

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Саратовский государственный аграрный университет**  
**имени Н.И. Вавилова»**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ**

**Краткий курс лекций**

**для студентов III курса**

**Направление подготовки**  
**19.03.02 Продукты питания из растительного сырья**

**Профиль подготовки**  
**Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий**

**Саратов 2016**

УДК 664.6/.7  
ББК 36.82  
С145

Рецензенты:

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник  
ФГНУ НИИСХ Юго-Востока

О.В. Крупнова

Доктор биологических наук, профессор  
кафедры «Микробиология, биотехнология и химия»  
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

*А.А. Щербаков*

С14 **Технология производства муки:** краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» / М.К. Садыгова // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2016. – 77 с.

ISBN ...

Краткий курс лекций по дисциплине «Технология производства муки» составлен в соответствии с программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам технологии муки. Направлен на формирование у студентов знаний об основных видах сырья для производства муки, на применение этих знаний для регулирования технологических процессов, учитывая их параметры и режимы, для решения экологических проблем. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов пищевой промышленности.

УДК 664.6/.7  
ББК 36.82

© Садыгова М.К., 2016  
© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

## **ВВЕДЕНИЕ**

«Технология производства муки» относится к циклу профессиональных дисциплин. Она изучает технологию производства муки из различных видов сырья. Современная мукомольная отрасль развивается динамично.

Знания по технологии производства муки являются базовыми для изучения других профессиональных дисциплин, а также для последующего изучения технологии производства хлебобулочных, мучных кондитерских и макаронных изделий.

Дисциплина «Технология производства муки» неразрывно связана с производственной деятельностью людей. Качество знаний по технологии производства муки позволяет теоретически осмыслить проблемы, связанные с организацией эффективного развития пищевой промышленности.

## Лекция №1

### ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

#### 1.1. История развития технологии муки

Производство муки известно человеку с незапамятных времен, на его основе готовят разнообразные хлебобулочные и кондитерские изделия.

Теория и практика технологии муки постоянно развивается. Во-первых, переработка зерна в муку — жизненная необходимость. Во-вторых, для измельчения зерна необходимы затраты значительного количества энергии. Поэтому мельница всегда была объектом технической мысли, техника и технология помола постоянно развивались и совершенствовались. Мельница намного раньше других производств приобрела облик промышленного предприятия. Все технические новинки, новые инженерные разработки находили свое применение прежде всего на мельнице, особенно в части энергоносителей.

Даже такая ультрасовременная наука, как кибернетика, в значительной мере обязана своим появлением мельничной практике. П. Косса в своей книге «Кибернетика» (М.: Иностранная литература, 1958) приводит описание первого в истории человечества устройства регулятора с обратной связью. Это питатель жернова — потрясок, желоб, по которому зерно из закрома подается в жернова.

Потрясок установлен с таким наклоном, что в спокойном состоянии зерно по нему не движется. С жерновом соединен вал с многогранной муфтой, ребра которой при каждом обороте ударяют потрясок, что приводит в движение зерно. Число таких ударов зависит от скорости вращения жернова: с ее изменением изменяется и количество поступающего на жернов зерна. Таким образом, потрясок имеет все элементы автоматизированной системы управления с обратной связью.

Появление ветряного и водяного двигателей в древние библейские времена ознаменовало собой переход от ручной мельницы к механической. Вследствие этого жернов перестал быть орудием труда и превратился в машину. Ветряные и водяные мельницы появились вначале, очевидно, в странах Малой Азии, а оттуда постепенно распространились по всей Европе.

Первое описание водяной мельницы приводит древний римский архитектор Витрувий около 20 г. до нашей эры; следовательно, эти мельницы появились еще раньше. В это же время, предположительно, возникли и ветряные мельницы. В России водяные и ветряные мельницы появились уже в IX веке, в XII веке они были повсюду. В 1804 г. в одной только Московской губернии было 656 водяных мельниц.

Первая мельница с паровым двигателем была построена в Лондоне в 1785 г., а в России — в 1818 г. в селе Воротынец Нижегородской губернии — раньше, чем в остальных европейских странах. Паровая машина Черепановых мощностью около 4 л. с. (около 3 кВт), созданная в 1824 г., также работала на жерновой мельнице производственной мощностью 1,5 т/сут. В 1892 г. в 56 губерниях европейской части России работало свыше 800 крупных паровых мельниц.

На мельницах широко применяли различные двигатели внутреннего сгорания. В 1914 г. в Санкт-Петербурге мельница ржаного сеяного помола была переведена на электропривод и стала первым электрифицированным предприятием в России.

По мере развития инженерной мысли происходило совершенствование техники, технологии и организации помола. В 1783 г. американский инженер Эванс разработал проект и построил полностью механизированную мельницу. Это ликвидировало

ручной труд в технологическом процессе помола. Все транспортные операции на этой мельнице осуществлялись машинами, вплоть до выгрузки зерна из барж.

Даже на небольших жерновых ветряных или водяных мельницах издавна была предусмотрена механизация физически тяжелых операций.

Огромную роль в развитии мельницы сыграло изобретение вальцового станка. В России его впервые применили на мельнице в 1822 г., однако успешное использование вальцового станка на мельнице произошло в 1834 г. в Цюрихе. С этих пор станки стали активно конкурировать с жерновами, а затем на крупных мельницах совершенно вытеснили их. В 1880 г. в Поволжье почти все мельницы были вальцовыми, а всего в России таких мельниц было уже 180.

Современная мельница представляет собой полностью механизированное предприятие, причем управление процессом и контроль технологических операций в значительной мере осуществляются автоматизированными системами.

Вместе с крупными предприятиями длительное время существовали мельницы сельскохозяйственного типа. По данным статистики, еще в 1931 г. на территории СССР было более 200 тыс. ветряных и водяных мельниц, которые обеспечивали нужды сельских жителей. Однако варварские методы перестройки сельского хозяйства на коллективные рельсы, физическое уничтожение зажиточных крестьян и сельской интеллигенции, среди которых специалисты-мукомолы занимали видное место, разрушили не только веками проверенный уклад жизни народа, но и уничтожили материальный базис деревни. В настоящее время от бывшего изобилия сельских мельниц чудом сохранились единицы.

Развитие частного землевладения и фермерских хозяйств требует срочного восстановления малых мельниц. В ближайшие 10...20 лет эта работа должна быть выполнена.

Постоянное развитие техники и технологии муки и крупы издавна обеспечивали высокие результаты использования зерна. Даже в условиях рабовладельческого общества на жерновых мельницах с примитивной технологией подготовки и размола зерна мукомолы достигали неплохих результатов. Например, Плиний пишет, что в I веке Н. Э. в торговле было всегда несколько сортов пшеничной муки. Он приводит даже данные о результатах помола, которые при пересчете в проценты к зерну выглядят следующим образом:

мука высшего сорта	15,7
мука среднего сорта	46,3
мука из крупки	28,1
темная мука	4,6

Таким образом, уже на заре мукомольной технологии белой муки получали более 15 %, а относительно белой — более 60 %. В XIX веке выход муки разных сортов при помоле пшеницы составлял 75...80 %. При этом условия конкуренции диктовали производство большого разнообразия сортов муки. Как правило, на каждой мельнице их было не менее пяти, а на некоторых даже 12 сортов. Вот как выглядел список сортов Нижегородской мельницы в XIX веке: 1-й голубой, 1-й красный, 2-й голубой, 2-й красный, 2-й черный, 3-й зеленый, 4-й черный; общий выход 75 %, в том числе около 25 % соответствовали теперешнему высшему сорту, 28 — первому и 22 % — второму сорту.

Такое положение около 10 лет сохранялось и после 1917 г. в новой РСФСР, а затем и в бывшем СССР. Качество муки на различных мельницах существенно отличалось. В 1927 г. в РСФСР и УССР впервые введены единые стандарты на муку. Действующий в настоящее время стандарт утвержден в 1988 г.

П. А. Афанасьев в своем учебнике «Курс мукомольных мельниц», изданном в 1876 г., указывает, что при повторительном помоле можно получить, %: крупки и муки высшего сорта — 18,7 зольностью 0,41 %; крупчатой муки — 32,7 зольностью 0,60 %; хлебной муки — 22,2 зольностью 0,96 %; черной муки — 2,6 зольностью 1,55 %; отрубей — 18,5 зольностью 5,46 %; высевок — 1,3 зольностью 2,65 %.

Таким образом, уже в то время при помоле на жерновах получали 51,4 % муки зольностью 0,53 %, т. е. по теперешним нормам муки высшего сорта, а общий выход муки при зольности 0,69 % составлял 76,2 %, т. е. находился на современном уровне.

Это ясно свидетельствует о высоком инженерном уровне технологов-мукомолов XIX века. Сложные мукомольные техника и технология постоянно привлекали внимание учёных. М. В. Ломоносов на примере мельницы изучал работу шестерен и на этой основе впервые обосновал роль трения при работе машины. Он же на примере работы водяных мельничных колес выполнил классическое исследование в области гидравлики.

Во второй половине XIX века в России происходил бурный рост промышленности, быстро развивалось и мукомолье: только в период с 1860 по 1896 г. было построено более 800 товарных мельниц. Опираясь на прочный экономический фундамент, Россия экспортировала не только зерно, но и муку, которая отличалась высоким качеством и заслуженно пользовалась повышенным спросом в западных странах.

Строительство и эксплуатация мельниц требовали литературного обеспечения. Инженерное руководство по этому вопросу было опубликовано уже в 1812 г. В. Левшиным. В дальнейшем такая техническая литература появляется достаточно регулярно. Д. И. Менделеев в своей «Технологии» большой раздел посвятил мукомольному производству.

В 1876 г. первый инженер-мукомол и профессор Санкт-Петербургского технологического института П. А. Афанасьев опубликовал «Курс мукомольных мельниц»; в 1884 г. его ученик профессор К. А. Зворыкин издал «Курс по мукомольному производству». Эстафету от этих ученых принял профессор П. А. Козьмин, издавший в 1912 г. учебник «Мукомольное производство», который выдержал в Дальнейшем несколько изданий (последнее в 1940 г.), в том числе и на английском языке; вплоть до 1950 г. он был основным учебником для вузов и техникумов.

Активно велась и подготовка специалистов. Первые Технические школы в России были организованы еще при Екатерине II, в 1782 г. насчитывалось 8 таких школ, где обучались 518 учеников, в 1786 г. — уже 165 школ и 11 088 учеников; подавляющее большинство их готовили для работы на мельницах. За период с 1876 по 1917 г. диплом инженера имели более 100 мукомолов; для остальных отраслей пищевой промышленности необходимости в подготовке инженеров не было.

Современная технология муки является результатом коллективного творчества специалистов на протяжении последних 150 лет. Существенный вклад в развитие технологии кроме уже упомянутых ученых внесли М. М. Пакуто, Я. Н. Куприц, В. Л. Кретович, Н. Н. Козьмина, Е. П. Козьмина, Е. Д. Казаков, В. Я. Гиршсон, П. Г. Платонов, П. Д. Тарутин, Б. М. Максимчук; в области оборудования особенно важные работы связаны с именами В. Й. Ильченко, А. Я. Соколова, В. В. Гортинского. В последние 30 лет выполнен ряд интересных работ в области теории и практики технологии муки,

определивших ее теперешнее оформление.

Современные мельницы отвечают всем инженерным требованиям. На основе современной технологии мукомолы достигли высокого уровня реализации технологического потенциала зерна. Дальнейшее развитие направлено на создание многофункционального технологического оборудования, упрощение технологических схем, сокращение процесса, снижение эксплуатационных и энергетических затрат. Рыночные условия диктуют расширение ассортимента, в т.ч. специальных сортов: для диетического и детского питания, для мучных кондитерских изделий и т. п.

## 1.2. Пищевая ценность муки

Мука — продукт, полученный при измельчении зерна. Если она формируется за счет только внутреннего содержимого зерна — его эндосперма, то мука называется *сортовой*. При измельчении всего зерна вместе с оболочками и зародышем получается мука простого размола (*обойная*).

Для производства муки используют пшеницу, рожь и тритикале. В небольших количествах вырабатывают муку из овса, гречихи, кукурузы, ячменя и других культур.

Мука служит основой для получения бесчисленного количества пищевых продуктов. Пищевая ценность этих продуктов определяется химическим составом, наличием в них набора веществ, необходимых для покрытия энергетических и физиологических затрат человека в процессе жизнедеятельности.

Взрослый человек при средней физической нагрузке должен получать с пищей 12 000...13 000 КДж энергии в сутки. 100 г хлеба обеспечивают 1100...1300 кДж.

Рациональное питание предусматривает использование особых рационов для различных групп людей в зависимости от возраста, пола, климатических условий, вида трудовой деятельности. Но во всех рационах хлебобулочные изделия занимают одно из первых мест.

Важнейшая роль в пищевой ценности продуктов принадлежит белку. Суточная потребность человека в белках составляет 80...120 г. за счет потребления изделий из муки и крупы она удовлетворяется на 30...40 %. Потребность в углеводах (около 400 г) обеспечивается в размере 50...60 %.

Мука содержит мало жиров, потребность которых должна восполняться за счет других продуктов. Важное значение имеет наличие в пище таких биологически важных веществ, как незаменимые аминокислоты, непредельные жирные кислоты, витамины и минеральные вещества.

В белках зерна различных культур содержится от 25 до 38 % незаменимых аминокислот. Это соотношение снижается в белках муки вследствие удаления в побочные продукты богатых белком зародыша и алейронового слоя. По данным разных авторов, в ржаной обдирной и пшеничной сортовой муке — около 30 %.

Однако с повышением сортности муки содержание белков в ней снижается, поэтому степень удовлетворения потребности человека в незаменимых аминокислотах уменьшается. Так, при ежедневном употреблении 500г хлеба только из муки пшеничной высшего сорта она не превышает 30 %, 1-го сорта — 35 %, 2-го — 40 %, обойной — 45-55 %. Это же характерно и для других биологически активных соединений. Так, потребность в различных витаминах обеспечивается на 15...60 %, а в минеральных веществах — от 15 до 80 %. Наиболее ценной в питательном отношении является обойная мука, в которой содержится весь набор питательных элементов зерна. Кроме того, за счет измельченных оболочек зерна в ней присутствуют волокнистые вещества, способствующие выведению из пищеварительного тракта различных шлаков

и улучшающие физиологические функции кишечника.

В условиях современных мельниц технолог имеет возможность формировать различные сорта муки с повышенным или пониженным содержанием белка, крахмала, минеральных веществ, витаминов и т. п. Однако эта возможность используется слабо.

При производстве хлебных, макаронных и кондитерских изделий используют муку, удовлетворяющую специфическим требованиям. В связи с этим из пшеницы и ржи вырабатывают несколько различных сортов муки. Кроме того, для детского и диетического питания применяют особые сорта муки.

Для всех видов и сортов муки влажность должна быть не более 15 %. По качеству клейковина пшеничной муки должна быть не ниже II группы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какая ультрасовременная наука обязана своим появлением мельничной практике?
2. Где и когда появилась первая мельница с паровым двигателем?
3. Какие культуры используют для производства муки?

### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

#### Основная

1. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
2. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
3. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### Дополнительная

4. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ; Март. - 2011г. - 688 с
5. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №2

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕРНА

#### 2.1. Технологический потенциал зерна

Зерно — дорогостоящее сырье. В общих затратах на производство муки доля зерна составляет 90...95 %. Поэтому важно использовать его с наивысшей эффективностью, т. е. обеспечить максимальный выход готовой продукции, наилучшее ее качество при минимальных удельных эксплуатационных затратах. Решение этой важной инженерной задачи возможно только на основе управления свойствами зерна в процессе его переработки. Технолог должен уметь правильно оценить технологические свойства зерна, поступающего на предприятие, и выбрать оптимальные режимы технологических операций с учетом индивидуальных особенностей партий зерна. Для этого от технолога требуется наличие твердых знаний о разнообразных свойствах зерна.

С учетом современных научных представлений при оценке свойств зерна необходимо учитывать следующие положения:

зерно представляет собой сложное тело, состоящее из резко отличающихся по структуре и свойствам эндосперма, зародыша и оболочек;

зерно является анизотропным телом, так как химический состав, микроструктура и свойства каждой анатомической части последнего также отличаются друг от друга;

зерно -- полимерное тело, ткани которого построены из биополимеров;

зерно — живой организм, поэтому все протекающие в нем процессы независимо от их природы подчиняются управляющему воздействию биологической системы зерна;

как живой организм зерно активно обменивается с окружающей средой энергией и массой, поэтому с термодинамической точки зрения оно представляет собой открытую систему.

Для комплексной оценки технологических достоинств зерна необходимо определить некоторый показатель, который бы одновременно учитывал технологические свойства зерна как объекта переработки и потребительские достоинства полученной готовой продукции (муки). Это диктуется тем, в частности, что при высоком выходе муки и низкой зольности ее хлебопекарные свойства могут оказаться невысокими. И наоборот, при более чем удовлетворительных мукомольных свойствах зерна потребительские достоинства муки могут быть высокими.

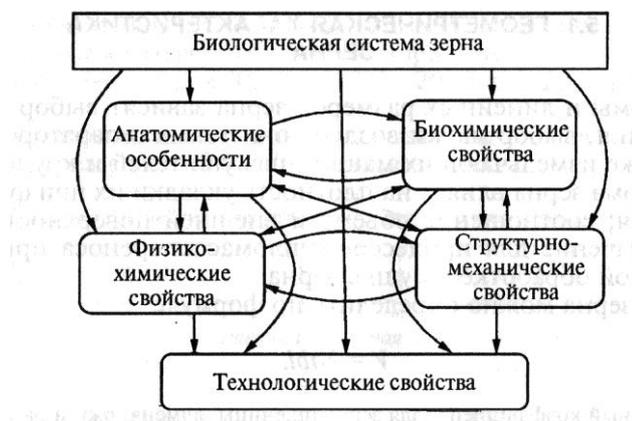
Для комплексной оценки предлагается ввести понятие «технологический потенциал зерна» (ТП).

Технологический потенциал формируется в процессе производства зерна под влиянием генетических особенностей, почвенно-климатических условий и приемов агротехники (рис. 1).



Рисунок 1 - Схема формирования ТП зерна

Технологический потенциал является основным показателем технологических достоинств зерна, который включает биологические и анатомические особенности зерна и группы различных свойств, выступающих в тесной взаимосвязи друг с другом (рис. 2).



**Рисунок 2 - Схема формирования технологических свойств зерна**

Уровень технологического потенциала зерна может быть изменен в процессе послеуборочной обработки и формирования партий на элеваторах, в процессе хранения зерна и при проведении технологических операций в подготовительном отделении мельницы.

Технологический потенциал учитывается при переработке зерна в муку и последующем использовании этик продуктов.

С точки зрения технолога-переработчика технологический потенциал состоит из двух основных показателей:

- соотношения масс анатомических частей зерна и прежде всего содержания эндосперма (ядра);
- потенциальной возможности разделения анатомических частей зерна в процессе переработки на самостоятельные продукты.

С учетом требований, предъявляемых к готовой продукции, в качестве обязательной характеристики ТП необходимо учитывать потребительские достоинства муки.

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

## **2.2. Физико-химические свойства зерна**

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 следующие показатели:

- геометрическая характеристика (линейные размеры, объем, площадь внешней поверхности, их соотношение и форма зерна);
- крупность и выравненность зерновой массы;
- натура;
- масса 1000 зерен;
- стекловидность;
- плотность и удельный объем;

- удельная поверхность зерна разной крупности.

От формы и линейных размеров зерна зависят выбор схем сепарирования, выбор марки воздушно-ситовых сепараторов, триеров, а также измельчающих машин, шелушителей. Форма зерна влияет на плотность укладки их при формировании слоя; соотношение объема и внешней поверхности имеет важное значение для процессов тепломассопереноса при гидротермической обработке и сушке зерна.

С уменьшением крупности зерна снижается значение параметра  $V/F$ , что указывает на более заметное удельное приращение внешней поверхности на единицу его объема. Следовательно, процентное содержание оболочек у мелкого зерна должно быть выше, а содержание эндосперма — ниже; прямой эксперимент это подтверждает. При анализе 8 партий пшеницы значение массовой доли эндосперма снизилось с 84 до 71 % при переходе от крупной к мелкой фракции. При изменении объема зерновки от 10 до 40 мм<sup>3</sup> содержание эндосперма возрастает. Поэтому мелкое зерно при помоле дает низкий выход муки, а качество ее не отвечает высоким технологическим требованиям; эту мелкую фракцию зерна следует отбирать на элеваторах проходом сита 2,2 x 20 или 2,0 x 20 и сходом 1,7-1,8 x 20 и не направлять в помол, а использовать в качестве составного компонента комбикормов.

Вследствие существенного снижения массы 1000 зерен удельная поверхность  $f$  (м<sup>2</sup>/кг) зернового слоя повышается. Следовательно, в мелком зерне процесс тепломассообмена с окружающей средой должен развиваться интенсивнее, чем в более крупном.

Под натурой зерна понимают массу установленного объема зерна. В России под натурой зерна принято понимать массу 1 л зерна, выраженную в граммах. В некоторых странах ее оценивают количеством килограммов в 1 г/л или же в фунтах (0,453 кг) в 1 бушеле (35,1 л). Величина натуре существенно зависит от многих факторов: влажности зерна, его крупности, формы (сферичности), засоренности и вида примесей и т. д. Поэтому оценить влияние натуре зерна на его мукомольные свойства однозначно не представляется возможным.

Однако в опытах с очищенным от примесей зерном установлено положительное влияние натуре на выход муки при сортовом помоле пшеницы. При значении натуре ниже 740 г/л выход муки снижается на 1 % за каждые 17 или 13 г/л уменьшения натуре. При значении натуре выше 740 г/л влияние ее менее заметно. При снижении натуре зерна качество муки ухудшается.

У каждой культуры масса 1000 зерен колеблется в зависимости от вида, разновидности, сорта, района и условий созревания. Массу 1000 зерен в граммах выражают в пересчете на сухое вещество, потому что влага увеличивает массу зерен.

Этот показатель положительно коррелирует с крупностью зерна, его стекловидностью и плотностью. В связи с этим он оказывает заметное влияние на технологические свойства зерна.

При помоле крупного зерна пшеницы, масса 1000 зерен которого составляет более 40 г, выход муки на 3...5 % выше, чем при помоле мелкого зерна, масса 1000 зерен которого меньше 25 г. Наблюдается закономерное возрастание зольности и снижение натуре и массы 1000 зерен при переходе от более крупных к более мелким фракциям зерна.

С уменьшением крупности зерна снижается в нем содержание эндосперма, поэтому мелкие фракции зерна следует удалять из помольной партии.

Для обеспечения высоких технологических результатов важное значение имеет выравнивание поступающих в переработку партий зерна по размерам. Под выравне

и н о с т ь ю понимают однородность партии зерна по крупности. Если в партии зерно в основном одинаковое по размерам, его называют выравненным.

Естественная заметная вариация зерна по ширине, толщине и длине не позволяет технологу однозначно подобрать наиболее эффективные параметры сепарирования, измельчения, шелушения, гидротермической обработки.

Для повышения выравненности используют удаление мелкой фракции зерна, а также сортирование партий на 2, 3 и более фракций.

Выравненность зерна по крупности играет важную роль в технологии муки.

Проведенное во ВНИИЗе исследование показало, что если разделить помольную партию на сите 2,5 x 20 или близком к этому примерно пополам, то полученные фракции зерна (сход и проход) заметно различаются по своим свойствам. Так, при гидротермической обработке каждая фракция нуждается в особом режиме; в частности, крупное зерно необходимо дополнительно увлажнять примерно на 1 %.

При переходе от крупной к мелкой фракции одновременно со снижением массы 1000 зерен возрастает зольность зерна. Например, в одном из опытов получено, что при сортировании на три фракции на ситах с размерами 2,5 x 20, 2,2 x 20 и 2,0 x 20 масса 1000 зерен пшеницы Безостая 1 снизилась с 46,7 до 37,2 г и до 30,7 г, а зольность повысилась с 1,72 до 1,83 % и до 2,03 % для самой мелкой фракции.

