии. Способы этого расчета следующие: решение уравнений, составление обратных пропорций, построение графика, расчеты по основной партии с помощью ЭВМ.

Решение уравнений. Для расчета рецептуры помольной партии можно использовать систему уравнений, в которых в качестве неизвестных приняты доли подсортировки каждого компонента, выраженные в процентах или в массовом исчислении. Система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} M = M_1 + M_2 + \dots + M_n ; \\ \{ \text{---} \\ MX = M_1 X_1 + M_2 X_2 + \dots + M_n X_n . \end{cases}$$

Если помольную партию формируют из двух компонентов, то решением системы будет:

$$M = \frac{M(\bar{X} - X_2)}{X_1 - X_2};$$

$$M_2 = M - M_1,$$

Если из трех компонентов, то задача решается при условии равенства масс двух из них. Для случая использования трех компонентов:

$$M = \frac{M(\Delta X_2 + \Delta X_3)}{\sum \Delta X};$$

$$M = \frac{M\Delta X_1}{\sum \Delta X};$$

$$M_3 = M - (M_1 + M_2),$$

где M – масса помольной партии зерна;

$$\Delta X_1 = (\bar{X} - X_1);$$

$$\Delta X_2 = (X - X_2);$$

$$\Delta X_3 = (\bar{X} - X_3);$$

$$\sum \Delta X = 2 \cdot \Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3.$$

Использование более сложных вариантов состава помольной партии принципиальных изменений в методику расчета не вносит. Как правило, четвертый или пятый компоненты включают в состав смеси зерна в небольшом количестве (до 10%), поэтому он оказывает незначительное влияние на конечные характеристики.

Пример. Составить помольную партию для хлебопекарного сортового помола пшеницы со средневзвешенным значением стекловидности 55% из двух исходных компонентов. Стекловидность одного из них – 71%, второго – 43%, содержание клейковины – соответственно 27% и 24%, масса помольной партии – 1000 т (или 100%).

Тогда

$$M_1 = \frac{100 \cdot (55 - 43)}{71 - 43} = 42,86\%;$$

$$M_2 = 100 - 42,86 = 57,14\%.$$

Принимаем $M_1 \approx 43\%$, $M_2 \approx 57\%$, тогда масса каждого компонента составит:
 $M_1 = 430$ т; $M_2 = 570$ т.

Проверим правильность расчета определением средневзвешенных значений стекловидности \bar{C} и содержания клейковины \bar{K} (%):

$$\bar{C} = \frac{43 \cdot 71 + 57 \cdot 43}{100} = 55,0;$$

$$\bar{K} = \frac{43 \cdot 27 + 57 \cdot 24}{100} = 25,3.$$

Следовательно, данная смесь зерна по стекловидности и содержанию клейковины соответствует предъявляемым требованиям и может быть рекомендована к переработке. Аналогично проверяют и другие показатели качества.

Составление обратных пропорций. По этому методу количество зерна каждой составной части помольной партии берут в обратной пропорции по отношению к разности между показателями каждой части и заданной средневзвешенной величиной данного показателя помольной партии.

В таблице 1 приведен пример решения задачи по второму варианту. На долю первого компонента приходится 12 частей, второго 16, смесь будет содержать 28

частей.

Таблица 1

Расчет помольной партии зерна.

Показатель	Компонент смеси		Требуемая партия
	первый	второй	
Стекловидность, %	71	43	55
Отклонение стекловидности компонента от заданной	71-55=16	55-43=12	
Расчетное соотношение компонентов в партии (частей)	12	16	12+16=28

Следовательно, $M_1 = \frac{100 \cdot 12}{28} = 43,0$; $M_2 = \frac{100 \cdot 16}{20} = 57\%$.

Правильность расчета определяем по средневзвешенному значению стекловидности и клейковины для получения помольной партии.

Пример. Требуется составить помольную партию зерна со стекловидностью 50 % и содержанием клейковины 26 %, если в наличии зерно со стекловидностью 80%; 42; 26% и содержанием клейковины 29%; 28; 22%. Пример расчета приведен в таблице 2.

Таблица 2

Расчет помольной партии зерна

Показатель	Компонент смеси			Требуемая партия
	первый	второй	третий	
Стекловидность, %	80	42	26	50
Отклонение стекловидности компонента от заданной				
1-й и 2-й	80-50=30	50-42=8	-	
1-й и 3-й	80-50=30	-	50-26=24	
Расчетное соотношение				

компонентов в партии (частей)		бумагу	наносят	две
1-го и 2-го	8	30	пересекающиеся	линии, в
1-го и 3-го	24	-	точке пересечения	которых
Расчетная величина каждого компонента в партии	32	30	проставляют	значение
		30	показателя	для смеси
			(клейковина,	

Сумма частей в помольной партии составит 32 + 30 + 30 = 92, что даст следующую подсортировку для компонента:

первого

$$\frac{100 \cdot 32}{92} = 34,8\%;$$

второго

$$\frac{100 \cdot 30}{92} = 32,6\%;$$

третьего

$$\frac{100 \cdot 30}{92} = 32,6\%.$$

Правильность расчета проверяем:
по средневзвешенной стекловидности

$$\bar{C} = \frac{80 \cdot 34,8 + 42 \cdot 32,6 + 26 \cdot 32,6}{100} = 50\%;$$

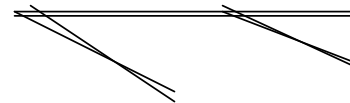
по средневзвешенному содержанию
клейковины

$$\bar{K} = \frac{29 \cdot 34,8 + 28 \cdot 32,6 + 22 \cdot 32,6}{100} = 26\%.$$

Следовательно, данная смесь отвечает
требуемым условиям.

