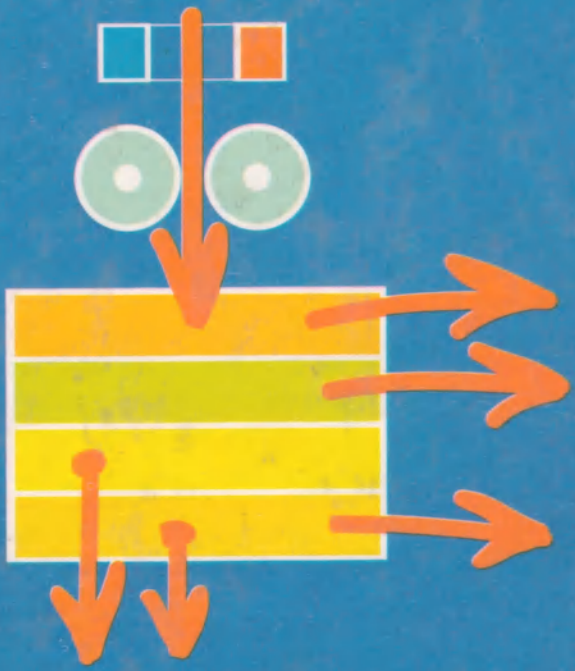
В. В. ВАШКЕВИЧ • О. Б. ГОРНЕЦ • Г. Н. ИЛЬИЧЕВ

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И МАЛЫХ МЕЛЬЗАВОДАХ



БАРНАУЛ • 1999

Вашкевич В.В., Горнец О.Б., Ильичев Г.Н.

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И МАЛЫХ МЕЛЬЗАВОДАХ

Барнаул 1999

УДК 664.641.1
ББК 36.82
В232

Вашкевич В.В., Горнец О.Б., Ильичев Г.Н.
Технология производства муки на промышленных и малых мельзаводах. – Барнаул: 1999. – 215 с., ил.

В монографии изложены сведения о зерне пшеницы и ржи как сырья для производства муки. Приведены данные об оборудовании и технологиях для производства муки. Для промышленных мельзаводов на основе системного анализа сформулированы основные закономерности технологических процессов, выделены модули их этапов, приведены алгоритмы формирования технологических схем, подбора сит и расчета размеров их отверстий, расстановки сит по группам в рассевах, рассмотрены технологические взаимосвязи как внутри этапов технологических процессов, так и между ними. Приведены сведения о технологиях производства муки на малых мельзаводах.

Монография предназначена для технологов мельзаводов и проектных институтов, а также для других специалистов мукомольных предприятий. Она может служить учебным пособием для курсов повышения квалификации, институтов и техникумов, готовящих специалистов для отрасли хлебопродуктов.

ISBN 5-87912-106-2

435873

SamKI
KUTUBXONASI

## ОТ АВТОРОВ

В последние годы продолжалось интенсивное техническое перевооружение на промышленных мельзаводах и бурное строительство малых (до 50 тонн в сутки) мукомольных предприятий. Только в Алтайском крае в настоящее время их число достигло трехсот.

На российский рынок активно внедряются всемирно известные фирмы изготовители оборудования для промышленных мельзаводов: Bühler (Швейцария), Roncaglia (Италия), Prokop (Чехия) и другие.

На рынок малых предприятий внедряются большое количество фирм России, Италии, Турции, Китая, Чехии и другие. На малых мельзаводах России большинство их руководителей не являются специалистами в области мукомольного производства, поэтому им трудно сделать правильный выбор во всем предлагаемом рынком многообразии.

При разработке рукописи монографии авторы не только проанализировали накопленные научные данные и практический опыт работы предприятий, но и провели системный анализ технологий. Впервые на основе системного анализа выявлены основные закономерности технологических процессов, выделены их основные модули, разработаны правила подбора или расчета размеров отверстий сит и расстановки их в рассевах технологического процесса. Это позволило охватить все многообразие встречающихся на практике технологических схем мельзаводов. В монографии читателям предложены задания по разработке технологических схем по их этапам и в целом. Решение этих заданий позволит читателям монографии закрепить свои знания в области технологии и грамотно приступить к анализу технологического процесса конкретного мельзавода, в чем авторы монографии могут помочь читателям. Мы можем также проверить правильность выполнения предложенных заданий.

Поскольку конструктивные особенности и технологическая эффективность применяемого оборудования неразрывно связаны с протяженностью и особенностями технологических процессов на мельзаводе, в монографии дано описание основных видов применяемого на мельницах технологического оборудования.

Авторы монографии обращают внимание специалистов на не до конца решенные проблемы: равномерность увлажнения зерна, минимизация биения рабочих органов вальцовых станков, стабильность размеров отверстий тканых сит при работе рассева, эффективность очистки сит в зерноочистительном и размольном отделения мельниц. Решение этих проблем позволит значительно упростить технологические процессы производства муки и повысить их технологический и экономический эффект.

Авторы уверены, что любой специалист отрасли хлебопродуктов найдет для себя в монографии много нового.

Авторы с благодарностью примут замечания и пожелания специалистов с тем, чтобы учесть их в дальнейшем.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ

Зерновая масса, поступающая на переработку, - это сложный комплекс, состоящий из неодинаковых по своим свойствам фракций основной культуры и разнообразных засорителей. Технолога должны интересовать все технологические параметры фракций основной культуры и те параметры засорителей, которые необходимы для их выделения из зерновой массы.

## 1.1. Технологические параметры пшеницы и ржи

Размеры, анатомическое строение и соотношение составных частей. Размеры зерен пшеницы и ржи колеблются в широких пределах, табл. 1.1.

Таблица 1.1

Линейные размеры зерен пшеницы и ржи

| Культура | Толщина, мм | Ширина, мм | Длина, мм |
|---|---|---|---|
| Пшеница | 1,5...3.8 | 1,6...4.0 | 4,0...8.6 |
| Рожь | 1,2...3.5 | 1,4...3,6 | 5,0...10.0 |

Анатомическое строение зерна. На рис. 1 представлен продольный разрез зерна пшеницы. Основными частями зерна являются эндосперм, зародыш и окружающие их оболочки. На противоположной от зародыша по толщине поверхности зерновки имеется бороздка, а на противоположной от зародыша по длине зерновки - бородка. Их наличие усложняет задачу получения высококачественной муки, т.к. в них концентрируется основное количество пыли, грязи и микроорганизмов.

В процессе производства муки поверхностные покровы зерна, включая алейроновый слой и зародыш, должны быть выделены в виде самостоятельных продуктов (отруби, зародышевые хлопья), потому что в алейроновом слое и зародыше содержится большое количество жиров, которые значительно сокращают сроки хранения муки.

Эндосперм состоит из крахмальных гранул, окруженных белком. От способа укладки крахмальных гранул в белке зависит стекловидность зерна и, как следствие, его структурно-механические свойства. В стекловидном зерне крахмальные гранулы «цементируются» белковыми прослойками в плотную массу.

Зародыш отделен от эндосперма щитком и содержит в своем составе зачаточные корешок и росток.

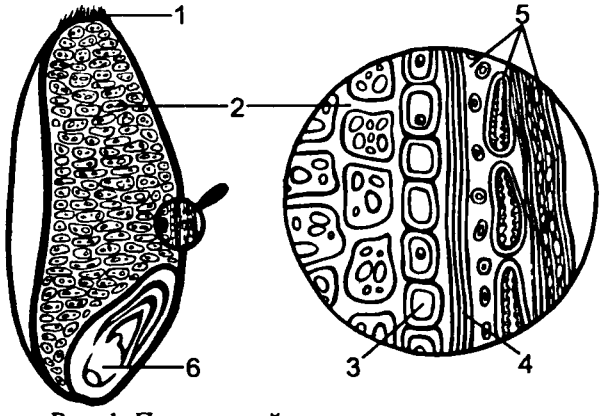



Рис. 1. Продольный разрез зерна пшеницы:
1 – бородка; 2 – эндосперм; 3 – алейроновый слой; 4 – семенные оболочки;
5 – плодовые оболочки; 6 – зародыш

Оболочки зерновки состоят из нескольких слоев: плодовые оболочки (наружная кутикула, продольный и поперечный слои), семенные оболочки (трубчатый, пигментный, гиалиновый и алейроновый слои).

Содержание составных частей зерна. Содержание эндосперма в зерне – это важнейший фактор, который характеризует ресурсы зерна. Можно утверждать, что существует тесная связь между содержанием эндосперма и оболочек и выходом муки и отрубей. Чем больше в зерне эндосперма, тем больше выход муки, в то же время, чем больше эндосперма, тем более выполнено зерно. В табл. 1.2 представлены обобщенные данные по относительному содержанию составных частей зерна пшеницы и ржи.

Таблица 1.2

Относительное содержание составных частей зерна, %

| Части зерна | Пшеница | Рожь |
|---|---|---|
| Эндосперм | 74,0...85,0 | 75,0...79,0 |
| Алейроновый слой | 6,3...10,5 | 10,0...13,0 |
| Зародыш | 1,4...4,2 | 3,4...4,0 |
| Оболочки: | | |
| плодовые | 3,5...6,3 | 4,8...5,5 |
| семенные | 1,1...4,8 | 1,9...2,8 |

Содержание эндосперма и оболочек в зерне пшеницы с достаточной точностью можно определить теоретически. Приближенно форма

пшеницы без учета бородки напоминает эллипсоид. Объем зерна V такой формы равен:

$$V = \frac{\pi}{6} abl;$$

где a, b, $l$ – соответственно, толщина, ширина и длина зерновки, мм.

Площадь внешней поверхности зерновки S составляет:

$$S = \left( \frac{\pi b^2}{2} + \frac{\pi b l}{2\sqrt{1 - b^2 / l^2}} \arcsin \sqrt{1 - b^2 / l^2} \right) \left( \frac{a + a_б}{a + 0{,}47} \right);$$

где $a_б$ – глубина бороздки зерновки, мм.

Процентное содержание оболочек равно:

$$Q_o = \frac{100 S \Delta_o \rho_o}{V \rho_з};$$

где $\Delta_o$ - толщина оболочек, мм;

$\rho_o$, $\rho_з$ - плотность оболочек и зерна, г/мм$^3$.

Среднее значение толщины оболочек у пшеницы колеблется от 0,074 до 0,094 мм; среднее значение плотности для зерна пшеницы равно 1,66 г/мм$^3$, для оболочек – 1,066 г/мм$^3$.

В табл. 1.3 представлены сравнительные данные по определению фактической $S_ф$ и расчетной $S_р$ площади поверхности зерновки.

Таблица 1.3

Площадь поверхности и количество оболочек зерновки

| Зерно | a, мм | b, мм | $l$, мм | $a_б$, мм | $S_ф$, мм$^2$ | $S_р$, мм$^2$ | $Q_o$, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сход с | 2,98 | 3,14 | 6,71 | 1,69 | 76,01 | 75,91 | 13,43 |
| сита | 2,87 | 3,02 | 6,41 | 1,71 | 70,55 | 70,52 | 14,10 |
| 2,8x20 | 2,94 | 3,09 | 6,88 | 1,68 | 76,05 | 76,26 | 13,54 |
| Среднее | 2,93 | 3,08 | 6,67 | 1,69 | 74,20 | 74,17 | 13,68 |
| Проход | 2,54 | 2,65 | 6,09 | 1,51 | 57,52 | 57,30 | 15,52 |
| сита | 2,49 | 2,64 | 6,12 | 1,50 | 56,45 | 57,41 | 15,85 |
| 2,8x20 | 2,55 | 2,60 | 6,07 | 1,51 | 56,45 | 55,88 | 15,42 |
| Среднее | 2,53 | 2,63 | 6,09 | 1,51 | 56,81 | 56,87 | 15,59 |

Цвет составных частей зерна. Цвет измельченного эндосперма сильно отличается от цвета отрубей, в которых в основном содержатся оболочки и алейроновый слой зерна. Так цвет муки белый или белый с различными оттенками, а цвет отрубей пшеничных - красно-желтый с сероватым оттенком и отрубей ржаных - серый с коричневатым или зеленоватым оттенками. Чем выше сорт муки, тем меньше в ее составе

измельченных оболочек и тем она белее. Разница в цвете эндосперма и оболочек используется при определении качества муки по белизне и по количеству частиц оболочек на уплотненно-сглаженной поверхности муки. Коэффициент корреляции этих двух показателей больше 0,9. Более строгим показателем качества муки является количество частиц оболочек в ней, так как на показатель белизны большое влияние оказывают различные оттенки цвета измельченного эндосперма.

Различие в цвете основного зерна и засорителей используется при разделении их на электронных сепараторах.

Зольность. Зольность зерна и его составных частей варьирует в широких пределах. Решающим для технолога является то обстоятельство, что зольность эндосперма во много раз меньше зольности оболочек с алейроновым слоем. Так для пшеницы зольность эндосперма в 18...25 раз меньше зольности оболочек с алейроновым слоем, а для ржи - в 10...14 раз. Следовательно, показатель зольности отражает примерное соотношение оболочек и эндосперма в промежуточных продуктах помола и в готовой продукции. Для промежуточных продуктов помола (крупки и дунсты) зольность - единственный показатель их качества. Зольность и количество составных частей зерна связаны соотношениями:

$$Q_з Z_з = Q_{об}\ Z_{об} + Q_{энд}\ Z_{энд} + Q_{зар}\ Z_{зар};$$
$$Q_з = Q_{об} + Q_{энд} + Q_{зар};$$

где $Q_з$, $Q_{об}$, $Q_{энд}$, $Q_{зар}$ - количество зерна, оболочек с алейроновым слоем, эндосперма и зародыша в мерах массы или в процентах;

$Z_з$, $Z_{об}$, $Z_{энд}$, $Z_{зар}$ - зольность зерна, оболочек с алейроновым слоем, эндосперма и зародыша, %.

Следует также отметить, что, несмотря на большой диапазон зольности зерна и его составных частей для разных партий пшеницы и ржи, технологу необходимо получить муку с зольностью не выше нормы.

Стекловидность. Стекловидность характеризует структурно-механические свойства эндосперма, поэтому этот показатель определяет режимы гидротермической обработки зерна и режимы первых систем сортового помола. Из стекловидного зерна легче получить требуемый выход муки, чем из мучнистого, т.к. стекловидное зерно легче вымалывается, а на первых системах помола можно получить большое количество крупок.

Зерно мягкой пшеницы по стекловидности делят на три группы. К первой группе относят зерно стекловидностью свыше 60%, ко второй – 40...60%, к третьей - меньше 40%. Смешивать партии зерна, по стекло-

видности относящиеся к разным группам, при размещении и хранении в элеваторе нельзя.

Стекловидность зерна ржи колеблется от 15 до 49%. Однако для зерна ржи стекловидность не играет решающего значения, так как в эндосперме ржи содержатся вещества, придающие ему пластические свойства, поэтому эндосперм ржи размалывается хуже эндосперма пшеницы.

Выравненность по крупности, натура и масса 1000 зерен. Выравненность зерна по крупности имеет важное значение для организации и ведения технологии очистки и подготовки его к помолу. Для того, чтобы улучшить показатель выравненности, на мельзаводах принято отбирать мелкую фракцию зерна для использования ее в кормовых и других целях. Выравненное по крупности зерно легче очищать от засорителей, поэтому при очистке зерна широко применяется фракционирование с последующей отдельной очисткой фракций. Гидротермическую обработку зерна желательно также производить пофракционно, т.к. оптимальные режимы ГТО для зерна разной крупности могут сильно отличаться.

Натура - это масса одного литра зерна в граммах. До середины 19 века натура зерна была единственным показателем качества. В настоящее время показатель натуры широко применяется в международной торговле зерном. На показатель натуры влияет много параметров: размеры, форма, масса 1000 зерен, выравненность по крупности, влажность, засоренность, плотность и т.д. Именно поэтому один показатель натуры не может служить признаком, определяющим мукомольные достоинства зерна. Однако в совокупности с другими показателями натура остается важным показателем качества зерна.

Масса 1000 зерен более строго, чем натура отражает его крупность и относительное содержание оболочек, зародыша и эндосперма. Если масса 1000 зерен основного зерна достаточно отличается от массы 1000 зерен засорителей, то эта разница используется для очистки зерна на инерционных очистителях и на пневмосепараторах. Показатель массы 1000 частиц промежуточных продуктов помола в совокупности с их размерами можно использовать при определении нагрузок на вальцовые станки.

Влажность. Исходная влажность зерна как сырья для мукомольного завода должна интересовать технолога в той мере, насколько она позволяет ему управлять мукомольными свойствами зерна при гидротермической обработке. Если влажность зерна, поступающего на мельзавод с элеватора, низкая (до 12,5...13,5%), то у технолога больше воз-

можностей улучшить мукомольные свойства зерна при помощи двух - трехкратной гидротермической обработки. Если же влажность зерна высокая (больше 14,5%), то у технолога остается единственная возможность увлажнить его только перед размолом.

Химический состав. В табл. 1.4 дан химический состав зерна пшеницы и ржи, муки из ржи и пшеницы в сопоставлении с формулой сбалансированного питания.

Из данных табл. 1.4 видно, как обеспечивается организм человека важнейшими пищевыми веществами при потреблении 100 г съедобной части перечисленных продуктов питания. Следует также обратить внимание на химический состав муки высшего сорта на мельзаводах, оснащенных отечественным оборудованием и высокопроизводительным комплектным оборудованием, изготовленном по лицензии фирмы " Bühler ".

## 2. ФОРМИРОВАНИЕ ПОМОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Нашу страну отличает большое разнообразие почвенно-климатических зон, где выращивается большое количество различных типов и сортов пшеницы и ржи. Как утверждают агрономы и специалисты по зерноведению, почвенно-климатические условия решающим образом влияют не только на урожайность, но и на технологические параметры зерна. Добавив сюда нечеткость заготовок, межрегиональные поставки и острую хроническую нехватку зерна, приходим к выводу, что без формирования помольных смесей в настоящее время не обойтись, так как необходимо перерабатывать не только высококачественное зерно, но также зерно пониженного качества и даже поврежденное клопом-черепашкой, морозобойное и проросшее.

Важнейшими задачами формирования помольных смесей являются: обеспечение планового выхода муки и норм ее качества; рациональное использование партий зерна, хранящихся и поступающих на элеваторы; стабилизация технологического процесса размольного отделения мельзавода.

Желательно смешивать партии зерна, входящие в состав помольной смеси после раздельной их очистки и гидротермической обработки, т.е. перед первой драной системой размольного отделения мельзавода. Для этого необходимы бункера, оснащенные дозаторами и смесителями. В этом случае можно достигнуть высокой эффективности переработки зерна в муку. В противном случае эффект от операции составления помольной смеси будет снижен.

Таблица 1.4

Химический состав зерна пшеницы, ржи и муки из них в пересчете на 100 г съедобной части продукта

| Пищевые вещества | Дневная потребность по формуле питания | Пшеница | | | Рожь | Мука пшеничная | | | | | Манная крупа | Мука ржаная | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | мягкая | | твердая | | в/с | в/с* | 1 сорт | 2 сорт | обойная | | сеяная | обдирная | обойная |
| | | озимая | яровая | | | | | | | | | | | |
| Белки растительные, г | 30-50 | 11,2 | 12,5 | 13,0 | 9,9 | 10,3 | 11,0 | 10,6 | 11,7 | 11,5 | 10,3 | 6,9 | 8,9 | 10,7 |
| Жиры растительные, г | 20-25 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,2 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1,8 | 2,2 | 1,0 | 1,4 | 1,7 | 1,9 |
| Моно- и дисахариды, г | 50-100 | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 15,0 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 0,3 | 0,7 | 0,9 | 1,1 |
| Крахмал, г | 400-450 | 54,0 | 53,0 | 54,5 | 54,0 | 68,7 | 67,0 | 67,1 | 62,8 | 55,8 | 67,4 | 63,6 | 59,3 | 55,7 |
| Клетчатка, г | 25 | 2,4 | 2,5 | 2,3 | 2,6 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 1,9 | 0,2 | 0,5 | 1,2 | 18 |
| Минеральные вещества, мг: | | | | | | | | | | | | | | |
| Na | 4000-6000 | 8 | 8 | 8 | 4 | 3 | 4 | 4 | 6 | 7 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| K | 2500-5000 | 323 | 350 | 325 | 424 | 122 | 158 | 176 | 251 | 310 | 130 | 200 | 350 | 396 |
| Ca | 800-1000 | 50 | 57 | 62 | 59 | 18 | 28 | 24 | 32 | 39 | 20 | 19 | 34 | 43 |
| Mg | 300-500 | 111 | 104 | 114 | 120 | 16 | 33 | 44 | 73 | 94 | 18 | 25 | 60 | 75 |
| P | 1000-1500 | 340 | 400 | 368 | 366 | 86 | 102 | 115 | 184 | 336 | 85 | 129 | 189 | 256 |
| Fe | 15 | 5,1 | 5,7 | 5,3 | 5,4 | 1,2 | 2,4 | 2,1 | 3,9 | 4,7 | 1,0 | 2,9 | 3,5 | 4,1 |
| Витамины, мг: | | | | | | | | | | | | | | |
| $B_1$ | 1,5-2,0 | 0,41 | 0,46 | 0,37 | 0,44 | 0,17 | 0,17 | 0,25 | 0,37 | 0,41 | 0,14 | 0,17 | 0,35 | 0,42 |
| $B_2$ | 2,0-2,5 | 0,17 | 0,13 | 0,10 | 0,20 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,04 | 0,04 | 0,13 | 0,15 |
| PP | 15-25 | 5,04 | 5,60 | 4,94 | 1,30 | 1,20 | ** | 2,20 | 4,55 | 5,50 | 1,20 | 0,99 | 1,02 | 1,16 |
| Энергетическая ценность, ккал | 2850 | 290 | 291 | 301 | 287 | 334 | 332 | 331 | 324 | 298 | 328 | 304 | 298 | 293 |

Примечания: * - на мельзаводах, оснащенных высокопроизводительным оборудованием; ** - нет данных

Обычно помольную смесь рассчитывают для партий зерна, отличающихся по зольности, стекловидности, содержанию клейковины, влажности (если расхождение по влажности компонентов не превышает 1,5%).

При расчете помольной смеси можно использовать показатели натуры, массы 1000 зерен, содержания белка и крахмала и т.д.

Следует учитывать наличие партий зерна в элеваторе, а в настоящее время и стоимость одной тонны зерна этих партий.

Кроме этого необходимо обеспечить помольной смесью работу мельзавода на срок не менее 10 суток.

Помольные смеси составляются из партий зерна, размещаемого в элеваторе. Зерно размещают отдельно по зонам произрастания, типам и подтипам, стекловидности, содержанию клейковины, натуре и влажности.

На диаграммах (рис. 2) показаны принципы размещения помольных партий пшеницы и ржи в элеваторе. В любом случае отдельно размещается зерно, зараженное, проросшее, морозобойное и поврежденное клопом-черепашкой.