Результаты лабораторного помола пшеницы разной крупности: общий выход муки понизился на 8,5 и 9,7 % при переходе от мелкой к крупной фракции.

Поэтому в связи с низкими мукомольными свойствами мелкую фракцию зерна следует удалять из помольной партии (проходом с сита 2,2x20 и сходом с сита 1,7x20).

Этот показатель отражает особенности микроструктуры эндосперма зерна: при более плотном контакте гранул крахмала с белковыми матрицами стекловидность повышается. Поэтому стекловидность связана с технологическими свойствами зерна. Ее применяют для пшеницы, ржи, тритикале, ячменя и риса.

При помоле стекловидного зерна легче извлекается эндосперм, а мука имеет более высокие хлебопекарные достоинства.

В мукомольном производстве для зерна пшеницы установлены три группы стекловидности: до 40 %, от 40 до 60 % и свыше 60 %.

При формировании помольных партий рекомендуется поддерживать стекловидность в пределах 50...60 %. Однако при увлажнении и последующем высушивании стекловидность зерна быстро снижается вследствие образования в эндосперме микротрещин. Понижение стекловидности наблюдается уже при отлежке скошенного зерна в валках, при отдельном методе уборки, но технологические достоинства такого зерна при этом не снижаются. За рубежом при определении этого показателя учитывают только полностью стекловидные зерна. Имеются отечественные данные о том, что полная стекловидность точнее отражает технологические свойства зерна, чем общая.

Плотность можно рассматривать как комплексную характеристику зерна, суммарно отражающую его структуру, Химический состав, массу 1000 зерен, стекловидность, соотношение масс анатомических частей. Удельный объем — это величина, обратная плотности.

Наиболее подробно изучена плотность зерна пшеницы. Установлено, что более высокая плотность зерна связана с повышенным содержанием белка, а также с более высокой стекловидностью. Известно, что с повышением плотности зерна выход сухой клейковины понижается, а сырой — возрастает. Очевидно, белки такого

зерна имеют повышенную гидратационную способность.

На величину плотности зерна существенное влияние оказывают его влажность, температура и длительность процесса набухания увлажненного зерна.

Резкое снижение плотности зерна при влажности 15...17 % связано с преобразованием структуры эндосперма и его разрыхлением.

При нагреве увлажненного зерна плотность также снижается, сначала плавно, а затем резко, при этом обнаруживается усиливающее влияние влажности. После достижения минимума плотность несколько возрастает, что свидетельствует о сложных процессах перестройки структуры эндосперма.

Определение истинной плотности зерна требует особой организации опыта, так как в пористых плодовых оболочках и бороздке зерна находится воздух, что существенно искажает результаты измерения. Необходимо удалить этот воздух, для чего зерно при определении плотности выдерживают при пониженном давлении.

Корреляция плотности зерна с его технологическими свойствами позволяет рекомендовать ее в качестве одного из косвенных показателей их оценки.

Зерно хлебных культур имеет сложное анатомическое строение.

Анатомические особенности зерна играют существенную роль в формировании его технологического потенциала. Соотношение масс анатомических частей зерна определяет потенциальный выход продуктов его переработки. Наличие глубоко проникающей бороздки у зерна пшеницы, ржи и тритикале существенно влияет на организацию избирательного измельчения крахмалистой части эндосперма при сортовом помоле. Определенное значение имеет структура цветковых пленок, оболочек, конфигурация клеток алейронового слоя и т. д.

Выход муки и побочных продуктов во многом зависит от соотношения и относительного содержания анатомических частей зерна.

Анатомически зерно делится на 3 части: эндосперм, зародыш и окружающие их оболочки — защитный покров зерна. Каждая из этих частей также имеет сложное строение и состав.

На брюшной стороне зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса и тритикале, т.е. у так называемых настоящих хлебов, расположена бороздка, особая складка оболочек, внедряющаяся в глубь эндосперма.

При производстве сортовой муки эндосперм зерна перемалывают в муку, а наружные оболочки выделяют в виде побочных продуктов (отрубей, мучки).

При сортовом помоле пшеницы, ржи и тритикале технологический процесс организуют так, чтобы в готовую продукцию направить только крахмалистую часть эндосперма (без алейронового слоя).

Разделение анатомических частей зерна на самостоятельные продукты — сложная задача. При сортовом помоле проводят многоступенчатый процесс измельчения и сортирования полученных продуктов; тонко измельченный эндосперм направляют в муку, оболочки с алейроновым слоем в виде крупных частиц переводят в отруби, а зародыш — в виде самостоятельного продукта.

На технологические свойства зерна существенное влияние оказывают структуры оболочек и алейронового слоя. Толщина оболочек и алейронового слоя в пределах данной культуры зависит от сортовых особенностей зерна и почвенно-климатических условий произрастания растений.

Алейроновый слой — это часть (краевой слой) эндосперма. У пшеницы и ржи он обычно сформирован из одного ряда клеток, но иногда встречается двойной ряд клеток.

Практикой установлено, что зерно пшеницы с более развитыми оболочками отличается пониженными мукомольными свойствами. С одной стороны, в таком зерне меньше эндосперма, с другой — данный эндосперм трудно отделить от наружных покровов зерна при помоле (ухудшается так называемая вымалываемость зерна).

При сортовом помоле требуется отделить внутреннюю часть эндосперма от алейронового слоя. Большое влияние на это оказывает конфигурация клеток последнего. Установлено, что если его клетки примерно одинаковы по форме и размерам, особенно по толщине, то такое зерно хорошо вымалывается.

Ровная граница между клетками алейронового и субалейронового слоев в зерне свидетельствует о том, что крахмалистая часть эндосперма будет легко выделена при помоле, и наоборот, заметное различие в форме и размерах клеток алейронового слоя, внедрение отдельных клеток этого слоя в субалейроновый слой говорят о плохой вымалываемости зерна. При опытном помоле на мельничной лабораторной установке МЛУ-202 выход муки из зерна первой партии составил 74,0 %, из второй — 64,2 %. При этом содержание крахмала в отрубях было равно 21,3 и 41,4 % соответственно. Содержание эндосперма и оболочек сильно зависит от крупности зерна пшеницы.

Бороздка — это специфическое образование сложной формы на брюшной стороне поверхности зерна настоящих хлебов: пшеницы, ячменя, ржи, овса и тритикале. Наличие ее существенно сказывается на организации и ведении сортовых помолов. Бороздка характеризуется шириной и глубиной залегания (рис.3). Конфигурация петли бороздки отличается значительной изменчивостью. Отношение глубины бороздки к толщине зерна пшеницы находится в пределах 43...71 %, а отношение размаха петли бороздки к ширине зерна — 7...36 %. Столь значительная вариация объясняется как сортовыми различиями, так и влиянием почвенно-климатических условий. Так, у пшеницы II типа (твердая Дурум) бороздка имеет щелевидную форму, а у мягкой пшеницы статистический анализ выявил 4 характерные группы. У зерна ржи размеры и форма петли бороздки варьируют меньше, чем у пшеницы. Первое отношение лежит в пределах 36...47 %, второе — 2...4 %.

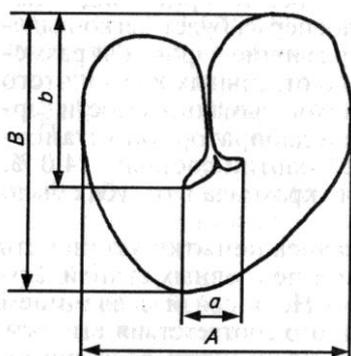


Рисунок 3 – Относительные размеры бороздки зерна настоящих хлебов

При формировании зерна в эндосперме накапливаются запасные питательные вещества, главным образом крахмал и белок. Крахмал формируется в виде гранул сферической, эллипсоидальной или ограненной формы, промежутки между кото-

рыми полностью или частично заполнен белковыми веществами, которые образуют матрицу для гранул крахмала и цементируют их. Зерно различных культур заметно отличается по крупности гранул крахмала. Крахмальные гранулы зерна настоящих хлебов имеют диаметр в пределах от 1 до 60 мкм, риса — от 2 до 10, сорго — от 4 до 12, гречихи — от 3 до 12, проса — от 0,5 до 5 мкм.

Микроструктура крахмалистой части эндосперма имеет важное технологическое значение, особенно при сортовых помолах.

У пшеницы эндосперм представлен в виде развитой белковой матрицы, у ржи связь крахмальных гранул с белковой матрицей непрочная: между гранулами не везде есть белковые прослойки.

Крахмальные гранулы ячменя так же, как и гранулы пшеницы, плотно упакованы в белковую матрицу. Распределение гранул по размерам, соотношение гранул крахмала различной крупности определяют так называемую мозаику эндосперма.

Для количественной характеристики мозаики гранулы крахмала разделяют по размерам на три фракции: крупные — диаметром более 20 мкм, средние — от 20 до 10 и мелкие — менее 10 мкм. Иногда дополнительно выделяют 1-ю мелкую — до 2 мкм и 2-ю мелкую фракции — от 2 до 4 мкм.

Оценку геометрической характеристики гранул проводят по величине средневзвешенного диаметра  $d$ , вариации объема гранул  $V$ , площади внешней поверхности гранул  $F$  и отношению  $V/F$ .

В количественном отношении основную массу (более 90 %) во всех случаях составляют мелкие гранулы — диаметром до 10 мкм, на долю крупных приходится не более 3 %. Но по доле объема первенство принадлежит гранулам средней фракции — размером от 10 до 20 мкм, затем следуют мелкие гранулы — размером менее 10 мкм и менее 10 % приходится на долю крупной фракции. Таким образом, основная масса крахмала формируется в зерне пшеницы в виде гранул крупнее 10 мкм.

Известно, что зерно краснозерной озимой пшеницы 4 типа отличается от остальных типов более высокими технологическими свойствами. Этому способствует повышенное содержание в эндосперме мелких крахмальных зерен, что влияет на твердозерность. При сортовом помоле мука должна состоять только из крахмалистой части эндосперма. Поэтому выход муки зависит от массовой доли эндосперма.

Белки, способные образовывать клейковину, также расположены только в крахмалистой части эндосперма пшеницы, ячменя, ржи и тритикале. В оболочках много клетчатки, лигнина и пентозанов. Так, в оболочках зерна ржи содержание пентозанов превышает 30 %, а клетчатки — более 25 %.

Неравномерно распределены химические вещества и в пределах эндосперма. Анализ показывает, что по мере продвижения от его центра к периферии содержание биологически ценных соединений (белков, витаминов, минеральных веществ) возрастает. Особенно велико относительное содержание этих веществ в субалейроновом и алейроновом слоях эндосперма. Клетки алейронового слоя имеют толстые стенки, не поддающиеся ферментам пищеварительного тракта человека, поэтому включать алейроновый слой в муку практически бесполезно. Кроме того, в нем велико содержание липидов, что при хранении муки отрицательно сказывается на ее качестве. Также неравномерно распределены по анатомическим частям зерновки и ферменты. Например, если принять активность липоксигеназы для целого зерна за 1, то для зародыша она составит около 7, а для крахмалистой части эндосперма только 0,40. Активность протеиназы в зародыше в 8...13 раз выше, чем в эндосперме, а в алейроновом слое 50...70 раз. Несомненно, это связано с сохранением жизнедеятельности клеток алейронового слоя и зародыша.

Основное количество витаминов сосредоточено в алейроновом слое и зародыше, т. е. в тех частях зерна, клетки которого сохранили жизнедеятельность и обеспечивают развитие нового растения из семени. Так, более 30 % тиамина сосредоточено в алейроновом слое и более 60 % в зародыше, рибофлавин примерно поровну распределен в алейроновом слое, крахмалистой части эндосперма и зародыше; ниацин почти полностью сконцентрирован в алейроновом слое. Такое распределение связано с биологической функцией витаминов, которые обеспечивают нормальное протекание физиологических процессов. В связи с удалением зародыша и алейронового слоя в побочные продукты сортовая мука имеет невысокое содержание витаминов и других биологически важных веществ.

В процессе помола зерна по определенным технологическим системам мука формируется из различных областей эндосперма зерна, поэтому химический состав и технологические свойства муки, полученной соединением индивидуальных потоков, заметно варьируют.

Структурно-механические свойства зерна увязывают особенности структуры материала с его реакцией на механическое воздействие. По ним определяют процессы измельчения и шелушения зерна, выход и качество продуктов измельчения, расход энергии на эти операции.

Основными показателями этих свойств являются прочность и твердость (микротвердость). При оценке свойств зерна пшеницы важное значение имеет твердозерность.

Для организации различных технологических процессов необходимо прежде всего располагать сведениями о его прочности, так как именно это определяет, с одной стороны, сохранение целостности зерна при его перемещении по транспортным системам или же при послеуборочной обработке, а с другой — расход энергии на измельчение или шелушение.

С повышением влажности сверх 15 % заметно проявляются пластические свойства зерна. Мелкое зерно отличается от крупного повышенной прочностью: например, предел прочности крупной фракции твердой пшеницы составляет 7,5...8,5 МПа, а мелкой — 9,5... 11,5 МПа.

Резко различается прочность анатомических частей. Так, прочность оболочек зерна пшеницы достигает 27...33 МПа, а прочность эндосперма не превышает 3 МПа, т. е. ниже в 10 раз и более. Этот факт имеет важное технологическое значение, так как позволяет осуществить их разделение в процессе избирательного измельчения или шелушения.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какую долю составляет зерно в общих затратах на производство муки?
2. Что влияет на формирование технологического потенциала зерна?
3. Какие физико-химические свойства имеют технологическое значение?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная**

6. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.

7. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.

8. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

Дополнительная

9. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с

10. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №3

### ПОДГОТОВКА ЗЕРНА К ПОМОЛУ

#### 3.1.Порядок размещения зерна в элеваторе мельницы

Зерно, поступающее на мельницу, закладывают на предварительное хранение в элеватор. Рекомендуется, чтобы запас зерна был равен не менее месячной производительности мельницы. Зерно в элеваторе размещают с учетом его свойств и показателей качества. Партии зерна хранят отдельно:

- по типу, желательнее при этом учитывать также сорт и район произрастания;
- влажности — при разности значений в 1 % и более;
- стекловидности — менее 40 %, от 40 до 60 и более 60 %;
- зольности — менее 1,85 и более 1,85 %;
- содержанию клейковины — свыше 25 %, от 25 до 20 и ниже 20 %.

Кроме того, отдельно хранят зерно сильной и слабой пшеницы, поврежденное клопом-черепашкой, полынное и т. п. Строгое выполнение этих требований позволяет инженеру-технологу так подобрать компоненты помольной партии, чтобы она обладала достаточно высокими технологическими свойствами, причем на протяжении более длительного периода.

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 зерна изменяются вследствие воздействия внешних факторов (транспортирование, сушка и т. п.). Все это приводит к огромному разнообразию поступающих на перерабатывающие предприятия партий зерна по всем показателям качества.

Различие свойств зерна требует корректировки режимов технологических систем для их оптимизации, т. е. переналадки всех машин и аппаратов. Чтобы это исключить, зерно должно поступать на переработку (после прохождения подготовительного отделения) с устойчивыми показателями технологических свойств. Стабилизация показателей свойств зерна является также необходимой предпосылкой автоматизации технологического процесса, которая достигается посредством ГТО, а также путем смешивания разнородных по характеристике отдельных партий в одну так называемую *помольную смесь*. Показатели качества такой смеси могут быть заданы заранее. Задача в этом случае сводится к подбору компонентов смеси и расчету их необходимого соотношения.

Кроме того, формирование помольных партий позволяет экономично использовать зерно сильной пшеницы, расходуя его в определенной пропорции с нормальным по качеству зерном, а иногда и с зерном слабой пшеницы. Смешивание зерна перед помолом позволяет частично использовать зерно пониженного качества, при самостоятельной переработке которого нельзя получить стандартную муку.

При смешивании партий зерна значения стекловидности и зольности подчиняются закону аддитивности, т. е. могут быть определены посредством расчета средневзвешенных величин.

Весь процесс помола зерна делится на ряд этапов (подсистем) с конкретными задачами.

Технологический процесс принято изображать в виде схем, отображающих последовательность проведения технологических операций в графической форме, с указанием рабочих параметров машин и аппаратов. Операции в подготовительном и размольном отделениях мельницы обязательно выделяют в виде самостоятельных процессов, и

представляют в виде отдельных технологических схем.

### 3.2. Классификация помолов

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

В зависимости от поставленной задачи по выходу муки и ее качеству количество технологических операций, их взаимосвязь и последовательность могут различаться. Например, при помоле зерна в обойную муку измельчаются все анатомические части, включая оболочки и зародыш. При современном уровне техники эта задача решается просто, поэтому весь процесс помола ограничивается всего лишь одним этапом.

При производстве сортовой муки тонкому измельчению подвергают только крахмалистую часть эндосперма, а оболочки и алейроновый слой направляют в отруби в виде крупных частиц. Зародыш может быть выделен как самостоятельный продукт или также идет в отруби.

Избирательное измельчение эндосперма существенно усложняет технологию муки, в результате необходимо вводить дополнительные этапы процесса, в которых происходит разделение продуктов измельчения на фракции по добротности, на основе различий физико-химических и структурно-механических свойств эндосперма, оболочек и зародыша.

Наиболее удачная классификация помолов зерна предложена профессором И. А. Наумовым. В ее основу положены кратность измельчения зерна, число отдельных этапов в технологической схеме и степень сложности организации ситовечного процесса, занимающего особое место в технологии муки.

По кратности измельчения все помолы делятся на разовые и повторительные. При разовом помоле измельчение зерна в муку происходит в результате однократного пропуска зерна через измельчающую машину, например жернов.

При повторительных помолах операции измельчения повторяются. В этом случае муку выделяют проходом сит из металлической сетки, шелковых или синтетических нитей, а оставшиеся более крупные продукты фракционируют по крупности и добротности и проводят с ними операции измельчения и сортирования до полной реализации поставленной задачи по выходу муки установленного качества.

Повторительные помолы делятся 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 сложным помолам принадлежат помолы пшеницы, ржи и тритикале в сортовую муку. Эти помолы дополнительно разделяют на три группы в зависимости от наличия и сложности организации ситовечного, а также шлифовочного процессов. При сортовых помолах ржи и тритикале эти этапы технологического процесса отсутствуют, что обусловлено анатомическими особенностями и структурно-механическими свойствами зерна этих культур. При переработке пшеницы в муку 2-го сорта или же 1-го + 2-го сортов ситовечный процесс сокращен, а шлифовочный отсутствует. Наиболее сложно организован многосортный помол пшеницы или односортный помол ее в муку высшего сорта, а также макаронный помол. В этом случае ситовечный и шлифовочный процессы

получают полное развитие.

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

### **3.3. Требования к зерну для помола**

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

Исходная влажность зерна при высокосортных помолах пшеницы и ржи должна быть не выше 13 %, при других типах сортовых помолов — до 14 %; при простом помоле в обойную муку — на уровне, обеспечивающем производство муки влажностью не выше 15 %.

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

Дополнительно ограничивается содержание зерен, пораженных фузариозом, — не выше 1%; в этом случае содержание микотоксина в 1 кг зерна не должно превышать 1 мг, что ниже допустимой нормы.

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

Для обеспечения высокого технологического эффекта помола подготовительные операции играют важную роль. Установлены предельно допустимые нормы остаточного содержания сорной примеси: при хлебопекарных помолах пшеницы и ржи — не более 0,4 %;

макаронных помолах пшеницы и хлебопекарных помолах с отбором макаронной муки — не более 0,3 %.

В числе сорной примеси содержание вредной примеси не должно превышать 0,05 %, а куколя — не более 0,1% (при макаронных помолах — 0,05 %), фузариозных зерен — не более 0,3, а в твердой пшенице — не более 0,6 %.

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

### **3.4. Эффективность раздельной подготовки к помолу зерна разного качества**

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

Среди показателей, определяющих мукомольные свойства зерна, наиболее значимыми являются влажность, масса 1000 зерен, твердозерность, стекловидность, содержание примесей, а также наличие мелкой фракции зерна. На технологические

свойства муки влияют содержание и качество клейковины, содержание в муке механически поврежденных крахмальных гранул и амилолитическая активность муки. Существенное влияние на технологические свойства зерна оказывает относительное содержание эндосперма. Кроме того, преобразование свойств зерна под воздействием ГТО в каждой партии развивается в определенном темпе и происходит неодинаково. Поэтому для оптимизации технологических свойств зерна подготовку каждой партии к помолу необходимо вести отдельно, применяя индивидуальные режимы основных технологических операций. Установлено, что раздельная подготовка компонентов помольной смеси при многосортных помолах пшеницы в хлебопекарную муку обеспечивает повышение общего выхода муки до 0,5 %, а муки высоких сортов — до 5 %.

### **3.5. Особенности подготовки пшеницы к макаронному помолу**

Муку для макаронных изделий получают из твердой пшеницы 2-го типа Дурум или же нового, 6-го типа, твердой озимой пшеницы, а также из мягкой высокостекловидной твердозерной пшеницы 1-го или 4-го типов. К этой муке предъявляются особые требования по крупности, выравненности по гранулометрическому составу, содержанию и качеству клейковины. Мука извлекается проходом с сит ситовеечных машин, по крупности она соответствует характеристикам крупной и средней крупки (макаронная мука высшего сорта — крупка) или же мелкой крупки в смеси с дунстами (макаронная мука 1-го сорта — полукрупка).

Кроме этого при получении крупитчатой муки особые требования предъявляются также к процессу подготовки зерна к помолу. Повышены требования к муке по остаточному содержанию в ней сорной примеси: 0,3 % против 0,4 % в хлебопекарных помолах мягкой пшеницы, причем наличие гелиотропа опушенноплодного, триходесмы седой и минеральной примеси не допускается. Поэтому при подготовке зерна рекомендуется осуществлять двукратный пропуск его через камнеотделители.

Для получения крупки рекомендуется применять дву- или трехкратное увлажнение и отволаживание с доведением влажности зерна перед первой системой измельчения до 16,5...17,0 %, но при существенно сокращенной длительности отволаживания на каждом этапе. Другими словами, стремятся достигнуть такого состояния зерна, когда при отволаживании в его эндосперме сформируются только первичные, относительно крупные микротрещины, не доводя процесс до интенсивного разрыхления эндосперма. В результате при измельчении зерна в драном процессе образуется повышенное количество крупной и средней крупки, из которой в дальнейшем и формируется макаронная мука (крупка и полукрупка).

Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах рекомендуют следующий вариант холодного кондиционирования твердой пшеницы Дурум: на первом этапе увлажнение до 14,5...15,0 % и отволаживание в течение 8...12 ч, на втором этапе увлажнение еще на 1,5...2,0 % и отволаживание в течение 2...4 ч с доувлажнением перед I Д на 0,4...0,6 % и выдержкой в закрое в течение 15...25 мин. Конечная влажность зерна в этом случае должна быть 16,0...17,0 %.

По другому варианту, когда требуется увлажнить зерно не более чем на 3 %, на основном этапе предусматривается однократное увлажнение до 15,5...16,5 % и отволаживание в течение 4...8 ч с последующим доувлажнением зерна перед I Д и доведением до конечной влажности 16,0...16,5 %. Второй вариант используется при поступлении зерна со стекловидностью ниже 80 %.

На практике при использовании зерна Дурум чаще применяют двухэтапное основное увлажнение и отволаживание: на первом этапе влажность зерна доводят до 14,5...15,5 % с отволаживанием в течение 6...8 ч, на втором этапе добавляют около 2 % воды и отволаживают в течение 2...3 ч с доувлажнением на 0,3...0,4 % и выдержкой не более 20 мин. В этом случае обеспечивается достаточное разрыхление эндосперма для интенсивного извлечения крупочных продуктов 1-го качества с преимущественным получением крупной и средней крупки.