Составление графика. Для расчета на

стекловидность или другой
показатель, по которому
ведут расчет). Слева у
каждого конца ли_ИИ
пишут значение
соответствующего
показателя компонента
смеси. Находят разность в
значениях показателя
компонента и смеси и
записывают ее справа в
конце линии. Затем
соединяют
горизонтальными линиями
результаты вычислений с
исходным значением
признака компонента.
Сумма правых чисел дает
общее число частей
помольной партии, а
каждое правое



число – долю компонента.

Пример. Составить
помольную
партию
стекловидно
50%
из
двух

компонентов, стекловидность которых 35 и 60%.

35
60-50
50
50-35
60

Всего частей 25. На долю компонента со стекловидностью 35% приходится десять частей, а на долю второго компонента – 15 частей.

П
о
—
д
с
о
р
— т
и
р
о
в
к
а

д
л
я

к
о
м
п
о
н
е
н
т
а
:

10 П
е
р
в
о
15 г
о
 $100 \cdot \frac{10}{25} = 40\%$
25
второго
 $100 \cdot \frac{15}{25} = 60\%$

Проверяем
средневзвешенную
стекловидность смеси:
 $C = \frac{35 \cdot 40 + 60 \cdot 60}{100} = 50\%$

Аналогично
рассчитывают трех- или
четырёхкомпонентные
смеси, но в этом случае
составляют два графика.

Расчет помольной партии зерна по основной партии. В этом случае из имеющегося зерна выбирают основную партию, близкую по качеству к помольной. Она должна по массе составлять 50...60% помольной партии зерна. Затем выбирают вторую партию и составляют их смесь. Соотношение компонентов в смеси рассчитывают по

формуле:

$$M_1 = \frac{M(X_1 - X_2)}{X_1 - X_2} = 60\%.$$

Затем, принимая эту смесь за исходный компонент, к ней примешивают следующий компонент и т.д.

Пример. Рассчитать помольную партию зерна стекловидностью 50% и содержанием клейковины 25%, если имеется зерно следующего качества: стекловидность – 70%; 45; 30%, содержание клейковины – 28%; 26; 22%.

Смешиваем первые два компонента так, чтобы стекловидность была 55,0%.

По формуле находим:

$$M_1 = \frac{100(55 - 45)}{70 - 45} = 40\%; M_2$$

Следовательно, первого компонента нужно взять 40, а второго 60%. Теперь рассчитываем количество третьего компонента из расчета конечной стекловидности смеси 50%, т.е.

$$M_{1+2} = \frac{100(50 - 30)}{50 - 30} = 80\%; M_3 = 100 - 80 = 20\%.$$

Таким образом, конечная трехкомпонентная помольная партия зерна будет состоять из 80% смеси первого и второго компонентов и 20% третьего. Первый компонент в трехкомпонентной партии составит:

$$X_1 = \frac{80 \cdot 40}{100} = 32\%,$$

а второй

$$X_2 = 80 - 32 = 48\%.$$

Проверяем, удовлетворяет ли рассчитанная помольная партия зерна требованиям по содержанию клейковины:

Список литературы:

а) основная литература:

1. Никифорова, Т. А. Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодовоовощной продукции и виноградарства. Часть 1: учебное пособие / Т. А. Никифорова, Е. В. Волошин. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 149 с. — ISBN 978-5-7410-1720-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPRBOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/71340.html> (дата обращения: 13.11.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Никифорова, Т. А. Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодовоовощной продукции и виноградарства. Часть 2: учебное пособие / Т. А. Никифорова, Е. В. Волошин. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 134 с. — ISBN 978-5-7410-1721-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPRBOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/78845.html> (дата обращения: 13.11.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) дополнительная литература:

3. Рогожин, В. В. Биохимия сельскохозяйственной продукции: учеб: учебник / В. В. Рогожин. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2014. — 544 с. — ISBN 978-5-98879-162-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. URL: <https://e.lanbook.com/book/69865> (дата обращения: 13.11.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Магомедов, Г. О. Технохимический контроль хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств (теория и практика): учебное пособие / Г. О. Магомедов, Л. А. Лобосова, Я. Олейникова. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2010. — 92 с. — ISBN 978-5-89448-729-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/27338.html> (дата обращения: 13.11.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Пашук, З. Н. Технология производства хлебобулочных изделий: справочник / З. Н. Пашук, Т. К. Апет, И. И. Апет. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2011. — 400 с. — ISBN 978-5-98879-065-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4901> (дата обращения: 13.11.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции [Текст]: рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по агроинженерному образованию в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 110800-Агроинженерия. Том 1 / С. В. Байкин [и др.]. — Пенза: Пензенская ГСХА, 2013. — 328 с..

Мунир Мазгутович Гафин

**ТЕХНОЛОГИЯ МУКОМОЛЬНОГО, КРУПЯНОГО И МАКАРОННОГО
ПРОИЗВОДСТВА:**

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2021.- 60с.