## 2.1. Способы расчета помольных смесей

В основу всех способов расчета положено свойство аддитивности показателей качества. Это означает, что если масса двухкомпонентной смеси М равна $m_1 + m_2$, то

$$M\bar{x} = m_1 x_1 + m_2 x_2;$$

где $m_1$, $m_2$ - масса первого и второго компонентов;

$x_1$, $x_2$ - значение показателя качества первого и второго компонентов;

$\bar{x}$ - заданное значение показателя качества смеси.

### 2.1.1. Способ обратных пропорций

Решая систему уравнений для двухкомпонентной смеси

$$\begin{cases} M\bar{x} = m_1 x_1 + m_2 x_2 \\ M = m_1 + m_2 \end{cases};$$

получаем $m_1 = \dfrac{M(\bar{x} - x_2)}{x_1 - x_2}$; $m_2 = M - m_1$.

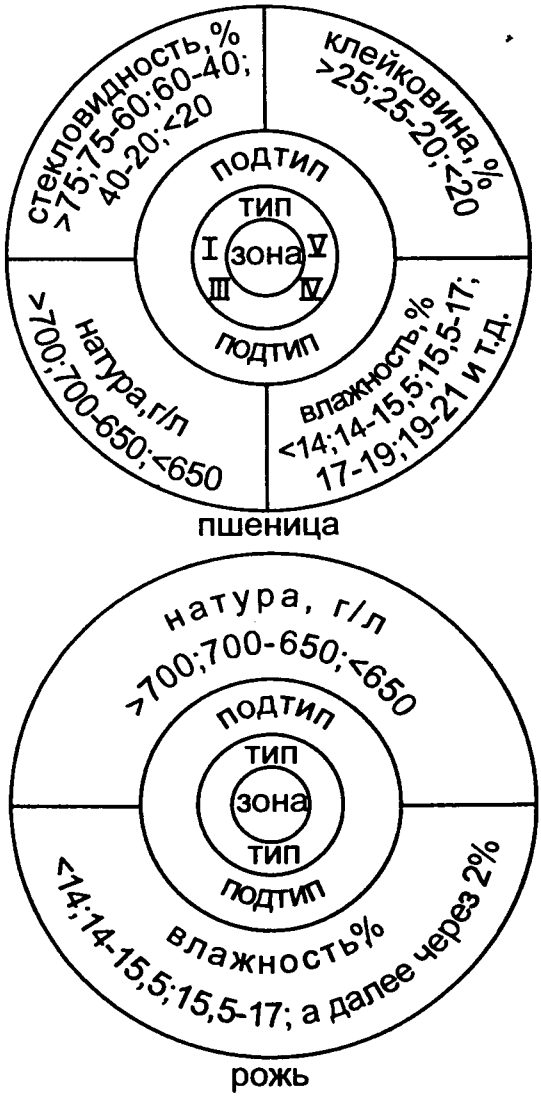



Рис. 2. Диаграмма размещения партий зерна пшеницы и ржи в элеваторе

Нетрудно видеть, что расчет ведется только по одному показателю качества.

Если этим способом провести расчет по другому показателю качества, то полученные значения $m_1$ и $m_2$ не совпадут. Это основной недостаток способа обратных пропорций.

При расчете трехкомпонентной смеси способом обратных пропорций необходимо решить систему уравнений

$$\begin{cases} M = m_1 + m_2 + m_3 \\ M\bar{x} = m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 \\ m_1 = m_2 \text{ или } m_1 = m_3 \text{ или } m_2 = m_3 \end{cases}.$$

В зависимости от выбора третьего уравнения системы будут получены разные значения $m_1$, $m_2$ и $m_3$. Это еще один недостаток способа обратных пропорций.

Можно вести последовательный расчет трехкомпонентной помольной смеси способом обратных пропорций, считая рассчитанную помольную смесь из первых двух компонентов новым компонентом. Тогда необходимо решить две системы уравнений:

$$\begin{cases} M\bar{x} = m_1 x_1 + m_2 x_2 \\ M = m_1 + m_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} M\bar{x} = M_1 \bar{x} + m_3 x_3 \\ M = m_1 + m_3 \end{cases}$$

где $\bar{x}$ - заданное промежуточное значение показателя качества зерна;

$M_1$ - заданное промежуточное значение массы.

И, наконец, еще один большой недостаток способа обратных пропорций - высокая доля субъективизма. Это обусловлено тем, что помольная смесь оценивается одним показателем качества, и нет критерия, по которому можно комплексно судить о помольной смеси.

### 2.1.2. Графический способ

Поставим задачу расчета состава помольной смеси следующим образом.

Известна масса компонентов смеси в элеваторе $m_{1э}$ ..., $m_{iэ}$ ..., $m_{nэ}$, количество компонентов смеси n; номер компонента смеси i, цена каждого компонента смеси $Ц_i$. Масса помольной смеси M равна:

$$M=\sum_{i=1}^{n} m_i \qquad \text{при } m_{i_3} \geq m_i.$$

Качество помольной смеси должно соответствовать соотношениям:

$$\bar{x}_j \geq \sum_{i=1}^{n} m_i x_{ij} \quad \text{или} \quad \bar{x}_j \leq \sum_{i=1}^{n} m_i x_{ij};$$

где j – показатель качества.

Знак "≥" ставится для показателей качества, увеличение которых ведет к улучшению помольной смеси. Это стекловидность, количество клейковины и т.п.

Знак "≤" ставится для показателей качества, уменьшение которых также ведет к улучшению помольной смеси. Например, зольность, влажность и т.п.

Следует определить массу компонентов помольной смеси, отвечающей всем поставленным условиям, с учетом, что цена помольной смеси будет минимальной. Эта задача линейного программирования. Ее решение аналитическим способом – сложное занятие. Однако для двух- и трехкомпонентной смесей эта задача решается легко графическим способом. Покажем это на примерах.

Двухкомпонентная смесь. В элеваторе имеется два компонента в количестве $m_{1_3} = 1000$ т и $m_{2_3} = 2000$ т.

Масса помольной смеси из этих компонентов должна составить M = 1200 т, при $m_1 \leq m_{1_3}$ и $m_2 \leq m_{2_3}$. Показатели качества и цена компонентов помольной смеси и требуемые показатели качества помольной смеси приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Данные для расчета состава двухкомпонентной смеси

| Показатели | Компоненты | | Показатели смеси |
|---|---|---|---|
| | первый | второй | |
| Стекловидность (Ст), % | 60 | 40 | ≥ 45 |
| Содержание клейковины (Кл), % | 24 | 20 | ≥ 22 |
| Зольность (Z), % | 1,80 | 1,92 | 1,84 |
| Цена (Ц), руб./тонна | 750 | 700 | минимальная |

Построим график (рис. 3) в координатах $m_1$ и $m_2$ и соединим точку 1 с координатами $m_1 = 1200$, $m_2 = 0$ и точку 2 с координатами $m_1 = 0$

и $m_2$ = 1200 прямой. Поскольку $m_1 \leq m_{1э}$, то все варианты помольной смеси находятся на прямой между точками $m_{1э}$ и 2.

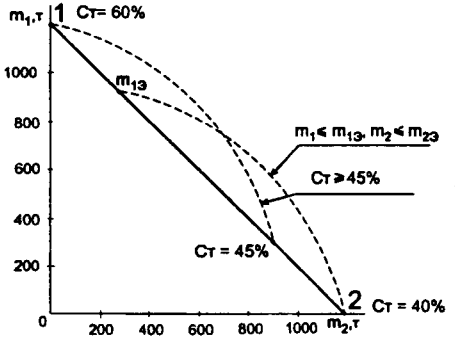



Рис. 3. Варианты помольной смеси по массе компонентов и стекловидности

Принимая, что в точке 1 – Ст = 60%, а в точке 2 – Ст = 40%, находим на прямой 1-2 точку Ст = 45% (рис. 3). Зная стекловидность смеси, определяем, что все возможные варианты смеси со стекловидностью Ст ≥ 45%, отвечающие условиям по массе компонентов, находятся на прямой между точками $m_{1э}$ и Ст = 45%.Проведя необходимые построения для остальных показателей качества, находим, что условиям $m_1 \leq m_{1э}$, $m_2 \leq m_{2э}$, Ст ≥ 45 %, Кл ≥22%, Z ≤ 1,84% отвечает участок прямой между точками $m_{1э}$ и Z = 1,84% (рис. 4).

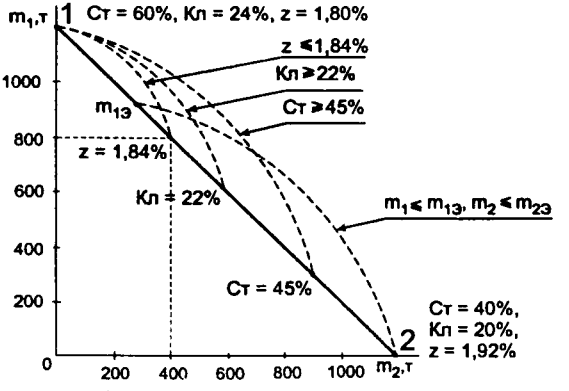



Рис. 4. Определение состава помольной смеси

По графику рис. 4 видно, что точке $m_{13}$ соответствует помольная смесь с $m_1 = 1000$ т и $m_2 = 200$ т, а точке Z = 1, 84% - $m_1 = 800$ т, $m_2 = 400$ т.

Очевидно, что минимальной цене будет отвечать та смесь, в которой первого компонента будет меньше, так как его цена больше цены второго компонента.

Следовательно, всем поставленным условиям соответствует помольная смесь с $m_1 = 800$ т и $m_2 = 400$ т. Ее цена равна 800х750 + 400х х700 = 880 тыс. руб., а показатели качества Ст = 53,3%; Кл = 22,7%; Z = 1,84%.

Трехкомпонентная смесь. Все варианты состава трехкомпонентной помольной смеси находятся в плоскости равностороннего треугольника. Вершины этого треугольника соответствуют ста процентам содержания данного компонента в помольной смеси, т.е. массе помольной смеси. На сторонах треугольника находятся все возможные варианты соответствующих двухкомпонентных смесей.

435873

Координаты любой точки в плоскости треугольника находятся следующим образом. Дана точка А в плоскости треугольника (рис. 5).

Для определения содержания первого компонента в этой точке необходимо через нее провести прямую, параллельную противоположной вершине со стопроцентным содержанием первого компонента. После этого на одной из сторон, пересеченных этой прямой, находят содержание первого компонента в смеси $m_1$.

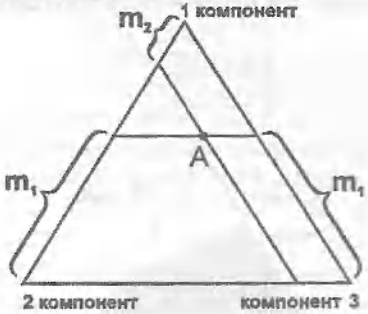



Рис. 5. Нахождение координат точки в плоскости треугольника

Расчеты по определению состава трехкомпонентной смеси аналогичны расчетам состава двухкомпонентной смеси. В табл. 2.2 приведены исходные данные для расчета.

SamKI
KUTUBXONASI

Таблица 2.2

Данные для расчета состава трехкомпонентной смеси

| Показатели | Компоненты | | | Показатели смеси |
|---|---|---|---|---|
| | первый | второй | третий | |
| Масса смеси (М), т | | | | 1250 |
| Наличие компонентов ($m_{i_э}$), т | 1000 | 1500 | 2500 | $m_1 \le m_{1_э}$, $m_2 \le m_{2_э}$, $m_3 \le m_{3_э}$ |
| Стекловидность (Ст), % | 40 | 60 | 50 | $\ge 45$ |
| Содержание клейковины (Кл), % | 23 | 15 | 20 | $\ge 20$ |
| Зольность (Z), % | 1,73 | 1,77 | 1,82 | $\le 1,76$ |
| Цена (Ц), руб./тонна | 750 | 700 | 730 | минимальная |

Поскольку первого компонента не может быть больше 1000 т, на сторонах 1-2 и 1-3 находим точки с $m_1$ = 1000 т. Соединив полученные точки прямой, приходим к выводу, что условию по массе смеси соответствует область в плоскости треугольника ниже этой прямой (рис. 6).

Записав на вершинах треугольника значение стекловидности компонентов, находим на его сторонах максимальное значение стекловидности смеси Ст = 45%. Соединив полученные точки прямой, находим, что заданному условию по стекловидности отвечает область плоскости треугольника ниже этой прямой. Поставленным условиям по массе и стекловидности смеси отвечает плоскость многоугольника 2-Ст-Ст-3.

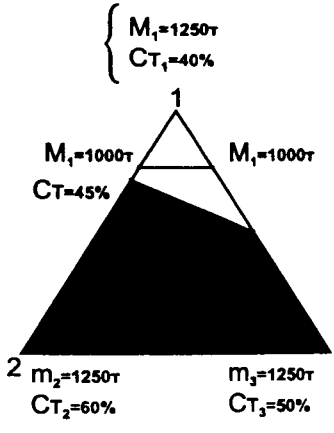



Рис. 6. Определение состава трехкомпонентной смеси по массе и стекловидности

Проведя подобные построения для остальных показателей смеси, получаем область, отвечающую всем поставленным условиям по массе и качеству компонентов (рис. 7).

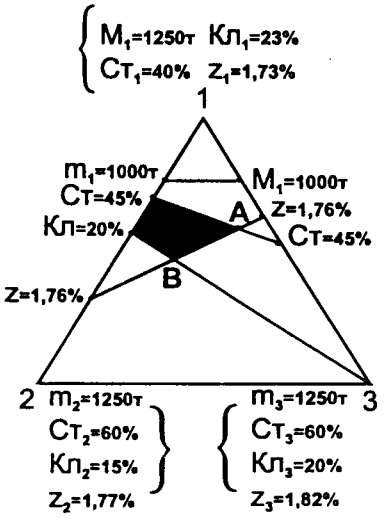



Рис. 7. Нахождение области, в которой помольная смесь отвечает всем поставленным условиям по массе и качеству

Сопоставляя цены на зерно, приходим к выводу, что чем меньше в смеси будет зерна первого компонента и чем больше второго, тем ниже будет цена помольной смеси. Этим условиям отвечает точка В четырехугольника ABCD, в плоскости которого помольная смесь отвечает всем поставленным условиям к качеству и массе помольной смеси.

В точке В: $m_1 = 625$ т, $m_2 = 375$ т, $m_3 = 250$ т; цена смеси Ц = 625 х 750 + 375 х 700 + 250 х 730 = 913750 руб.

Однако не всегда удается правильно выбрать точку с минимальной ценой помольной смеси, поэтому надежнее определить цену помольной смеси во всех вершинах полученного многоугольника и выбрать минимальную.

Недостатком описанного метода является наличие погрешностей при графических построениях.

Преимуществом графических методов определения состава помольной смеси является их простота, наглядность и устранение большой доли субъективизма.

Расчет состава помольной смеси на ЭВМ. Наиболее точным и удобным является способ расчета состава помольных смесей на ЭВМ.

Обычно задают количественные, качественные и экономические показатели компонентов и помольной смеси (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Показатели компонентов и помольной смеси

| Группа показателей | Расчетный показатель | Значение показателей компонентов | | | | | Ограничения смеси |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-ый | ... | i-ый | ... | n-ый | |
| Количественные | Количество зерна в смеси, % | $m_1$ | ... | $m_i$ | ... | $m_n$ | $M=\sum_{i=1}^{n} m_i = 100\%;\ m_i \geq 0$ |
| Качественные | Стекловидность, % | $Ст_1$ | ... | $Ст_i$ | ... | $Ст_n$ | $\geq Ст$ |
| | Клейковина, % | $Кл_1$ | ... | $Кл_i$ | ... | $Кл_n$ | $\geq Кл$ |
| | Зольность, % | $Z_1$ | ... | $Z_i$ | ... | $Z_n$ | $\leq Z$ |
| Экономические | Цена, руб. | $Ц_1$ | ... | $Ц_i$ | ... | $Ц_n$ | Ц - минимальная |

По данным табл. 2.3. составляют систему неравенств:

$Ст_1 \cdot m_1 + \ldots + Ст_i \cdot m_i + \ldots + Ст_n \cdot m_n \geq Ст \cdot 100$

$Кл_1 \cdot m_1 + \ldots + Кл_i \cdot m_i + \ldots + Кл_n \cdot m_n \geq Кл \cdot 100$

$Z_1 \cdot m_1 + \ldots + Z_i \cdot m_i + \ldots + Z_n \cdot m_n \leq Z \cdot 100$

$Ц_1 \cdot m_1 + \ldots + Ц_i \cdot m_i + \ldots + Ц_n \cdot m_n \rightarrow Ц \cdot 100$

$m_1 + \ldots + m_i + \ldots + m_n = M$

$m_1 \geq 0 \ldots m_i \geq 0 \ldots m_n \geq 0$

Решая эту систему неравенств, обычно симплексным методом, получают численные значения масс компонентов, отвечающие всем заданным условиям.

Заметим, что для ЭВМ количество компонентов и показателей качества может быть задано практически любое.

## 3. ОЧИСТКА ЗЕРНА ОТ ПРИМЕСЕЙ

Технология очистки зерна от примесей базируется на различии их по геометрическим и физико-механическим характеристикам. К ним относят ширину, толщину и длину основного зерна и примесей, их форму, плотность, скорость витания, магнитные свойства, цвет, угол

естественного откоса, состояние поверхности, упругость, влажность и другие.

Все примеси подразделяются на зерновые, сорные, минеральные и металломагнитные.

Следует помнить, что в процессе подготовки зерна к помолу часть зерна может перейти в зерновую и сорную примеси. Так, например, при работе обоечной машины чрезмерно разрушенное зерно перейдет в зерновую примесь, а отделенные оболочки - в сорную и их надо также удалять из основного зерна.

При изучении возможности разделения смеси зерна и примесей принято строить вариационные кривые по параметру разделения.

По взаимному расположению вариационных кривых зерна и примесей смеси подразделяются на разделимые, трудноразделимые и неразделимые (рис. 8).

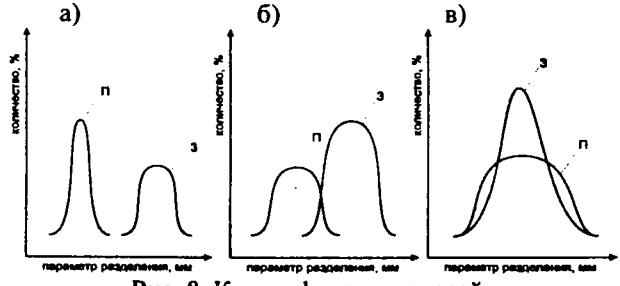



Рис. 8. Классификация смесей:
а – разделимая; б – трудноразделимая; в – неразделимая;
п – примеси; з – зерно

В табл. 3.1 приведены параметры разделения смеси и рабочие органы, осуществляющие сепарирование.

Отметим, что, в основном, существующие устройства разделяют смесь по комплексу параметров разделения.

### 3.1. Сепарирование при помощи сит

В производственных условиях чаще всего применяют сита с круглыми, продолговатыми и треугольными отверстиями.

Сепарирование на плоских ситах происходит при круговом поступательном или возвратно-поступательном движении сит. Если применяют цилиндрические сита, то их вращают вокруг оси ситового цилиндра.

Таблица 3.1

Способы сепарирования смесей

| Параметр разделения частиц смеси | Рабочий орган или способ сепарирования |
|---|---|
| Ширина | Сито с круглыми отверстиями |
| Толщина | Сито с продолговатыми прямоугольными отверстиями |
| Длина | Движущаяся в вертикальном направлении поверхность с ячейками; лабиринтное сито, вращающее зерна вокруг продольной оси в воздушном потоке |
| Глубина бороздки | Струнное сито или сито с отверстиями, очертания которых повторяет очертания поперечного разреза зерна |
| Форма | Сито с треугольными отверстиями; движущаяся наклонная поверхность; спиральные спуски |
| Плотность | Самосепарирование |
| Скорость витания | Воздушный поток в каналах с различным углом наклона |
| Магнитные свойства | Магнит |
| Цвет | Фотоэлектронное сепарирование |
| Угол естественного откоса | Самосортирование при одновременном наполнении и опорожнении емкости |
| Состояние поверхности | Движущаяся поверхность с иголками или ворсом |
| Упругость | Длина пути при отскакивании от упругой или твердой поверхности |
| Влажность | Заряд частиц электростатическими силами, коронным разрядом или трением с последующим разделением в электрическом поле или магнитом |

Кинематические параметры колебаний плоских сит характеризуются частотой и амплитудой. Если частота колебаний достаточно велика, а амплитуда - мала, то сепарирование на таких ситах называют вибросепарированием.

При рассмотрении траекторий колебаний плоских сит бросается в глаза, что совершенно не применяется целый класс колебателей с эллиптической траекторией. Это, на наш взгляд, неразумно, тем более, что конструкции таких колебателей достаточно просты и надежны.

На рис. 9 показана одна из конструкций колебателя для придания ситовому кузову сепаратора эллиптической траектории (вид снизу).

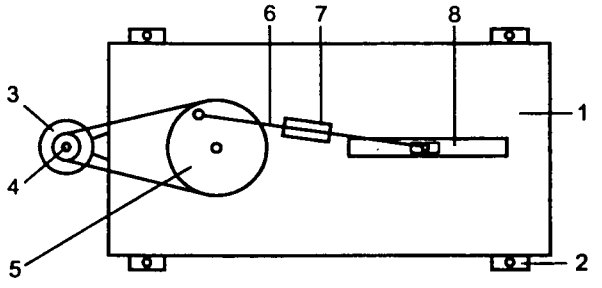



Рис. 9. Колебатель ситового кузова сепаратора:
1 – ситовой кузов; 2 – тросовая подвеска; 3 - электродвигатель; 4 – шкив ведущий; 5 – шкив ведомый; 6 - кривошип; 7 – груз; 8 - направляющая

При вращении ведомого шкива 5 приводится во вращение ось кривошипа 6. Другая ось кривошипа 6 совершает возвратно-поступательное движение. Груз 7 на кривошипе 6, совершая движение по эллиптической траектории, придает ситовому кузову 1 движение по такой же траектории. Перемещая груз 7 по кривошипу 6, можно задать любую эллиптическую траекторию движения ситовому кузову 1.

Процесс сепарирования состоит из трех одновременно протекающих процессов: самосортирование, просеивание и засорение отверстий сит.