При переработке мягкой твердозерной пшеницы 1-го типа холодное кондиционирование зерна проводится одноэтапно с увлажнением его до 15,0...15,5 % и отволаживанием в течение 3...5 ч. При доувлажнении влажность зерна повышают до 15,5...16,0 %.

При использовании для помола мягкой твердозерной пшеницы 4-го типа на первом этапе увлажняют зерно до 14,0...14,5 % и отволаживают в течение 6...8 ч. На втором этапе добавляют 1,0...1,5 % воды и выдерживают зерно в закrome в течение 1...2 ч.

Конечная влажность подготовленного к помолу зерна находится на уровне 16,0...16,5 %.

Такое отличие режимов холодного кондиционирования зерна мягкой твердозерной пшеницы от твердой 2-го типа связано с существенной разницей анатомических и структурно-механических свойств этих представителей. В эндосперме зерна мягкой пшеницы даже при высокой стекловидности происходят более существенные преобразования структуры в результате повышенной интенсивности формирования микротрещин. Поэтому следует несколько снизить показатели увлажнения и длительность отволаживания зерна. В остальном процесс подготовки зерна к макаронному помолу практически совпадает с подготовкой зерна к хлебопекарному помолу. Однако в этом случае стекловидность зерна должна быть 50...60 %, а при макаронных помолах желательнее иметь этот показатель на уровне 80 % и

### **3.6. Подготовка зерна к простому помолу**

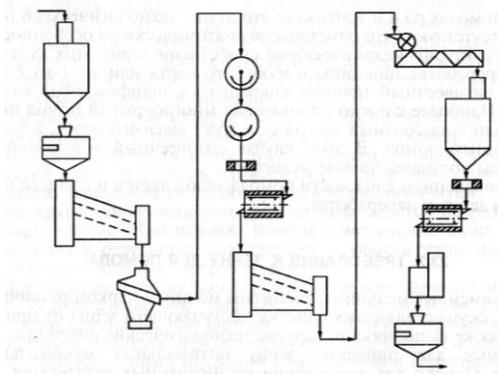
К обойной муке предъявляются невысокие требования. Эта мука представляет собой измельченное зерно без отбора отрубей, поэтому ее химический состав практически совпадает с химическим составом зерна.

При подготовке зерна к простому помолу основное внимание уделяют удалению примесей. Для решения этой задачи используют воздушно-ситовые сепараторы (один или два прохода), камнеотборник и триеры. Обработку поверхности зерна ведут на обоечных машинах с абразивным цилиндром (отсюда и название муки — обойная) — один или два прохода. Вместо обоечных машин применяют шелушители типа ЗШН, при этом удаляют 2...4 % оболочек; в результате мука получается с пониженным содержанием клетчатки и зольности. Если при использовании обоечных машин зольность зерна в конце очистки уменьшается примерно на 0,07 %, то при шелушении зерна на машинах ЗШН достигается снижение зольности на 0,10...0,15 %.

Гидротермическую обработку зерна по методу холодного кондиционирования проводят лишь в том случае, если исходная влажность ниже 14 %.

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

Технологическая схема процесса подготовки зерна пшеницы к простому помолу приведена на рис. 4.



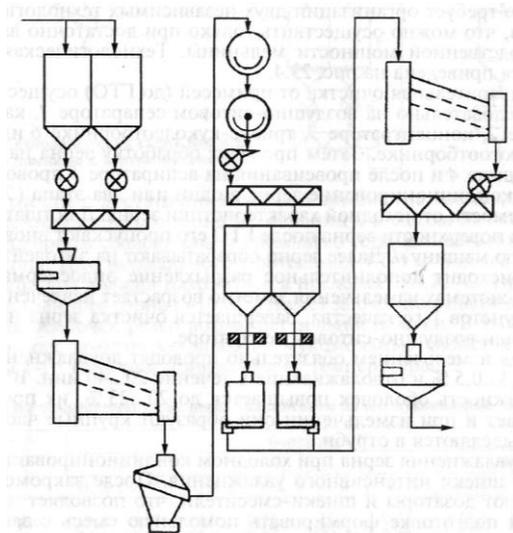
**Рисунок 4 – Технологическая схема простого помола зерна в обойную муку в подготовительном отделении мельницы**

### **3.7. Подготовка ржи к сортовому помолу**

Зерно ржи существенно отличается по всем свойствам от зерна пшеницы. Особое значение для технологии муки имеют ее повышенная пластичность, прочное срастание алейронового слоя с крахмалистой частью эндосперма, наличие утолщенных оболочек. В результате при сортовом помоле возрастает трудность 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 возможно также потому, что зерно ржи отличается высокой пластичностью и поэтому хорошо выдерживает механическое воздействие.

Технологическая схема подготовки зерна ржи к сортовому помолу на мельнице приведена на рис. 5.



**Рисунок 5 – Технологическая схема подготовительного отделения мельницы сортового помола ржи**

После очистки от примесей на воздушно-ситовом сепараторе, камнеотборнике и триерах зерно подвергают гидротермической обработке по методу холодного кондиционирования. В связи с высокой пластичностью зерна ржи его увлажняют в

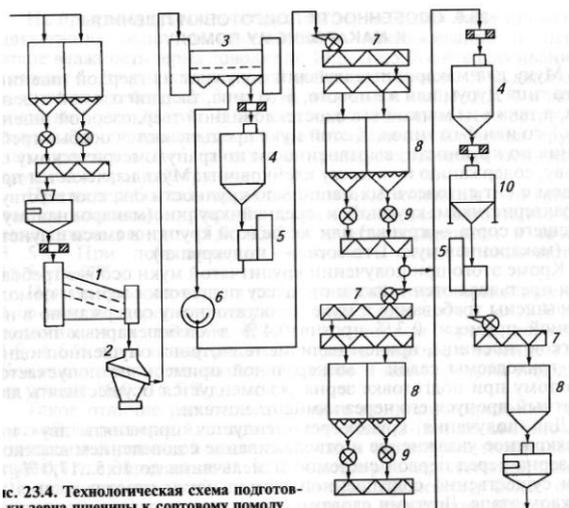
меньшей степени, чем зерно пшеницы (не выше 14,5 %), и отволаживают не выше 8 ч. Затем проводят интенсивное шелушение зерна на машинах ЗШН или на обочных машинах с абразивной поверхностью.

При этом можно удалять от 2 до 4 % плодовых оболочек, что благотворно отражается на белизне муки. После повторного пропуска через воздушно-ситовой сепаратор зерно доувлажняют на 0,3...0,4 % и отволаживают перед размолотом в течение 15...30 мин. В начале и конце схемы взвешивают зерно, проходящее через подготовительное отделение.

### 3.8. Подготовка пшеницы к сортовому помолу

При сортовом помолу пшеницы к процессу подготовки зерна предъявляют повышенные требования. Большое внимание уделяют тщательной очистке зерна от примесей, гидротермической обработке с целью придания зерну оптимальных технологических свойств. Основным вариантом ГТО является холодное кондиционирование.

Подготовку к размолу компонентов помольной смеси различной исходной характеристики рекомендуется вести отдельно. Однако это требует организации двух независимых технологических потоков, что можно осуществить только при достаточно высокой производственной мощности мельницы. Технологическая схема процесса приведена на рис. 6.



ис. 23.4. Технологическая схема подготовки зерна пшеницы к сортовому помолу

**Рисунок 6 – Технологическая схема подготовки зерна пшеницы к сортовому помолу**

Предварительная очистка от примесей (до ГТО) осуществляется последовательно на воздушно-ситовом сепараторе 1, камнеотборнике 2, концентраторе 3, триере-куколеотборнике 6 или триере-овсюгоотборнике. Затем проводят обработку зерна на обочной машине 4 и после провеивания на аспираторе 5 проводят холодное кондиционирование зерна в один или два этапа (7, 8 и 9) в зависимости от исходной характеристики зерна. Для тщательной очистки поверхности зерна после ГТО его пропускают вновь через обочную машину 4. Далее зерно обрабатывают на энтолейторе 10, где происходит дополнительное разрыхление эндосперма, и на первых системах измельчения заметно возрастает извлечение крупок и дунстов 1-го качества. Завершается очистка зерна на аспираторе или воздушно-ситовом сепараторе.

Перед измельчением обязательно проводят доувлажнение зерна на 0,3...0,5 % и отволаживание в течение 20...40 мин. В результате влажность оболочек повышается до

20...23 %, их прочность возрастает и при измельчении они образуют крупные частицы и легко выделяются в отруби.

Для увлажнения зерна при холодном кондиционировании применяют шнеки интенсивного увлажнения. После закровов устанавливают дозаторы и шнеки-смесители, что позволяет при отдельной подготовке формировать помольную смесь с заданным соотношением компонентов.

Перед обочными и щеточными машинами устанавливают магнитные сепараторы для удаления ферромагнитных примесей. В начале и конце процесса контролируют массу зерна на автовесах.

В местности с достаточно холодной зимой, где возможно поступление охлажденного зерна на мельницу, в самом начале схемы, перед первым сепаратором, необходимо устанавливать подогреватель зерна. Для нормального протекания ГТО и помола зерна его температура должна находиться в пределах 18...22°C. При помоле охлажденного зерна (-10°C и ниже) за счет повышенного измельчения оболочек резко возрастает зольность муки.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. По каким показателям качества партии зерна хранят отдельно?
2. Что положено в основу классификации помолов?
3. В чем различия подготовки зерна к простому и сложному помолам?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная**

11. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
12. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
13. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### **Дополнительная**

14. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с
15. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №4

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ МУКИ

#### 4.1. Понятие «технологический процесс» и его эффективность

Производство муки осуществляется на основе сложных технологических схем, которые объединяют в логической последовательности ряд специализированных операций. Набор этих операций и их последовательность зависят от вида перерабатываемой культуры и ассортимента готовой продукции. Существенное влияние на организацию и ведение технологического процесса оказывают анатомические особенности и другие свойства зерна.

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

Индивидуальные операции в технологическом процессе выполняют отдельные машины или комплексы разнородных машин, объединенных для совместного выполнения одной технологической операции. Технология муки делится на ряд логически взаимосвязанных этапов, специфических для каждого вида производства.

Эффективность технологического процесса зависит от степени реализации его целевой задачи. Основными показателями эффективности служат выход и качество готовой продукции, а также удельные эксплуатационные затраты.

При оценке эффективности любой технологической операции необходимо обязательно использовать два показателя: количественный и качественный критерии.

Конечный результат производственного процесса зависит от трех основных факторов: свойств сырья, организации и ведения технологического процесса и специфических достоинств технологического оборудования.

Весь технологический процесс на мельнице делится на два этапа: подготовку зерна и получение готовой продукции.

При сортовом помоле зерна мука должна быть сформирована только за счет измельченного эндосперма, его крахмалистой части. Оболочки, алейроновый слой и зародыш направляются в отруби, причем зародыш — в виде самостоятельного продукта. Чтобы обеспечить постоянные режимы технологических операций, зерно перед размолом проходит сложную подготовку.

В подготовительном отделении мельницы поступающее зерно подвергают сепарированию для удаления из него различных посторонних примесей. Их начальное содержание ограничено: сорной примеси — не более 2,0 %, зерновой — не более 5,0 %; остаточное содержание: сорной примеси — 0,30 %, зерновой — 3,0 %.

Оболочки зерна также могут быть загрязнены, поэтому проводят специальную операцию по очистке поверхности зерна; в некоторых случаях осуществляют легкое шелушение зерна, частично удаляют его плодовые оболочки.

Особое значение имеет направленное изменение исходных структурно-механических, физико-химических и технологических свойств зерна. Это достигается путем гидротермической обработки зерна (ГТО); при этом изменяются и биохимические свойства зерна.

Помимо ГТО для стабилизации свойств зерна помольные партии формируют так, чтобы обеспечить в течение длительного периода установленные значения стекловидности, содержания клейковины и другие показатели свойств зерна.

При сортовых помолах пшеницы проводится интенсивная обработка зерна на машине ударного действия — энтолейторе с целью уничтожения клещей и насекомых-вредителей, в том числе присутствующих в скрытой форме. Одновременно достигается и дополнительное улучшение мукомольных свойств зерна вследствие нарушения целостности эндосперма.

Завершаются операции в подготовительном отделении увлажнением оболочек зерна для придания им повышенной сопротивляемости измельчению.

В размольном отделении осуществляются операции измельчения и сортирования продуктов по крупности и добротности. Эти операции повторяются многократно для обеспечения избирательного измельчения крахмалистой части эндосперма. Эффективность этого процесса повышается при направлении на каждую систему измельчения однородных по размерам добротности продуктов, что достигается их фракционированием, сортированием на ряд промежуточных продуктов по установленной классификации.

Сортирование по крупности проводят в отсевах, на этих же машинах извлекают конечный продукт — муку. Этот процесс обязателен при любом варианте помола.

Сортирование промежуточных продуктов измельчения по добротности осуществляется только при сортовых помолах пшеницы, цель которого состоит в повышении относительного содержания эндосперма в этих продуктах, с тем чтобы при дальнейшем интенсивном их измельчении получить муку высокого качества. Для этой операции используются ситовечные машины. На этих же машинах извлекают крупку и полукрупку при макаронном помоле, а также манную крупу.

Если необходимо получить 2...3 сорта муки и более, то проводят операцию их формирования; тот или иной сорт муки получают путем объединения ряда потоков муки с различных технологических систем. По современной технологии из размольного отделения мельницы мука передается двумя-тремя потоками разной характеристики в цех формирования сортов (в выбойное отделение), где и осуществляют их дозирование и смешивание для получения определенного сорта муки.

Такая технология позволяет формировать сорта муки с заранее заданными свойствами в соответствии с запросами потребителей.

#### **4.2. Основы сепарирования зерна**

*Сепарирование* — это процесс разделения исходной смеси на составляющие ее компоненты, более однородные по признаку разделения. В соответствии с этим любая машина, в которой осуществляется разделение смеси по одному признаку или более, называется *сепаратором*.

Поступающие на перерабатывающие предприятия партии зерна обязательно содержат некоторое количество посторонних примесей, которые должны быть удалены из него в подготовительном отделении. Помимо удаления примесей сепарирование используется для выделения мелкой фракции зерна, а также фракционирования зерна по крупности для повышения выравненности зерна по одному из размеров.

При организации сепарирования компоненты исходной смеси различают по следующим признакам: геометрической характеристике частиц (размер, форма, сферичность); плотности, упругости, коэффициенту трения; аэродинамическим и гидродинамическим, магнитным и электрофизическим свойствам.

Например, при просеивании на ситах с круглыми отверстиями происходит разделение по ширине зерна, на ситах с продолговатыми отверстиями — по толщине зерна; разделение по длине проводят на триерах.

Возможность разделения исходной смеси на компоненты с заданной

эффективностью определяется ее делимостью по избранному признаку.

При сепарировании особое значение имеет освобождение зерновой массы от таких примесей, которые по своим характеристикам лишь незначительно отличаются от зерна основной культуры. В соответствии с ГОСТ 9353 «Пшеница. Требования при заготовках и поставках» к такой примеси относятся овсюг и татарская гречиха. Сюда же следует отнести и гальку — мелкие камешки размер и форма которых практически совпадают с таковыми для зерна основной культуры. Для зерна ржи трудноотделимой примесью являются, в частности, семена костреца ржаного и плоды дикой редьки. Кроме того, к вредным примесям относятся спорынья, головня, а также семена вязаля, горчака розового, горчак софоры, мышатника, плевела опьяняющего, гелиотропа опушенноплодного, триходесмы седой, термопсиса ланцетного. По всем видам вредной примеси установлены строгие ограничения по содержанию их в зерне, поступающем на мельницы для помола. Например, содержание горчака и вязаля, вместе или отдельно, должно быть не выше 0,1 %, спорыньи, головни — не более 0,15, куколя — не более 0,5 %. При очистке и подготовке зерна к помолу зерновая масса должна быть освобождена от этих примесей.

Трудность извлечения вредных примесей из зерновой массы заключается в том, что они по своим физическим характеристикам мало отличаются от зерна основной культуры. В этом случае зерновая масса представляет собой неполностью делимую смесь. Вполне понятно, что сепарирование такой партии зерна с высокой эффективностью представляет собой задачу повышенной сложности.

На протяжении многих лет значительную трудность представляла галька. Но в настоящее время существующие системы камнеотделителей прекрасно справляются с этой задачей. Обычно применяют сложные схемы сепарирования.

#### **4.3. Обработка поверхности зерна на мельнице**

Зерновая масса, освобожденная от примесей, нуждается в дополнительной обработке. Необходимо удалить загрязнения и пыль с поверхности зерна, накопившиеся при его транспортировании и хранении. Кроме того, в результате травмирования зерна его оболочки могут повреждаться и частично отслаиваться. При неблагоприятных условиях хранения на поверхности зерна развиваются плесневые грибки — продуценты микротоксинов. Для удаления этих загрязнений поверхность зерна обрабатывают сухим и мокрым способами. В первом случае применяют обочные и щеточные машины или проводят шелушение зерна в машинах А1-ЗШН-3, во втором случае используют моечные машины или машины для мокрого шелушения.

На мельницах применяют обочные машины двух типов: с абразивным и стальным цилиндрами. Первые используют только при простом помоле пшеницы и ржи в обойную муку, при котором измельчается все зерно, за исключением 1...2 % плодовых оболочек, направляемых в отруби. При сортовых помолах применяют обочные машины с сетчатой обочайкой, чтобы снизить травмирование зерна и обеспечить целостность оболочек, необходимую для получения крупных отрубей.

В схеме подготовки зерна к простому помолу в обойную муку, а также при сортовых помолах ржи обработку зерна в обочных машинах проводят перед увлажнением зерна, а при подготовке пшеницы к сортовому помолу — обычно после ГГО; в этом случае увлажненные оболочки зерна имеют повышенную вязкость,

становятся прочнее и меньше травмируются.

Одновременно с очисткой поверхности зерна в обочных машинах удаляются комочки грязи, если они есть в зерновой массе. Как правило, удаляются волоски бороздки зерна, а также частично и зародыш.

Щеточные машины применяют для окончательной обработки Поверхности зерна, их устанавливают в конце схемы подготовки зерна к помолу, после ГГО.

При эксплуатации обочных и щеточных машин необходимо обеспечить их надежную аспирацию. В схеме подготовки зерна к помолу перед этими машинами обязательно устанавливают магнитные сепараторы, чтобы удалить металломагнитные примеси, так как они могут явиться причиной образования искры внутри машины, что может вызвать загорание или даже взрыв.

В ванне моечной машины зерно интенсивно промывается —загрязнение и микроорганизмы удаляются не только с поверхности зерна, но и из бороздки. В отжимной колонке моечной машины происходит легкое шелушение зерна. Одновременно с очисткой поверхности зерна в ванне моечной машины из зерновой массы гидродинамически удаляются легкие (частицы колоса, стебля, щуплые зерна и т. п.) и тяжелые примеси (галька, кусочки немагнитных металлов, стекла и т. п.).

Для мойки зерна разрешается использовать только питьевую воду, при этом ее расход составляет около 2 м<sup>3</sup> на 1 т зерна; после мойки зерна вода содержит большое количество загрязнений, в том числе микробиологических. Такую воду перед сбросом в канализацию необходимо очищать.

Учитывая дефицит и высокую стоимость питьевой воды, желательно использовать ее повторно после тщательного удаления всех посторонних включений. Однако методы такой очистки воды на мельницах требуют больших затрат. В связи с этим в настоящее время мойку зерна на мельницах повсеместно заменили на мокрое шелушение.

Машина для мокрого шелушения представляет собой модифицированную отжимную колонку моечной машины. Удельный расход воды в ней снижен в 5...10 раз по сравнению с ее расходом в моечной машине. При этом эффективность очистки поверхности зерна одинакова.

Предварительное неполное шелушение зерна в машинах А1-ЗШН-3 дает хорошие результаты при сортовых помолах ржи, односортном помоле пшеницы в муку второго сорта с выходом 85 %. при этом удаляют 2...3 % плодовых оболочек в расчете на массу зерна. В результате в муке снижается содержание клетчатки на 0,9...1 %, улучшается белизна муки, повышается ее питательная ценность.

Установлено, что предварительное шелушение зерна можно использовать при многосортных помолах пшеницы. При этом процесс необходимо вести так, чтобы удалить около 1 % плодовых оболочек, сохранив остальные целыми. Однако существующие шелушительные машины оказывают чрезмерно интенсивное воздействие на зерно, сильно травмируют его. В настоящее время появились машины специальной конструкции.

Эффективность очистки поверхности зерна оценивают величиной снижения его зольности. При этом дополнительно учитывают прирост количества битого зерна. Для мокрого способа определяют также приращение влажности зерна. Принимают, что при обработке зерна в обочных машинах с абразивным цилиндром зольность его должна уменьшаться на 0,03...0,05 %, в обочных машинах со стальным цилиндром — на 0,01...0,03 %, в моечных машинах или в машинах для мокрого шелушения —на 0,03...0,05 %, при шелушении в машинах А1-ЗШН-3 — на 0,08...0,12 %.

Увеличение содержания битых зерен не должно превышать 2 % при обработке зерна в обочных машинах с абразивным цилиндром и 1 % со стальным цилиндром, а при мойке — 2 %. Зольность аспирационных отсосов от обочных машин и А1-ЗШН-3 должна быть не ниже 4 %.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что понимают под «технологическим процессом»?
2. Какие признаки зерновой смеси учитывают при организации сепарирования?
3. Какие способы обработки поверхности зерна используют на мельницах?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная**

16. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.

17. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.

18. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### **Дополнительная**

19. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с

20. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №5

### ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА

#### 5.1. Задачи ГТО. Механизм разрыхления эндосперма зерна при отволаживании

Основная цель ГТО на мельницах состоит в направленном изменении исходных технологических свойств зерна в заданном направлении для стабилизации их на оптимальном уровне.

Поступающее на предприятия зерно обычно имеет невысокую влажность, структурно-механические свойства эндосперма и оболочек отличаются незначительно. Вследствие этого разделить их сложно, перерабатывать такое зерно трудно. При проведении ГТО прежде всего стремятся усилить различие свойств оболочек и эндосперма. При этом на мельнице процесс ведут так, чтобы снизить прочность эндосперма и повысить прочность оболочек. При этом, чем заметнее произойдут изменения, тем выше будет эффективность переработки зерна в муку. Степень изменения технологических свойств зерна определяется конкретным способом ГТО и особенностями взаимодействия зерна с водой.

Основным фактором, под воздействием которого происходит преобразование свойств зерна в процессе ГТО, является изменение его влажности. Возрастает объем зерна пшеницы при холодном кондиционировании. Особенно заметно развивается набухание зерна при влажности 14...16 %. Одновременно с этим, в этом же диапазоне влажности, происходят и наиболее существенные изменения всех остальных свойств зерна.

Следовательно, регулируя степень увлажнения зерна, технолог может направленно изменять весь комплекс его свойств, с тем, чтобы обеспечить в дальнейшем максимальную технологическую и экономическую эффективность переработки зерна в муку.

При увлажнении в зерне развиваются сложные процессы, в результате которых изменяются все его свойства. При этом плотность зерна снижается, т. е. возрастает его удельный объем. Это означает, что происходит разрыхление эндосперма зерна. Данное явление обусловлено тремя основными факторами:

- набуханием белков;
- частичным гидролизом углеводов и белков вследствие активации ферментного комплекса зерна;
- разрушением исходной плотной структуры эндосперма, приводящим к микротрещинам.

При набухании белков изменяется конформация их макромолекул, внедрение в них молекул воды приводит к более рыхлому расположению их боковых цепей. Дополнительное влияние оказывает резко отличающаяся способность к набуханию белковых матриц и крахмальных гранул эндосперма.

Биохимическая деструкция биополимеров приводит к образованию низкомолекулярных фрагментов белков и углеводов.

Но главным фактором разрыхления эндосперма является процесс образования микротрещин, который возникает вследствие особого механизма взаимодействия зерна с водой.

Микротрещины появляются только в стекловидном эндосперме зерна пшеницы, риса и кукурузы. В мучнистом эндосперме они не возникают, так как их развитию препятствует наличие микрополостей между группами крахмальных гранул; иногда

наблюдается отслаивание гранул от белковых матриц.

Наибольшее число трещин в данном случае образуется через 8 ч после увлажнения зерна. Через 16 ч часть мелких трещин исчезает, «залечивается» вследствие набухания белковых матриц; через 48 ч остаются только наиболее крупные первичные трещины. Опыт показывает, что вода в микротрещины проникает не сразу после их появления. Это является следствием диффузионного характера внутреннего влагопереноса в зерне.

Интенсивность образования микротрещин возрастает прямолинейно с увеличением степени увлажнения зерна, но трещины образуются только при влажности 14,5...17,0 %; при меньших значениях возникающее напряжение недостаточно для разрыва тканей эндосперма, при 17,5 % и выше пластические свойства зерна становятся преобладающими, что исключает образование трещин.

Наивысшая интенсивность отмечена от 3 до 5 ч отволаживания.

Эффект разрыхления эндосперма внешне выражается приращением удельного объема зерна; величина  $\Delta V_{уд}$  является его количественной мерой.

Первые микротрещины появляются уже через 1 ч, а затем их развитие происходит и интенсивном режиме. Вследствие сложного сочетания в зерне физико-химических, коллоидно-химических и биохимических процессов степень разрыхления сначала возрастает, достигает наибольшей величины, а затем постепенно снижается. В момент максимального разрыхления эндосперма зерно приобретает оптимальные свойства для измельчения. Если в этот момент повторить увлажнение, то вновь произойдет возрастание  $4 \Gamma_{уд}$ ; такой случай двухэтапного увлажнения — отволаживания зерна приведен на рис. 14.11. Но для достижения максимума на второй ветви кривой требуется примерно в два раза меньше времени, чем для первого этапа отволаживания.

Таким образом, графики приращения удельного объема зерна  $\Delta V_{уд}$  при отволаживании можно определить как кривые разрыхления эндосперма.

В соответствии с развитием этого процесса изменяются и мукомольные свойства зерна: возрастает извлечение эндосперма, выход муки, снижается расход энергии на измельчение.

Однако следует иметь в виду, что период достижения максимальной степени разрыхления эндосперма зависит от исходной характеристики зерна. Например, в опытах с яровой белозерной пшеницей получено, что оптимальная длительность первого этапа отволаживания составляет 6 ч, яровой краснозерной пшеницы — 10...12 ч, озимой краснозерной — 16 ч. При повышении температуры протяженность этого периода сокращается и возрастает степень разрыхления эндосперма. Температурный оптимум для различного зерна лежит в пределах 45...55 °С.

## 5.2. Определение оптимальных параметров ГТО зерна

Повышаются мукомольные свойства зерна под влиянием ГТО. Одновременно улучшаются хлебопекарные достоинства муки, особенно при скоростном кондиционировании за счет более высокого содержания витаминов и белка повышается также пищевая ценность муки.

Одновременно с этим за счет разрыхления эндосперма зерна при ГТО на 10...20 % снижается расход энергии на помол зерна.

Современная технология муки при подготовке зерна по методу холодного кондиционирования позволяет получить 76...78 % муки, в том числе до 75 % высшего

сорта. Под воздействием специально избранных режимов ГТО можно заметно изменить биохимическую характеристику зерна. Так, при повышении влажности от 14 до 17...18 % существенно возрастает активность ферментов зерна, что отражается на состоянии углеводного и белкового комплексов зерна. Имеется ВОЗМОЖНОСТЬ также направленного воздействия на свойства клейковины.

Известно, что аминокислотный состав слабой и сильной пшеницы не имеет заметных различий, следовательно, «сила» зерна определяется особыми структурными свойствами клейковинного комплекса. Эти свойства клейковины в значительной степени определяются наличием в макромолекулах белков дисульфидных связей и сульфгидрильных групп.

Серьезное изменение клейковинного комплекса. В результате проведенных исследований заметно повысилась эластичность клейковины, слабая клейковина перешла в группу удовлетворительной.

При организации и ведении ГТО важное значение имеет выбор таких параметров процесса, которые обеспечивали бы максимальный технологический эффект.

В мукомольном производстве оптимальными параметрами ГТО являются влажность зерна перед измельчением, температура и длительность обработки. В любом случае ГТО является многофакторным процессом и решение задачи не всегда осуществимо простым способом. Значительно упрощается задача в технологии муки при холодном кондиционировании зерна — в этом случае основное значение имеет только влажность зерна и длительность процесса. Практически однозначно определены требования к температуре зерна при холодном кондиционировании: она должна находиться в пределах  $20 \pm 2$  °С, поэтому охлажденное зерно необходимо подогреть до этого уровня.

При скоростном кондиционировании уровень нагревания зерна зависит от качества клейковины: чем она слабее, тем выше его значение. При нагреве белки уплотняются и по этому слабая клейковина может быть переведена в разряд нормальной, и наоборот, для крепкой клейковины излишний нагрев вреден. Оптимальное значение влажности лежит в пределах 15...17 %, именно в этом диапазоне влажности происходят существенные преобразования всех свойств зерна, интенсивно развивается разрыхление эндосперма.

При сортовых помолах ржи увлажнение и отволаживание зерна проводят только в том случае, если его исходная влажность меньше 14,0 %; длительность отволаживания — от 3 до 6 ч, конечная влажность зерна — 14,0...15,0 %.

Низшие значения влажности и времени отволаживания следует применять для зерна низкой стекловидности, а максимальные — для зерна высокой стекловидности. Меньшие значения параметров в табл. 14.5 относятся к яровой краснозерной пшенице, а в случае пшеницы II типа (Дурум) — при стекловидности зерна ниже 80 %.

Во всех случаях ГТО пшеницы и ржи непосредственно перед измельчением осуществляют кондиционирование оболочек, для чего зерно увлажняют на 0,3...0,5 % и проводят кратковременное отволаживание в течение 20...30 мин. за это время вода не успеет проникнуть в эндосперм, высокая влажность оболочек обеспечивает их прочность, и при измельчении они формируют крупные отруби.

Рациональные параметры холодного кондиционирования определяются посредством проведения серии лабораторных помолот зерна и расчета комплексного критерия эффективности помола Е (%).

Технологический эффект, достигнутый в результате применения ГТО, оценивают или по конечному результату переработки зерна, или по некоторым промежуточным результатам. При сортовом помоле пшеницы этот эффект можно определить уже

на первом этапе размола зерна, в драном процессе, по количеству и качеству образующихся частиц эндосперма на первых трех технологических системах измельчения. Эти промежуточные фракции на пути превращения зерна в муку получили название *продуктов 1-го качества*. Их суммарное извлечение (выход) и зольность в значительной степени определяют выход и качество муки; между этими показателями существует тесная корреляция.

### Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается основная задача ГТО?
2. Какие процессы происходят в зерне при увлажнении?
3. Какие оптимальные параметры ГТО зерна?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная

21. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
22. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
23. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### Дополнительная

24. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с
25. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №6

### ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНА

#### 6.1. Основная задача процесса

Процесс измельчения широко применяют в различных отраслях промышленности. Для получения сыпучего материала, состоящего из частиц определенной крупности, твердые тела подвергают измельчению различными способами. Различают два метода разрушения твердых тел: простое и избирательное измельчения.

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

В тех случаях, когда измельчаемое твердое тело неоднородно по своему химическому составу и отдельные части его обладают различными структурно-механическими свойствами, можно направленными воздействиями (химическими, биологическими, механическими) усилить различия свойств составных частей твердого тела. Используя различные приемы при измельчении, удастся измельчить твердое тело так, что при одинаковом силовом нагружении будут получены частицы, отличающиеся по крупности и химическому составу. Для достижения этой цели обычно недостаточно одного этапа измельчения, его повторяют многократно, последовательно выделяя посредством сортирования на каждом этапе группы измельченных фракций различной крупности и качества. Такой метод измельчения называют *избирательным*.

При сортовом помоле муку необходимо сформировать только за счет измельчения крахмалистой части эндосперма, т. е. провести избирательное измельчение.

#### 6.2. Измельчение зерна в вальцовых станках

Рабочими органами вальцового станка являются два горизонтально расположенных цилиндрических вальца с рифленой или шероховатой поверхностью и вращающихся с разными окружными скоростями навстречу друг другу. В зависимости от вида измельчаемого продукта и требований к операции измельчения на данном участке технологической схемы применяют различные геометрические, кинематические и нагрузочные параметры вальцов.

В мукомольном производстве степень измельчения зерна и зерновых продуктов характеризуют величиной общего извлечения  $I$ , на значение которого оказывает влияние не только геометрическая характеристика вальцов (диаметр вальцов, профиль, уклон и взаиморасположение рифлей, уровень шероховатости рабочей поверхности), но и кинематические параметры вальцов, их окружная и относительная скорости, величина удельной нагрузки и другие факторы.

Изменение зазора между мелющими вальцами вызывает изменение извлечения. Зависимость извлечения от зазора между вальцами может быть выражена эмпирической формулой

$$I = m \exp(-nb), \quad (1)$$

где  $m$  и  $n$  - коэффициенты, полученные опытным путем;  $b$  - зазор между вальцами.

Из формулы следует, что при изменении межвальцового зазора  $B$  в арифметической прогрессии общее извлечение  $I$  изменяется в геометрической прогрессии. Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  изменяются по мере перехода от первой драной системы к последующим, а также в зависимости от структурно-механических свойств измельчаемых продуктов, геометрических и кинематических параметров валцов.

На всех отечественных мельницах в драном процессе и на последних размольных системах применяют рифленые валцы. В шлифовочном и размольном процессах для получения муки меньшей зольности применяют валцы с микрошероховатой поверхностью.

Форма рифлей (профиль поперечного сечения) оказывает большое влияние на процесс измельчения, показатели качества измельчаемых продуктов, производительность вальцовой пары и энергоёмкость.

В поперечном сечении рифля имеет неравные боковые грани, грань меньшей площади принято называть *гранью острия*, а грань большей площади — *гранью спинки*,  $\gamma$  — угол заострения рифлей. Если из теоретической вершины рифли опустить перпендикуляр на ось валца, то угол  $\gamma$  разделится на два неравных угла — угол острия  $\alpha$  и угол спинки  $\beta$ . Наличие площадки  $p$  на вершине рифли способствует повышению износостойкости рифли, стабильности режимов измельчения.

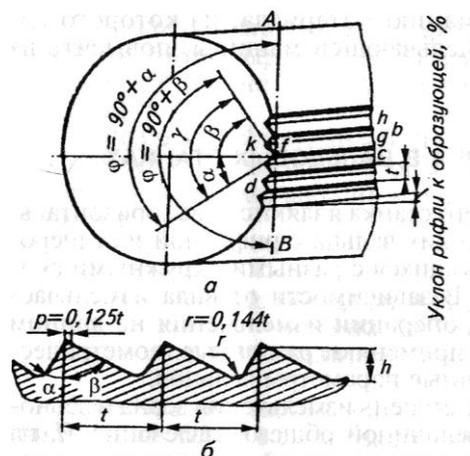
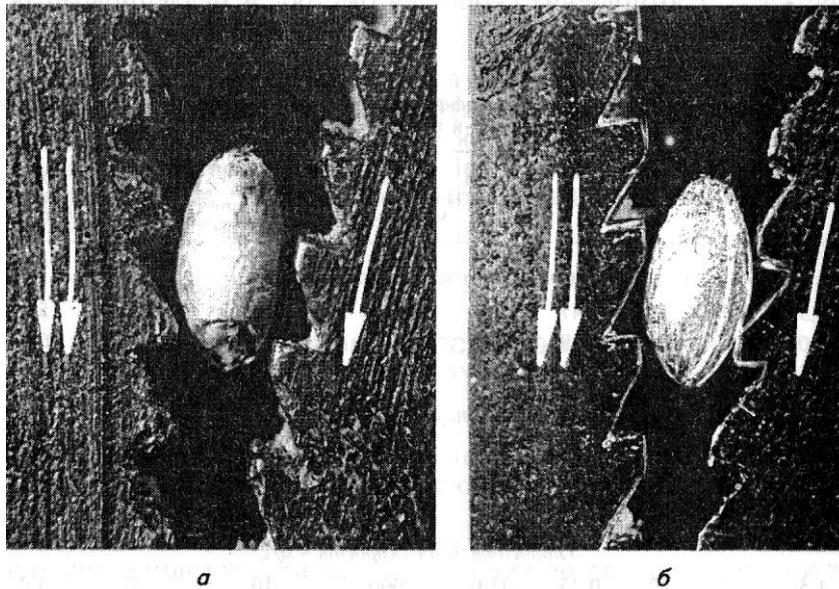


Рисунок 7 – Форма (а) и профиль (б) рифлей вальцового станка

Рифли на валце расположены не параллельно образующей, а под некоторым углом, величину которого измеряют в процентах. Увеличение наклона угла рифлей обуславливает повышение интенсивности измельчения при прочих одинаковых условиях, так как уменьшается расстояние между точками пересечения вершин рифлей парноработающих валцов, в связи с чем возрастает число воздействия рифлей на частицы продукта в зоне измельчения.

На измельчение большое влияние оказывает взаимное расположение рифлей валцов, что обусловлено изменением угла резания.

Конструкция вальцового станка и валцов, несимметричность сечения рифлей (разные углы  $\alpha$  и  $\beta$ ), различие в окружных скоростях парноработающих валцов обуславливают четыре варианта расположения рифлей по отношению друг к другу. Два основных варианта приведены на рис. 8.



**Рисунок 8 – Основные варианты расположения рифлей парноработающих вальцов: а) – «острие по острию»; б) – «спинка по спинке»**

При расположении рифлей «острие по острию» грани острия обоих парноработающих вальцов 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 грани острия медленновращающегося вальца удерживают частицу.

При расположении рифлей «острие по острию» наряду с эндоспермом довольно интенсивно разрушаются оболочки, что нежелательно при многосортных помолах зерна пшеницы и ржи, особенно при недостаточной влажности зерна, направляемого в помол. При этом образуется больше фракций крупной и меньше средней и мелкой крупки. Средневзвешенная зольность извлеченных крупок и дунстов выше, чем при идентичных условиях измельчения, но при расположении рифлей спинка по спинке.

При взаиморасположении рифлей «спинка по спинке» измельчаемая частица вначале сплющивается, а затем по мере опережения одного вальца другим грань спинки быстровращающегося вальца сдвигает слои частицы, удерживаемые на грани спинки медленновращающегося вальца. Это обеспечивает более мягкое воздействие на частицу, так как грани острия в данном случае практически не участвуют и деформации измельчаемой частицы продукта; зольность извлекаемых продуктов заметно снижается, так как в них меньше попадает частиц из поверхностных слоев зерна — оболочек и алейронового слоя.

Плотность рифления (количество рифлей на 1 см окружности вальца) зависит от типа помола, крупности измельчаемых частиц: чем они мельче, тем больше должна быть плотность рифления.

При любом взаиморасположении рифлей с увеличением плотности рифления выход круподунстовых продуктов и общее извлечение возрастают. Это можно объяснить многократным воздействием рифлей быстровращающегося вальца на продукт за время прохождения его через зону измельчения.

Для получения муки с лучшими показателями белизны и зольности на размольных и шлифовочных системах используют вальцы с микрошероховатой поверхностью. Такой рельеф рабочей поверхности вальцов получают электроэрозионным или абразивным способом.

На эффективность измельчения зерновых продуктов (степень измельчения,

энергоёмкость, качество получаемых продуктов), а также производительность вальцового станка большое влияние оказывают кинематические параметры вальцовых станков, к которым относят окружную скорость быстровращающегося  $U_6$  и медленно вращающегося  $U_M$  вальцов; относительную скорость  $U_{отн}$ ; соотношение скоростей быстро- и медленно вращающихся вальцов  $U_6/U_M$ .

Увеличение окружных скоростей парноработающих вальцов оказывает существенное влияние на скорость приложения усилий от них к измельчаемому продукту, продолжительность нахождения продукта в зоне измельчения. Варьируя соотношением скоростей вальцов, можно направленно изменять технологические достоинства муки в процессе ее производства.

Повышение отношения окружных скоростей также способствует интенсификации измельчения.

Из рассмотрения процесса измельчения продуктов следует, что эффективность измельчения в значительной мере зависит от количества воздействий рабочих поверхностей (рифлей, микрошероховатостей) вальцов на продукт.

На эффективность измельчения (количество и качество измельченных продуктов, энергоёмкость) большое влияние оказывает величина удельной нагрузки на вальцы, т. е. количество продукта, поступающего на 1 см длины парноработающих вальцов в сутки (кг/см сут).

### 6.3. Оценка технологической эффективности процесса измельчения зерна

В теории и практике измельчения в качестве основных критериев эффективности используют степень измельчения, удельную энергоёмкость процесса и удельную нагрузку на рабочие органы измельчающей 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. Поэтому в технологии муки используют другой показатель — извлечение продуктов на данной технологической системе. Этот показатель представляет собой массу продукта, прошедшего через сито с определенным размером отверстий, т. е. характеризует, как именно измельчается поступающий на вальцовый станок продукт. При расчете извлечения необходимо учитывать содержание проходных частиц в продукте до измельчения:

$$I = (m_2 - m_1 / 100 - m_1) \cdot 100 \% \quad (2)$$

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

Удельная энергоёмкость процесса измельчения - это работа, затраченная на образование единицы площади новой поверхности частиц.

Как и при расчете степени измельчения, в сложном эксперименте требуется вновь определить суммарную поверхность частиц продукта. В производственных условиях это нереально. Поэтому в мукомольной практике учитывают удельный расход энергии на выработку 1 т муки.

Удельные нагрузки на вальцовые станки выражают в килограммах продукта, проходящего через 1 см длины вальцов в течение суток, т. е. в кг/см • сут. При сортовых помолах пшеницы величина удельной нагрузки составляет 65...85 кг/см • сут, при сортовых помолах ржи и тритикале — от 70 до 170, при простом помоле зерна в муку обойную — до 300 кг/см сут.

Снижение удельной энергоемкости измельчения обеспечивается путем проведения ГТО, рациональной организации технологии помола и выбором оптимального варианта распределения продуктов по измельчающим системам. Следует иметь в виду, что в общем балансе энергозатрат на помол на долю измельчения приходится около 70 %. Поэтому экономной организации этого процесса необходимо уделять повышенное внимание.

Таким образом, посредством определения величины извлечения оценивают только интенсивность измельчения, так как извлечение И (%) определяет лишь количественную характеристику процесса. Для полной же оценки эффективности любого процесса необходимо учитывать как количественную, так и качественную его характеристику.

Для рассматриваемого случая измельчения зерна или промежуточных продуктов помола при оценке качественной составляющей эффективности удобно использовать показатель относительного снижения зольности  $Z_1$  извлеченного продукта по сравнению с зольностью поступающего продукта на данную систему измельчения  $Z_0$  по формуле

$$\Delta = Z_0 - Z_1 / Z_0 \quad (3)$$

Поэтому для оценки эффективности процесса измельчения следует использовать комплексный критерий

$$E = I \Delta = I (Z_0 - Z_1 / Z_0) \quad (4)$$

где И – извлечение продукта, % от массы поступающего на систему продукта.

Например, если на 1-й размольной системе (1 Р) извлечение постоянно составляет 48 %, то это определяет только режим измельчения, его интенсивность. Но если при помоле одной партии зерна поступающий на эту систему продукт имеет зольность 1 %, а при помоле другой партии 0,85 %, то даже при одинаковой зольности извлеченного продукта 0,45 %. Чтобы достичь величины 26,4 % при помоле второй партии, необходимо или повысить извлечение до 56,1 %, или снизить зольность извлекаемого продукта на 0,03 %.

Этот метод оценки эффективности процесса измельчения можно применить не только к отдельным системам, но и к любому этапу процесса помола, а также к общим результатам помола.

Например, при помоле двух партий зерна пшеницы зольностью 1,90 и 1,70 % получено 75 % муки зольностью 0,52 %. При оценке только количественной стороны результаты переработки зерна выглядят одинаковыми. Однако расчет комплексного критерия эффективности показывает существенную разницу в организации и ведении технологического процесса:

$$E_1 = 75 \cdot (1,90 - 0,52) / 1,90 = 54,5 \%$$

$$E_2 = 75 \cdot (1,70 - 0,52) / 1,70 = 52,1 \%$$

Определяя расход энергии на измельчение зерна, учитывают весь комплекс характеристик его структурно-механических свойств. Величина работы измельчения зерна в пределах каждой культуры зависит от прочности, твердозерности, пластических свойств зерна и варианта подготовительных операций. Удельный расход энергии на мельницах сортового помола пшеницы находится в границах 55...80 КВТ-ч/т муки в зависимости от принятой технологической схемы помола, оснащения оборудованием, характеристики систем измельчения (вальцовых станков) и т. п.

Из общего расхода энергии на мельнице 70...75 % затрачивается в размольном и около 11 % — в подготовительном отделении. На процесс измельчения расходуется

не менее 1/3 общего количества потребляемой энергии.

В размольном отделении мельницы 55...58 % энергии затрачивается в дражном процессе, 25...27 — в ситовечном и шлифовочном и 42...46 % — в размольном процессе.

Статистическая обработка опытных данных сортового помола пшеницы за 15 лет работы 150 мельниц показала, что удельный расход энергии тесно коррелирует с фактическим выходом муки при  $r = 0,965$ .

На расход энергии существенно влияет процент выхода муки высшего сорта.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что характеризует степень измельчения зерна?
2. Как расположены рифли на вальцах?
3. Назовите основные варианты расположения рифлей парноработающих вальцов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная**

26. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.

27. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.

28. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### **Дополнительная**

29. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с

30. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №7

### СОРТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

#### 7.1. Основная задача процесса сортирования продуктов измельчения зерна по крупности

Сортирование продуктов измельчения зерна по крупности — важнейшая технологическая операция в технологии муки.

В мукомольном производстве при измельчении зерна в вальцовых станках образующиеся продукты резко различаются по крупности. Это значительно затрудняет их дальнейшую обработку. Эффективность операций с этими продуктами на последующих технологических системах в ситовечных машинах и вальцовых станках зависит от характеристики гранулометрического состава поступающих продуктов: чем выше их выравненность по крупности, тем точнее можно отрегулировать режим работы этих систем. Кроме того, при делении продуктов на фракции по крупности одновременно в некоторой степени происходит и разделение их по добротности. Наконец, мука и отруби — конечные продукты помола также выделяются посредством сортирования по размерам на ситах.

#### 7.2. Характеристика мельничных сит

Мельничные сита изготавливают из различных материалов. По этому признаку различают сита металлотканые (стальные, бронзовые), шелковые и из различных синтетических нитей (капрон, нейлон, полиамидные мононити и т. п.).

Сита из шелка и синтетических нитей дополнительно подразделяют по типу переплетения нитей: простое полотняное, ажурное, ложное ажурное и т. п. Для плетения используют нити разной толщины, поэтому их выделяют в отдельные группы сита из утяжеленной и облегченной ткани.

В зависимости от толщины нитей и рода их переплетения изменяется коэффициент живого сечения сита, т. е. суммарная величина отверстий на единице площади сита (обычно выражают в %). От величины живого сечения сита и коэффициента трения продукта по ситам зависит севкость сита, т. е. эффективность сортирования частиц продукта.