При самосортировании тяжелые и мелкие фракции зерновой смеси осаждаются в нижние слои, достигают ситовой поверхности, в первую очередь просеиваются и засоряют отверстия сита. Крупные и легкие фракции оказываются в верхних слоях и достигают сита на более дальних от места загрузки зонах сита, где также просеиваются и засоряют его. Фракции достаточно больших размеров идут сходом, не засоряя отверстий сит. Если сито не очищать, то через определенный, весьма короткий промежуток времени все отверстия сита будут закрыты застрявшими частицами, и эффективность просеивания приблизится к нулю, следовательно, сепарирование необходимо рассматривать не столько как процесс просеивания, а как процесс засорения отверстий сит (рис. 10).

Если считать, что сито не засоряется, то сходом сита с отверстиями диаметром $b_1$ идет вся смесь, которая больше по ширине размера $b_1$. Засоряет сито фракция смеси примесей и зерна между размерами частиц от $b_1$ до $b_2$.

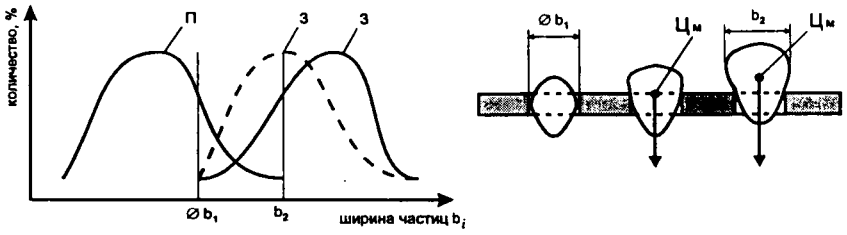



Рис. 10. Механизм засорения сит:
з – зерно; п – примеси; Цм – центр масс

Причем, если кривая распределения размеров зерна по ширине имеет форму, показанную сплошной линией, то засорителей отверстий сит с диаметром $b_1$ значительно меньше, чем в случае, когда кривая распределения ширины зерна имеет форму, показанную на рис. 10 пунктиром.

Для технолога важно знать, что, если из очищенной смеси предварительно удалить фракцию с размерами частиц от $b_1$ до $b_2$, то оставшуюся смесь можно разделить на сите с отверстиями диаметром $b_1$ без его механической очистки.

Эти рассуждения справедливы и для ситового разделения смеси зерна и примесей по толщине зерна.

Технологическую эффективность работы сепаратора $E_c$ (%) можно определить по формуле:

$$E_c = \frac{A - B}{A} E_o ;$$

где $E_o$ - эффективность очистки сита, %;

A, B – соответственно, количество отделимых примесей в исходной смеси и в зерне после очистки в единицах массы или процентах.

Различные ситовые сепараторы конструктивно разработаны для выполнения отдельных операций. Это удаление наиболее крупных нехарактерных для зерна примесей, выделение мелкой фракции зерна, очистка зерна от сорной и зерновой примесей, разделение на фракции.

На рис. 11 изображены наиболее часто встречающиеся технологические схемы сепараторов разного назначения.

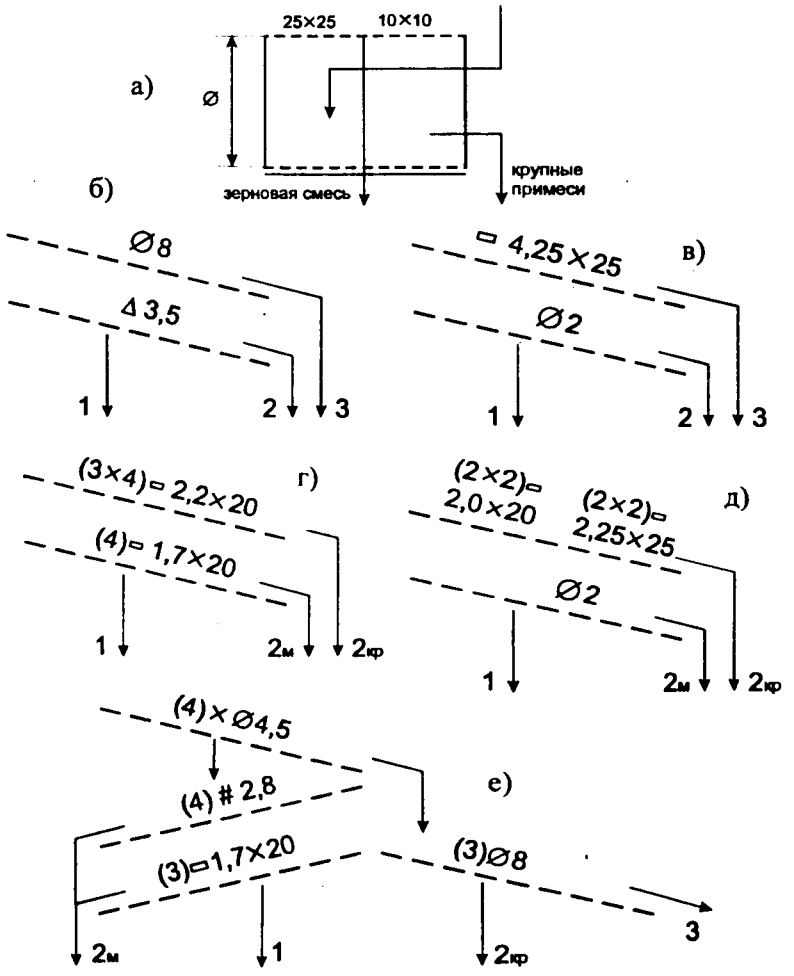



Рис.11. Технологические схемы сепараторов:
а – скальператор; б – А1-БИС-100, А1-БЛС-100, А1-БЛС-150;
в – А1-БИС-12, А1-БЛС-12, А1-БЛС-16; г – А1-БСШ; д - А1-БСФ-50;
е – А1-3СШ-20; 1 – проход подсевного сита (мелкие примеси);
2 – очищенное зерно; 2м, 2кр – мелкая и крупная фракции зерна;
3 – крупные примеси

Наиболее крупные примеси обычно удаляют на скальператорах А1-БЗО. Рабочий орган скальператора - вращающийся ситовой цилиндр (рис. 11а). Зерновую смесь подают на сито с отверстиями размером 25х25 мм, где высеивается основная масса зерновой смеси. Оставшееся зерно и крупные примеси попадают на участок цилиндрического сита с отверстиями размером 10х10 мм, сходом с которого выводятся крупные примеси. Проход указанных сит объединяется и подается на следующую сепарирующую машину.

Технологические схемы б, в и г на рис. 11 повторяют друг друга и различаются тем, что в схеме «б» разделение смеси производят по ширине и форме, в схеме «в» - по толщине и ширине, а в схеме «г» - по толщине. Схему «д» отличает то, что смесь проходит последовательно два сита с отверстиями 2х25 и 2,25х25, проход которых просеивается на сите с отверстиями диаметром 2 мм. Схема «е» сепаратора А1-ЗСШ-20 кроме очистки зерна предусматривает его фракционирование.

Приведенные технологические схемы сепараторов далеко не исчерпывают их разнообразие, т.к. показаны схемы только тех сепараторов, которые наиболее часто употребляются в технологии производства муки из пшеницы и ржи.

В табл. 3.2 приведены технические характеристики сепараторов для очистки и фракционирования зерна.

Сепараторы А1-БИС-100, А1-БЛС-100 и А1-БЛС-150 применяют для предварительной очистки зерна в элеваторе от крупных, мелких и легких примесей.

Сепараторы А1-БИС-12, А1-БЛС-12, А1-БЛС-16 и А1-ЗСШ-20 применяют для очистки зерна от крупных, мелких и легких примесей в зерноочистительном отделении мельзавода, причем сепаратор А1-ЗСШ-20 мелкие примеси не отделяет.

Сепараторы А1-БСФ-50 и А1-БСШ применяют для удаления из зерновой смеси мелких примесей и мелкого зерна. Выделение фракции мелкого зерна проводят с целью повышения выхода и качества муки, а мелкое зерно используют в кормовых целях. В соответствии с нормами необходимо отделять не менее 30% мелкой фракции, содержащейся в исходном зерне. Сепараторы А1-БСФ-50 и А1-БСШ обычно устанавливают в рабочей башне элеватора.

Разумеется, те сита, которые поставлены в технологических схемах сепараторов (рис. 11) не являются оптимальными для всего многообразия ситуаций, с которыми встречается технолог в реальной производственной обстановке. Для улучшения качества очистки зерна технолог может использовать сита с другими параметрами отверстий.

Таблица 3.2

Технические характеристики сепараторов

| Технические характеристики | Ед. изм. | Марка сепаратора (двухярусные) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | А1-БИС-12 | А1-БИС-100 | А1-БЛС-12 | А1-БЛС-16 | А1-БЛС-100 | А1-БЛС-150 |
| Производительность | т/ч | 12 | 100 | 12 | 16 | 100 | 150 |
| Число параллельно работающих секций | шт. | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Число ситовых рам в секции | шт. | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| Всего площадь ситовых рам | $м^2$ | 4 | 6 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| Общая ширина приемных сит | м | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Угол наклона сит: сортировочных/ подсевных | град | 7/8 | 7/8 | 7/8 | 7/8 | 7/8 | 7/8 |
| Размер ситовой рамы | м | 1,0x1,0 | 1,0x0.75 | 1,0x0.75 | 1,0x 1,0 | 1,0x0,75 | 1,5x0,75 |
| Частота колебаний | об/ мин | 325 | 360 | 325 | 325 | 375 | 340 |
| Радиус колебаний | мм | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 11 |
| Расход воздуха | $м^3$/ мин | 100 | 142 | 67 | 137 | 142 | 210 |
| Эффективность очистки | % | 80 | 20 | 80 | 75 | 20 | 20 |
| Очистители сит | | Резиновые шарики ∅ 35 мм | | | | | |
| Масса сепаратора | кг | 1450 | 1650 | 910 | 1600 | 1820 | 2140 |
| Габариты: | мм | | | | | | |
| длина | | 1950 | 2550 | 2590 | 2085 | 2590 | 2630 |
| ширина | | 2525 | 2525 | 1360 | 2510 | 2510 | 3590 |
| высота | | 1510 | 1510 | 2075 | 2075 | 2150 | 2260 |
| Установленная мощность | кВт | 1,38 | 1,38 | 1,79 | 2,48 | 2,88 | 2,92 |
| Особенности комплектации | | Снабжены пневмосепарирующими устройствами | | | | | |

Продолжение табл. 3.2

| Технические характеристики | Ед. изм. | Марка сепаратора (пакетные) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | А1-БСФ-50 | А1-БСШ | А1-ЗСШ-20 |
| Производительность | т/ч | 50 | 50 | 20 |
| Число параллельно работающих секций | шт. | 4 | 4 | 4 |
| Число ситовых рам в секции | шт. | 10 | 16 | 14 |
| Всего площадь ситовых рам | $м^2$ | 23 | 31 | 17 |
| Общая ширина приемных сит | м | 5,6 | 6,0 | 6,4 |
| Угол наклона сит: сортировочных/подсевных | град | 0 | 0 | 0 |
| Размер ситовой рамы | м | 0,83х0,83/ 0,73х0,785 | 0,94х0,53 | 0,40х0,80 |
| Частота колебаний | об/ мин | 250 | 245 | 210 |
| Радиус колебаний | мм | 32 | 35...40 | 35 |
| Расход воздуха | $м^3$/ мин | 10...12 | 10...12 | 25 |
| Эффективность очистки | % | 30...40 | 60...65 | 70 |
| Очистители сит | | Треугольные шайбы с опорной заклепкой в центре | | |
| Масса сепаратора | кг | 2850 | 2950 | 2100 |
| Габариты: | мм | | | |
| длина | | 2800 | 2800 | 2560 |
| ширина | | 2200 | 1700 | 1390 |
| высота | | 2150 | 2450 | 2380 |
| Установленная мощность | кВт | 5,5 | 5,5 | 5,2 |

В табл. 3.3 приведены сведения о ситах, применяемых при очистке зерна от примесей и фракционировании.

Таблица 3.3

Сведения о штампованных ситах

| Круглые | | Продолговатые | | Треугольные | |
|---|---|---|---|---|---|
| номер полотна | диаметр отверстий, мм | номер полотна | ширина отверстия, мм | номер полотна | размер стороны отверстия, мм |
| 15 | 1,5 | 10 | 1,0x10 | 25 | 25 |
| 16 | 1,6 | 11 | 1,1x12 | 30 | 30 |
| 17 | 1,7 | 12 | 1,2x12 | 35 | 35 |
| 18 | 1,8 | 13 | 1,3x12 | 40 | 40 |
| 19 | 1,9 | 14 | 1,4x12 | 45 | 45 |
| 20 | 2,0 | 15 | 1,5x12 | 50 | 50 |
| 21 | 2,1 | 16 | 1,6x12 | 55 | 55 |
| 22 | 2,2 | 17 | 1,7x16 | 60 | 60 |
| 23 | 2,3 | 18 | 1,8x16 | 70 | 70 |
| 24 | 2,4 | 19 | 1,9x16 | 80 | 80 |
| 25 | 2,5 | 20 | 2,0x16 | | |
| 26 | 2,6 | 21 | 2,1x16 | | |
| 27 | 2,7 | 22 | 2,2x16 | | |
| 28 | 2,8 | 23 | 2,3x16 | | |
| 29 | 2,9 | 24 | 2,4x20 | | |
| 30 | 3,0 | 25 | 2,5x20 | | |
| 31 | 3,1 | 26 | 2,6x20 | | |
| 32 | 3,2 | 27 | 2,7x20 | | |
| 33 | 3,3 | 28 | 2,8x20 | | |
| 34 | 3,4 | 29 | 2,9x20 | | |
| 35 | 3,5 | 30 | 3,0x20 | | |
| 36 | 3,6 | 31 | 3,1x20 | | |
| 37 | 3,7 | 32 | 3,2x25 | | |
| 38 | 3,8 | 34 | 3,4x25 | | |
| 39 | 3,9 | 35 | 3,5x25 | | |
| 40 | 4,0 | 36 | 3,6x25 | | |
| 41 | 4,1 | 37 | 3,7x25 | | |
| 42 | 4,2 | 38 | 3,8x25 | | |
| 43 | 4,3 | 39 | 3,9x25 | | |
| 44 | 4,4 | 40 | 4,0x25 | | |
| 45 | 4,5 | 41 | 4,1x25 | | |
| 46 | 4,6 | 42 | 4,2x25 | | |
| 47 | 4,7 | 45 | 4,5x32 | | |
| 48 | 4,8 | 48 | 4,8x32 | | |
| 50 | 5,0 | 50 | 5,0x32 | | |
| 52 | 5,2 | 52 | 5,2x32 | | |
| 55 | 5,5 | 55 | 5,5x32 | | |
| 60 | 6,0 | 60 | 6,0x32 | | |

Продолжение табл. 3.3

| Круглые | | Продолговатые | |
|---|---|---|---|
| номер полотна | диаметр отверстий, мм | номер полотна | ширина отверстия, мм |
| 62 | 6,2 | 63 | 6,3x40 |
| 63 | 6,3 | 65 | 6,5x40 |
| 65 | 6,5 | 70 | 7,0x40 |
| 67 | 6,7 | | |
| 70 | 7,0 | | |
| 75 | 7,5 | | |
| 80 | 8,0 | | |
| 85 | 8,5 | | |
| 90 | 9,0 | | |
| 95 | 9,5 | | |
| 100 | 10,0 | | |

## 3.2. Пневмосепарирование

Рабочим органом сепараторов, разделяющих зерновую смесь по аэродинамическим свойствам, является воздух, а основным параметром разделения смеси - скорость витания частиц смеси в воздушном потоке.

В основу расчетов пневмосепараторов заложена формула, определяющая силу «F», с которой воздушный поток воздействует на частицу:

$$F = k\gamma\frac{F_м V_{отн}^2}{2g};$$

где k - коэффициент аэродинамического сопротивления частицы;

$\gamma$ - плотность воздуха, $\gamma_{t=4^\circ C} = 1{,}0\cdot10^3$ кг/м$^3$; $\gamma_{t=20^\circ C} = 0{,}998\cdot10^3$ кг/м$^3$;

$F_м$ - площадь миделева сечения;

$V_{отн}$ - скорость частицы относительно воздушного потока.

Площадь миделева сечения - это площадь проекции частицы на плоскость, перпендикулярную направлению воздушного потока.

Естественно, что если форма частиц смеси отличается от шарообразной, то площадь миделева сечения - величина переменная. Для пшеницы и ржи наибольшая площадь сечения может отличаться от наименьшей в 6 раз, а для овсюга - более чем в 10 раз. Это означает, что сила воздействия воздушного потока на зерновку также будет ко-

лебаться в этих же пределах. Это обстоятельство несомненно снижает эффективность разделения смеси в пневмосепараторах.

В то же время, если создать условия, в которых частицы смеси будут ориентироваться в воздушном потоке в определенном положении, т.е. стабилизировать площадь миделева сечения, можно увеличить эффективность пневмосепарирования. Эта идея впервые реализована в конструкции пневмосепараторов А1-БПС и ПС-10, разработанных под руководством проф. В.Л.Злочевского. Принцип работы этого пневмосепаратора показан на рис. 12.

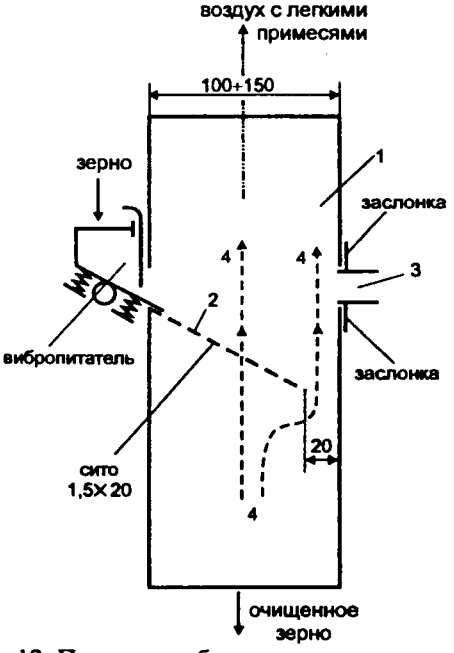



Рис. 12. Принцип работы пневмосепаратора:
1 – пневмоканал; 2 – питающий лоток; 3 – отверстие; 4 – воздух

Смесь поступает в пневмоканал 1 на питающий лоток 2 из штампованного сита. Основной поток воздуха огибает питающий лоток со смесью и проходит через него. Одновременно через отверстие 3 в пневмоканал 1 подсасывается поток воздуха 4. В зоне разделения смеси эти потоки создают момент сил, закручивающий частицы относительно их длинной оси. Этим увеличивается и стабилизируется средняя

площадь миделева сечения более длинных частиц смеси, которые вместе с легкими частицами смеси уносятся в осадочную камеру. Тяжелые частицы смеси, преодолевая силу воздействия воздушного потока, падают вниз и выводятся из пневмоканала.

Таким образом, можно утверждать, что пневмоканал конструкции проф. В.Л.Злочевского разделяет смесь не только по скорости витания, но и по длине частиц смеси.

Следует отметить, что все конструкции пневмосепараторов очень чувствительны к изменению основных факторов, влияющих на эффективность сепарирования. К этим факторам следует отнести среднюю скорость воздушного потока и равномерность распределения его скорости в пневмоканале, удельную нагрузку на единицу ширины пневмоканала.

Кроме упомянутого пневмосепаратора А1-БПС на мельзаводах страны применяют разные по конструкции пневмосепараторы: Р3-БАБ, Р3-БСД и А1-БВЗ-10. Их технологические схемы приведены на рис. 13.

Пневмосепаратор Р3-БАБ обычно используют как приставку к сепараторам А1-БЛС, А1-БИС различной производительности. Он представляет собой обычный пневмоканал с регулировкой сечения по высоте. Для равномерной подачи зерна Р3-БАБ снабжен вибролотковым питателем.

Конструктивная особенность пневмосепаратора Р3-БСД состоит в том, что он снабжен кольцевым пневмосепарирующим каналом, и процесс отделения легких примесей происходит в два этапа, что позволяет увеличить эффективность очистки. Зерно I с воздухом I поступает в патрубок 1 и направляется в воронку 2, где отводится значительная часть воздуха. Зерно падает на распределительный конус 3 и поступает в питающий кольцевой канал 4 и затем в кольцевой пневмосепарирующий канал 5. Очищенное зерно II выводится через осадочную камеру 6, тяжелые относы попадают в осадочный конус 7, а легкие примеси III выводятся вместе с воздухом.

Пневмосепаратор А1-БВЗ-10 состоит из приемного устройства с рассекателями 1 и грузовым клапаном 2 для обеспечения равномерной подачи зерна в аспирационную колонку, где зерно по скатам 3 опускается к выпускному устройству 4. При переходе зерна с одного ската на другой зерно продувается воздухом и легкие примеси уносятся в осадочную камеру.

В табл. 3.4 указаны основные показатели пневмосепараторов.

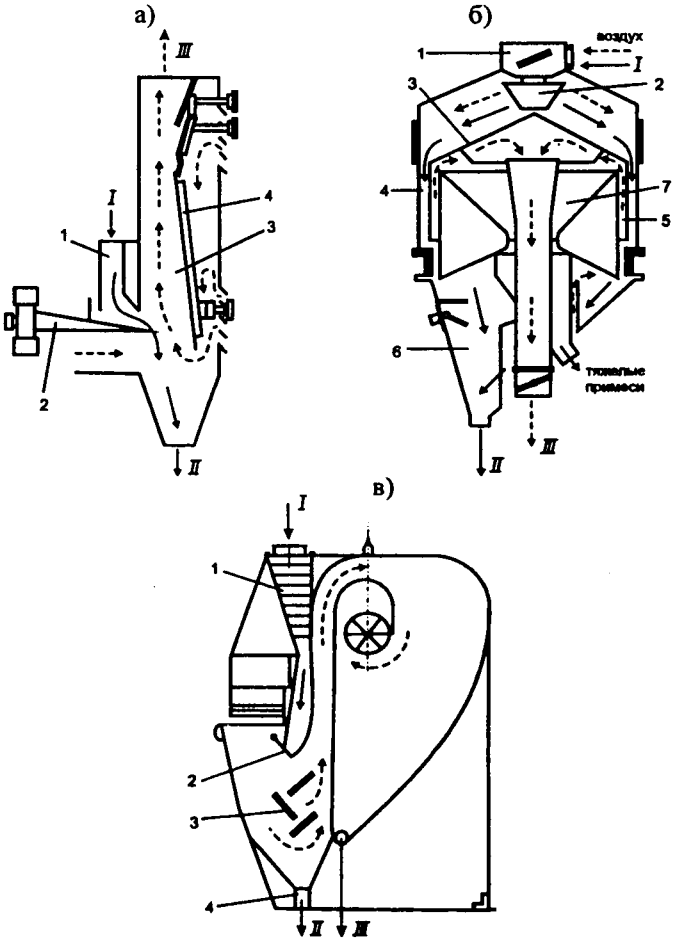



Рис. 13. Пневмосепараторы:

а – РЗ-БАБ; 1 – приемная камера; 2 – вибролотковый питатель; 3 – пневмосепарирующий канал; 4 – подвижная стенка; б – РЗ-БСД; 1 – входной патрубок; 2 – воронка; 3 – распределительный конус; 4 – питающий кольцевой канал; 5 – пневмосепарирующий канал; 6 – осадочная камера; 7 – осадочная камера; в – А1-БВЗ-10; 1 – приемное устройство; 2 – грузовой клапан; 3 – скаты; 4 – выпускное устройство; I – исходное зерно; II – очищенное зерно; III – легкие примеси

Таблица 3.4

Основные характеристики пневмосепараторов
Р3-БСД, Р3-БАБ, А1-БВЗ

| Характеристики | Р3-БСД | Р3-БАБ | А1-БВЗ |
|---|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 7 | 10,5 | 10 |
| Эффективность очистки, % | 50...60 | 65...75 | 50...60 |
| Расход воздуха, $м^3/ч$ | 3250 | 4800 | 5000...6000 |
| Габариты, мм | | | |
| длина | 1174 | 1130 | 1860 |
| ширина | 1174 | 950 | 1550 |
| высота | 2182 | 1450 | 1962 |

### 3.3. Разделение зерновой смеси по длине

Если примеси не отличаются от основного зерна толщиной и шириной, разделение такой смеси на ситовых и пневмосепараторах малоэффективно. К таким примесям относят: короткие примеси - куколь, битое зерно, татарскую гречишку; длинные примеси - овсюг, овес. Для выделения примесей, отличающихся от зерен основной культуры длиной, применяются триеры. По конструктивному исполнению триеры делят на две группы: дисковые и цилиндрические. На зерноперерабатывающих предприятиях используются в основном дисковые триеры, которые имеют большую производительность по сравнению с цилиндрическими.