В пределах каждой группы из разного материала и характера ткани сита различают по номерам. Номер металлотканого сита определяет размер отверстий в свету (мм). Так, если № 1,2, то внутренний размер стороны квадратного отверстия равен 1,2 мм, если 056 (пишется без запятой) — то 0,56 мм и т. д. Номер шелковых мучных сит (из облегченной ткани) и синтетических численно равен числу отверстий сита на длине 1 см; например, № 7 соответствует 7 отверстиям на 1 см, № 49 — 49 отверстиям. При сложном переплетении, когда вдоль основы ткани и утка расположено разное число отверстий, ситам присваивают дробный номер: 45/50, 63/72 и т. п.

В шелковых крупочных ситах (из утяжеленной ткани) номер определяет число отверстий на длине 10 см (№ 80 - 80 отверстий и т. д.).

В некоторых странах для нумерации сит подсчитывают число отверстий на длине 1" = 25,4 мм; эта величина именуется как «меш» (220 меш означает 220 отверстий на 1 дюйм).

Кроме этого иногда используют искусственную нумерацию, например № 000, № 00, № 1 и т. д. Особенности плетения ткани отмечают разным числом крестиков: например, 12x, 12xx, 12xxx.

Переход от одного номера сита к последующему производят по так называемому

модулю сита, который определяет отношение размеров стороны ячеек сита. Например, если взять модуль сита равным 1,43, то площадь отверстий сит двух смежных номеров будет различаться в 2 раза. Используют модули от 1,06 и выше.

При необходимости замены сита из другого материала подбирают подходящее по размеру отверстий сито с учетом коэффициента живого сечения. В таблице 1 приведены нумерация и размер отверстий используемых в мукомольной промышленности сит.

**Таблица 1 – Взаимозаменяемые ситовые ткани для отбора крупок и дунстов**

Шелковые (утяжеленные)		Капроновые		Ткань из мононитей		Швейцарская нумерация
номер	размер отверстий, мкм	номер	размер отверстий, мкм	номер	размер отверстий, мкм	
71	1150	7	1093	6,5	1180	18
80	1000	8	1013	7,5	1000	20
90	900	9	874	8	950	22
—	—	—	—	8,7	850	24
100	800	10	763	9,3	800	26
110	710	—	—	10,3	710	28
120	630	11	677	11	670	30
—	—	12	619	12	600	32
—	—	13	596	12	600	32
130	560	14	564	12,5	560	34
140	530	15	517	13,3	530	36
150	500	—	—	14...200	500	37
—	—	16	475	14...240	475	40
160	450	17	438	15,5	450	42
—	—	18	420	16	425	44
170	400	19	405	17,5	390	46
170	400	20	394	—	—	46
180	360	21	370	18,5	363	48
190	350	—	—	19,5	355	50
—	—	23	329	20,2	335	52
200	315	—	—	21	315	54
210	280	25	294	22,7	300	58
230	270	27	264	24,7	265	64
250	250	29	258	27	250	66
260	250	29	258	27	250	66
280	220	32	226	29	224	72
280	220	35	219	30	212	74

### 7.3. Классификация продуктов измельчения по крупности

Практический опыт мукомолов потребовал разработки специальной классификации продуктов измельчения зерна по фракциям крупности. Такую классификацию в том или ином виде начали применять уже около 150 лет назад, после разработки технологии сортового помола пшеницы. приводимая ниже таблица содержит современный вариант, оформившийся в последние 60...65 лет.

По этому варианту выделяют группу так называемых промежуточных продуктов помола, т. е. такие фракции измельченных частиц, размер которых занимает промежуточное положение между зерном и мукой. Здесь различают три фракции крупок: крупную, среднюю, мелкую и две фракции дунстов — жесткий и мягкий. Частицы мельче дунстов формируют муку, частицы крупнее крупной крупки именуется сходовыми продуктами.

Каждая фракция промежуточных продуктов определяется двумя ситами. В табл. 17.5 в числителе указан номер сита, через которое данный продукт идет проходом, в знаменателе — номер сита, с которого этот продукт идет сходом. Каждая фракция может быть получена при использовании сит из различного материала.

**Таблица 2 – Классификация продуктов измельчения по крупности**

Продукты	Номер сит				по швейцарской нумерации
	металлотканого	шелкового		капронового	
		крупного	мучного		
Сходовые	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

Следует отметить, что эта классификация продуктов применяется только при сортовых помолах пшеницы; вследствие особенностей зерна ржи и тритикале, определяющих технологию их помола, в применении подобной классификации нет необходимости.

Прочерки в таблице указывают на отсутствие сит из того или иного материала.

Такое разделение продуктов измельчения по крупности позволяет технологу уверенно формировать их потоки и вести их обработку и измельчение на соответствующих технологических системах с высокой эффективностью.

#### 7.4. Технологические схемы рассевов

Для сортирования продуктов измельчения по крупности используют рассевы. В зависимости от их конструкции насчитывается от 14 до 22 ситовых рам, собранных по различным схемам, что обусловлено различным составом продуктов на отдельных технологических системах измельчения и разными задачами работы этих систем.

На отечественных мельницах наибольшее применение получили рассевы марок ЗРШ-М и БРВ. На рисунке 9 приведены компоновка сит и распределение продуктов на этик рассевах, собранных по схеме № 1.

В рассее ЗРШ-М 16 ситовых рам собраны в 4 группы, по 4 сита в каждой. После измельчения в вальцовом станке продукт поступает на все четыре сита 1-й группы и параллельно проходит по ним. Сход с этих приемных сит выводят из рассева, а их проход собирают вместе и направляют на верхнее сито 2-й группы; здесь происходит последовательное сортирование продуктов. С последнего сита 2-й группы сход выводят из рассева, а проходы всех сит одним потоком передают на верхнее сито 3-й группы. В результате последовательного сортирования на четырех ситах этой группы образовавшийся проход выводят из рассева, а на верхнее сито 4-й группы направляют сход с нижнего сита 3-й группы. При окончательном сортировании продукта на ситах 4-й группы получают 3-й сход и 2-й проход. Таким образом, схема 1 рассева ЗРШ-4М позволяет получить 5 различных по крупности продуктов. Эта схема рассева применяется на таких системах измельчения, где образуются продукты неоднородной крупности, с большим разнообразием частиц; это первые системы измельчения в технологическом процессе помола.

В рассее БРВ также 4 группы сит, но число их больше: 6, 7, 6 и 3 (по схеме 1), т. е. 22 ситовые рамы вместо 16 рам в рассее ЗРШ-М. Это предоставляет возможность более сложной организации сортирования продуктов и позволяет достичь более высокой эффективности процесса.

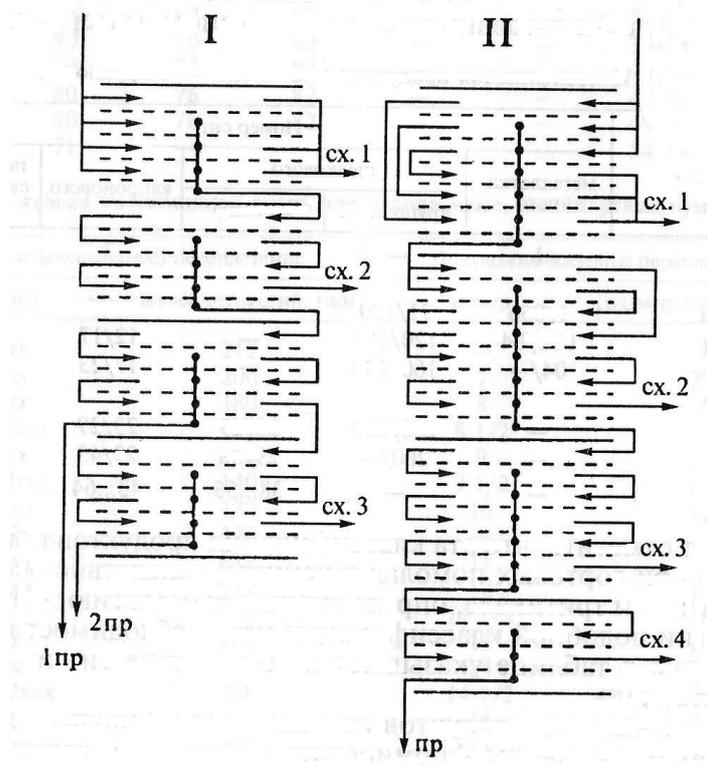
На 1-й группе сит сортирование организовано по комбинированной схеме: измельченный продукт поступает на три верхних сита, проходит по ним параллельно, затем сход с каждого из них поступает отдельно на остальные три сита этой группы, где формируется 1-й сход. Таким образом, на ситах 1-й группы осуществляется совместно как параллельное, так и последовательное сортирование.

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

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

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

Условно в технологических схемах помола рассевы изображаются в виде прямоугольников с указанием количества групп, числа сит в каждой из них, номеров сит и полученных фракций продуктов: сходом или проходом. В зависимости от характеристики продуктов измельчения и задачи их сортирования на различных системах процесса помола применяют различные технологические схемы рассевов.



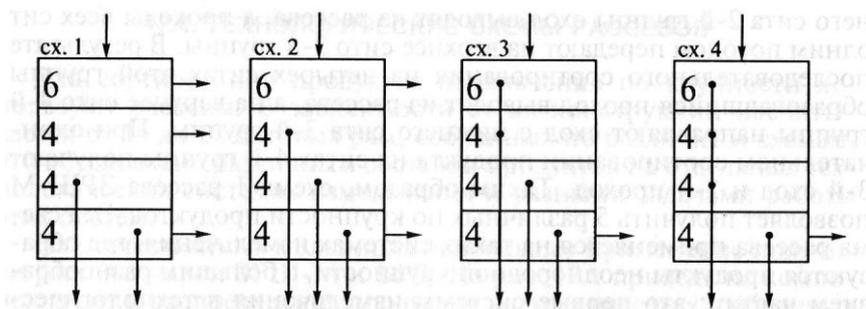
**Рисунок 9 – Схемы рассева ЗРШ-М**

Схемы рассевов ЗРШ-М приведены на рисунке 10 Их всего четыре. Схема 1 предназначена для первых систем драного процесса, на которых осуществляют отбор эндосперма. Схему 2 используют на последних системах этого процесса, а

также для сортирования проходов вымольных машин, первой шлифовочной системы и сходовых систем размольного процесса; может быть использована также для сортирования промежуточных продуктов.

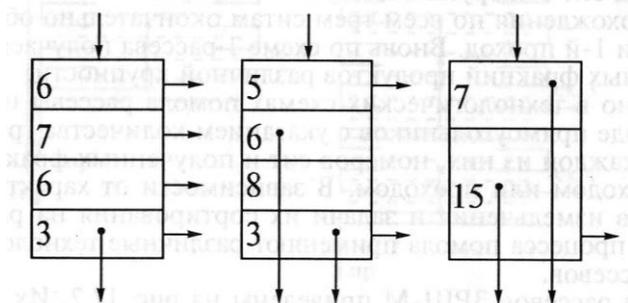
Схема 3 обеспечивает извлечение большой массы продуктов проходом сит. Отсюда вытекает, что ее рациональнее использовать в размольном процессе, где извлекают основное количество муки. Эту схему можно также использовать в сортировочном и шлифовочном процессах. Контрольное просеивание муки также ведут на рассеве по схеме 3.

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



**Рисунок 10 – Технологические схемы рассева ЗРШ-4М**

Рассев РЗ-БРБ отличается большим разнообразием технологических схем (общее число 21), которые по принципу компоновки сит подразделяются на три типа, приведенные на рис. 17.3.



**Рисунок 11 – Три основных типа технологических схем рассева РЗ-БРБ**

Схемы типа 1 имеют шесть модификаций, их используют для сортирования продуктов измельчения зерна на начальном этапе сортового помола — в драном процессе. По этой схеме получают 5 фракций продуктов различной крупности, причем 4 из них сходовые.

Тип 2 насчитывает 13 вариантов схем и позволяет сортировать измельченный продукт на 4 потока — 2 схода и 2 прохода; применяется в размольном процессе, при окончательном измельчении промежуточных продуктов в муку, а также в сортировочном и шлифовочном процессах.

Рассев РЗ-БРВ, собранный по типу 3 (2 варианта схемы), служит для контрольного просеивания муки; выделяются 1 сход и 2 прохода.

### **7.5. Оценка технологической эффективности процесса сортирования продуктов измельчения**

Задача сортирования продуктов измельчения зерна на сите состоит в разделении его на 2 фракции: сход и проход. Эффективность этого процесса зависит от большого количества факторов: свойств частиц продукта, соотношения масс различных фракций по крупности в продукте, удельной нагрузки на сито, материала сита, размерной

характеристики ячеек сита, особенностей конструкции отсева, частоты его вращения, эксцентриситета и т. п. Многие из этих факторов взаимосвязаны и действуют совместно.

Поэтому при оценке эффективности сортирования используют обобщенные показатели: коэффициент извлечения и коэффициент недосева.

Если принять, что в поступающем продукте содержание проходовых частиц составляет  $m_0$ , а в результате просеивания фактически извлечено проходом проходовых частиц  $m_1$ , то коэффициент извлечения

$$\eta_1 = (m_1 / m_0) 100 \%$$

Коэффициент недосева характеризует относительное количество проходовых частиц, оставшихся в сходовом продукте (не просеявшихся через сито):

$$\eta_2 = (m_2 / m_0) 100 \% \quad (5)$$

Так как

$$m_1 + m_2 = 100 \%, \text{ то } \eta_2 = 100 - \eta_1$$

Правила организации и ведения технологического процесса допускают следующие величины недосева (% , не более):

в верхних сходах отсева:

драных систем	10
размольных систем	15
в нижних сходах отсева драных и размольных систем	15
в дунстах, выделенных на различных системах	20

Таким образом, оба эти коэффициента оценивают процесс сортирования продуктов только с количественной стороны.

### 7.6.Сортирование крупок по добротности

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 в процессе дробления зерна частицы получены из внутренних слоев крахмалистого эндосперма, то они представляют собой низкосольную (чистую) крупку, если из поверхностных слоев, то они могут содержать также алейроновый слой и даже оболочки зерна; такую крупку называют *сростками*. В массе крупок могут присутствовать также частицы зародыша. Из этой разнокачественной смеси должны быть выделены частицы чистого эндосперма, при размолке которых и получают высокосортную муку. Это решают в ситовечном процессе.

Процесс обогащения крупок в ситовечных машинах основан на различии крупок по плотности и аэродинамическим свойствам, обусловленным особенностями их структуры и химического состава. Известно, например, что плотность крахмала 1,4...1,5 г/см<sup>3</sup>, белка — 1,1...1,3, жиров — менее 1 г/см<sup>3</sup>. Уже одно это определяет различие частиц, полученных из центральных и периферийных частей зерна, так как содержание крахмала по мере продвижения к центру зерна возрастает, а белка — снижается. Кроме того, оболочки зерна представляют собой пористые образования, поэтому их кажущаяся плотность (определенная без удаления воздуха) заметно ниже плотности эндосперма. Следовательно, при создании определенных условий слой крупки можно разделить по плотности.

Если слой продукта, содержащего частицы одинакового размера, но различающиеся по плотности, привести в колебательное движение, то через некоторое время более

плотные частицы опустятся вниз (потонут), а частицы меньшей плотности переместятся вверх (всплывут). Это разделение частиц сыпучего продукта по плотности носит название *стратификации*.

В мукомольном производстве это явление используют для сортирования крупки, полученной при дроблении зерна, по качеству. Плотность частиц чистого эндосперма выше, чем сростков, и поэтому они опускаются вниз. Если продукт поместить на сито, то сначала будут просеиваться частицы чистого крахмалистого эндосперма, затем частицы, содержащие на своей поверхности алейроновый слой или оболочки.

Кроме разделения по ПЛОТНОСТИ крупка может быть классифицирована по добротности на основе различий в аэродинамических свойствах. Эффект разделения крупки по добротности заметно возрастает, если кроме колебательных движений сита на продукт дополнительно воздействовать воздушным потоком. При этом поток воздуха пронизывает слой продукта снизу вверх, в результате чего этот слой разрыхляется, что облегчает вертикальное перемещение частиц и расслоение продукта по плотности.

Этот принцип используется при конструировании ситовечных машин, на которых осуществляют процесс обогащения крупки, т. е. ее сортирование по добротности.

#### **7.7. Технологические схемы сортирования крупок в ситовечных машинах**

Эффективность процесса сортирования зависит от многих факторов: характеристики сит, удельной нагрузки на машину, выравненности крупки по размерам, выбранных параметров работы (частота колебаний сит, уклон сит, скорость воздушного потока).

Перед направлением в ситовечную машину крупку сортируют в отсевах, для того чтобы обеспечить как можно большую выравненность частиц по размерам. Подбор сит осуществляется в соответствии с классом крупности крупок, т. е. тех сит, через которые они были выделены.

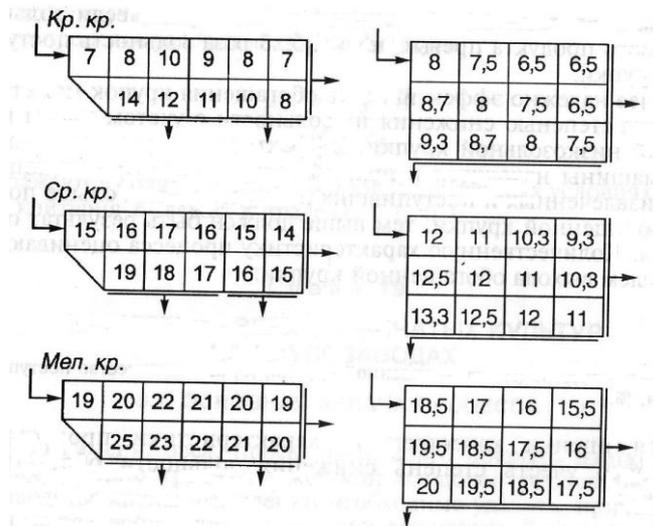
Можно принять, что сита на ситовечной системе должны быть внутри диапазона сит, определяющих фракцию поступающей крупки. Например, если крупна получена проходом через сито № 7 и сходом с сита № 12, то в машине можно установить сита в пределах от № 10...12 до № 7...8. По ходу движения продукта сита постепенно разрезают, так что вначале проходом выделяют наиболее мелкую фракцию крупки, а на последующих ситах более крупную.

В двухъярусной ситовечной машине первые два сита верхнего яруса являются приемными и при последовательном обогащении крупок служат для дополнительного разделения поступающего потока крупки на две фракции: сход поступает на верхний ярус сит, проход — на нижний. Так как частицы проходовой фракции мельче, то на нижнем ярусе устанавливают более густые сита, чем на верхнем.

На рис. 18.1 показан принцип подбора капроновых крупочных сит при обогащении крупной, средней и мелкой крупок. Для разделения крупной крупки на две фракции приемные сита устанавливают с размерами отверстий на верхнем пределе — № 7...8. На верхнем ярусе сначала устанавливают густые сита (№ 10), постепенно разрезая их по мере продвижения продукта к выходу из машины до № 7; на нижнем ярусе сита сгущают по сравнению с ситами верхнего яруса, так как на нижний ярус с приемных сит направляют более мелкую фракцию крупки.

При обогащении средней крупки устанавливают приемные сита № 15...16, на верхнем ярусе № 17...14, а на нижнем № 19...15. В соответствии с этим правилом подбирают сита и при обогащении мелкой крупки. Наиболее добротные продукты идут проходом с первых сит. Зольность прохода с последних сит заметно повышается, а зольность схода превышает

зольность продукта, поступившего в ситовоечную машину.



**Рисунок 12 – Схема ситовоечной машины**

При использовании метода последовательного обогащения схема движения крупки в ситовоечной машине изменяется. Крупки, полученные проходом через сита верхнего яруса, не выводятся из машины, а направляются для дополнительного обогащения на сита второго яруса; при трехъярусной схеме ситовоечной машины проход через сита второго яруса поступает на сита третьего яруса. Благодаря такому двух- или трехкратному обогащению добротность крупки заметно повышается по сравнению с параллельным их обогащением. Сходовые продукты с разных ярусов сит различаются по качеству, поэтому в дальнейшем их не следует смешивать и последующую обработку проводить отдельно.

Эффективность обогащения крупки в ситовоечных машинах можно оценить различными методами.

При первоначальной настройке и последующем регулировании машины обычно исходят из того, что достаточная эффективность обогащения достигается в том случае, если зольность сходового продукта превышает в 2,5...3 раза зольность поступающей крупки.

Более надежно эффективность обогащения крупки может быть оценена степенью снижения их зольности с учетом массы выделенной низзолной крупки. Эффективность работы ситовоечной машины находится в прямой зависимости от соотношения масс извлеченных и поступивших продуктов: чем больше получено обогащенной крупки, тем выше должен быть результат обогащения. Количественную характеристику процесса оценивают показателем выхода обогащенной крупки:

$$\eta_1 = m/M \tag{6}$$

Для оценки качественной характеристики процесса необходимо учесть степень снижения зольности обогащенной крупки:

$$\eta_2 = Z_0/Z \tag{7}$$

Общий показатель технологической эффективности работы ситовоечной машины

$$E = \eta_1 \eta_2 \cdot 100 \tag{8}$$

Таким образом, данный критерий эффективности является количественно-качественным, учитывает не только изменение выхода обогащенного продукта, но и снижение его зольности. Следовательно, он может быть использован в производственной практике для частных сравнений при анализе работы отдельных

ситовеечных систем или же всего этапа обогащения продуктов. Работу ситовеечной машины можно считать эффективной только в том случае, если значение  $E > 100$ .

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие материалы используют для мельничных сит?
2. Назовите промежуточные продукты размола зерна.
3. Какое оборудование используют для сортирования продуктов измельчения по крупности и по добротности?

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная

31. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
32. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
33. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### Дополнительная

34. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с
35. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №8

### ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ И РЖИ

#### 8.1. Простые повторительные помолы

К этой группе относятся помолы зерна в обойную муку. В этом случае измельчают все зерно, в виде отрубей оставляют только 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 сит № 38 — не менее 30 % для ржи и 35 % для пшеницы. Исходя из этого, в отсевах для отбора муки устанавливают металлочные сита № 063...09, а степень измельчения регулируют режимом измельчения на вальцовых станках.

Технологическая схема процесса приведена на рис. 13. Для производства обойной муки достаточно трех систем измельчения, при помоле ржи иногда добавляют еще одну систему.

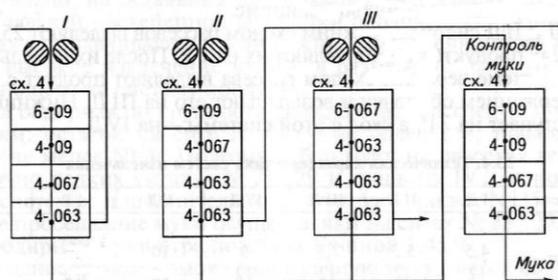


Рисунок 13 – Технологическая схема простого повторительного помола зерна в обойную муку

Техническая характеристика систем измельчения приведена в таблице 3, а режимы измельчения — в таблице 4.

Таблица 3 – Техническая характеристика систем измельчения при простом помоле

Показатели	I	II	III
$n$ , 1/см	4,5	6	8
$U$ , %	12	12	12
$v_6$ , м/с	6...8	6...8	6...8
$v_6/v_m$	2,5	2,5	2,5
$\alpha/\beta$	25/70	25/65	25/65
Расположение	Ос/ос	Ос/ос	Ос/ос

Техническая характеристика систем подобрана для обеспечения интенсивного измельчения зерна в муку. Нарезают крупные рифли под большим уклоном, с малым углом острия и устанавливают вальцы в положение ос/ос. Окружную скорость можно увеличить до 8 м/с при отношении скоростей 2,5. Для увеличения зоны измельчения рекомендуется применять вальцы диаметром 300 мм.

Таблица 4 – Примерные режимы измельчения при простом помоле

Показатели	Система	
	I	II
Контрольный номер сита	067	067
Извлечение (И), % к данной системе	40...50	40...70

При указанных в таблице 4 режимах измельчения за три прохода достигается извлечение обойной муки в размере 96 %. При контрольном просеивании муки на рассеве применяют те же металлотканые сита крупных номеров, сход с отсева возвращают на измельчение на систему III (или IV — при четырех системах).

### 8.2.Сортовые помолы ржи и тритикале

Эти помолы относятся к сложным повторительным помолам без обогащения крупок на ситовечных и шлифовочных системах. Структурная схема помола включает два этапа: драной и размольный процессы. Технологическая схема односортового помола зерна ржи в муку обдирную представлена на рисунке 14.

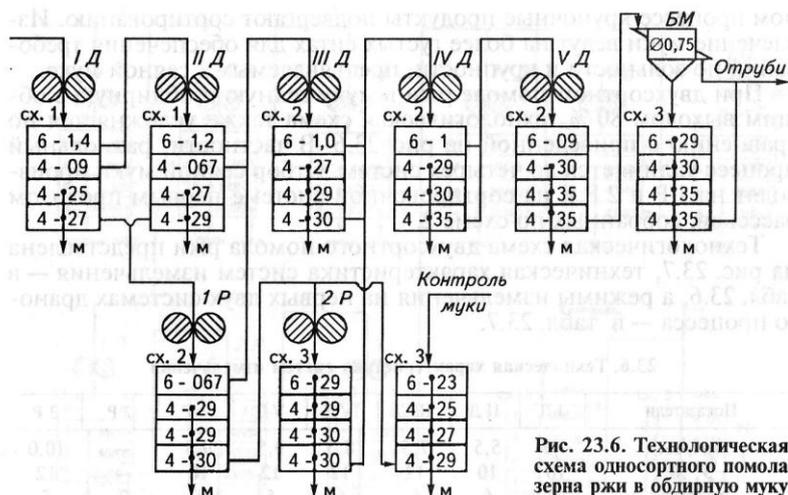
Драной процесс состоит из пяти систем, размольный — из двух. Техническая характеристика систем приведена в таблице 5, а режимы измельчения первых двух драных систем — в таблице 6.

**Таблица 5 – Техническая характеристика систем измельчения**

Показатели	I Д	II Д	III Д	IV Д	V Д	I Р	2 Р
$n, 1/см$	4,5	5,5	7,5	9	10	10	11
$У, \%$	12	12	12	12	12	12	12
$v_б, м/с$	6	6	6	6	6	6	6
$v_б/v_m$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$\alpha/\beta$	25/65	25/65	25/65	25/65	25/65	40/70	40/70
Расположение	Ос/ос						

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

На I Д и II Д системах НИЖНИМ сходом отсева выделяют 25...30 % крупочных продуктов и направляют их на 1 Р. После их измельчения на этой системе верхним сходом отсева выделяют продукт с высоким содержанием оболочек и возвращают его на III Д. Нижний сход с 1 Р поступает на 2 Р, а сход с этой системы — на IV Д.



**Рис. 23.6. Технологическая схема односортового помола зерна ржи в обдирную муку**

**Рисунок 14 – Технологическая схема односортового помола зерна ржи в обдирную муку**

**Таблица 6 – Рекомендуемые режимы измельчения на первых системах драного процесса**

Показатели	I	II
Контрольный номер сита	08	08
Извлечение (И), % к данной системе	45...50	50...55

Для нормального ведения процесса в этом случае достаточно указать режим измельчения на первых драных системах. Именно здесь необходимо извлечь основную массу эндосперма; если это осуществлено, на остальных системах режимы измельчения диктуются задачей постепенной обработки оболочек. На размольных системах устанавливают низкий режим измельчения, чтобы обеспечить высокое извлечение муки — в размере 40...60 % от массы поступающего на систему продукта.

Мука обдирная по крупности должна отвечать 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 IV Д и последующих системах дополнительно используют также № 35. Контрольное просеивание муки осуществляют на ситах № 23...29. Зольность обдирной муки ограничена величиной 1,45 %. При односортом помоле ржи в сеяную муку (выход 63 %) размольный процесс увеличивается до пяти систем. При этом 1 Р, 2 Р и 3 Р разделяют на «крупные» и «мелкие», причем на «мелких» системах применяют вальцы с микрошероховатой поверхностью. Перед направлением на размольные системы извлеченные в дра- ном процессе крупочные продукты подвергают сортированию. Извлечение муки ведут на более густых ситах для обеспечения требований по зольности и крупности, предъявляемых к сеяной муке.

При двухсортом помоле ржи в муку сеяную и обдирную с общим выходом 80 % технологическая схема также усложняется по сравнению с приведенной на рис. 23.6. В частности, размольный процесс удлиняется до четырех систем. Отбор сеяной муки производят на 1 Р и 2 Р и на сортировочной системе первым проходом отсевов, собранных по схеме 2.

Технологическая схема двухсортного помола ржи представлена на рисунке 15, техническая характеристика систем измельчения и режимы измельчения на первых двух системах драного процесса — в таблице 7.

**Таблица 7 – Техническая характеристика систем измельчения**

Показатели	I Д	II Д	III Д	IV Д	V Д	1 Р	2 Р	3 Р
$n$ , 1/см	4,5	5,5	7,5	8,5	9,5	9,5	—	10,0
$У$ , %	10	10	12	12	12	10	—	12
$v_b$ , м/с	6	6	6	6	5	5	7	5
$v_b/v_m$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,25	2,5
$\alpha/\beta$	25/70	25/65	25/65	25/65	25/70	40/70	—	40/70
Расположение	Ос/ос	Ос/ос	Ос/ос	Ос/ос	Ос/сп	Сп/сп	—	Сп/сп

**23.7. Рекомендуемые режимы измельчения на первых системах драного процесса**

Показатели	I Д	II Д
Контрольный номер сита	08	08
Извлечение (И), % к данной системе	40...45	50...55

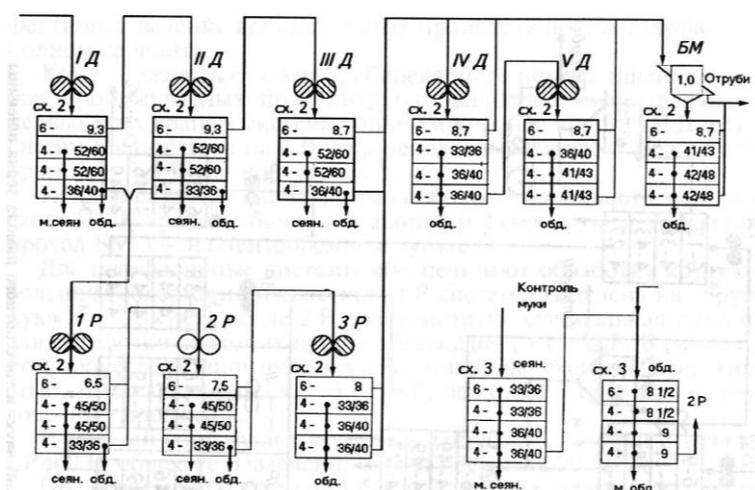
Особенностью схемы является применение на 2 Р не рифленых, а микрошероховатых вальцов, причем скорость быстровращающегося вальца повышена

до 7 м/с, а отношение окружных скоростей снижено до 1,25. Эти изменения обеспечивают получение низзолотной сеяной муки за счет того, что на этой системе практически отсутствует измельчение оболочек.

Общий выход муки сеяной при этом помоле установлен в размере 15 %, а обдирной — 65 %. Мука сеяная должна удовлетворять следующим показателям качества: зольность — не выше 0,75 %, остаток на сите № 27 — не более 2, проход сита № 38 — 90 %.

Исходя из этих требований, а также для обеспечения получения сеяной муки только из крахмалистой части эндосперма, практически без примеси оболочек, ее извлечение ведут в отсевах на ситах № 33/36, 36/40, 41/43, 42/46.

Вымол оболочек осуществляют на бичевой машине, на КОТОРУЮ направляют верхний сход с V Д. На эту же систему возвращают сход с отсева 4 P.



**Рисунок 15 – Технологическая схема двухсортного помола зерна ржи**

На контрольных отсевах устанавливают более редкие сита, сход с контрольного отсева для сеяной муки направляют в муку обдирную, а с отсева для обдирной муки — 2 P.

Ситовечный процесс при сортовых помолах ржи применять нецелесообразно вследствие его низкой эффективности. Это обусловлено тем, что при измельчении зерна ржи крупочные продукты формируются преимущественно в виде сростков, поэтому при обработке на ситовечных машинах их добротность повышается лишь в незначительной степени.

### **8.3.Сортовые помолы пшеницы с сокращенной схемой технологического процесса**

На мельницах невысокой производственной мощности можно осуществить производство муки высоких сортов при ограниченном наборе технологического оборудования. Разработаны и успешно применяются сокращенные схемы помола.

На рисунке 16 представлен вариант такой схемы, которая позволяет производить двух- или трехсортный помол пшеницы с общим выходом муки 75...78 %. В этой схеме вдвое сокращен размольный и до минимума сведен ситовечный процессы.

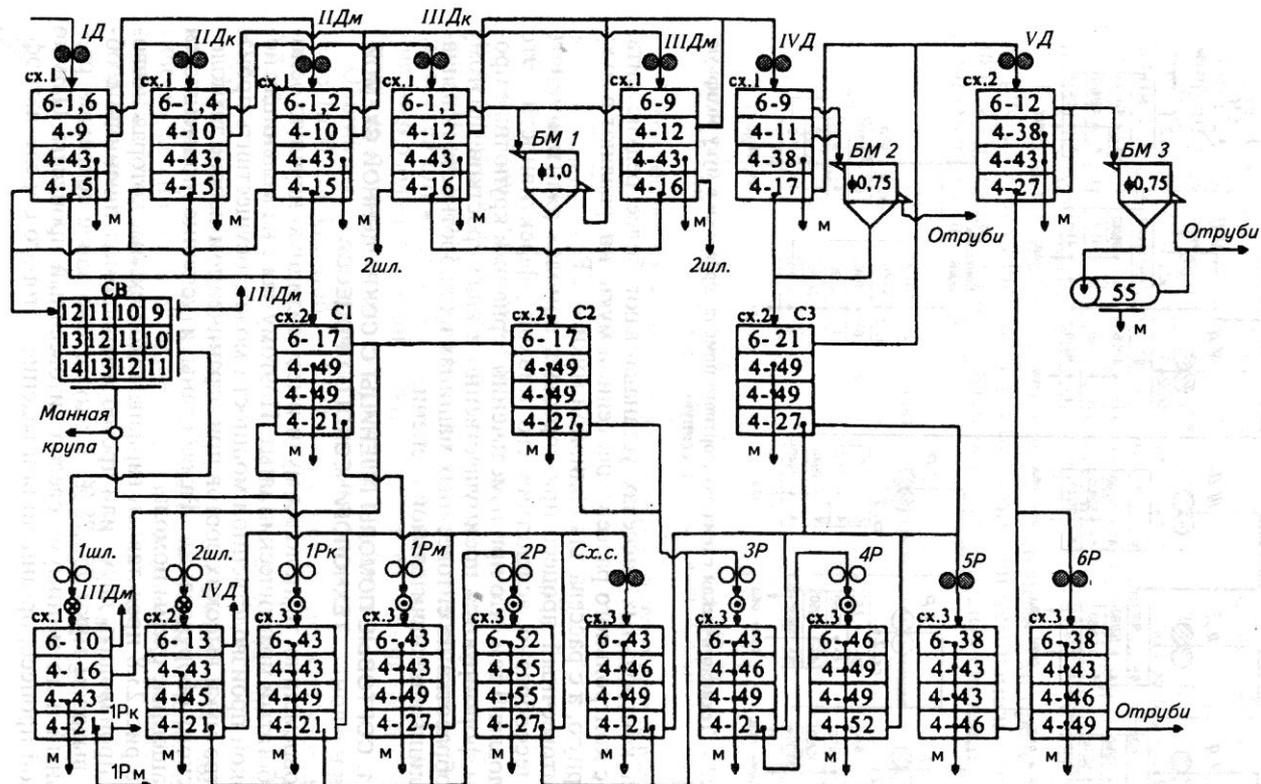


Рисунок 16 – Технологическая схема (вариант сокращенный) двух- и трезортного помола зерна пшеницы

Однако драной процесс, организация и ведение которого определяют эффективное ведение всех остальных процессов помола, сохранен в полном варианте. Как и в развитых схемах хлебопекарного помола пшеницы, отбор промежуточных продуктов 1-го качества осуществляют на первых трех драных системах, причем крупная крупка с I Д и II Д систем обогащается на СВ; при необходимости здесь можно отобрать 1,0...1,5 % манной крупы.

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

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

В высший сорт муки могут быть направлены потоки с 1 шл.с., 1 Р и 2 Р, общее ее извлечение может достигать 20...25 %. После вальцовых станков 1 шл. и 2 шл. установлены деташеры, а на 1 Р, 2 Р, 3 Р и 4Р— энтолейторы. Этот прием заметно повышает извлечение муки.

Техническая характеристика систем и режимы измельчения приведены в таблице 8.

**Таблица 8 – Техническая характеристика систем измельчения**

Показатели	I Д	II Дк	II Дм	III Дк	III Дм	IV Д	V Д
$n, 1/см$	5	6	7	7,5	8,5	9	11
$У, \%$	6	6	8	8	8	10	12
$v_6, м/с$	6	6	6	5	5	4,5	4,5
$v_6/v_M$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$\alpha/\beta$	25/65	30/65	30/65	30/65	30/65	30/65	25/70
Расположение	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Ос/ос

*Продолжение*

Показатели	1 шл.	2 шл.	1 Р	2 Р	сх.с	3 Р	4 Р	5 Р	6 Р
$n, 1/см$	—	—	—	—	11	—	—	12	12
$У, \%$	—	—	—	—	12	—	—	12	12
$v_6, м/с$	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$v_6/v_M$	1,25	1,25	1,25	1,25	2,5	1,25	1,25	2,5	2,5
$\alpha/\beta$	—	—	—	—	40/70	—	—	40/70	40/70
Расположение	—	—	—	—	Сп/сп	—	—	Сп/сп	Ос/ос

**23.9. Рекомендуемые режимы измельчения на первых системах драного процесса**

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

Техническая характеристика и кинематические параметры вальцовых станков разработаны так, чтобы обеспечить высокое качество муки при общем выходе ее 75...78 %. С этой целью окружная скорость  $v_6$  снижена до 4,5 м/с на концевых системах драного процесса и до 5 м/с на I II Д. На шлифовочных системах и размольных системах с микрошероховатой поверхностью вальцов отношение окружных скоростей уменьшено до 1,25; на сх.с., 5 Р и 6 Р, на которых нарезаны мелкие рифли с углом заострения 110° и углом острия 40°,  $v_6/v_M$  принято 2,5. Взаимное расположение рифлей ос/ос применяется только на двух системах — V Д и 6 Р, на которых завершается отбор эндосперма, на остальных системах — сп/сп.

По этой схеме с первых трех систем драного процесса извлечение промежуточных продуктов 1-го качества составляет: крупной крупки 7...9 %, средней крупки 20...22, мелкой крупки 15...17, дунстов 20...23, всего — 60...65 %.

Муку в драном процессе отбирают в количестве 26...28 %, в шлифовочном — 3...5 %; в размольном: на 1 Р и 2 Р — 20...25 %, на 3 Р...5 Р — 20...25 %.

Извлечение продуктов 1-го качества возрастет, если перед I Д системой применить легкое плющение зерна на специальном вальцовом станке с микрошероховатыми вальцами.

При односортном помоле пшеницы в муку хлебопекарную 2-го сорта с выходом 85 % ситовечный процесс можно вообще исключить, а размольный сократить до 3...5 систем.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Какой выход муки из зерна пшеницы и ржи при простом повторительном помоле?.
2. Какие кинематические параметры обеспечивают эффективное измельчение зерна в драном процессе при сортовом помоле ржи?
3. Чем отличаются сортовые помолы зерна пшеницы с сокращенной схемой технологического процесса?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Основная

36. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.

37. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.

38. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

#### Дополнительная

39. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с

40. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №9 СОРТОВЫЕ ПОМОЛЫ ПШЕНИЦЫ

### 9.1.Сортовой помол зерна пшеницы с развитым процессом обогащения крупок

Зерно пшеницы как наиболее ценное перерабатывается главным образом в муку высоких сортов. Повышенные требования, предъявляемые к такой муке, определяют необходимость более сложной организации технологической схемы помола. Особое значение приобретает обработка промежуточных продуктов крупок на ситовеечных машинах с целью повышения их добротности. В связи с этим такие помолы определяются как сложные повторительные помолы с развитым процессом обогащения крупок. Структурная схема помола представлена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Структурная схема сложного сортового помола пшеницы

В драном процессе добиваются как можно более полного извлечения крахмалистой части эндосперма зерна в виде крупок и дунстов; отчасти при этом формируется и мука. Дополнительное фракционирование продуктов происходит на сортировочных системах. Крупная, средняя и мелкая крупка проходит обогащение на ситовеечных системах, при этом часть сходовых продуктов высокой зольности возвращается на драные системы, а обогащенные продукты направляются в размольный процесс для измельчения в муку. В ситовеечном процессе в качестве готовой продукции может быть выделена манная крупа. Обычно ее выход не превышает 2 % от массы перерабатываемой партии зерна.

В размольном процессе осуществляется 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 многоступенчатое построение процесса помола позволяет достичь высоких результатов: на современных мельницах получают 75...76 % муки высшего сорта, сформированной почти полностью из чистого крахмалистого эндосперма. Общий

выход муки в этих помолах составляет 75...78 % при среднем содержании эндосперма в зерне пшеницы 82,5 %.

## 9.2. Организация и ведение драного и сортировочного процессов

Технологические схемы этих процессов в двух разных вариантах приведены на рисунках 18, 19. В первом случае использовано серийное мельничное оборудование, во втором - оборудование фирмы «Бюлер», воспроизведенное на отечественных заводах.

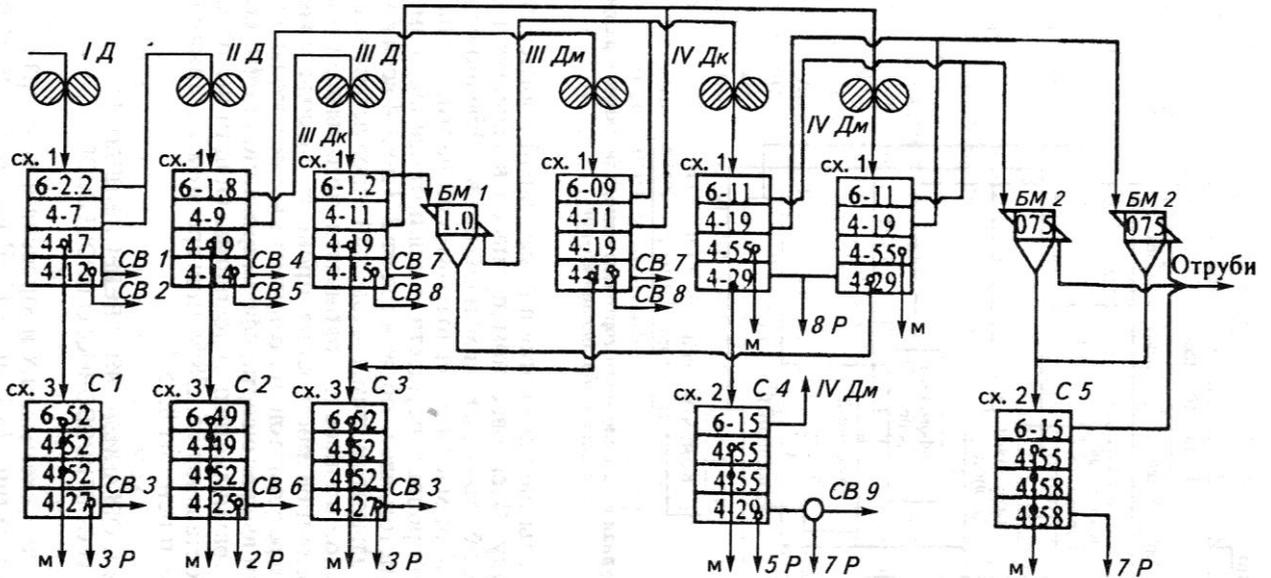
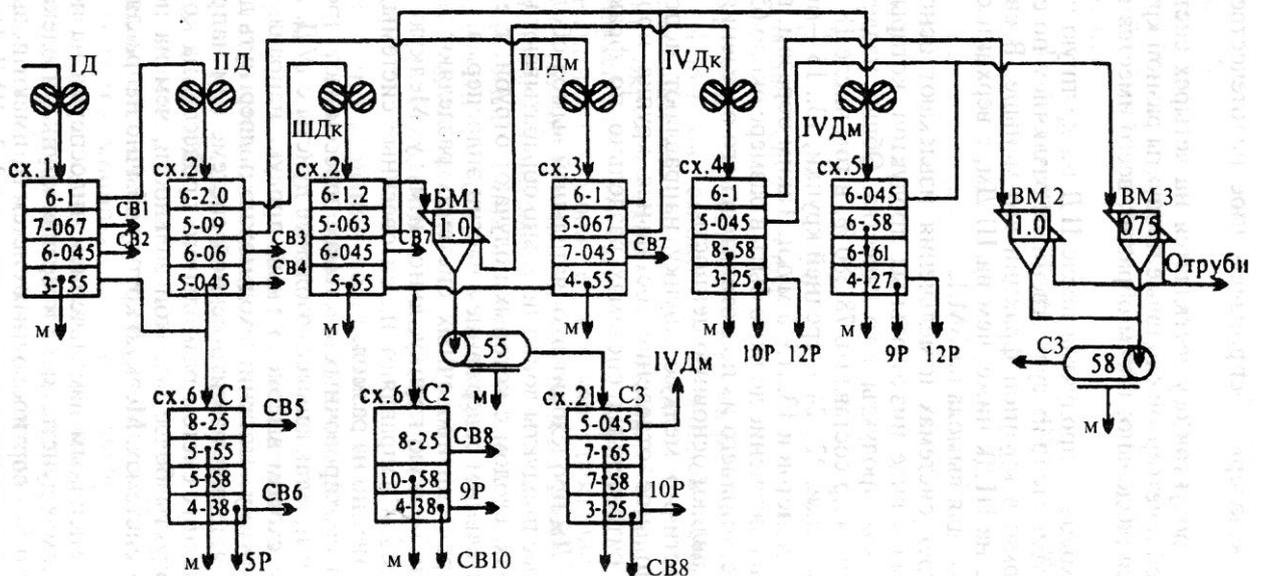


Рисунок 18 – Технологическая схема драного процесса сортового помола пшеницы на серийном оборудовании



**Рисунок 19 – Технологическая схема драного процесса сортового помола пшеницы с использованием высокопроизводительного оборудования**

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

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

III ДК направляют для вымола на БМ 1. На первых трех системах измельчения извлекают основную массу эндосперма в виде низкозольных продуктов, которые поэтому аттестуют как продукты 1-го качества. Общее извлечение этих продуктов должно составлять 78...80 %, в том числе 18...20 % в виде крупной крупки, 22...24 — средней крупки, 13...15 — мелкой крупки, 12...14 — дунстов и 13...15 % муки. Таким образом, в виде крупок и дунстов извлечение должно быть в размере около 65 % от массы зерна, поступившего из подготовительного отделения. Эти продукты представляют ОСНОВНУЮ ценность.

Дунсты и частично мелкую крупку направляют непосредственно в размольное отделение, остальная крупка проходит обогащение на ситовеечных системах отдельно по фракциям крупности.

На IV ДК и IV Дм происходит окончательный вымол оболочек, 1-й и 2-й сходовые продукты дополнительно обрабатывают на вымольных машинах, сходом с которых получают отруби, т. е. оболочки с незначительным содержанием частиц эндосперма.