Принцип работы триера показан на рис. 14.




Рис. 14. Принцип работы триера

Если центр тяжести длинной частицы находится за триерной поверхностью, то такая частица при выходе триерной поверхности из

зерновой массы выпадает из ячейки, а короткая частица остается в ячейке и выгружается в специальный лоток.

Характеристика триерной поверхности. Поверхности цилиндрических триеров выполняют стальными штампованными, дисковых - литыми из серого чугуна с присадками для повышения износостойкости. Рабочим размером ячейки дискового триера является ее длина *l* (рис. 15).

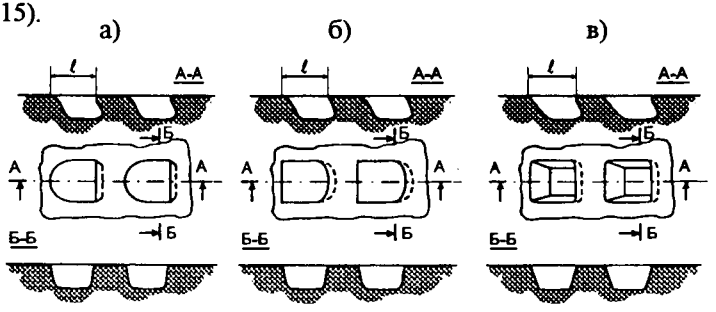



Рис. 15. Триерная поверхность:
а – форма I; б – форма II; в – форма III

Наиболее распространены две формы ячеек: с полукруглым дном (форма I и II) и с плоским дном (форма III). Наружный диаметр дисков триеров 630 мм, внутренний - меньше наружного в 1,65 раза, шаг дисков определяет производительность триера. Размеры ячеек на триерной поверхности определяют технологическое назначение машины: триеры-куколеотборники (для выделения коротких фракций) и триеры-овсюгоотборники (для выделения длинных фракций). В табл. 3.5 приведены характеристики триерных дисков.

Таблица 3.5

Характеристика триерных дисков

| Показатели | Профиль ячеек | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I-4 | I-5 | II-4,5 | II-5 | III-8 | III-9 |
| Размеры ячеек, *l*, мм | 4 | 5 | 4,5 | 5 | 8 | 9 |
| Толщина диска, мм | 8 | 8 | 9 | 9,5 | 11 | 12,5 |
| Число ячеек на одной стороне диска | 5444 | 4103 | 4176 | 4064 | 1820 | 1641 |

В триерах-куколеотборниках рекомендуется устанавливать диски с размерами ячеек (*l*, b) 4,5...5,0 мм в основных и 4,0 мм в контроль-

ных, в триерах-овсюгоотборниках - 7,0...9,0 мм в основных и 9,0 мм в контрольных.

Технологические схемы дисковых триеров. На рис. 16 приведены технологические схемы триера-куколеотборника А9-УТК-6 (а) и триера-овсюгоотборника А9-УТО-6 (б).

Исходное зерно 1 поступает в приемный патрубок 2 и затем в корпус 3. Длинная фракция выпадает из ячеек диска 4 при выходе из зерновой массы в лоток 5. Для куколеотборника (рис. 16а) - это очищенное зерно 6, для овсюгоотборника (рис. 16б) - длинные примеси 7. Короткая фракция поднимается в ячейках диска 4 вверх, где выгружается в лоток 8 и выводится из машины. Для куколеотборника (рис.16а) - это короткие примеси 7, а для овсюгоотборника (рис. 16б) - очищенное зерно 6. Минеральные примеси 9 выгружают при прекращении подачи зерна в триер по мере их накопления.

Дисковые триеры можно устанавливать в производственных помещениях как отдельно, так и оба в одном блоке. Причем триер-овсюгоотборник располагают внизу, непосредственно на перекрытии, а триер-куколеотборник - над ним на специальной раме.

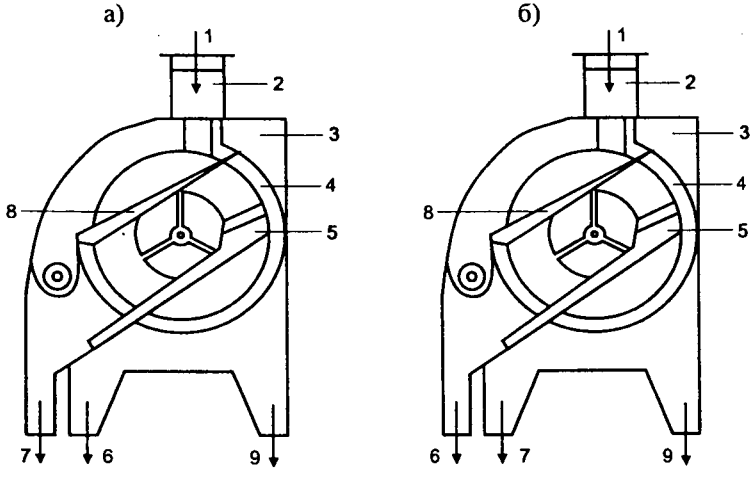



Рис. 16. Технологические схемы триеров:
а – А9-УТК-6; б – А9-УТО-6;
1 – исходное зерно; 2 – приемный патрубок; 3 – корпус;
4 – диск с ячейками; 5 – лоток; 6 – очищенное зерно;
7 – примеси; 8 – лоток; 9 – минеральные примеси

Эффективность работы триера зависит от частоты вращения дисков, от формы и размеров ячеек, от положения лотков, отводящих фракции разделенной зерновой смеси, от количества и состава примесей в зерновой массе и т.п.

Кинематический режим дискового триера определяется показателем К:

$$K=\omega^2 R/g;$$

где $\omega$ - угловая скорость дискового ротора;

R - радиус диска по внешним ячейкам.

Обычно частоту вращения дискового ротора n принимают равной 55 об/мин.

В табл. 3.6 приведены оптимальные значения показателей К и частоты вращения дискового ротора n для различных культур.

Таблица 3.6

Оптимальные значения показателя кинематического режима К и частоты вращения дискового ротора n при диаметре диска 630 мм

| Культура, вид очистки | К | n, об/мин |
|---|---|---|
| Пшеница, от коротких примесей | 0.86...0.92 | 50...52 |
| Пшеница, от длинных примесей | 1.20...1.40 | 60...62 |
| Ячмень, от коротких примесей | 1,30...1,70 | 62...70 |
| Гречиха, от длинных примесей | 0,31...0,41 | 30...35 |
| Просо, от длинных примесей | 1,20...1,40 | 60...62 |
| Рис, от коротких примесей | 0,51...0,61 | 40...45 |
| Разделение продуктов шелушения овса | 0,41...0,51 | 35...40 |

В табл.3.7 приведены рекомендуемые удельные нагрузки при очистке зерна на триерах.

Допускается увеличивать нагрузку на дисковые триеры в 1,4...1,9 раза, причем меньшие значения применимы для триеров-куколеотборников, большие - для триеров-овсюгоотборников.

Таблица 3.7

Рекомендуемые удельные нагрузки на триеры при очистке зерна

| Операция | q, кг/(м$^2$·ч) |
|---|---|
| Очистка пшеницы от примесей: | |
| коротких | 800...900 |
| длинных | 650...700 |

Технологическую эффективность работы триеров определяют по производительности, снижению засоренности зерна и содержанию основного зерна в отходах.

Снижение засоренности зерна Е определяют по формуле:

$$E = \frac{A - B}{A} 100, \%;$$

где А - содержание отделимой примеси в исходной смеси, кг;

В - содержание отделимой примеси в зерне после очистки, кг.

Эффективность триерной очистки регламентируется следующим образом:

при однократном пропуске пшеницы - выделение не менее 75% содержащихся в зерне примесей, отличающихся длиной (куколь, овсюг, овес и др.);

при однократном пропуске продуктов шелушения овса - выделение не менее 85% шелушенных зерен.

При этом количество полноценных зерен в отходах триеров-овсюгоотборников не должно быть больше 5% от массы отходов, в отходах триеров-куколеотборников - 2%.

Необходимо учитывать, что эффективность работы триера зависит от износа дисков.

В триер нельзя подавать зерно повышенной влажности.

При снижении эффективности работы машины необходимо очистить ячеистую поверхность дисков и проверить степень износа их рабочей поверхности.

В табл. 3.8 приведены технические характеристики триеров А9-УТК-6 и А9-УТО-6.

Таблица 3.8

Технические характеристики триеров

| Показатели | А9-УТК-6 | А9-УТО-6 |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 6 | 6 |
| Эффективность, % | 80...90 | 80...85 |
| Частота вращения ротора, об/мин | 50 | 55 |
| Габариты, мм: | | |
| длина | 2425 | 2000 |
| ширина | 960 | 960 |
| высота | 1500 | 1065 |

### 3.4. Вибросепарирование зерновой смеси

Имеется ряд примесей, которые могут быть выделены из зерновой смеси по комплексу характеризующих их параметров. Так, например, минеральные примеси могут иметь одинаковые линейные размеры и скорость витания по сравнению с основным зерном, но отличаться от зерна по плотности и коэффициенту трения о ситовую или другую поверхность. Для усиления этих различий необходимо использовать псевдоожижение зерновой смеси с помощью вибрации и воздушного потока.

Разделение компонентов зерновой смеси на вибрирующей ситовой поверхности с помощью восходящего потока воздуха реализуется в камнеотделительных машинах и концентраторах.

Следует помнить, что наличие минеральной примеси в зерне, поступающем в размольное отделение мукомольного завода, может вызвать ощущение хруста при разжевывании готовой продукции, что не допускается Правилами.

Хотя в камнеотделительных машинах одним из рабочих органов является сито, процесс отделения минеральных примесей осуществляется без просеивания. Основные регулируемые параметры камнеотделительной машины - равномерность подачи зерновой смеси, расход воздуха, угол наклона деки и амплитуда ее колебаний.

На рис. 17 изображена схема разделения зерна и минеральных примесей.

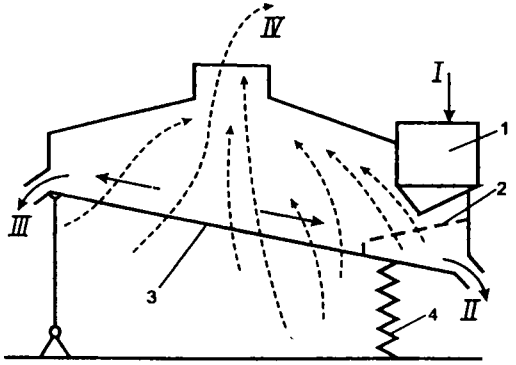



Рис. 17. Схема разделения зерна и минеральных примесей:
1 – приемное устройство; 2 – распределитель; 3 – ситовая дека;
4 – пружина; I – исходное зерно; II – очищенное зерно;
III – минеральные примеси; IV - воздух

Зерно из приемного устройства 1 при помощи распределителя 2 поступает на ситовую деку 3, расположенную под уклоном 5...10 градусов. Верхняя часть деки совершает только возвратно-поступательное движение, а нижняя часть из-за наличия пружин 4 совершает также вертикальные колебания. При попадании на деку 3 зерновая смесь при помощи вибраций и восходящего потока воздуха псевдоожижается, при этом минеральные примеси осаждаются на ситовую поверхность, а зерно приобретает текучесть и выводится в нижней части деки 3. Минеральные примеси из-за высокого коэффициента трения о ситовую поверхность и направленных колебаний верхней части деки поднимаются по ней и выводятся в ее верхней части. Если прекратить подачу воздуха, то желаемого псевдоожижения смеси не происходит, и большая часть зерна вместе с минеральными примесями выйдет из камнеотделительной машины в верхней части деки.

Воздушный режим во время работы камнеотделительной машины должен быть строго постоянным, поэтому в аспирационную сеть, обслуживающую эту машину, не рекомендуется включать другое оборудование с переменным режимом отсоса воздуха.

Очистка считается эффективной, если после камнеотделительной машины в зерне не будет обнаружена минеральная примесь. На этаже, где устанавливаются камнеотделительные машины, не должны быть расположены машины, в процессе работы которых происходит выделение пара или воздуха с избыточным влагосодержанием (машины для контроля сточных вод, зерноувлажнительные и моечные машины, кондиционеры). В табл. 3.9 приведены технические характеристики камнеотделительных машин.

В технологических процессах очистки зерна на мукомольных заводах применяются концентраторы, которые обычно устанавливаются после камнеотделительных машин.

Концентраторы предназначены для выделения из зерновой смеси примесей, отличающихся от зерна по плотности. К ним относятся низконатурные компоненты зерна, овсюг и легкие примеси.

Основными рабочими органами являются сита, совершающие колебания в горизонтальной плоскости, и восходящий поток воздуха.

Ситовой корпус имеет две ситовых рамы. Первая от приема рама обычно снабжена ситом с отверстиями диаметром 2 мм, вторая - ситом с отверстиями диаметром 9 мм. В зависимости от очищаемой культуры размеры отверстий сит подбираются экспериментальным путем.

Таблица 3.9

Технические характеристики камнеотделительных машин

| Показатели | Р3-БКТ | Р3-БКТ-100 | Р3-БКТ-150 |
|---|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 6 | 6...9 | 12 |
| Эффективность очистки зерна от минеральных примесей, % | 98...99 | 98...99 | 98...99 |
| Содержание зерна в отходах, % | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Площадь ситовой поверхности, $м^2$ | 1,0 | 1,0 | 1,5 |
| Угол наклона деки, градус | 5...10 | 5...10 | 5...10 |
| Колебания деки: | | | |
| частота, $мин^{-1}$ | 960 | 960 | 960 |
| амплитуда, мм | 2...5 | 2...5 | 2...5 |
| Расход воздуха, $м^3/ч$ | 4800 | 4800 | 7200 |
| Габариты, мм: | | | |
| длина | 1700 | 1750 | 1750 |
| ширина | 1410 | 1420 | 2020 |
| высота | 1960 | 1530 | 1530 |

На рис. 18 приведена технологическая схема концентратора А1-БЗК.

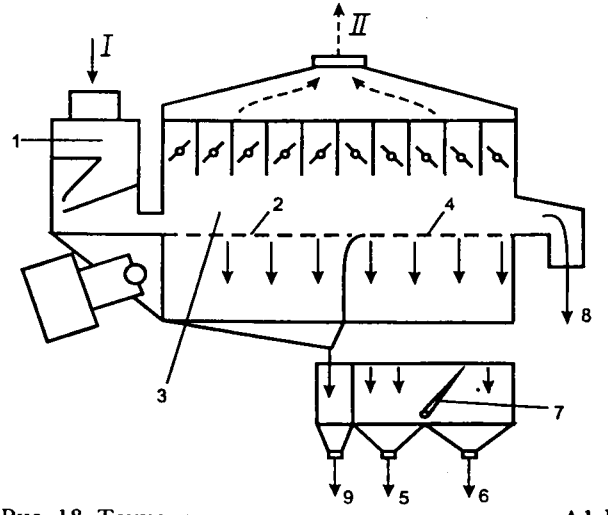



Рис. 18. Технологическая схема концентратора А1-БЗК:

1 – приемное устройство; 2 – первая ситовая рама; 3 – ситовой корпус; 4 – вторая ситовая рама; 5 – «тяжелая» фракция; 6 – «легкая» фракция; 7 – клапан; 8 – сходовая фракция; 9- подсев; I – исходное зерно; II - воздух

Зерно через приемное устройство 1 поступает на первую ситовую раму 2. Колебания ситового корпуса 3 и воздух, проходящий через сито (диаметр 2 мм) первой рамы 2, переводят зерно в псевдоожиженное состояние. При этом тяжелая фракция опускается в нижнюю часть зернового слоя, а легкая - всплывает. Через сито первой рамы 2 проходом получают песок и битые зерна. Путем установки сит во второй раме 4 с соответствующими размерами круглых отверстий можно регулировать количество «тяжелой» фракции 5 (полноценное зерно), которое практически не содержит длинных и посторонних примесей и может быть направлено непосредственно на обработку в триер-куколеотборник. Количество фракции 5 составляет 65...70%. В следующих частях слоя зерновой смеси, которая поступает на последующую ситовую поверхность второй рамы 4, концентрируются зерна, имеющие меньшую плотность по сравнению с фракцией 5, а также зерно проросшее, изъеденное и поврежденное сушкой. Эта фракция 6 в количестве 30...35% должна быть направлена в обоечную машину для интенсивной очистки поверхности зерна. Соотношение фракций 5 и 6 регулируется специальным клапаном 7. Сходовая фракция 8 содержит, в основном, овсюг, ячмень, семена сорных растений, зерна основной культуры с пустотами, изъеденные, поврежденные и другие посторонние легкие примеси.

Поскольку фракция 8 направляется в отходы, триер-овсюгоотборник в схему подготовки зерна к помолу не включают. Однако считается, что более высокий и надежный эффект выделения длинных примесей достигается в случае применения триеров-овсюгоотборников.

Важным условием высокоэффективной работы концентратора является количество отсасываемого воздуха, а также соблюдение кинематических и нагрузочных параметров.

Для равномерной загрузки перед концентратором необходимо установить бункер для зерна и расходомер-дозатор непрерывного действия. В бункере должно находиться постоянное количество зерна, контролируемое при помощи датчика уровня.

Обязательно применение концентратора на мукомольных заводах макаронного помола, где к эффективности очистки зерна от посторонних примесей и неполноценных зерен предъявляются повышенные требования.

В табл. 3.10 приведены технические характеристики концентраторов.

Таблица 3.10

Технические характеристики концентраторов

| Показатели | А1-БЗК-9 | А1-БЗК-18 |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 6,5 | 12,7 |
| Эффективность разделения пшеницы по фракциям, %: | | |
| тяжелая (5 фракция ) | 60...80 | 60...80 |
| смешанная (6 фракция) | 40...20 | 40...20 |
| отходы и щуплое зерно (8 фракция) | 0,2...0,3 | 0,2...0,3 |
| Расход воздуха, $м^3/ч$ | 3900 | 9000 |
| Аэродинамическое сопротивление, Па | 2400...6000 | 2400...6000 |
| Колебания ситового корпуса: | | |
| частота, $мин^{-1}$ | 920 | 920 |
| амплитуда, мм | 2...6 | 2...6 |
| Число ситовых рам | 2 | 4 |
| Площадь ситовых рам, $м^2$ | 1,35 | 2,70 |
| Размеры ситовых рам, мм | 988x678 | 988x678 |
| Габариты, мм: | | |
| длина | 2800 | 2800 |
| ширина | 960 | 1830 |
| высота | 2150 | 2150 |

## 3.5. Очистка поверхности зерна

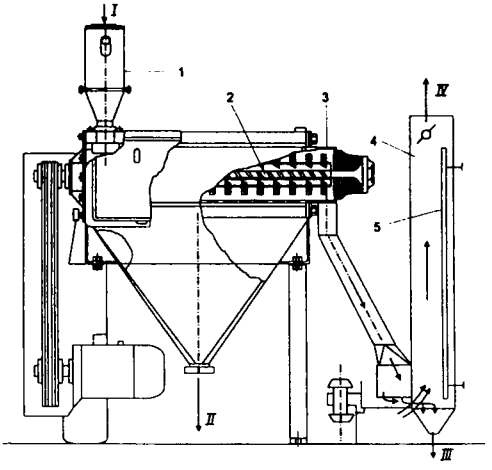
В процессе уборки, транспортирования и хранения зерна его поверхность, а особенно бороздка и бородка, загрязняется пылью, кусочками грязи, микроорганизмами. На поверхности зерна могут развиваться плесневые грибки.

Перед направлением зерна на гидротермическую обработку (ГТО) и перед направлением его в размольное отделение необходимо очистить поверхность зерна. Эта операция реализуется «сухим» способом в обоечных, щеточных машинах и в зерновых шелушителях непрерывного действия (А1-ЗШН) и «мокрым» - путем обработки зерна в моечных машинах и машинах мокрого шелушения зерна.

Обоечные машины могут быть горизонтального (РЗ-БГО-6, РЗ-БГО-8) и вертикального (РЗ-БМО-6, РЗ-БМО-12) исполнений. Перечисленные выше обоечные машины снабжены рабочим цилиндром (обечайкой), выполненным из металлотканого сита специального плетения. Внутри обечайки соосно с ней установлен вращающийся бичевой ротор. Между бичами и обечайкой устанавливается определенный зазор.

На рис. 19 изображены технологические схемы обоечных машин.