На первых трех сортировочных системах разделяют проход сит № 17 и 19 на мелкую крупку, дунст и муку. Мелкую крупку —сход с рассевом направляют на ситовеечные системы, дунсты — непосредственно на размол. На 4-й и 5-й сортировочных системах пересеивают проходы сит бичевых машин, а также высокозольные дунсты с IV Д. Выделенный верхним сходом высокозольный продукт направляют на IV Дм, мелкую крупку —нижний сход можно подвергнуть дополнительному обогащению на ситовеечной системе или направить на одну из последних систем размольного процесса, на которых измельчают продукты более высокой зольности, чем на первых трех размольных системах. Мелкую крупку обычно направляют на размол.

В связи с интенсивным измельчением эндосперма на первых трех драных системах дунсты, мука и мелкая крупка, извлекаемые на IV Д и на 4-й и 5-й сортировочных системах, имеют повышенную зольность по сравнению с продуктами на I Д...III Д. Поэтому их аттестуют как продукты 2-го качества. Из продуктов 2-го качества выделяют: мелкой крупки 1...2 %, дунстов — 3...5 и муки — 4...6 %.

Общее извлечение продуктов в драном процессе составляет 85...87 % от массы зерна, поступающего на I Д. В таблице 9 приведена техническая характеристика систем измельчения.

**Таблица 9 – Техническая характеристика драных систем**

Показатели	I Д	II Д	III Д		IV Д	
			кр.	мел.	кр.	мел.
$n, 1/\text{см}$	4	5	7	8	9	10
$У, \%$	4	6	6	8	8	10
$v_6, \text{м/с}$	6	6	6	6	6	6
$v_6/v_m$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$\alpha/\beta$	30/65	30/65	30/65	30/65	30/65	30/65
Расположение	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп

Таким образом, плотность нарезки рифлей постепенно возрастает от 4 до 10 на 1 см окружности вальцов, уклон их повышается от наименьшего до средних значений. Измельчение ведут при отношении окружных скоростей вальцов 2,5 и взаимном расположении рифлей сп/сп; угол заострения рифлей  $95^\circ$  при угле острия  $30^\circ$  и угле спинки  $65^\circ$ . Такая техническая характеристика обеспечивает эффективное измельчение продуктов с преимущественным измельчением эндосперма.

Режим измельчения по системам оценивают величиной извлечения продуктов, которые рекомендуется поддерживать в следующих пределах: на I Д — 25...35 %, на II Д — 50...60, на III Д — 36...45 % по отношению к массе поступающего на каждую систему продукта.

Технологические схемы различаются лишь незначительно. Основное отличие заключается в использовании высокоэффективных отсеивателей БРБ.

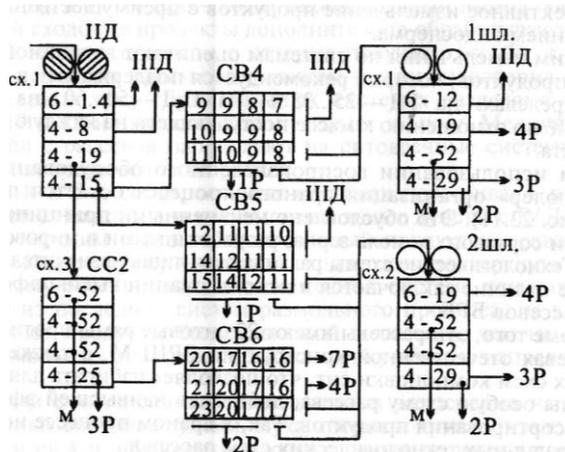
Кроме того, эти отсеиватели имеют 22 ситовые рамы против 16 рам в отсеивателях отечественной конструкции ЗРШ-М, а также 19 различных схем компоновки сит, что позволяет избирать для каждой системы особую схему отсеивания, добиваясь наивысшей эффективности сортирования продуктов. Так, в дражном процессе используют 7 различных технологических схем отсеивателей.

Техническая характеристика систем измельчения и режимы измельчения также не изменяются. Извлечение промежуточных продуктов, муки и общее извлечение в процессе остаются без изменения. Однако более четкое разделение продуктов на фракции при сортировании на отсеивателях БРБ и более совершенный характер измельчения продуктов на вальцовых станках БЗН обеспечивают низкую зольность крупки и дунстов. В результате при помоле достигается выход муки высшего сорта в размере 75...76 %.

### 9.3. Организация и ведение ситовечного процесса

Принцип организации ситовечного процесса демонстрирует рисунок 20, на котором показано извлечение и обогащение продуктов II Д. Подбор сит на СВ определяется крупностью поступающей крупки. Распределение продуктов после СВ диктуется их добротностью: обогащенная крупка идет на первые размольные системы, продукты с большим содержанием сростков направляют для дополнительной обработки на шлифовочные системы. Сходовый продукт с верхних ярусов сит СВ для крупной и средней крупки возвращают на III Дм, исходя из высокого содержания в нем оболочек; сход с верхнего яруса сит для мелкой крупки идет на 7 Р, а сход 2-го яруса — на 4 Р, на которых обрабатывают сходовые продукты с других размольных систем.

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



**Рисунок 20 – Технологическая схема обогащения крупок 1-го качества**

#### **9.4. Организация и ведение шлифовочного процесса**

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

На 1 шл. с. сортирование продуктов обычно ведут на расसेве, собранном по схеме № 1, верхний сход возвращают на III Дм, 2-й и 3-й сходы и проход дунстовых сит нижней группы рассева — на разные размольные системы. На 2 шл. с. удобно применять рассев по схеме № 2.

#### **9.5. Организация и ведение размольного процесса**

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

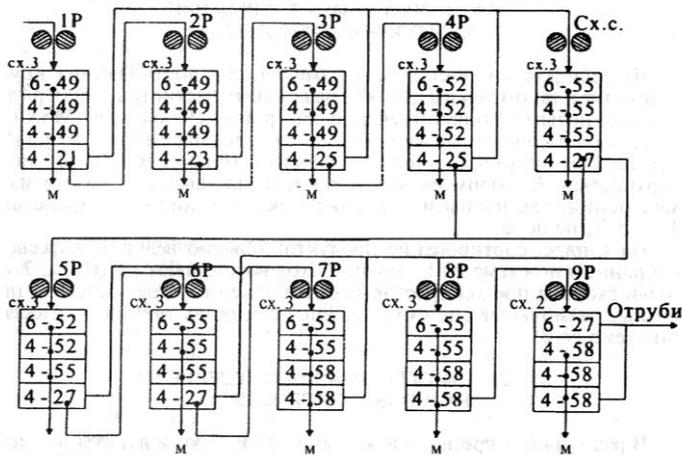
На рисунке 21 приведен вариант технологической схемы размольного процесса для мельницы, оснащенной серийным отечественным оборудованием. Процесс состоит из десяти систем, в том числе одна сходовая. На всех системах измельчение ведут на рифленных вальцах. На 1 Р...8 Р системах применяют сх. 3 рассева, на 9 Р — сх. 2, позволяющую выделить верхним сходом относительно крупные частицы оболочек; сх. 2 можно применять и на сходовой системе.

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

При сортировании продуктов измельчения на первых шести размольных и на сходовой системах проходом сит № 21...27 извлекают дунсты и передают их для измельчения с одной системы на другую последовательно; на 7 Р, 8 Р и 9 Р системах дунсты не получают, а с системы на систему направляют сходовый продукт.

Для извлечения муки используют густые сита, чтобы предотвратить ее засорение

частицами оболочек.



**Рисунок 21 – Технологическая схема размольного процесса многосортного помола пшеницы**

Техническая характеристика размольных систем приведена в таблице 10. Первые четыре системы имеют определенные отличия от 5 Р...9 Р. Это обусловлено тем, что на этих системах измельчают крупки и дунсты 1-го качества, поэтому их характеристика обеспечивает возможность интенсивного измельчения этих низкочольных продуктов. Для каждой из этих систем установлено извлечение в размере 50...60 % от массы поступающего продукта. С этой целью отношение окружных скоростей валцов принято равным 2,5, а угол заострения рифлей 90°, в то время как для остальных систем  $v_6/v_M$  равно 1,5 и угол заострения рифлей увеличен до 95 и 100°. Взаимное расположение рифлей принято располагать «спинка по спинке», чтобы не допустить измельчения оболочечных частиц в муку.

Первые три системы образуют 1-й этап процесса, на котором измельчают чистые крупки и дунсты — продукты 1-го качества, система 4 Р играет роль сходовой, как и 7 Р и 9 Р, на которые направляют сходовые продукты с предыдущих двух или трех систем. Всего в размольном процессе 11 систем измельчения.

**Таблица 10 – Техническая характеристика систем размольного процесса**

Показатели	1 Р	2 Р	3 Р	4 Р	Сход. сист.	5 Р	6 Р	7 Р	8 Р	9 Р
$n$ , 1/см	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10
$У$ , %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
$v_6$ , м/с	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
$v_6/v_M$	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\alpha/\beta$	30/60	30/60	30/60	30/60	35/60	30/60	30/60	30/60	35/65	40/70
Расположение	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп	Сп/сп

Принципиальное отличие состоит в оборудовании. Прежде всего, следует отметить, что для размольного процесса применяют валцы с микрошероховатой поверхностью. После валцовых станков продукты дополнительно обрабатывают на энтолейторах на 1 Р, 2 Р и 3 Р и на деташерах — на остальных системах, за исключением 11 Р, на которой применяют рифленые валцы. Этот прием обеспечивает существенное повышение извлечения муки на каждой системе.

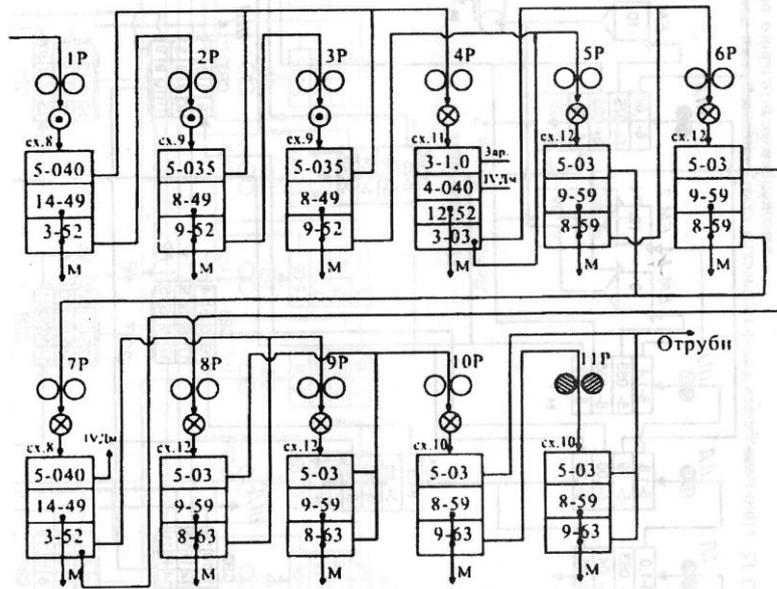
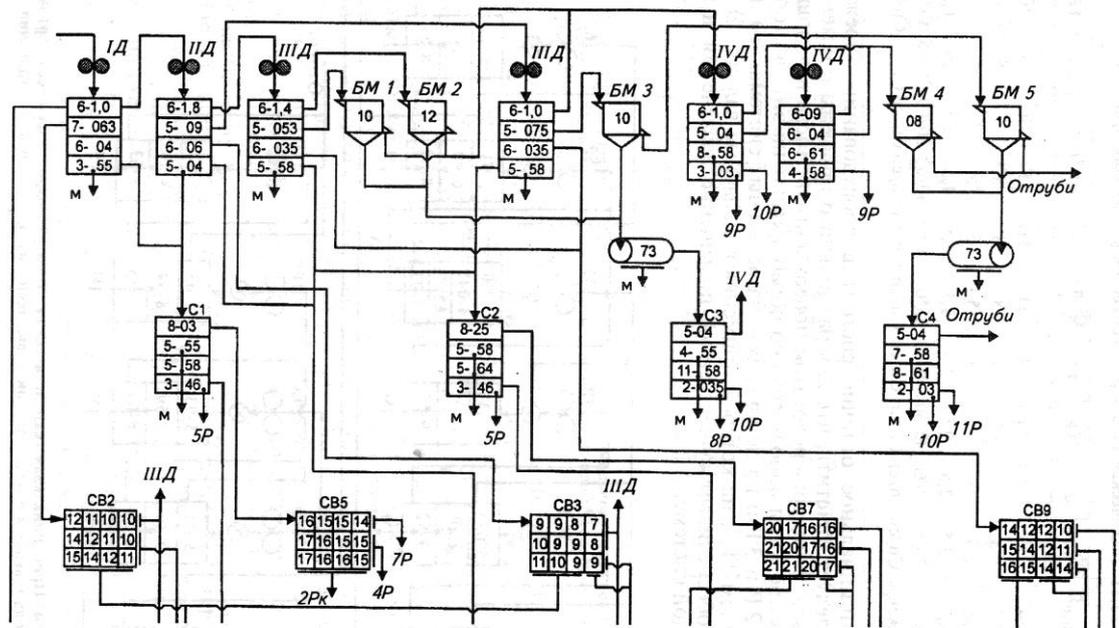
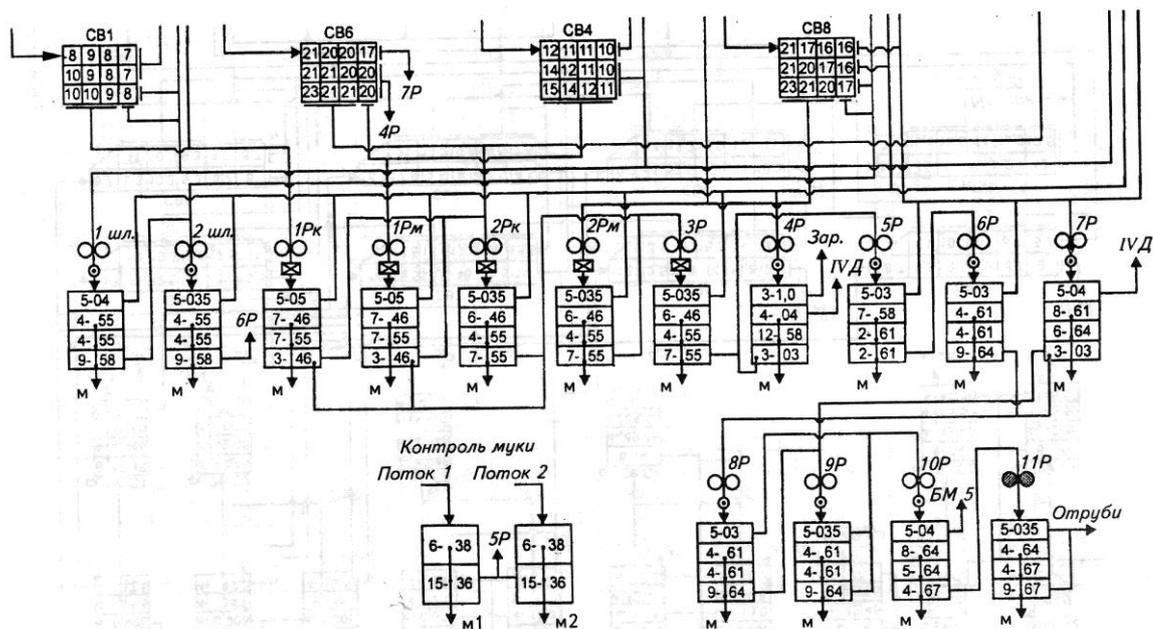


Рисунок 22 – Технологическая схема размольного процесса сортового помола пшеницы с использованием высокопроизводительного оборудования





**Рисунок 23 – Технологическая схема многосортного помола пшеницы в муку хлебопекарную с использованием высокопроизводительного оборудования**

Применение микрошероховатых валцов позволяет избежать нежелательного измельчения частиц оболочек. Сортирование продуктов измельчения ведут на отсевах БРБ, применение которых повышает эффективность этой важной операции. При этом используют 6 разных технологических схем отсеивания в зависимости от характеристики продуктов на каждой системе.

Сохранение целыми присутствующих в продуктах 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 системе в виде самостоятельного продукта выделяют зародыш зерна в количестве 0,2...0,3 % от всего зерна; при измельчении на рифленых валцах этого достичь не удастся. Для извлечения муки используют густые сита, что обеспечивает ее низкую зольность.

На 11 Р нарезают 14...16 рифлей на 1 см окружности вальца с уклоном 8...10 % и углом заострения 120° (50/70°) и располагают их ос/ос при отношении скоростей валцов 2,5. На остальных системах это отношение принимают равным 1,25; скорость  $v_6 = 5$  м/с на всех системах.

При переработке зерна высокой стекловидности добавляют еще одну систему измельчения — 12 Р. Тогда 11 Р систему оснащают микрошероховатыми валцами и деташером. Извлечение муки по этапам помола рекомендуется поддерживать в следующем размере: в драном процессе — 17...20 %, в шлифовочном — 4...6, на первых трех системах размольного процесса — 30...35, на 4 Р...7 Р — 12...15, на остальных системах — 3...7 % при общем выходе муки 75...78 %.

Технологическая схема помола на одной из современных мельниц, оснащенной высокопроизводительным оборудованием, приведена на рис. 23.15,

### Вопросы для самоконтроля

1. Какую крупу выделяют в ситовечном процессе?

2. Какой выход муки при сложных сортовых помолах пшеницы с развитым процессом обогащения крупок?
3. На каких системах получают продукты 1-го качества?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная

41. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
42. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
43. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

##### Дополнительная

44. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с
45. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №10

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ МУКИ ДЛЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

#### 10.1. Требования к муке для макаронных изделий

К муке для макаронных изделий предъявляют особые требования и по крупности, и по характеристике клейковины. Традиционно эта мука получается при помоле яровой твердой пшеницы Дурум, однако в настоящее время широко используют также мягкую твердозерную пшеницу высокой стекловидности. В последние годы расширяются посевы озимой твердой пшеницы VI типа, зерно которой по технологическим свойствам приближается к зерну пшеницы Дурум (II типа).

В таблице 11 приведены нормативные требования к макаронной муке по крупности.

Таблица 11 – Нормы крупности макаронной муки

Показатели	Мука из пшеницы			
	твердой	мягкой	твердой	мягкой
	высшего сорта (крупка)		1-го сорта (полукрупка)	
Остаток на сите (номер), %, не более	140 (3)	150 (3)	190 (3)	190 (3)
Проход сита (номер), %, не более	260(27) 12	260(27) 15	43 40	43 50

Таким образом, по крупности макаронная мука высшего сорта (крупка) представляет собой смесь средней и мелкой крупки с небольшим количеством дунстов. Мука 1-го сорта (полукрупка) состоит из смеси мелкой крупки с дунстами. Характерно, что крупность муки ограничивается по содержанию мелкой фракции («не более»). Мука 2-го сорта для производства макарон не используется и реализуется в хлебопечении.

Зольность муки крупки из зерна Дурум не должна превышать 0,75 %, полукрупки — 1,10 и 2-го сорта — 1,80 %. Эти высокие значения обусловлены повышенной зольностью его эндосперма по сравнению с мягкой пшеницей.

Крупка должна содержать сырой клейковины не менее 30 %, полукрупка — не менее 32 %, т. е. норма повышена на 2 % по сравнению с хлебопекарной мукой из мягкой пшеницы.

Выход муки при макаронном помоле установлен в размере 75 % с различным сочетанием выхода муки по сортам при двух- и трехсортном помолах, а также в зависимости от помола твердой или мягкой пшеницы.

#### 10.2. Технологическая схема макаронного помола

В связи с особыми требованиями, предъявляемыми к макаронной муке, технологический процесс помола значительно усложнен. Мука высшего и 1-го сортов извлекается на ситовечных системах после многократного сортирования продуктов по крупности и добротности. Измельчение продуктов на системах драного процесса ведут так, чтобы сформировать крупные продукты. Поэтому драной процесс удлинен до шести систем, причем II, III, IV и V разделены на крупные и мелкие.

Важную роль в повышении добротности крупок играет шлифовочный процесс, поэтому число шлифовочных систем увеличено до шести-семи, причем 1-ю и 2-ю системы подразделяют на крупную и мелкую.

На рисунке 24 приведена часть технологической схемы макаронного помола твердой пшеницы Дурум.

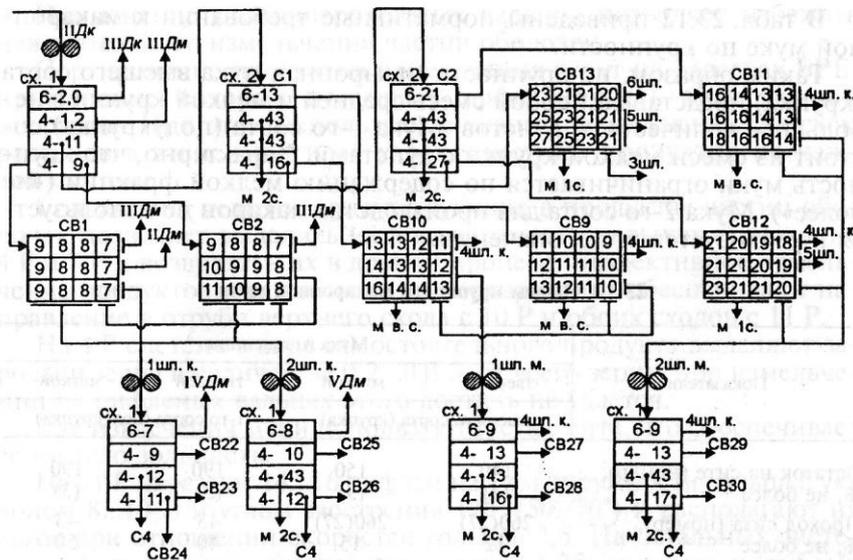
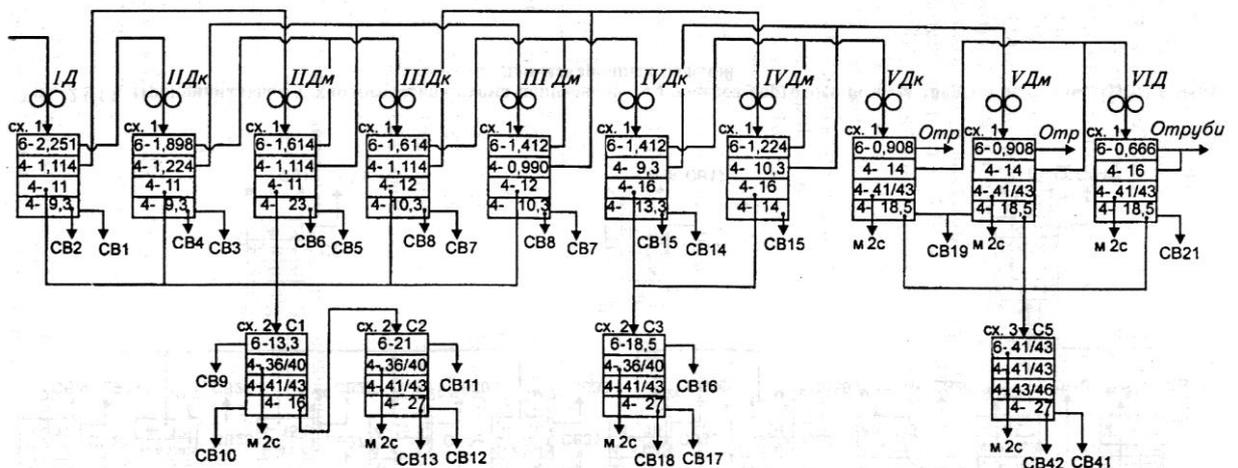
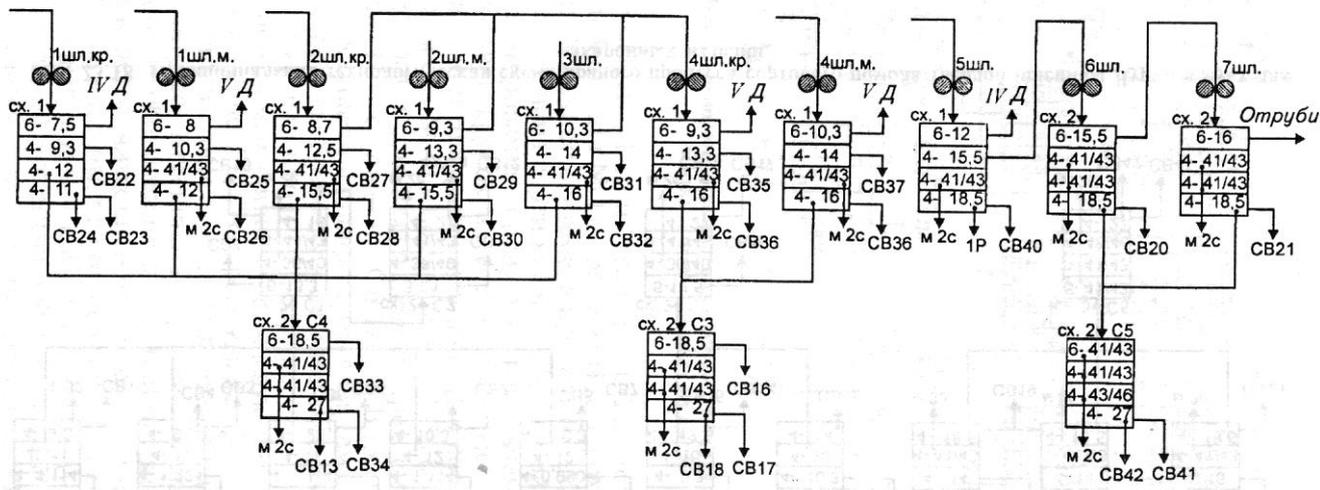


Рисунок 24 – Часть технологической схемы сортового помола твердой пшеницы Дурум в муку для макаронных изделий

Продукты, извлекаемые на П Дк, подвергаются дальнейшей обработке, вплоть до формирования муки высшего, 1-го и 2-го сортов. По этой схеме смесь продуктов — проход сита № 11 с отсева П ДК проходит сортирование на 1-й сортировочной системе, а проход сита № 16 с этой системы направляют вновь на сортирование. При такой трехэтапной организации сортирования продуктов измельчения выделяют несколько потоков крупок и дунстов, которые раздельно проходят обогащение на ситовечных машинах. На сортировочных системах проходом сит № 43 извлекают муку 2-го сорта. Муку высшего сорта выделяют проходом с первых трех сит — СВ 9, СВ 10 и СВ 11, муку 1-го сорта — на СВ 12 и СВ 13, но основная масса продуктов поступает на шлифовочные системы, а затем направляется на повторную обработку в ситовечные машины, на которых извлекают муку высшего и 1-го сортов.



**Рисунок 25 – Технологическая схема драного процесса сортового помола твердой пшеницы Дурум в муку для макаронных изделий**



**Рисунок 26 – Технологическая схема шлифовочного процесса сортового помола твердой пшеницы Дурум в муку для макаронных изделий**

Структурно помол организован следующим образом: развитый драной процесс сопровождается 2- и 3-этапным сортированием продуктов, затем следует этап обогащения драных крупок и дунстов на ситовеечных системах, причем этот этап служит для предварительного их обогащения; после этой операции крупки обрабатывают на шлифовочных системах (рис. 25) и вновь направляют на ситовеечные машины, на которых и извлекают основное количество муки высшего сорта — крупки и 1-го сорта — полукрупки.

В связи с такой организацией в схемах макаронного помола число ситовеечных систем увеличивается до 40...45, а шлифовочных — до 5...7. При этом отпадает необходимость в организации развитого размольного процесса, так как не требуется измельчать дунсты и мелкую крупку, достаточно иметь 1...2 размольные системы для измельчения продуктов, непригодных для формирования макаронной муки. С размольных систем извлекают муку 2-го сорта, которую используют в хлебопекарном производстве.

В таблице 12 приведены техническая характеристика измельчающих систем и режим измельчения при макаронном помоле пшеницы.

**Таблица 12 – Техническая характеристика драных систем**

Показатели	I	II		III		IV		V		VI
		кр.	мел.	кр.	мел.	кр.	мел.	кр.	мел.	
$n$ , 1/см	3,5	4,5	4,5	5,0	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0	9,5
$У$ , %	6	6	6	8	8	10	10	12	12	12
$v_6$ , м/с	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0
$v_6/v_m$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$\alpha/\beta$	35/65	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	35/65
Расположение	Ос/ос	Сп/сп	Сп/сп							

#### 23.14. Рекомендуемый режим измельчения в драном процессе

Показатели	I Д	II Д		III Д		IV Д	
		кр.	мел.	кр.	мел.	кр.	мел.
Контрольный номер сита	1	1	1	08	08	056	056
Извлечение (И), % к данной системе	7...10	40...45	35...40	40...45	35...45	30...35	35...40

Число рифлей с I Д по V Д возрастает от 3,5 до 9,0 на 1 см окружности вальца, уклон — от 6 до 12 %; отношение окружных скоростей валцов принимают 2,5 при невысокой скорости верхнего вальца — 4,0...4,5 м/с. На I Д и V Д угол заострения рифли 100°, на остальных системах — 90°, взаимное расположение рифлей на V Дм и VI Д сп/сп, на остальных — ос/ос. Такая характеристика измельчающих систем обеспечивает интенсивное измельчение продуктов, однако с преимущественным образованием крупитчатых фракций.

При помоле твердой пшеницы на первых четырех драных системах извлекают: крупной крупки — 40...45 % от массы зерна, средней крупки — 20...22, мелкой крупки — 7...9, дунстов — 6...8, муки 2-го сорта — 5...7 % при общем извлечении 80...82 %.

При помоле мягкой высокостекловидной пшеницы извлекают на первых трех системах; крупной крупки — 19-21 %, средней крупки — 23-25, мелкой крупки — 7...9, дунстов — 9...11, муки 2-го сорта — 10...12 % при общем извлечении 72...75 %.

На I Д устанавливают высокий режим — извлечение составляет всего 7...10 %, не более. Задача заключается в первичном дроблении зерна, основное извлечение эндосперма производят на II Д и III Д.

На вальцах шлифовочных систем нарезают от 8 до 10 рифлей на 1 см при уклоне 10 %, с углами острия и спинки 30°/60°. Взаимное расположение рифлей на первых 3...5 системах ос/ос, на последних сп/сп. Окружная скорость верхнего вальца 4,0...4,5 м/с при отношении скоростей от 2,0 до 2,5. Режим измельчения высокий, извлечение (проход сита № 29 к) необходимо поддерживать в размере 2...5 %, не более.

В размольном процессе применяют рифленые или микрошероховатые вальцы, общее извлечение муки 2-го сорта составляет 2...5 %.

Мука крупчатка образуется в виде остатка на сите № 23 в количестве не более 2 % и прохода сквозь сито № 35 не более 10 %. Таким образом, она формируется из жестких и мягких дунстов. Обычно ее получают в небольшом количестве проходом дунстового сита со 2 Р или 3 Р. Дополнительно рекомендуется провести обогащение этих дунстов на ситовечной машине.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы пшеницы используют для производства макаронной муки?
2. Какие показатели зольности регламентированы для муки крупки из зерна Дурум?

3. При организации схем макаронного помола какие системы наиболее развиты?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная

46. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.

47. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.

48. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

##### Дополнительная

49. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с

50. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## Лекция №11

### ТЕХНОЛОГИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СОРТОВ МУКИ

#### **11.1. Особенности технологии получения продуктов диетического и детского питания**

Для производства некоторых диетических продуктов, а также кондитерских мучных изделий требуется мука с особыми свойствами: с повышенным или пониженным содержанием белка, волокнистых веществ, минеральных веществ и витаминов. Получить такую муку можно путем отбора потоков муки с определенных систем помола. Например, высокое содержание белка, минеральных веществ и витаминов содержится в муке, получаемой с последних систем размольного и драного процессов, высокое содержание крахмала и пониженное содержание белка — в муке, извлекаемой через густые сита первых систем размольного процесса.

Однако для производства муки с четко определенными свойствами требуется применение специальной технологии. Для получения муки с высоким содержанием крахмала или высоким содержанием белка проводят тонкое измельчение обычной муки и ее разделение на несколько фракций по крупности в воздушном классификаторе специальной конструкции. При этом в тонкой фракции муки размером частиц до 17 мкм содержание белка достигает 17...19 % при содержании его в исходной муке 11...12 %, во фракции средней крупности с размером частиц от 17 до 35 мкм содержится белка всего от 5 до 10 %. Эти фракции и выделяют в виде самостоятельных и используют: первую — в диетическом питании, вторую — в кондитерском производстве.

Для получения муки с повышенным содержанием волокнистых веществ отбирают поток мелких отрубей, дополнительно их измельчают и дозируют в определенном количестве в муку высшего или 1-го сорта.

Для обогащения муки витаминами применяют специальную технологию, которая предусматривает точное их дозирование и двух-трехэтапное смешивание с мукой для обеспечения равномерного их распределения по всей массе муки.

В ряде зарубежных стран проводят также обогащение муки минеральными веществами для повышения содержания таких важных элементов, как железо, кальций и др.

Рациональное питание человека предусматривает регулярное поступление в организм питательных веществ (нутриентов) в необходимом количестве. Нутриенты снабжают организм человека необходимой энергией для нормального функционирования всех органов и тканей. Для каждой возрастной группы в зависимости от пола и рода трудовой деятельности установлены нормы потребления пищевых веществ, а также необходимая энергетическая ценность продуктов дневного рациона. Например, для возрастной группы от 18 до 40 лет, не занятых физическим трудом, рекомендуется потреблять не более 2800 ккал, а при повышенных физических нагрузках — 3000...3700 ккал. При этом важно, чтобы в состав пищи входили все необходимые вещества: белки, жиры, углеводы, а также биологически важные макро- и микронутриенты: минеральные вещества, витамины, незаменимые аминокислоты, непредельные (эссенциальные) жирные кислоты и т. п. Например, количество белка в дневном рационе должно составлять 80...100 г (в том числе до 2/3 растительного происхождения), углеводов 350...500 г, жиров 80...120 г (в том числе не менее 1/3 этого количества — растительного происхождения). Потребность в минеральных компонентах составляет от 1000...7000 мг для макроэлементов (кальций, фосфор,

натрий, калий, хлориды) и до 10...15 мг и даже до 0,1...0,2 мг для некоторых микроэлементов (железо, цинк, хром, селен и т. д.). Из числа необходимых витаминов важное значение имеют тиамин, рибофлавин, ниацин, а из числа жирорастворимых — витамин D, токоферол и т. д.

Особое значение имеет рацион питания больных и детей грудного возраста. Ослабленный организм нуждается в особом рационе, чтобы пища способствовала быстрейшему выздоровлению и возвращению нормального физического состояния. В связи с этим разработаны различные диетические продукты функционального и лечебного назначения: с повышенным содержанием белка, особым составом минеральных элементов, витаминов и т.п.

К детскому питанию предъявляются высокие требования, особенно к продуктам, используемым в период вскармливания грудных детей (заменители детского молока и т. п.). Значительная роль отводится продуктам детского питания, приготовленным на основе или же с использованием продуктов переработки зерна. Например, издавна использовались различные молочные смеси с рисовой или гречневой мукой. В настоящее время пищевая промышленность развитых стран производит большой ассортимент таких продуктов.

Технология их приготовления заключается в тонком измельчении компонентов смеси, их дозировании в заданном соотношении и тщательном смешивании. При этом особое внимание обращают на экологическую чистоту сырья, включая наличие солей тяжелых металлов, нитратов, пестицидов, гербицидов и других нежелательных химических компонентов, отсутствие микробиологической загрязненности и т. д. Поэтому повышены требования к процессам подготовки сырья (пищевых компонентов) к окончательной переработке. На стадии подготовки зерновых компонентов, к которым относятся крупа, хлопья, мука из различных видов зерна, также осуществляется строгий контроль всех перечисленных параметров экологической чистоты.

Для повышения питательной ценности и усвояемости крупу подвергают дополнительной гидротермической обработке с последующим ее плющением и превращением в хлопья, вследствие чего повышается содержание легкоусвояемых углеводов, происходит частичная клейстеризация крахмала, более или менее выраженная денатурация белков.

В качестве примера приведем характеристику одной из рекомендуемых технологических схем производства муки для детского питания. По этой технологии готовую овсяную, гречневую или рисовую крупу (в зависимости от рецептуры готового продукта) тщательно очищают от посторонних примесей на различных сепараторах, подвергают гидротермической обработке (увлажнению, пропариванию, темперированию), превращают в хлопья, которые затем измельчают. Тонкоизмельченный продукт используют как основной компонент питательной смеси. Дозирование всех необходимых по рецептуре компонентов производят на весовых дозаторах, включая микродозаторы, затем их тщательно перемешивают в смесителях различной конструкции. На всех этапах этого производства требуется проводить строгий контроль за совершенством исполнения технологических операций, особенно на этапе дозирования и смешивания компонентов. Полученная смесь в

виде готового продукта для детского питания должна иметь одинаковый состав, т. е. обладать питательной и биологической ценностью.

В диетическом и лечебном питании широко используются зерновые хлопья (особенно ценными являются хлопья «Экстра»), крупа быстрого приготовления,

прошедшая специальную гидротермическую обработку, толокно и т. п.

В мукомольном производстве предложены варианты технологии специальных сортов муки диетического и функционального назначения. Так, для получения муки с повышенным содержанием белка группируют потоки муки с концевых систем драного и размольного процессов, а для получения муки с повышенным содержанием крахмала — потоки муки с первых систем размольного процесса. Мука, поступающая с концевых систем, отличается более высоким содержанием волокнистых веществ, натуральных витаминов, макро- и микроэлементов.

Кроме вышеперечисленного предложен вариант технологии получения муки с существенно различным содержанием белка, который предусматривает повторное (тонкое) измельчение муки и ее разделение по крупности на несколько фракций на пневмокласификаторе специальной конструкции. При этом удается выделить до 5 % муки с содержанием белка свыше 20 %. Однако этот процесс является дорогим и не используется в промышленности.

Имеются интересные разработки по рациональному использованию диетических отрубей. Их дополнительно вводят в готовую муку или применяют в хлебопекарном производстве. Значительный интерес представляет технология получения зернового хлеба, в котором сохраняются все ценные питательные и балластные вещества, присутствующие в зерне.

### **11.2. Технология получения муки из нетрадиционного сырья**

Для получения муки используется зерно пшеницы, ржи и тритикале, а в некоторых южных странах и кукурузы. Эти культуры представляют собой традиционное сырье для мукомольной промышленности. Однако в небольшом количестве мука вырабатывается из зерна других культур: овса, ячменя, гречихи, гороха и пшена. Такая мука служит компонентом при формировании различных мучных смесей, используемых при производстве продуктов детского и диетического питания, а также для получения особых видов муки: кондитерской, блинной и т.п. Потребность в расширении ассортимента муки и мучных изделий особенно возрастает в настоящее время вследствие необходимости завоевания рынка производителями муки в условиях серьезной конкуренции. Некоторые мельницы кроме традиционных трех сортов муки, манной крупы и макаронной крупки выпускают до 50 наименований своей продукции.

Технология помола перечисленных выше культур состоит в следующем. Готовая крупа (рисовая, гречневая и т.п.) проходит дополнительную очистку, особенно тщательную в случае, если полученная мука предназначена для производства детского или диетического питания, и размальвается по сокращенной схеме на двух—четырёх системах. При этом крупность помола определяется дальнейшим назначением полученной муки.

Помол перловой крупы требует большего числа систем измельчения в связи с более высокой прочностью ячменного зерна. Но и в этом случае не требуется применения протяженной развитой схемы.

При помоле этих культур на первых двух системах рекомендуется использовать вальцы с рифленой поверхностью, а на последних системах — вальцы с микрошероховатой поверхностью. Рассевы для всех систем принимаются по схеме 2 или схеме 4, так как на каждой предусматривается извлечение готового продукта — муки.

Выход готовой продукции зависит от требуемой характеристики муки, прежде всего ее крупности. Например, при помоле ядрицы или продела обязательно выделяется до 20 % отрубей, состоящих из семенной оболочки ядра. Отруби образуются и при помоле овсяной крупы.

Таким образом, при необходимости получить муку из нетрадиционного сырья процесс может быть осуществлен на любой мельнице независимо от ее производственной мощности и типа помола.

### **11.3. Технология зародышевого продукта**

Зародыш зерна имеет высокую пищевую ценность. Его химический состав мало зависит от культуры и отличается высоким содержанием биологически активных веществ. Так, содержание белка находится в пределах от 20 до 35 %, жира — 10...30 %, при этом в белке присутствует полный набор незаменимых аминокислот, а жир отличается высоким содержанием непредельных жирных кислот. Зародыш располагает практически полным набором витаминов и микроэлементов, необходимых для физиологической деятельности человека. В связи с этим извлечение зародыша в виде самостоятельного продукта при переработке зерна в муку и крупу является важной инженерной задачей.

Среднее содержание зародыша в зерне пшеницы составляет 2,5 %. При современных сортовых помолах зародышевый продукт извлекают в размере 0,2...0,3 % от массы зерна, т. е. около 10 % от его содержания в зерне. При этом чистота зародышевого продукта не превышает 80 %.

Технология зародышевого продукта основана на пластичных свойствах зародыша. Наиболее высокое извлечение его достигается при использовании специальных зародышевых систем. Крупная фракция промежуточных продуктов после дополнительной обработки на шлифовочных системах поступает на вальцовые станки с гладкими вальцами — плющилки, работающие при отношении окружных скоростей 1:1, в результате чего зародыш превращается в пластинки, а затем на расसेве выделяется сходом с сит № 10...12.

Современные схемы помола предусматривают извлечение зародышевого продукта на 4 Р. Более совершенная технология позволяет формировать поток зародышевого продукта и с других систем, так что общее его извлечение может достигать 0,8...1,0 % при высокой чистоте.

Анализ показал, что зародыш неравномерно распределяется по фракциям крупности измельченных продуктов. Так, 2-й сход I Д содержит его до 2,5 %, 2-й сход II Д — до 4 % и т. д. В сходовых продуктах ситовеечных систем его содержание находится в пределах 0,6...3,0 %.

Объединив эти продукты, после обработки их на аспираторе выделяют легкую фракцию, в которую попадает основное количество зародыша. Этот продукт подвергают плющению на вальцовом станке зародышевой системы при отношении окружных скоростей 1:1, после сортирования на рассевах получают крупные и мелкие зародышевые хлопья.

По этой схеме выход зародышевого продукта достигает 0,6...0,9 % от массы зерна, причем чистота его составляет 80 % и более.

При высушивании до 5...7 % влажности зародышевый продукт может храниться до 3 мес. Использовать его можно при производстве диетических хлебобулочных изделий, в кондитерском производстве, в масложировой промышленности, а масло — в косметическом, парфюмерном и витаминном производствах.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие технологические операции используют для получения муки с высоким содержанием крахмала или белка?

2. Какие требования при производстве муки для детского питания?
3. Как построена технологическая схема получения муки из нетрадиционного сырья?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная

51. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
52. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
53. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5

##### Дополнительная

54. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с
55. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гордеев, А.В. Российское зерно - стратегический товар XXI века [Текст] / А.В. Гордеев, В.А. Бутковский, А.И. Алтухов. - М.: ДеЛи принт, 2007. - 472 с.
2. ГОСТ Р 52554 - 2006 Национальный стандарт РФ «Пшеница. Технические условия». - М.: Стандартинформ, 2006. - 11 с
3. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы./ Г.А. Егоров. - М.: КолосС. - 2005. - 296 с.
4. Потапов, С.С. Глубокая переработка зерна и производство новых видов продукции – основное направление дальнейшего развития зерноперерабатывающей отрасли [Текст]/С.С. Потапов//Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. - №10. – 2010. – с. 6-8.
5. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции : учебник / ред. В. И. Манжесов. - СПб. : Троицкий мост, 2010. - 704 с. : ил. - ISBN 978-5-904406-07-3.
6. Технология переработки продукции растениеводства : учебник / Н. М. Личко, В. Н. Курдина, Л. Г. Елисеева ; ; Международная ассоциация "Агрообразование" . - М. : КолосС, 2006. - 616 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-9532-0336-5
7. Чеботарев О. Н. , Шаззо А. Ю. , Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. Серия: Технологии пищевых производств/ О.Н.Чеботарев , А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. - Ростов-на-Дону: ИКЦ: Март. - 2011г. - 688 с
8. Ж: Хранение и переработка сельхозсырья. – М: Изд-во «Пищевая промышленность».

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b>	3
<b>Тема 1. Введение в дисциплину</b>	4
1.1 История развития технологии муки	4
1.2 Пищевая ценность муки	7
<b>Тема 2. Технологическая оценка зерна</b>	9
2.1 Технологический потенциал зерна	9
2.2 Физико-химические свойства зерна	10
<b>Тема 3. Подготовка зерна к помолу</b>	18
3.1 Порядок размещения зерна в элеваторе мельницы	18
3.2 Классификация помолов	19
3.3 Требования к зерну для помола	20
3.4. Эффективность раздельной подготовки к помолу зерна разного качества	20
3.5. Особенности подготовки пшеницы к макаронному помолу	21
3.6 Подготовка зерна к простому помолу.	22
3.7 Подготовка ржи к сортовому помолу	23
3.8 Подготовка пшеницы к сортовому помолу	24
<b>Тема 4. Общая характеристика процессов технологии муки</b>	26
4.1 Понятие «технологический процесс» и его эффективность	26
4.2 Основы сепарирования зерна	27
4.3 Обработка поверхности зерна на мельнице	28
<b>Тема 5. Гидротермическая обработка зерна</b>	31
5.1 Задачи ГТО. Механизм разрыхления эндосперма зерна при отволаживании	31
5.2 Определение оптимальных параметров ГТО зерна	32
<b>Тема 6. Измельчение зерна</b>	35
6.1 Основная задача процесса	35
6.2. Измельчение зерна в вальцовых станках	35
6.3. Оценка технологической эффективности процесса измельчения зерна	38
<b>Тема 7. Сортирование продуктов измельчения зерна</b>	41
7.1. Основная задача процесса сортирования продуктов измельчения зерна по крупности	41
7.2. Характеристика мельничных сит	41
7.3. Классификация продуктов измельчения по крупности	42
7.4. Технологические схемы рассевов	43
7.5. Оценка технологической эффективности процесса сортирования продуктов измельчения	45
7.6. Сортирование крупок по добротности	46
7.7. Технологические схемы сортирования крупок в ситовечных машинах	47
<b>Тема 8. Помолы пшеницы и ржи</b>	50
8.1. Простые повторительные помолы	50
8.2. Сортвые помолы ржи и тритикале	51
8.3. Сортвые помолы пшеницы с сокращенной схемой технологического процесса	53
<b>Тема 9. Сортвые помолы пшеницы</b>	57
9.1. Сортвые помолы пшеницы с развитым процессом обогащения крупок	57
9.2. Организация и ведение драного и сортировочных процессов	58

9.3. Организация и ведение ситовеечного процесса	60
9.4. Организация и ведение шлифовочного процесса	61
9.5. Организация и ведение размольного процесса	61
<b>Тема 10. Особенности технологии муки для макаронных изделий</b>	<b>65</b>
10.1. Требования к муке для макаронных изделий	65
10.2. Технологическая схема макаронного помола	65
<b>Тема 11. Технология специальных сортов муки</b>	<b>70</b>
11.1. Особенности технологии получения продуктов диетического и детского питания	70
11.2. Технология получения муки из нетрадиционного сырья	72
11.3. Технология зародышевого продукта	73
Библиографический список	75