а)




б)

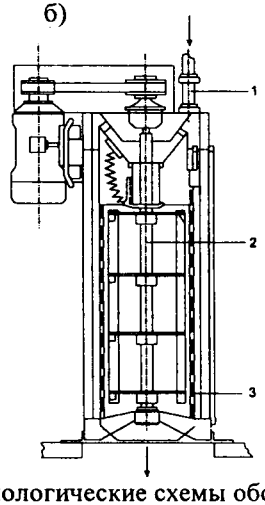



Рис. 19. Технологические схемы обоечных машин:
а - РЗ-БГО-6; б – РЗ-БМО-6; 1 – приемное устройство; 2 – бичевой ротор; 3 – сетчатый цилиндр; 4 – пневмосепарирующий канал; 5 – подвижная стенка; I – исходное зерно; II – продукты шелушения; III – легкие примеси; IV – воздух

Зерно под действием вращающегося бичевого ротора отбрасывается на ситовую поверхность обечайки. В результате удара и сил трения зерновок друг о друга и о поверхность обечайки происходит отделение пыли, надорванных оболочек и частично зародыша и бородки. Часть отделенных примесей просеивается через ситовую обечайку, а зерно с оставшимися примесями выводится из машины. Это предопределяет применение после обоечных машин аспираторов или сепараторов.

Поскольку обоечные машины являются ударно-истирающими, то для предотвращения взрыва и пожара перед ними обязательно необходимо устанавливать магнитную защиту.

В табл. 3.11 приведены технические характеристики обоечных машин.

Таблица 3.11

Технические характеристики обоечных машин

| Показатели | РЗ-БМО-6 | РЗ-БМО-12 | РЗ-БГО-6 | РЗ-БГО-8 |
|---|---|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 6 | 12 | 6...9 | 8...12 |
| Сетчатый цилиндр, мм: | | | | |
| диаметр | 650 | 650 | 300 | 300 |
| длина (высота) | 1080 | 1380 | 635 | 1500 |
| Частота вращения ротора, об/мин | 480 | 480 | 460 | 460 |
| Расход воздуха, $м^3/ч$ | 350 | 350 | 350 | 350 |
| Габариты, мм: | | | | |
| длина | 1505 | 1505 | 1430 | 2530 |
| ширина | 1075 | 1075 | 878 | 878 |
| высота | 1850 | 2100 | 1943 | 2443 |

Что касается зернового шелушителя непрерывного действия (А1-ЗШН-3), то его применяют на мукомольных заводах редко из-за высокой его энергоемкости. Широкое применение А1-ЗШН-3 находят в крупяном производстве.

Очистка поверхности зерна в моечных машинах и машинах мокрого шелушения - это часть процесса подготовки зерна к помолу, которая улучшает степень отделения эндосперма в размольном отделении.

При очистке поверхности зерна в моечной машине выделяются тяжелые и легкие примеси, щуплые зерна, вымываются микроорганизмы и плесени.

В моечной машине Ж9-БМА осуществляются следующие технологические операции:

мойка и ополаскивание зерна для очистки его поверхности от пыли и грязи, оставшейся после обработки зерна в обоечных машинах, для очистки от плесени, микроорганизмов и для удаления посторонних запахов;

выделение тяжелых минеральных и легких органических примесей;

частичное отделение бородки и плодовых оболочек;

механическое обезвоживание зерна путем центрифугирования его в отжимной колонке;

аэромеханическое обезвоживание потоком атмосферного воздуха.

На рис. 20 изображена схема моечной машины.

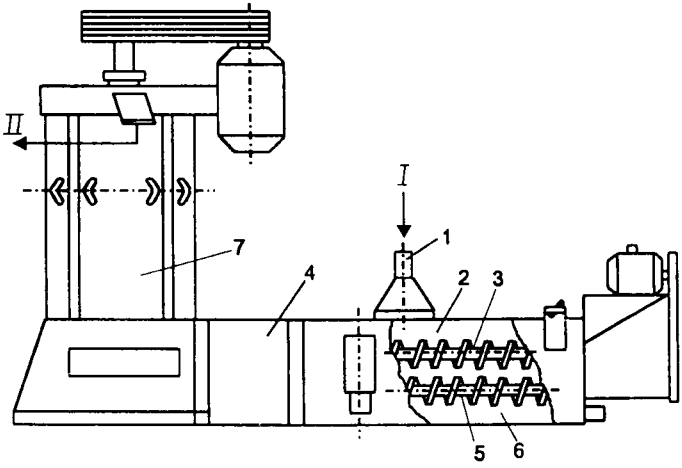



Рис. 20. Схема моечной машины:

1 – приемное устройство; 2 – моечная ванна; 3 – верхние шнеки; 4 – сплавная камера; 5 – нижние шнеки; 6 – осадочная камера; 7 – отжимная колонка; I – исходное зерно; II - очищенное зерно

Зерно поступает в приемное устройство 1, выполненное с возможностью перемещения вдоль моечной ванны 2, что определяет время пребывания зерна в воде. В моечной ванне 2 расположено четыре шнека: два верхних (3) - для перемещения зерна в сплавную камеру 4, два нижних (5) - для удаления минеральных примесей. Верхние 3 и нижние 5 шнеки перемещают зерно и минеральные примеси в противоположные стороны. Минеральные примеси накапливаются в осадочной камере 6, откуда удаляются. Легкие примеси, находящиеся в зерне

в сплавной камере 4, поднимаются на поверхность воды и удаляются при помощи смывного устройства. Зерно из сплавной камеры 4 вместе с водой направляют в отжимную колонку 7. Отжимная колонка 7 состоит из кожуха, внутри которого расположена обечайка из перфорированного сита. Внутри обечайки вращается барабан с гонками, который поднимает зерно вверх. Зерно с водой отбрасывается на обечайку, где вода отделяется от зерна и стекает вниз. Зерно выводится из моечной машины в верхней части отжимной колонки.

Недостатки моечной машины:

сложность конструкции;

большой расход воды и обязательное наличие канализации для сточных моечных вод;

сложность обслуживания;

дополнительные капитальные затраты на установку машины в водонепроницаемом ограждении в изолированном от других машин помещении;

чрезмерное увлажнение зерна.

Для мокрой очистки поверхности зерна и его увлажнения целесообразнее использовать машины мокрого шелушения А1-БМШ.

При установке А1-БМШ вместо моечной машины до нее необходимо предусматривать эффективное выделение легких и минеральных примесей на камнеотделительных машинах и аспираторах. А1-БМШ по конструкции сходна с отжимной колонкой моечной машины.

На рис. 21 схематично изображена машина мокрого шелушения А1-БМШ.

Отличие конструкции А1-БМШ от отжимной колонки заключается в том, что нижняя часть бичевого ротора вращается в кольцевом цилиндрическом канале, который является моечной зоной. Для удаления оболочек в верхней части машины для мокрого шелушения предусмотрено смывающее устройство, которое состоит из трубчатого колеса с отверстиями для воды.

Машина работает следующим образом. Зерно и вода одновременно подаются в приемный патрубок. Зерно подхватывается гонками и поднимается вверх, последовательно проходя зоны мойки, отжима и шелушения. После обработки зерно лопатками верхней части ротора выводится из машины.

Уровень воды в зоне мойки регулируется переливанием ее через край моечного цилиндра. Зерно многократно отбрасывается гонками и ударяется об обечайку из перфорированного сита.

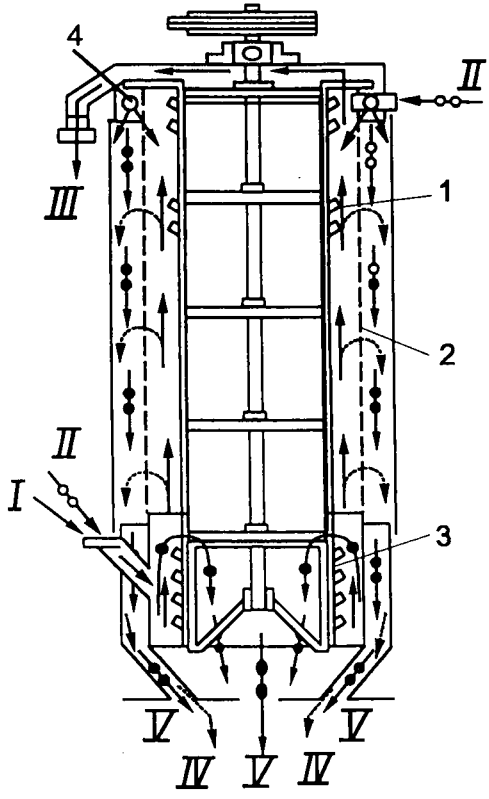



Рис. 21. Технологическая схема машины мокрого шелушения:
1 – бичевой ротор; 2 – перфорированное сито; 3 – моечная зона;
4 – смывающее устройство; I – исходное зерно; II – вода;
III – очищенное зерно; IV – отходы; V – отработавшая вода

В результате ударного действия и взаимного трения зерен происходит очистка их поверхности от пыли, загрязнений, надорванных оболочек, частиц зародыша и бородки. Во время движения зерна вверх под действием центробежных сил из него удаляется избыточная влага. Оболочечные частицы проходят через отверстия перфорированного сита и с внешней его поверхности периодически смываются водой и выводятся с основной массой отходов через кольцевой конусный канал. Отработавшая вода выпускается через центральный конус.

В табл. 3.12 представлены технические характеристики моечной машины Ж9-БМА и машины для мокрого шелушения зерна А1-БМШ.

Таблица 3.12

Технические характеристики моечной машины и машины для мокрого шелушения зерна

| Показатели | Ж9-БМА | А1-БМШ |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 12 | 5...6 |
| Расход воды, л/кг зерна | 1,0 | 0,2 |
| Снижение зольности, % | 0,024...0,039 | 0,03...0,04 |
| Степень увлажнения зерна не более, % | 3,0 | 1,6...2,0 |
| Диаметр ситового цилиндра, мм | 900 | 800 |
| Частота вращения ротора, об/мин | 400 | 440 |
| Габариты, мм: | | |
| длина | 3700 | 1900 |
| ширина | 1600 | 1400 |
| высота | 2550 | 2350 |

## 4. ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА

Гидротермическая обработка зерна (ГТО) - это комплекс операций с зерном, цель которого заключается в направленном увеличении разницы сопротивления разрушающим усилиям оболочек и эндосперма зерна. При этом на мукомольном заводе ГТО проводят так, чтобы снизить сопротивление разрушающим усилиям эндосперма и повысить эластичность и прочность оболочек. Чем больше будет получена при ГТО разница в сопротивлении размалывающим усилиям у эндосперма и оболочек, тем выше эффективность переработки зерна в муку.

Под процессом ГТО понимается воздействие на зерно воды и температуры в течение определенного времени. Задача инженера-технолога состоит в оптимальном сочетании перечисленных воздействий с тем, чтобы обеспечить максимальную технологическую и экономическую эффективность переработки зерна в муку. Для этого необходимо знать особенности взаимодействия зерна с водой во времени и в различных температурных условиях.

В первые несколько секунд зерно интенсивно поглощает влагу. Этот первоначальный захват воды осуществляется плодовыми оболочками, которые имеют большое количество пустот, пор и капилляров. В последующий промежуток времени вода перемещается в семенные оболочки, зародыш и алейроновый слой. Здесь вода прочно удерживается, что предотвращает ее потери в атмосферу. Дальнейшее переме-

щение воды направлено внутрь эндосперма. Скорость переноса влаги в эндосперм резко уменьшается. Перемещение влаги по эндосперму сопровождается образованием большого количества микротрещин, что разрыхляет эндосперм и увеличивает его размалываемость.

Биохимические процессы, протекающие в зерне при увлажнении и отволаживании, также влияют на степень разрыхления эндосперма, главным образом благодаря гидролизу биополимеров. Из-за образования микротрещин в эндосперме при ГТО исходная стекловидность резко уменьшается.

Большое влияние на процесс влагопереноса в зерне во времени оказывает температура воды. В табл. 4.1 приводятся данные об интенсивности поглощения воды при разной температуре.

Таблица 4.1

Интенсивность поглощения воды зерном при ее различной температуре (по Л.Е.Айзиковичу)

| Продолжительность пребывания зерна в воде, с | Поглощение воды при температуре, °С | |
|---|---|---|
| | 6 | 27 |
| до 10 | 4,1 | 4,5 |
| 10 | 4,1 | 5,1 |
| 20 | 4,6 | 5,6 |
| 40 | 5,4 | 6,5 |
| 60 | 5,5 | 7,3 |
| 300 | 5,7 | 8,9 |
| 600 | 6,2 | 9,9 |

Из данных табл. 4.1 видно, что с увеличением температуры воды поглощение влаги зерном увеличивается.

Большое влияние на выход и качество муки оказывает температура зерна перед его увлажнением.

В табл. 4.2 приведены данные, показывающие это влияние.

Таблица 4.2

Влияние температуры на выход (%) и зольность (%) муки при холодном способе ГТО зерна пшеницы I типа (по Г.А.Егорову)

| Мука | Температура зерна перед увлажнением, °С | | |
|---|---|---|---|
| | +20 | 0 | -20 |
| Высший сорт | 19,8/0,53 | 19,0/0,55 | 18,0/0,55 |
| Первый сорт | 33,6/0,68 | 32,6/0,68 | 34,0/0,75 |
| Второй сорт | 21,5/1,10 | 23,4/1,08 | 23,0/1,20 |
| Всего муки | 74,9/0,76 | 75,0/0,76 | 75,0/0,84 |

Из данных табл. 4.2 видно, что в холодное время перед увлажнением целесообразно нагревать зерно до комнатной температуры.

При повышении температуры вода для увлажнения до 45°С для подогретого зерна происходит уплотнение клейковины, что улучшает хлебопекарные свойства муки.

## 4.1. Увлажнительные аппараты

При проведении гидротермической обработки очень важно, чтобы при увлажнении зерна вода равномерно распределялась по отдельным зерновкам зерновой массы. Недооценка этого обстоятельства приводит к тому, что отдельные зерновки захватывают большое количество воды, а другие не увлажняются совсем. Это приводит к снижению эффективности ГТО.

Для равномерного увлажнения зерновой массы воду в нее подают в распыленном состоянии, после чего зерновую массу тщательно перемешивают. На современных заводах применяют увлажнительные аппараты А1-БУЗ и А1-БАЗ.

Увлажнительный аппарат А1-БУЗ применяют для основного увлажнения, он обеспечивает расход воды до 300 литров в час. Для дополнительного доувлажнения зерна перед первой драной системой применяют увлажнительный аппарат А1-БАЗ, расход воды которого до 50 литров в час. Увлажнительные аппараты А1-БУЗ и А1-БАЗ имеют одинаковый принцип действия и аналогичное устройство. Они отличаются системой распыления воды.

Увлажнительный аппарат А1-БУЗ имеет следующие основные узлы: индикатор наличия зерна; форсунку, соединенную с системой подачи и контроля расхода воды, и шнек-смеситель. Предусмотрено автоматическое устройство, отключающее воду в случае прекращения подачи зерна. Элементы системы, обеспечивающие подачу воды, смонтированы на панели, которая размещается в непосредственной близости от аппарата.

На рис. 22 схематично изображен аппарат для увлажнения зерна А1-БУЗ.

Зерно поступает через индикатор наличия зерна в шнек, где увлажняется водой, подающейся форсункой под давлением. Увлажненное зерно перемешивается в шнеке-смесителе и выпускается из него.

Для лучшего распыления воды в аппаратах А1-БАЗ применяют компрессоры для подачи сжатого воздуха.

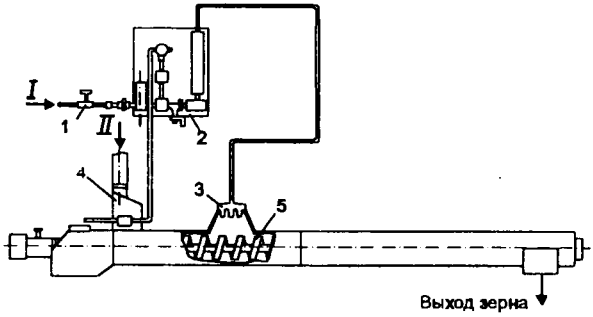



Рис. 22. Технологическая схема увлажнительного аппарата А1-БУЗ:
1 – вентиль; 2 – панель; 3 – форсунка; 4 – индикатор наличия зерна; 5 – шнек-смеситель; I – подача воды; II – исходное зерно

На рис. 23 показана зависимость степени увлажнения зерна от расхода воды.

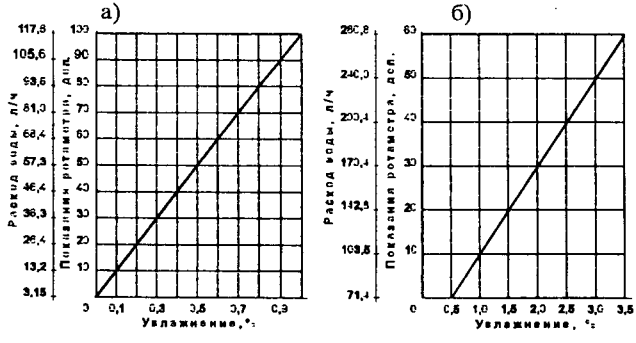



Рис. 23. Зависимость степени увлажнения зерна от расхода воды:
а – в аппарате А1-БУЗ; б – в аппарате А1-БАЗ

В табл. 4.3 приведены технические характеристики аппаратов для увлажнения зерна.

Таблица 4.3

Технические характеристики аппаратов для увлажнения зерна

| Показатели | А1-БУЗ | А1-БАЗ |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 6 | 12 |
| Вода: | | |
| давление, МПа | 0,4...0,6 | 0,05...0,07 |
| расход, л/ч | 300 | 50 |
| Давление сжатого воздуха, кПа | - | 100 |

## 4.2. Машины для интенсивного увлажнения зерна

Для интенсификации ввода влаги в зерновую массу на основном этапе увлажнения можно использовать машины для интенсивного увлажнения зерна типа А1-БШУ-2, перед первой драной системой используют машины для интенсивного увлажнения А1-БШУ-1.

Конструктивно эти машины отличаются только длиной ротора с лопатками. На рис. 24 изображена машина для интенсивного увлажнения А1-БШУ-2.

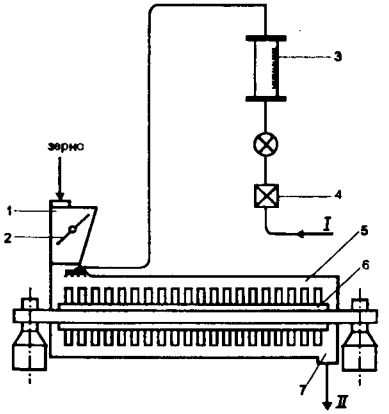



Рис. 24. Машина для интенсивного увлажнения А1-БШУ-2:
1 – приемный патрубок; 2 – заслонка индикатора наличия зерна; 3 – ротаметр; 4 – регулятор подачи воды; 5 – корпус шнека; 6 –ротор с гонками; 7 – выпускной патрубок; I – подача воды; II – выход продукта

Зерно поступает в машину через приемный патрубок индикатора наличия зерна. Подача воды осуществляется в месте поступления зерна в корпус машины. Зерно и вода подхватываются лопатками ротора и отбрасываются на внутреннюю поверхность корпуса. При большой частоте вращения ротора и медленном перемещении зерна вдоль шнека происходит равномерное смачивание зерновок.

Положительным эффектом применения машин для интенсивного увлажнения является сокращение продолжительности отволаживания на 2...3 часа по сравнению с увлажнением зерна в моечных и других увлажнительных машинах из-за обеспечения более равномерного увлажнения зерновой массы. При применении машин для интенсивного увлажнения необходимо обеспечить отбор легких и минеральных примесей до подачи зерна на увлажнение, в противном случае происходит

быстрый износ лопаток ротора и внутренней поверхности корпуса машин.

В табл. 4.4 приведены технические характеристики машин для интенсивного увлажнения зерна.

Таблица 4.4

Технические характеристики машин для интенсивного увлажнения зерна

| Показатели | А1-БШУ-2 | А1-БШУ-1 |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 6 | 12 |
| Увеличение влажности зерна, % | 4...5 | 1 |
| Расход воды, л/ч | 360 | 150 |
| Габариты, мм: | | |
| длина | 2650 | 1625 |
| ширина | 980 | 460 |
| высота | 760 | 1420 |

## 4.3. Способы ГТО

На мукомольных заводах применяют холодный и горячий (скоростной) способы ГТО.

Холодный способ ГТО. При холодном способе ГТО зерно увлажняется холодной или подогретой водой, затем зерно помещают в бункера для отволаживания. Именно при отволаживании происходит разрыхление эндосперма.

Процесс при холодном способе ГТО может включать один или два основных и один дополнительный (перед первой драной системой) этапы увлажнения и отволаживания зерна. Под основным этапом подразумевается увлажнение и длительное (в течение нескольких часов) отволаживание. При увлажнении зерна происходит захват определенного количества воды, которого в процессе отволаживания может не хватить для завершения цикла разрыхления микроструктуры эндосперма. Поэтому для зерна с исходной влажностью менее 12% рекомендуется второй этап увлажнения и отволаживания, при котором зерном захватывается новая порция воды, распространяющаяся по эндосперму зерна быстрее первой из-за наличия микротрещин, полученных при первом отволаживании.

Дополнительный этап увлажнения (на 0,03...0,05%) и отволаживания (в течение 20...40 мин) является обязательным для всех способов ГТО. Это необходимо для увлажнения подсохших при дополнительной очистке зерна его поверхностных слоев (оболочек и алейронового

слоя), благодаря чему их размалываемость резко снижается, что приводит к улучшению качества муки.

Для повышения эффективности холодного способа ГТО в зимнее время целесообразно нагревать зерно до комнатной температуры и воду для его увлажнения до температуры 20...40°С. Кроме повышения эффективности ГТО эти операции позволяют предотвратить образование конденсата в бункерах для отволаживания.

Режимы ГТО зависят в основном от исходной влажности зерна, его типа и стекловидности.

В табл. 4.5 и 4.6 приведены ориентировочные режимы увлажнения и отволаживания пшеницы, соответственно, при сортовых хлебопекарных и макаронных помолах, рекомендуемые Правилами.

Таблица 4.5

Ориентировочные режимы холодного способа ГТО пшеницы при сортовых хлебопекарных помолах

| Тип пшеницы | Стекловидность, % | Продолжительность отволаживания, ч | Рекомендуемая влажность зерна на I драной системе, % |
|---|---|---|---|
| I | менее 40 | от 4 до 8 | 14,5...15,0 |
| | от 40 до 60 | от 6 до 12 | 15,0...15,5 |
| | более 60 | от 10 до 16 | 15,5...16,0 |
| II | менее 40 | от 4 до 6 | 14,0...14,5 |
| | от 40 до 60 | от 6 до 10 | 14,5...15,0 |
| | более 60 | от 8 до 12 | 15,0...15,5 |
| III | менее 40 | от 6 до 10 | 15,0...15,5 |
| | от 40 до 60 | от 10 до 16 | 15,5...16,0 |
| | более 60 | от 16 до 24 | 16,0...16,5 |

Таблица 4.6

Ориентировочные режимы холодного способа ГТО пшеницы при помолах с выработкой муки для макаронных целей

| Тип пшеницы | Общий прирост влажности зерна, % | Основные этапы ГТО | | | | Влажность на I драной системе, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | первый | | второй | | |
| | | влажность зерна, % | продолжительность отволаживания, % | влажность зерна, % | продолжительность отволаживания, % | |
| I, IV | менее 3,0 | 15,0...15,5 | 3...5 | - | - | 15,5...16,0 |
| | 3,0 и более | 14,0...14,5 | 6...8 | 1,0...1,5 | 1...2 | 16,0...16,5 |
| II | менее 3,0 | 15,5..16,5 | 4...8 | - | - | 16,0...16,5 |
| | 3,0 и более | 14,5...15,0 | 8...12 | 1,5...2,0 | 2...4 | 16,0...17,0 |

Холодный способ ГТО ржи рекомендуется проводить при подготовке ее к сортовым помолам при исходной влажности зерна менее 14%. При этом необходимо руководствоваться ориентировочными режимами, приведенными в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Ориентировочные режимы холодного способа ГТО зерна ржи

| Исходная влажность зерна, % | Основное увлажнение зерна | | Увлажнение зерна перед I драной системой | | Влажность зерна на I драной системе, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | увлажнение, % | отволаживание, ч | увлажнение, % | отволаживание, мин | |
| до 13,5 | до 13,5...14,5 | 3...6 | 0,3...0,5 | 15...30 | 14,0...15,0 |
| более 13,5 | не проводят | не проводят | 0,4...0,7 | 20...30 | 14,0...15,0 |

При обойных помолах пшеницы и ржи проводят ГТО только холодным способом.

При холодном способе ГТО различают три варианта обработки зерна водой перед его основными этапами (рис. 25):

1) с применением моечной машины Ж9-БМА;

2) с применением машины для мокрого шелушения А1-БМШ;

3) с применением шнеков для интенсивного увлажнения зерна А1-БШУ-2.

Зерно, пройдя предварительную очистку, поступает в одну из указанных выше машин для обработки (очистки) водой, затем в увлажнительную машину А1-БУЗ первого основного этапа увлажнения и распределяется по бункерам для отволаживания. Из бункеров зерно выпускают при помощи дозаторов в сборный шнек и направляют на второй основной этап ГТО, который включает увлажнительную машину А1-БУЗ и бункера для повторного отволаживания.

После основного этапа ГТО зерно подвергается окончательной очистке, при которой влага с поверхности зерна испаряется, и оболочки частично теряют приобретенные пластические свойства, что увеличивает их размалываемость.

Поэтому после окончательной очистки зерно увлажняют в увлажнительной машине А1-БАЗ и кратковременно отволаживают перед направлением на первую драную систему.

Иногда зерно между первым и вторым основными этапами ГТО проходит промежуточную очистку от отделившихся при проведении ГТО оболочечных частиц.

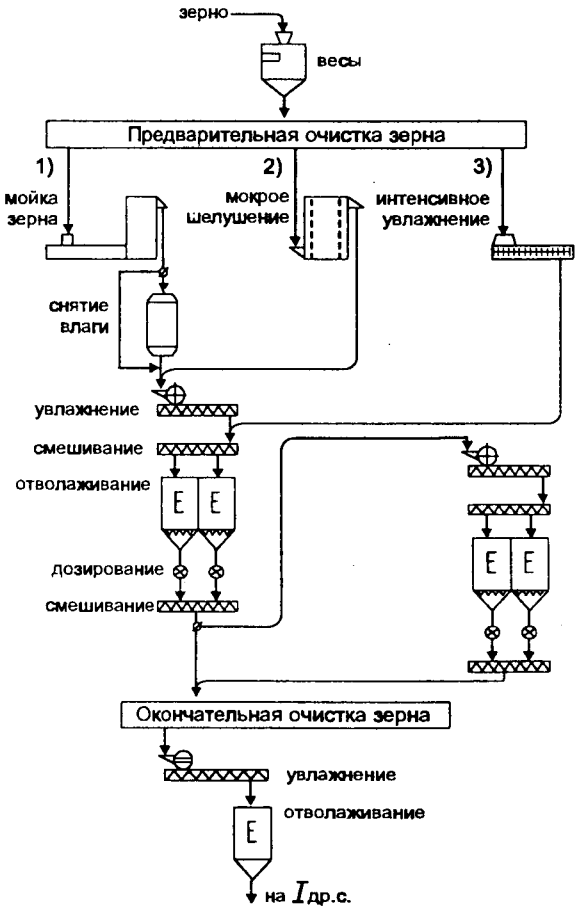



Рис. 25. Схемы холодного способа ГТО:
1 – с применением моечной машины;
2 – с применением машины для мокрого шелушения;
3 – с применением шнеков для интенсивного увлажнения зерна

Следует отметить, что при проведении ГТО с использованием для увлажнения зерна машин А1-БШУ отсутствуют сточные воды, что исключает из технологической схемы линии обработки сточных вод и моечных отходов.

Горячий (скоростной) способ ГТО. Этот способ основан на использовании в качестве влагоносителя насыщенного водяного пара для увлажнения и нагревания зерна.

Поскольку скоростной способ ГТО проводится при высокой температуре влагоносителя, процессы влагопереноса в зерне происходят значительно интенсивнее, чем при холодном способе. Это ведет к значительному сокращению объема бункеров для отволаживания и к сокращению его времени. Скоростной способ ГТО применяют только при первом основном этапе увлажнения и отволаживания. Для зерна ржи скоростной способ ГТО не применяется.

При проведении ГТО скоростным способом следует ориентироваться на параметры тепловой обработки, приведенные в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Ориентировочные параметры тепловой обработки зерна в зависимости от качества клейковины

| Качество клейковины | | Параметры процесса | |
|---|---|---|---|
| группа | единицы прибора ИДК-1 | температура нагрева зерна, °С | продолжительность темперирования, мин |
| III крепкая | от 0 до 30 | тепловая обработка не рекомендуется | |
| II крепкая | от 35 до 50 | от 40 до 45 | от 2 до 3 |
| I | от 55 до 75 | от 45 до 50 | от 3 до 6 |
| II слабая | от 80 до 100 | от 50 до 55 | от 4 до 8 |
| III слабая | 105 и более | от 55 до 60 | от 6 до 10 |

Схема скоростного способа ГТО (рис. 26) предусматривает:

обработку предварительно очищенного зерна в аппарате обработки зерна паром АСК;

выравнивание температуры зерна (темперирование) в теплоизолированном бункере;

охлаждение зерна водой в моечной машине или машине для мокрого шелушения;

при необходимости удаление излишней влаги при помощи влагоснимателя В-5 или В-10 или увлажнение;

отволаживание.

Наиболее эффективно использовать способ скоростного ГТО для зерна пшеницы с низким качеством клейковины.

Зерно в бункерах можно отволаживать двумя способами: в статическом и динамическом (непрерывном) режимах.

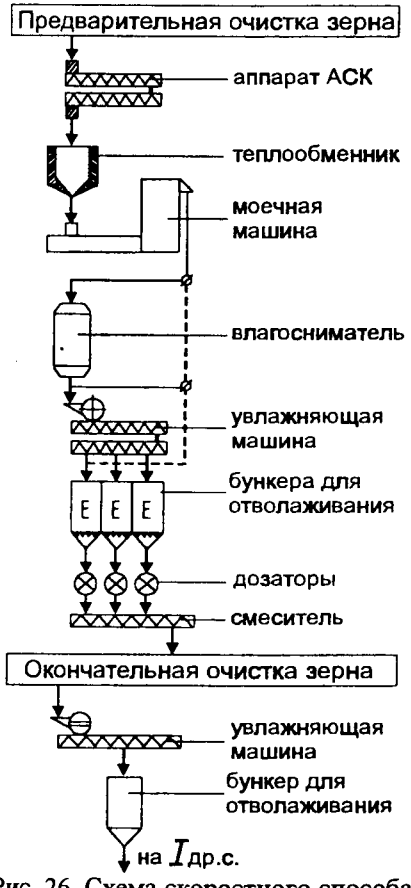



Рис. 26. Схема скоростного способа ГТО

При статическом отволаживании бункера заполняют и разгружают поочередно по графику через определенный промежуток времени. Для динамического режима предусматривается непрерывно-поточный способ заполнения и разгрузки бункеров.

Динамический режим обеспечивает лучшее использование имеющихся бункеров, повышает равномерность отволаживания зерна. Для равномерного движения зерна по всей площади поперечного сечения днища бункера предусматривается несколько выпускных отверстий.

# 5. КОНТРОЛЬ КОРМОВЫХ ЗЕРНОПРОДУКТОВ И ОБРАБОТКА МОЕЧНЫХ ОТХОДОВ

При очистке зерна и отборе из него мелкой фракции в производственном элеваторе и зерноочистительном отделении мельзавода получают кормовые зернопродукты пяти категорий и отходы.

В табл. 5.1 приведена классификация кормовых зернопродуктов.

Таблица 5.1

Классификация кормовых зернопродуктов

| Кормовые зернопродукты | Содержание зерна, % | |
|---|---|---|
| | общее | основного зерна (пшеницы или ржи) |
| I категория | 70...85 | до 20 |
| II категория | 50...70 | до 15 |
| III категория | 30...50 | до 10 |
| IV категория | 10...30 | до 5 |
| V категория | 2...10 | до 2 |

К отходам относят пыль, минеральные и вредные примеси, соломистые частицы.

В отходах содержание зерна не должно превышать 2%.

К зерну в кормовых зернопродуктах и отходах относят зерна пшеницы и других зерновых и бобовых культур, по характеру повреждений не относящихся к сорной примеси.

К основному зерну в кормовых зернопродуктах и отходах относят целые зерна пшеницы (при переработке пшеницы) или ржи (при переработке ржи), находящиеся в остатке на сите 2а-17х20 или 2а-14х20 соответственно и не отнесенные к зерновой и сорной примесям.

Если содержание основного зерна в кормовых зернопродуктах или отходах превышают допустимые нормы, то они подлежат дополнительной обработке с целью извлечения из них основного зерна.

Кормовые зернопродукты контролируют на агрегате У1-БАО (рис. 27).

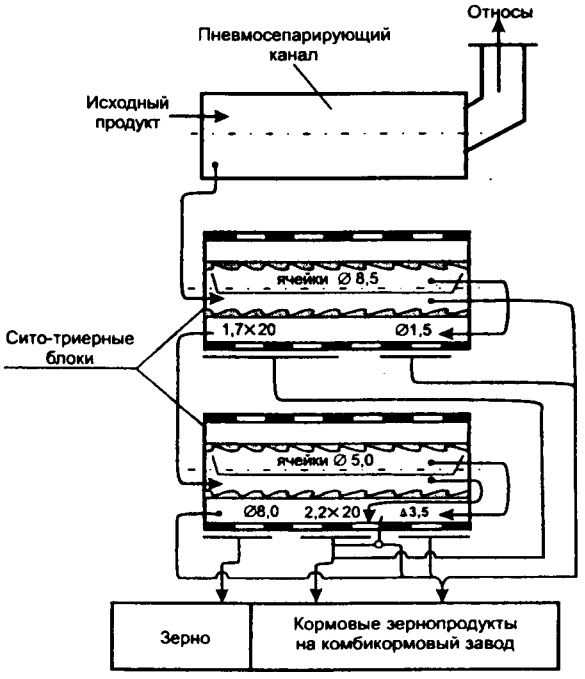



Рис. 27. Агрегат У1-БАО

Агрегат У1-БАО включает в себя вращающийся цилиндрический пневмосепарирующий канал, в котором исходный продукт очищается от легких примесей и затем поступает в цилиндрический триер-овсюгоотборник с ячеями диаметром 8,5 мм сито-триерного блока №1. Короткая фракция из сборного лотка овсюгоотборника направляется на ситовую поверхность с последовательно установленными ситами, соответственно, с размерами отверстий диаметром 1,5 мм и 1,7х20 мм. Сход с ситового цилиндра направляют в триер-куколеотборник сито-триерного блока №2. Длинная фракция триера-овсюгоотборника объединяется с проходом сита с размером отверстий диаметром 1,5 мм и направляется в кормовые зернопродукты. Проходовая фракция сита с размером отверстий 1,7х20 мм направляется для отгрузки на комбикормовый завод. В триере-куколеотборнике с ячеями диаметром 5,0 мм короткая фракция из сборного лотка направляется на цилиндрическое сито с треугольными отверстиями 3,5 мм, а длинная фракция - на по-

следующие сита с размерами отверстий 2,2х20 мм и диаметром 8,0 мм. Сход с сита диаметром 8,0 мм направляется в кормовые зернопродукты, а сход с сита с треугольными отверстиями 3,5 мм в зависимости от содержания основного зерна в нем может направляться в кормовые зернопродукты или на комбикормовый завод. Проход сит с размерами отверстий 2,2х20 мм и треугольными 3,5 мм, соответственно, направляют в кормовые зернопродукты или для отгрузки на комбикормовый завод. Проход сита с размерами отверстий диаметром 8,0 мм представляет собой зерно, пригодное для переработки в муку.

На многих мельзаводах практикуется более простая технологическая схема контроля кормовых зернопродуктов с применением буратов и дуоаспираторов (рис. 28).

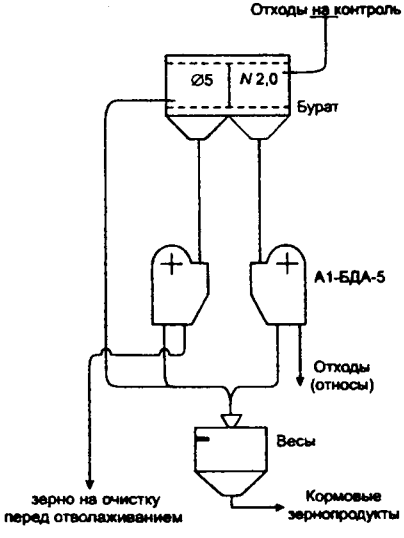



Рис. 28. Схема контроля кормовых зернопродуктов с применением буратов и дуоаспираторов

Контролируемые кормовые зернопродукты направляют на бурат с последовательно установленными ситами: металлотканым №2,0 и штампованным с размерами отверстий диаметром 5 мм. Проходы этих сит поступают на соответствующие дуоаспираторы, где получают отходы и кормовые зернопродукты и основное зерно.

Кроме приведенных схем можно применять для контроля кормовых зернопродуктов сепараторы, аспирационные колонки и другие машины.

Кормовые зернопродукты, получаемые в зерноочистительном отделении, рекомендуется (при наличии карантинных сорняков обязательно) измельчать в вальцовых станках или дробилках.

Качество и категорию кормовых зернопродуктов определяют до измельчения.

В целях улучшения условий охраны окружающей среды из моечных вод удаляется зерно и отходы (рис. 29) на сепараторе для фильтрации сточных вод А1-БСТ.

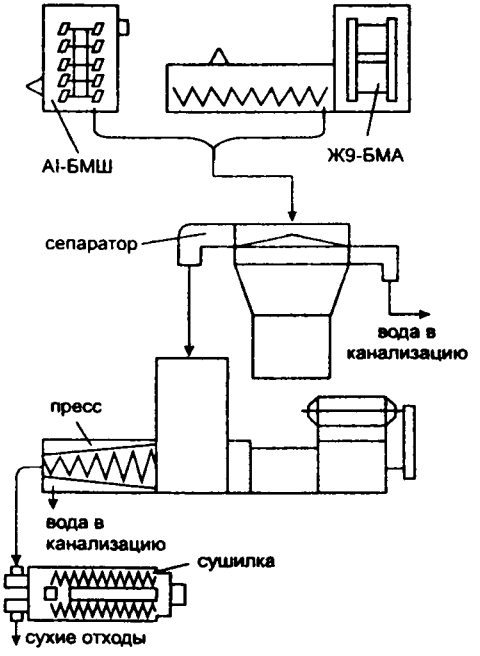



Рис. 29. Схема обработки сточных вод и моечных отходов

После сепаратора А1-БСТ продукты направляют в пресс для моечных отходов Б6-БПО, а оставшуюся влагу удаляют на шнековой сушилке У2-БСО до влажности, обеспечивающей возможность их реализации. При производительности сепаратора А1-БСТ 6 м$^3$/ч эффектив-

ность очистки моечных вод по содержанию взвешенных веществ до и после очистки составляет более 30%, а их влажность – не более 90%. После обработки отходов в шнековом прессе Б6-БПО их влажность снижается до 55% при производительности пресса по отжатым отходам 0,3 т/ч.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ К ЗЕРНУ, ПОСТУПАЮЩЕМУ НА МЕЛЬЗАВОДЫ

Зерно, направляемое в зерноочистительное отделение мукомольного завода, должно иметь следующие показатели качества:

рекомендуемая исходная влажность зерна при сложных сортовых помолах пшеницы и ржи должна быть не выше 13%, при остальных сортовых помолах - до 14%, при обойных помолах - на уровне, обеспечивающем выработку муки влажностью не выше 15%;

содержание сорной примеси в зерне не должно превышать 2%, в том числе испорченных зерен - не более 1%, вредной примеси - не более 0,2%;

содержание фузариозных зерен не должно превышать 1% (количество микотоксина не более 1 мг на 1 кг зерна);

содержание зерновой примеси не должно превышать для пшеницы 5%, для ржи - 4%, в том числе проросших зерен - 3%.

Зерно должно быть доброкачественным, не затхлым, не плесневым, не испорченным самосогреванием и сушкой, не иметь солодового и других посторонних запахов.

Количество и качество клейковины должно обеспечивать выпуск стандартной муки по этому показателю.

## 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ЗЕРНА К ПОМОЛУ В ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ МУКОМОЛЬНОГО ЗАВОДА

Технологическая схема зерноочистительного отделения мельзавода - это графически представленная последовательность операций по транспортированию и обработке зерна, включающая его очистку от различных засорителей, очистку его поверхности и ГТО. В схеме указывается назначение и емкости бункеров, марки и параметры работы технологического оборудования.

Мельзаводы расположены в разных почвенно-климатических зонах, что предопределяет качество и засоренность перерабатываемого

сырья. Они оснащаются различными наборами технологического оборудования, их производительность достигает 500 и более тонн в сутки. Многие мельзаводы проектируются с двумя секциями для переработки сырья разного качества, которое может быть привозным из других районов страны и из-за границы. Все это, а также тип помола и экономические факторы влияет на построение технологической схемы на количество и разновидность используемого оборудования.

Технологический процесс подготовки зерна к помолу должен обеспечить:

производительность, необходимую для ритмичной работы размольного отделения;

дозирование и смешивание компонентов помольной смеси в требуемом рецептурой соотношении;

эффективную очистку зерна от примесей;

обработку поверхности зерна от примесей;

гидротермическую обработку зерна в соответствии с установленными режимами.

При составлении технологической схемы следует руководствоваться следующими положениями:

в первую очередь необходимо выделить крупные случайные примеси, которые могут повредить рабочие органы последующих технологических и транспортных машин или снизить эффективность их работы, для этих целей в схеме предусматривается установка скальператоров;

следующим этапом является отделение максимального количества примесей, для этих целей в схеме предусматривается установка воздушно-ситовых сепараторов, на которых отбирают легкие, мелкие и крупные примеси;

каждый этап очистки зерна не должен снижать эффективность очистки на последующих машинах. Например, если установить куколеотборник после овсюгоотборника, то при отделении длинных примесей в овсюгоотборнике ячейки его рабочего органа будут забиваться короткими примесями, что приведет к снижению эффективности работы овсюгоотборника, поэтому в схеме сначала необходимо установить куколе-, а затем овсюгоотборник;

если есть возможность, то предпочтение надо отдавать пофракционной очистке и подготовке зерна к помолу, это приводит к более высокой эффективности очистки зерна от примесей и нередко приводит к упрощению схемы подготовки за счет устранения ненужных для данной фракции операций. Например, при разделении зерна на мелкую и

крупную фракции крупную фракцию нет необходимости очищать от коротких примесей, так как они в основном концентрируются в мелкой фракции;

после проведения некоторых технологических операций в зерне дополнительно появляются легкие примеси и битые зерна, которые необходимо удалить из зерна. Например, при работе обоечных машин в зерновой массе появляются оболочки и поврежденные зерна, поэтому после них предусматривается установка воздушных или воздушно-ситовых сепараторов.

Рассмотренные принципы построения технологической схемы зерноочистительного отделения позволяют разработать последовательность операций в технологической схеме:

выделение случайно попавших примесей; очистка зерна от легких, крупных и мелких засорителей;

очистка зерна от минеральных примесей;

очистка зерна от коротких и длинных примесей; очистка поверхности зерна;

удаление появившихся легких примесей;

первый этап ГТО зерна;

дополнительная очистка поверхности зерна с последующим удалением легких примесей;

второй этап ГТО зерна перед направлением в размольное отделение.

## 7.1. Технологический процесс подготовки зерна пшеницы и ржи к обойному помолу

Обойная мука представляет собой измельченное до определенной крупности зерно. Поэтому ее показатели качества по зольности и клейковине практически соответствуют показателям качества зерна.

Технологическая схема подготовки изображена на рис. 30.

Примерные характеристики рабочих органов технологического оборудования при подготовке зерна пшеницы и ржи (в скобках) указаны в технологической схеме.

Для очистки зерна от примесей используются воздушно-ситовые сепараторы, камнеотборники и триеры. Для очистки поверхности зерна до и после увлажнения предназначены обоечные машины или машины А1-ЗШН. При использовании обоечных машин в схеме подготовки зольность зерна снижается примерно на 0,07%, что заложено в нормах качества муки по зольности.

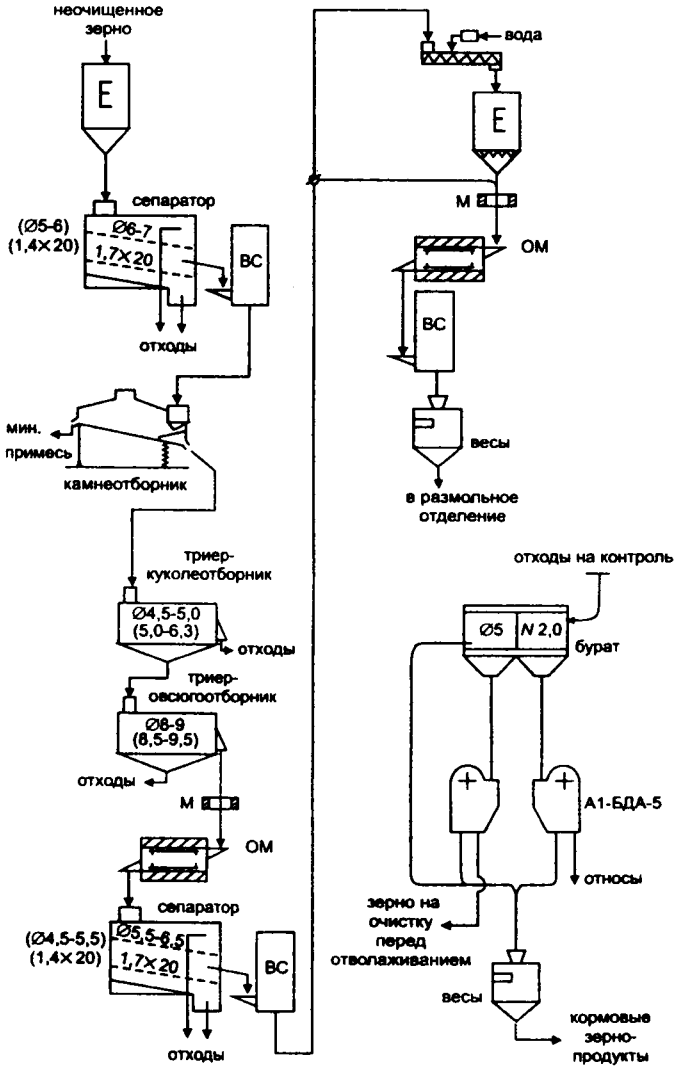



Рис. 30. Технологическая схема подготовки зерна пшеницы и ржи к обойному помолу:

М – магнитная защита; ОМ – обоечная машина; ВС – воздушный сепаратор

Гидротермическую обработку зерна производят лишь в том случае, если его исходная влажность ниже 14,0%. Для обойных помолов ржи влажность зерна, направляемого на размол, должна быть равна 14,5...15,5%, для пшеницы - 15,5...16,0%.

## 7.2. Технологический процесс подготовки зерна к сортовым помолам ржи

Зерно ржи по сравнению с зерном пшеницы имеет более толстые оболочки, прочно сросшиеся с эндоспермом. Кроме этого, зерно ржи имеет более пластичную структуру, что обусловливает высокую сопротивляемость эндосперма ржи измельчению.

Поэтому, наряду с отбором примесей на сепараторе, камнеотборнике, триерах, зерно ржи необходимо подвергать интенсивному шелушению с целью удаления максимального количества оболочек. Это осуществляется или на обоечных машинах, или на А1-ЗШН с последующим отделением оболочек и дробленых зерен на воздушно-ситовых сепараторах или аспираторах.

При снятии оболочек в количестве 2,5...3,5% от массы зерна зольность зерна снижается на 0,07...0,12%, а натура зерна повышается на 20...30 г/л. При шелушении зерна ржи пленчатые засорители (овсюг, чернушка и др.) разрушаются и затем выделяются из зерновой массы в аспираторах. Это приводит к сокращению схемы очистки зерна от примесей.

На практике на мукомольных заводах по переработке ржи не применяются моечные машины, так как рожь очень чувствительна к переувлажнению.

При помолах ржи применяют холодный способ ГТО, поскольку, как показывает практика, разность в прочности оболочек и эндосперма при ГТО увеличивается незначительно.

Обычно ГТО зерна ржи проводят перед направлением его в размольное отделение. В зимнее время года зерно увлажняют подогретой до 40...50°С водой.

Технологическая схема подготовки зерна ржи к помолу приведена на рис. 31.

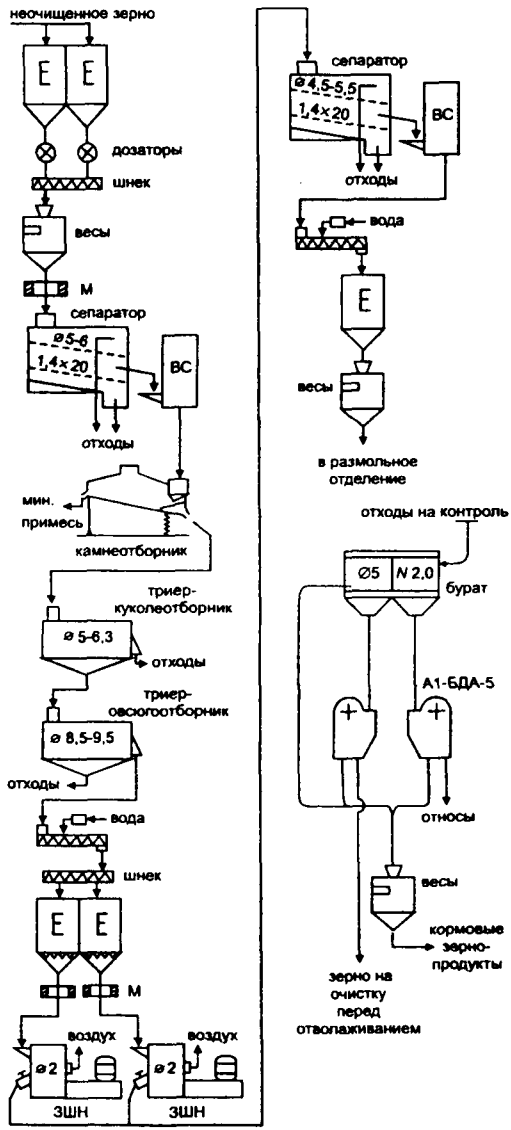



Рис. 31. Технологическая схема подготовки зерна ржи к сортовым помолам:

М – магнитная защита; ОМ – обоечная машина; ВС – воздушный сепаратор

## 7.3. Технологический процесс подготовки зерна к сортовым помолам пшеницы

Технологическая схема подготовки зерна пшеницы представлена на рис. 32.

В соответствии с ней зерно из накопительных бункеров поступает на объемные дозаторы и смесительные шнеки, где формируется помольная смесь или потоки зерна. Затем зерно взвешивается и поступает, пройдя через магнитную защиту, на сепаратор, где выделяют крупные и мелкие примеси. Очищенное от них зерно проходит через аспиратор. Затем выделяют на камнеотборнике минеральные примеси.

С целью повышения эффективности выделения овсюга, проросших зерен или зерен, поврежденных клопом-черепашкой, далее устанавливают концентраторы. Второй проход зерна (тяжелая фракция зерна) после концентратора обрабатывают только в куколеотборниках, третий проход (смешанная фракция зерна) - в обоечной машине и аспираторе, а затем в куколеотборнике. На этом первый этап очистки заканчивается.

Зерно направляют на гидротермическую обработку, которая включает шнеки для интенсивного увлажнения, отлежные бункера для непрерывного отволаживания.

Отлежные бункера для непрерывного отволаживания оснащены несколькими выпускными самотеками, сборными воронками, дозаторами и смесительными шнеками.

В схеме показана возможность проведения второго этапа ГТО, который можно проводить сразу после первого.

Затем зерно проходит второй этап очистки зерна, состоящий из обоечной машины для повторной очистки поверхности зерна, энтолейтора для уничтожения клещей и скрытой зараженности и аспиратора.

После этого зерно проходит последний этап ГТО перед направлением зерна в размольное отделение мельзавода. Перед очисткой зерна и перед направлением его в размольное отделение предусматривается установка автоматических весов. Кроме этого весы устанавливают в схеме контроля отходов.

Там, где возможно поступление на мельницу зерна с пониженной температурой, его необходимо подогреть до температуры 15...22°С. Для этого применяются подогреватели зерна, которые необходимо устанавливать до операций, предусматривающих применение воды.

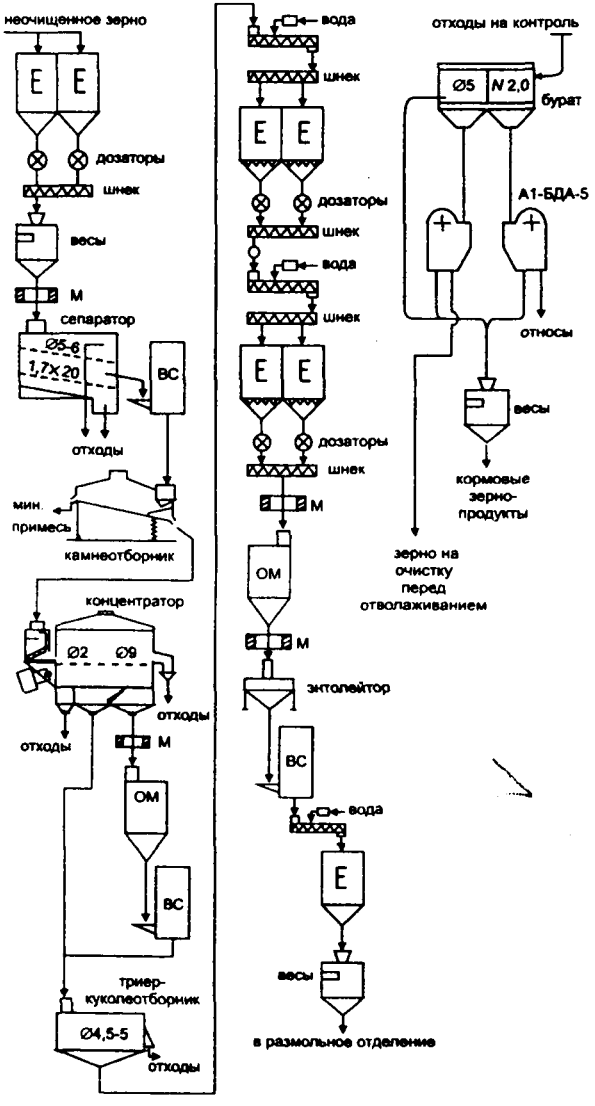



Рис. 32. Технологическая схема подготовки зерна пшеницы к сортовым помолам:

М – магнитная защита; ОМ – обоечная машина; ВС – воздушный сепаратор

Обычно мелкую фракцию зерна выделяют на элеваторах проходом сита с размерами отверстий 2а-22х20 мм и сходом сита с размерами отверстий 2а-17х20 мм, чтобы избежать излишних транспортных операций. Если эта операция на элеваторе не предусмотрена, то выделение мелкой фракции зерна проводят на первом сепараторе с возвратом ее в зернохранилище.

Если партии зерна, входящие в помольную смесь, резко отличаются по стекловидности, то их смешивают после проведения очистки и первого этапа ГТО и дальнейшую подготовку проводят совместно.

Если зерно, входящее в помольную смесь, различается по крупности, то на сепараторе его делят на крупную и мелкую фракции в соотношении 3:1. В крупной фракции содержатся только длинные примеси, поэтому ее очищают только от длинных примесей на триерах-овсюгоотборниках, мелкая фракция очищается от длинных и коротких примесей.

Возможны также и другие варианты пофракционной очистки зерна, один из которых приведен на рис. 32.

## 7.4. Особенности подготовки зерна пшеницы к макаронному помолу

Макаронную муку вырабатывают из твердой или мягкой высокостекловидной пшеницы.

При подготовке зерна пшеницы к макаронному помолу предусматривают более тщательную очистку зерна от засорителей по сравнению с подготовкой к хлебопекарным помолам. Особое внимание необходимо уделять очистке зерна от темно-окрашенных частиц, которые при размоле ухудшают товарный вид продукции. Следует предусматривать два последовательных прохода зерна через камнеотделительные машины с целью исключения «хруста» муки.

В схеме подготовки можно использовать кроме отбора мелкой фракции отбор мелкого зерна в количестве 3...5%, которое направляют в размольное отделение и измельчают на специальной системе, промежуточные продукты измельчения которой поступают по технологической схеме помола на системы второго качества. Рекомендуется исключить из процесса подготовки зерна обоечные машины для снижения травмирования зерна, а вместо них предусмотреть две-три последовательных системы обработки поверхности зерна в щеточных машинах.

Процесс ГТО необходимо проводить таким образом, чтобы сохранить стекловидную структуру эндосперма, которая при проведении ГТО для подготовки зерна к хлебопекарным помолам нарушается (см. табл. 4.6).

## 8. ПРОЦЕССЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДАХ

В технологическом процессе размольного отделения мукомольных заводов особая роль отводится измельчению зерна и промежуточных продуктов. В основе технологии производства муки лежит различие сопротивлений разрушающим усилиям оболочек и эндосперма при их совместном измельчении. В табл. 8.1 приведены данные, характеризующие это различие.

Данные табл. 8.1 показывают, что усилия разрыва оболочек для стекловидного зерна в 12 раз, а для мучнистого в 9 раз больше, чем у эндосперма. ГТО зерна при подготовке его к помолу еще более усиливает различие сопротивлений разрушающим усилиям.

Таблица 8.1

Соотношение сопротивлений в долях единицы
(до данным проф. Гиршсона В.Я. и Наумова И.А.)

| Пшеница | Соотношение сопротивления разрушающим усилиям | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | оболочек на разрыв | | эндосперма | | | |
| | по длине зерна | поперек зерна | сжатие | разрыв | скалывание | срез |
| Твердая | 1 | 0,67 | 0,21 | 0,083 | 0,047 | 0,031 |
| Стекловидная | 1 | 0,84 | 0,19 | 0,072 | 0,043 | 0,032 |
| Мучнистая | 1 | 0,50 | 0,062 | 0,057 | 0,027 | 0,017 |

Различают два вида измельчения: простое измельчение, характерное для одинаковых по своим структурно-механическим свойствам материалов; избирательное измельчение, характерное для материалов, в состав которых входят разные по своим структурно-механическим свойствам составные части, которые при совместном измельчении разрушаются не одинаково.

В технологическом процессе нельзя рассматривать измельчение зерна и промежуточных продуктов размола в отрыве от последующего сортирования измельченного продукта, поскольку с помощью сортирования выделяют фракции с высоким содержанием эндосперма.

Технологическую оценку процесса измельчения на отдельно взятой системе принято проводить по показателям суммарного или частного извлечения и по зольности извлеченных продуктов.

Извлечение на системе - это количество продукта, полученное проходом определенного для этой системы сита.

Частное извлечение - это количество какой-либо определенной фракции, полученной на данной системе.

Основной измельчающей машиной в процессе производства муки является вальцовый станок. Вспомогательные операции измельчения осуществляют в вымольных машинах, энтолейторах и деташерах.

В табл. 8.2 приведены основные технические характеристики вальцовых станков.

Таблица 8.2

Технические характеристики вальцовых станков

| Показатели | Типа А1-БЗН | БВ2 | | ВМ2П |
|---|---|---|---|---|
| | 250х1000 | 250х1000 | 250х800 | 185х600 |
| Производительность одной половины вальцового станка для I драной системы, т/сут | 84 | 100 | 80 | 45 |
| Частота вращения быстровращающего вальца, об/мин: | | | | |
| рифленого | 420...470 | 490 | 490 | 770 |
| гладкого | 395...415 | 390 | 390 | 525 |
| Наличие водяного охлаждения размалывающих вальцов | да | - | - | - |
| Габариты без электродвигателя, мм: | | | | |
| длина | 2030 | 2218 | 2018 | 1050 |
| ширина | 1700 | 1630 | 1630 | 1090 |
| высота | 1400 | 1580 | 1580 | 1130 |

Вальцовые станки (рис. 33) состоят из одной или двух параллельно работающих секций. В каждой секции установлены одна или две пары вальцов, которые являются рабочими органами для вальцовых станков, питающий механизм, выпускное устройство и другие механизмы.

Измельчение зерна и промежуточных продуктов осуществляется в клиновидном пространстве между двумя параллельными вальцами, которые вращаются навстречу друг другу с различными скоростями.

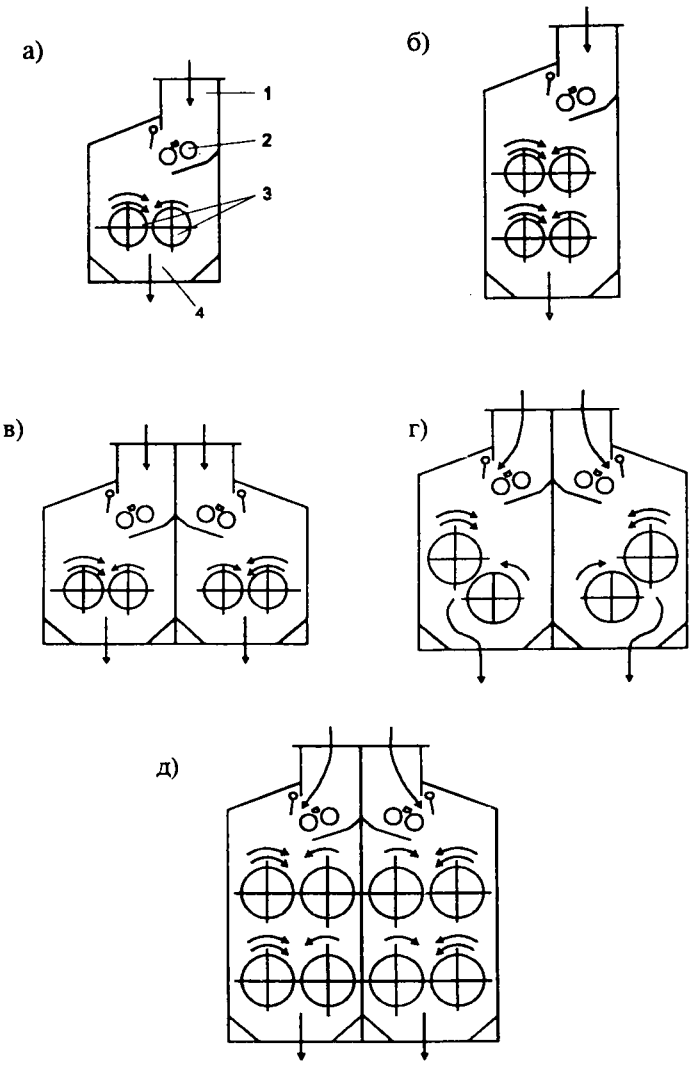



Рис. 33. Вальцовые станки:
1 – приемный патрубок; 2 – питающее устройство; 3 – размалывающие вальцы; 4 – выпускное устройство

Разрушение оболочек и эндосперма в поступающем на измельчение продукте происходит в результате сочетания различных видов деформаций. Причем преобладание того или иного вида деформации зависит от скоростей вальцов, характеристик их рабочих поверхностей и взаимного расположения рифлей вальцов.

Основные факторы, влияющие на процесс измельчения зерна и промежуточных продуктов в вальцовых станках, - это структурно-механические и технологические свойства зерна, кинематические, геометрические и микрогеометрические параметры вальцов и нагрузка на рабочие органы.

Из структурно-механических и технологических свойств зерна существенное влияние на эффективность процесса измельчения и на конечные результаты помола оказывает влажность, стекловидность зерна и его крупность.

Влияние влажности зерна на результаты размола в драном процессе приведено в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Влияние влажности зерна на зольность полученных в драном процессе круподунстовых продуктов

| Драные системы | Влажность зерна после ГТО, % | |
|---|---|---|
| | 16 | 14 |
| I и II | 0,92 | 1,00 |
| III | 1,40 | 1,27 |
| IV | 2,13 | 2,15 |
| I-IV | 1,06 | 1,11 |

Из данных табл. 8.3 видно, что уменьшение влажности зерна перед первой драной системой с 16 до 14% приводит к увеличению средневзвешенной зольности круподунстовых продуктов по драным системам на 0,05%.

С другой стороны повышение влажности зерна увеличивает энергоемкость процесса и снижает производительность мельзавода.

Известно, что из-за нагрева размалывающих вальцов, применения аспирации и пневмотранспорта оболочки в сходовых продуктах драных систем быстро подсыхают и градиент прочности оболочек и эндосперма уменьшается, что приводит к получению на вымольных системах драного процесса муки с высокой зольностью. Этим можно объяснить операцию охлаждения размалывающих вальцов, ужесточение режима измельчения на первой драной системе и повсеместное сокращение количества драных систем.

В табл. 8.4 приведены показатели, характеризующие влияние стекловидности на результаты помола.

Таблица 8.4

Влияние стекловидности зерна мягкой пшеницы на результаты помолов (выход/зольность) (по Л.Е.Айзиковичу)

| Стекловидность, % | Мука, % | | Отруби, % | |
|---|---|---|---|---|
| | высоких сортов | общий выход | общий выход | содержание крахмала |
| Ниже 40 | 50,0/0,62 | 78,1/0,75 | 18,9/5,40 | 35,4 |
| 40...60 | 57,8/0,60 | 78,4/0,69 | 17,8/5,51 | 34,2 |
| Свыше 60 | 62,0/0,61 | 78,5/0,67 | 17,7/5,78 | 32,3 |

Данные табл. 8.4 показывают, что увеличение стекловидности зерна приводит к повышению выхода муки высоких сортов при примерно одинаковом общем выходе муки и к улучшению вымалываемости эндосперма, на что показывает снижение содержания крахмала и повышение зольности отрубей.

Крупность зерна в производственных условиях принято оценивать по фракциям, полученным проходом и сходом определенных сит.

Влияние крупности зерна иллюстрируется данными табл. 8.5.

Таблица 8.5

Выход и зольность круподунстовых продуктов и муки из зерна пшеницы III типа в зависимости от его крупности (по Л.Е.Айзиковичу)

| Проход сита/сход сита | Круподунстовые продукты | Мука |
|---|---|---|
| -/2,8х20 | 67,5/1,07 | 14,0/0,86 |
| 2,8х20/2,4х20 | 66,2/1,10 | 14,7/0,87 |
| 2,4х20/2,0х20 | 64,0/1,16 | 16,6/0,88 |
| 2,0х20/1,7х20 | 62,9/1,35 | 18,8/0,97 |

## 8.1. Параметры рабочих органов вальцовых станков

Все параметры, влияющие на процесс измельчения, можно разделить на две группы:

оперативно-регулируемые;

неоперативно-регулируемые.

К оперативно-регулируемым параметрам относят влажность зерна перед первой драной системой, рабочие зазоры между размалывающими вальцами на всех системах технологического процесса и нагрузки на единицу длины размалывающих вальцов.

Изменение этих параметров не требует остановки отдельных измельчающих машин и мельзавода в целом. С помощью этих параметров технолог оперативно может менять режимы измельчения для получения требуемого конечного результата работы мельзавода.

К неоперативно-регулируемым параметрам, влияющим на процесс измельчения зерна в вальцовых станках, относят параметры, которые можно изменить лишь после остановки отдельных измельчающих машин или мукомольного завода в целом.

К ним относятся все параметры рабочих органов вальцового станка. В свою очередь эти параметры разделяют на три группы:

1) геометрические параметры размалывающих вальцов, к ним относят диаметр вальцов и их длина, величина биения вальцов и величина перекрещивания парноработающих вальцов;

2) кинематические параметры, к ним относят скорость быстровращающегося вальца Vб и отношение окружных скоростей парноработающих вальцов K=Vб/Vм, Vм - скорость медленновращающегося вальца;

3) микрогеометрические параметры, к ним относят шаг рифлей, углы граней рифлей (угол острия и угол спинки), их взаимное расположение, параметры шероховатости рабочей поверхности вальцов.

Нагрузка на 1 см длины парноработающих вальцов $q_i$ определяется по формуле:

$$q_i = \frac{Q_ф}{l};$$

где $Q_ф$ - фактическая производительность вальцового станка, кг/сут;

$l$ - длина размалывающих вальцов, см.

Производительность вальцового станка зависит от скорости входа частиц в зону измельчения, их линейных размеров и от пространственного расположения частиц продукта относительно размалывающих вальцов в момент входа в зону измельчения.

Рассмотрим процесс входа зерна в зону измельчения. Возможны множество вариантов расположения зерна относительно вальцов. Основные варианты приведены на рис. 34.

Ввиду разных скоростей вальцов принимаем, что одновременно в зону измельчения по длине вальцов может войти только определенное количество частиц продукта или зерна (табл. 8.6).

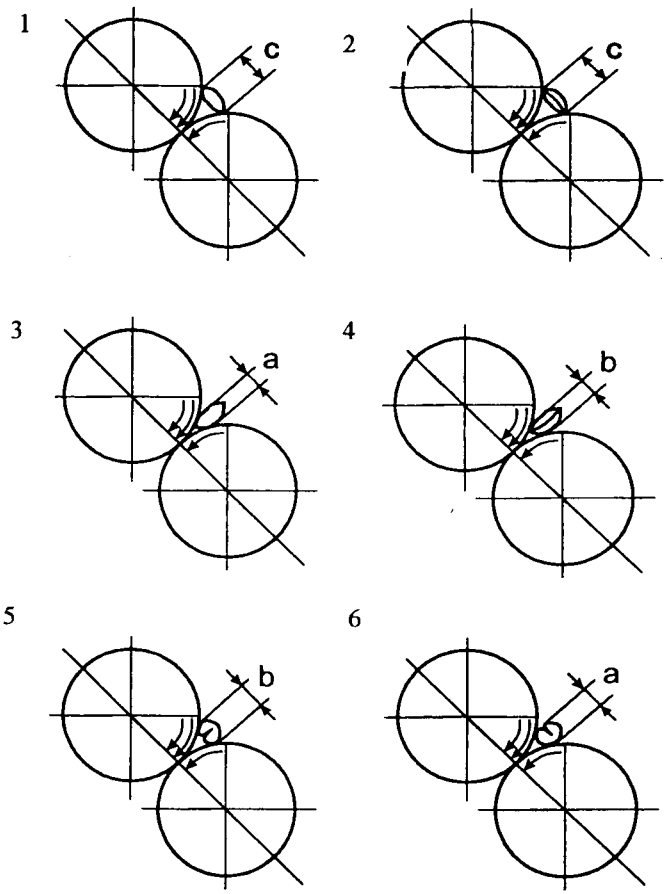



Рис. 34. Варианты расположения зерна относительно вальцов

Таблица 8.6

Количество зерен по длине вальца, шт.

| Варианты | 1-й | 2-й | 3-й | 4-й | 5-й | 6-й |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Количество зерен по длине вальца | *l*/b | *l*/a | *l*/b | *l*/a | *l*/c | *l*/c |

По табл. 8.7 можно определить количество зерен, которое пройдет по длине вальцовой линии за 1 секунду при скорости входа зерна в зону измельчения, равной скорости медленновращающегося вальца.

Таблица 8.7

Количество зерен, прошедших за 1 секунду, шт.

| Варианты | 1-й | 2-й | 3-й | 4-й | 5-й | 6-й |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Количество зерен по длине вальца | $\frac{l\,V_{вх}}{a\,b}$ | $\frac{l\,V_{вх}}{a\,b}$ | $\frac{l\,V_{вх}}{b\,c}$ | $\frac{l\,V_{вх}}{a\,c}$ | $\frac{l\,V_{вх}}{a\,c}$ | $\frac{l\,V_{вх}}{bc}$ |

Общую массу зерен, прошедших за 1 секунду (табл. 8.8), можно определить, если известен вес одного зерна. На практике обычно применяется показатель массы 1000 зерен $P_{т.з.}$. Значит, масса одного зерна равна $P_{т.з.}/1000$.

Таблица 8.8

Масса зерен, прошедших за 1 секунду, г

| Варианты | 1-й | 2-й | 3-й | 4-й | 5-й | 6-й |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Масса зерен, прошедших за 1 секунду | $\frac{l\,V_{вх}P_{т.з.}}{a\,b\,1000}$ | $\frac{l\,V_{вх}P_{т.з.}}{a\,b\,1000}$ | $\frac{l\,V_{вх}P_{т.з.}}{bc\,1000}$ | $\frac{l\,V_{вх}P_{т.з.}}{a\,c\,1000}$ | $\frac{l\,V_{вх}P_{т.з.}}{a\,c\,1000}$ | $\frac{l\,V_{вх}P_{т.з.}}{bc\,1000}$ |

Выражая длину вальца и размеры зерна в миллиметрах, скорость входа зерна в метрах в секунду и массу 1000 зерен в граммах, получаем по вариантам:

$$Q_{1,2} = \frac{3{,}6\,l V_{вх} P_{т.з.}}{ab},\ кг/ч;$$

$$Q_{3,6} = \frac{3{,}6\,l V_{вх} P_{т.з.}}{bc},\ кг/ч;$$

$$Q_{4,5} = \frac{3{,}6\,l V_{вх} P_{т.з.}}{ac},\ кг/ч.$$

Очевидно, что при поступлении зерна в зону измельчения по первому и второму вариантам (см. рис. 34) производительность вальцового станка наибольшая при всех прочих равных условиях и минимальная по третьему и шестому вариантам.

В реальных условиях зерна входят в зону измельчения с той или иной степенью вероятности по всем указанным вариантам.

Поэтому теоретически возможная производительность вальцового станка будет равна:

$$Q_т = Q_{1,2}\,\rho_{1,2} + Q_{3,6}\,\rho_{3,6} + Q_{4,5}\,\rho_{4,5};$$

где $\rho_{1,2}$, $\rho_{3,6}$, $\rho_{4,5}$ – вероятность попадания зерна в зону измельчения по вариантам 1 и 2, 3 и 6, 4 и 5.

Если учесть, что этих вариантов значительно больше, то теоретическую производительность вальцового станка можно рассчитать:

$$Q_т = \sum_{i=1}^{n} Q_i\ \rho_i;$$

где i - варианты расположения зерна относительно вальцов при входе в зону измельчения;

n - число вариантов;

$Q_i$ - производительность вальцового станка по i-му варианту;

$\rho_i$ - вероятность попадания зерна в зону измельчения по i-му варианту.

Вероятносто-статистический анализ процесса входа зерна в зону измельчения показал, что при бесконечно большом числе вариантов расположений зерна при входе в зону измельчения производительность вальцового станка на первой драной системе можно рассчитать по формуле:

$$Qт = 0{,}3\,/V_{вх}\,P_{т.з.}\left(\frac{a+b}{abc} + \frac{6\sqrt{3}}{c^2}\right).$$

В табл. 8.9 приведены расчетные нагрузки в зависимости от линейных размеров зерен и их массы.

Таблица 8.9

Расчетные нагрузки на вальцовую линию для зерна твердой и мягкой пшеницы

| Пшеница | Размеры зерна, мм | | | Масса 1000 зерен, г | Нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сут) |
|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | | |
| Твердая | 2,34 | 2,50 | 6,50 | 23,8 | 1535 |
| | 2,08 | 2,25 | 6,25 | 18,2 | 1300 |
| | 1,87 | 2,10 | 5,90 | 14,8 | 1200 |
| | 1,67 | 1,95 | 5,40 | 11,2 | 1090 |
| Мягкая | 2,31 | 2,50 | 5,80 | 20,4 | 1595 |
| | 2,09 | 2,40 | 5,50 | 16,6 | 1460 |
| | 1,91 | 2,20 | 5,30 | 12,6 | 1205 |
| | 1,64 | 2,00 | 4,90 | 9,7 | 1100 |

Однако расчетные нагрузки обычно превышают рекомендуемые Правилами, поскольку на практике стремятся увеличить срок службы рабочей поверхности размалывающих вальцов и повысить надежность работы вальцового станка.

Межвальцовый зазор и биение вальцов - это важнейшие параметры, влияющие на процесс измельчения.

Биение вальца - эта суммарная величина, отражающая несовпадение оси вращения данного вальца с его геометрической осью и учитывающая все виды искаженной бочки вальца в его радиальном поперечном сечении.

Если вальцы вальцового станка изготовлены идеально, т.е. оси вращения вальцов совпадают с осями бочек вальцов, а последние строго цилиндричны, то в этом случае биение вальцов равно нулю и межвальцовый зазор b не изменяется во времени, а вероятность его изменения не зависит от окружных скоростей и равна нулю (рис. 35).

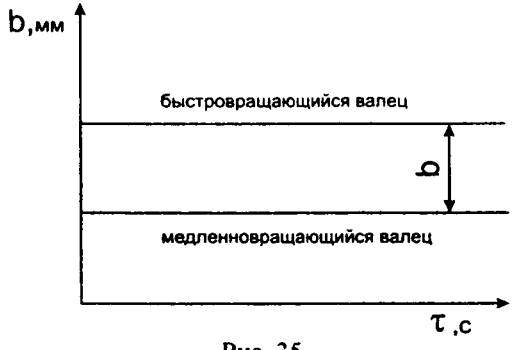



Рис. 35

Обычно при изготовлении и обработке вальцов оси их не совпадают с осями вращения. Зависимость величины межвальцового зазора от времени работы вальцов для этого случая представлена на рис. 36 и описывается уравнением:

$$b = A - R - \varepsilon\cos(\omega t) - \sqrt{\varepsilon^2\cos(\omega t) + R^2 - \varepsilon^2}\ ;$$

где b - величина межвальцового зазора;
A - межцентровое расстояние;
ε - смещение осей;
ω - угловая частота, рад/с;
R - радиус вальца.

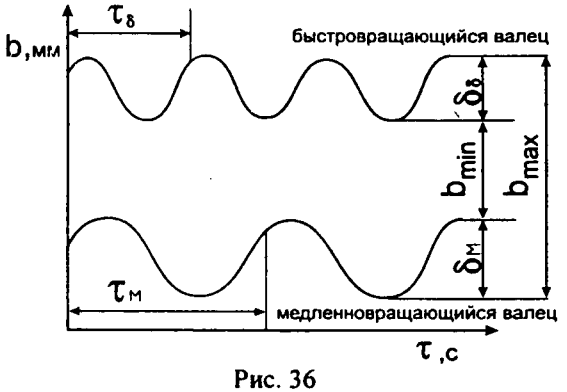



Рис. 36

Из данных рис. 36 видно, что максимальный зазор равен:

$$b_{max}=b_{min} + \delta_б + \delta_м,$$

где $\delta_б$, $\delta_м$ - величина отклонения осей вращения вальцов от осей бочки быстро- и медленновращающихся вальцов.

Если теперь предположить, что вальцовый станок из-за достаточно большого биения быстровращающегося вальца не в состоянии обеспечить заданную величину извлечения даже при $b_{min} = 0$, то для достижения заданной величины извлечения необходимо прижать медленновращающийся валец к быстровращающемуся при помощи компенсационных пружин. Тогда вальцы будут работать в режиме обкатки друг друга (рис. 37).

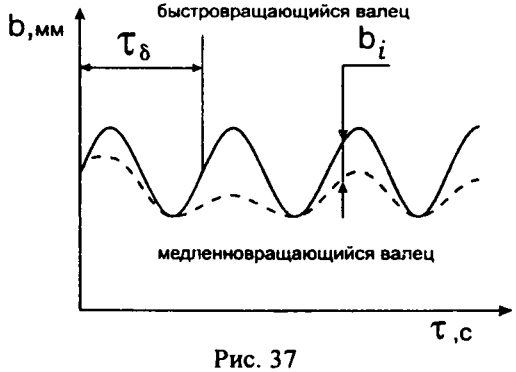



Рис. 37

Из данных рис. 37 видно, что режим обкатки вальцами друг друга характеризуется достаточно длительными периодами работы вальцов друг по другу. Это обстоятельство вызывает неравномерный износ размалывающих вальцов. Зубчатая передача начинает работать в более тяжелых условиях, появляются повышенный шум и вибрации. Оболочки измельченного продукта в периоды работы вальцов друг по другу дробятся более интенсивно, засоряя мелкие фракции извлеченного продукта, в том числе и муку. Повышается расход энергии на измельчение. Все это приводит к резкому ухудшению технико-экономических показателей работы мельзавода.

По нашему мнению устранение биения размалывающих вальцов является одним из основных путей интенсификации и упрощения технологии размольного отделения мельзаводов.

Для уменьшения биения размалывающих вальцов необходимо прирабатывать их перед нарезкой на специальных матировочных станках. Размалывающие вальцы устанавливаются вместе с подшипниковыми узлами на станине. Вальцы при их приработке вращаются как и в вальцовом станке навстречу друг другу с разными скоростями, причем один из них совершает возвратно-поступательное прямолинейное движение параллельно своей оси. В зону между вальцами подается наждачная масса или паста. Приработка вальцов продолжается не менее двух часов, после этого вальцы нарезают с таким расчетом, чтобы на заострениях рифлей осталась площадка шириной не менее 0,5 мм. Затем вальцы устанавливаются в вальцовый станок в том же взаимном расположении, что и при их приработке. Следует обратить внимание и на качество подшипников. Они должны быть четвертого, а еще лучше второго класса точности. Некоторые зарубежные фирмы перешли на выпуск вальцовых станков с подшипниками скольжения, достигнув при этом снижения величины биения до 0,001 мм. Отечественные стандарты допускают величину биения размалывающих вальцов до 0,02 мм.

Длина и диаметр размалывающих вальцов. Наибольшее распространение на отечественных мельзаводах получили вальцовые станки с длиной размалывающей части вальцов 800 и 1000 мм и их диаметром 250 мм. Однако в настоящее время ряд машиностроительных заводов выпускает станки с рабочими вальцами длиной 200, 300, 400 и 600 мм с их диаметрами 150 и 200 мм. Такие вальцовые станки применяют, как правило, на небольших мельницах производительностью до 25 т/сутки по зерну.

При работе вальцового станка под загрузкой его размалывающие вальцы прогибаются. Из-за этого зазор между вальцами по их длине неодинаковый, т.е. он минимальный по краям вальцов и максимальный в середине. С достаточной степенью точности средний по длине вальца зазор $b_{ср.}$ в этом случае будет равен:

$$b_{ср.} = b + R_{пр.} - \sqrt{R_{пр.}^2 - l^2/4};$$

где b - межвальцовый зазор без нагрузки, мм;

$R_{пр.}$ - радиус прогиба вальца под нагрузкой, мм;

$l$ - длина вальца, мм.

Теоретически наличие прогиба влияет на технологический эффект измельчения продукта по длине вальца, т.е. степень измельчения продукта по краям вальца должна быть больше, чем в его средней части.

Межвальцовый зазор по длине может быть неравномерным из-за перекрещивания вальцов, когда оси размалывающих вальцов в пространстве не параллельны. В результате перекрещивания мелющих вальцов зазор больше к концам вальцов и меньше в середине. В поставляемых на мельницы вальцовых станках завод-изготовитель устраняет перекрещивание вальцов. Для этого на вальцовом станке предусмотрены фланцевые эксцентриковые корпуса для подшипников. Необходимо отметить, что устранение перекрещивания вальцов в условиях мельницы встречает большие затруднения, так как предприятия не оснащены необходимыми для измерений приборами и приспособлениями.

Прогиб вальца зависит, в основном, от его длины, диаметра и распорного усилия, от размалываемого продукта. Распорное усилие в зависимости от системы помола находится в пределах от 10 до 50 кг/см.

Отношение окружных скоростей размалывающих вальцов и скорость быстровращающегося вальца. Рабочие вальцы в вальцовом станке вращаются навстречу друг другу с разными скоростями, при которых с учетом других факторов достигается необходимая степень измельчения продуктов.

Отношение окружной скорости быстровращающегося вальца к окружной скорости медленновращающегося вальца называют отношением окружных скоростей. Выбор отношения окружных скоростей размалывающих вальцов позволяет перераспределить усилия сжатия, сдвига, истирания, удара и разрыва так, чтобы преимущественно измельчался эндосперм.

Правила рекомендуют применять на первых драных системах отношение окружных скоростей вальцов 2,5; на четвертой и пятой дра-

ных и шлифовочных системах - от 1,5 до 2,0; на первых размольных системах - от 2,0 до 2,5; а на остальных - 1,5.

Линейные скорости быстровращающихся вальцов рекомендуются следующие:

на первых драных системах от 5,0 до 6,0 м/с;

на четвертой и пятой драных и на шлифовочных системах от 4,5 до 5,0 м/с;

на первых размольных системах от 5,0 до 6,0 м/с;

на последних размольных системах от 4,0 до 4,5 м/с.

Представляет интерес рассмотреть также влияние отношения окружных скоростей на время появления заданного зазора при биении размалывающих вальцов. Для расчетов приняты часто встречающиеся в эксплуатации зубчатые шестерни привода с числом зубьев 19, 20, 21, 23, 35, 36, 37, 38, 55, 56, 57, 58; угловые скорости быстровращающегося вальца $\omega_б$ приняты равными 48,7 и 37,7 рад/с.

Данные расчетов приведены в табл. 8.10.

Таблица 8.10

Период колебаний межвальцового зазора

| Число зубьев на приводящих шестернях $Z_б$:$Z_м$ ($K=Z_б:Z_м$) | Период, с | |
|---|---|---|
| | $\omega_б$= 48,7 рад/с | $\omega_б$= 37,7 рад/с |
| 57:38; 57:19 | 0,39 | 0,50 |
| 56:35 | 0,90 | 1,16 |
| 55:35; 55:20 | 1,42 | 1,83 |
| 56:36; 56:20 | 1,80 | 2,32 |
| 57:21 | 2,45 | 3,15 |
| 56:38 | 3,61 | 4,65 |
| 58:20 | 3,74 | 4,82 |
| 33:36; 55:37; 55:38; 55:19; 55:21; 55:23 | 7,10 | 9,15 |
| 56:35; 56:37; 56:19; 56:21; 56:23 | 7,22 | 9,31 |
| 57:35; 57:36; 57:37; 57:20; 57:23 | 7,35 | 9,47 |
| 58:35; 58:37; 58:19; 58:21; 58:23 | 7,42 | 9,56 |

Данные табл. 8.10 показывают, что нередко простая замена шестерен на вальцовом станке может привести к изменению режима работы этого вальцового станка. Это несомненно сказывается в конечном счете на показателях выхода и качества готовой продукции.

Форма рифлей. Рифли размалывающих вальцов представляют собой треугольные призмы, которые нарезают по длине окружности вальца с определенным уклоном (рис. 38).

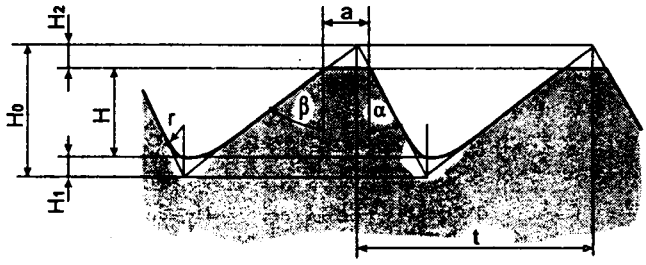



Рис. 38. Рифли размалывающих вальцов:
α – угол острия; β – угол спинки; r – радиус закругления рифли;
а –площадка рифли; Н – высота рифли; t – шаг рифли

Угол заострения γ рифли образован двумя ее боковыми гранями. Грани рифли (стороны угла заострения) не равны между собой. Узкая грань образует грань «острия», а широкая - «спинки». Грани характеризуются углами острия и спинки. Кроме этого рифли характеризуются высотой и шагом нарезки. Для того чтобы при нарезке валец остался цилиндричным и для повышения износостойкости вальца, на рифле оставляется площадка шириной а. Для многосортных помолов пшеницы принят угол заострения рифлей от 90 до 110 градусов при угле острия α от 30 до 40 градусов.

Количество рифлей на 1 см окружности вальца. На эффективность измельчения зерна и промежуточных продуктов на драных системах большое влияние оказывает количество рифлей на единицу длины окружности размалывающих вальцов.

Практика показывает, что при слишком большой плотности нарезки вальцов на первых драных системах при сортовых помолах пшеницы повышается степень измельчения оболочек, а при размоле на последних драных системах рифлями малой плотности не получается достаточного вымола. Так, например, в драном процессе от первой до последней системы отделяется эндосперм от оболочек, и по мере измельчения частиц, уменьшают межвальцовый зазор и увеличивают количество рифлей по их окружности.

Количество рифлей подбирается с таким расчетом, чтобы диаметр частицы продукта d, поступающего в вальцовый станок, был больше

величины шага t, т.е. d>t. Чем больше количество рифлей на 1 см окружности вальца, тем больше мелких частиц в продукте, получаемом после измельчения, и наоборот.

Анализ зависимостей извлечения от межвальцового зазора и количества рифлей показывает, что эти зависимости имеют одинаковый характер. Следовательно, можно сделать вывод, что межвальцовый зазор и количество рифлей на 1 см окружности вальцов взаимозависимы, т.е. при одинаковых извлечениях на драной системе изменение межвальцового зазора можно компенсировать изменением количества рифлей на 1 см окружности вальцов.

Для многосортных помолов пшеницы применяют плотность нарезки от 3,5 до 11 рифлей на 1 см окружности вальца. От количества рифлей на 1 см окружности вальца зависит число их воздействий R на продукт в зоне их измельчения L (рис. 39), которое определяется по формулам П.А.Козьмина:

$$R = L\,p\,(K-1); \qquad L = \sqrt{\frac{D}{2}(c-b) + \frac{c^2 - b^2}{4}};$$

где p - количество рифлей на 1 см окружности вальца;
c - крупность частицы до измельчения, мм;
b - межвальцовый зазор, мм;
K - отношение окружных скоростей парноработающих вальцов;
D - диаметр вальцов, мм.

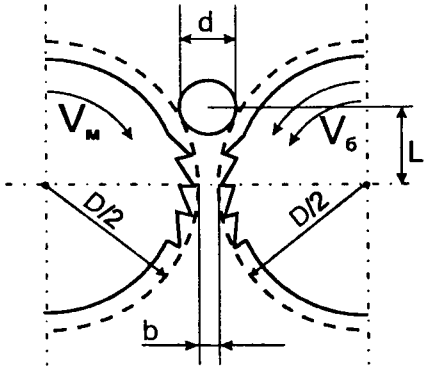



Рис. 39. Зона измельчения продукта:
L – зона измельчения продукта; b – межвальцовый зазор;
D – диаметр вальца; d –диаметр частицы;
$V_б$, $V_м$ – скорость быстро- и медленновращающихся вальцов

Уклон рифлей вальцов. Рифли на поверхность вальцов нарезаются под некоторым углом к образующей цилиндра по винтовой линии. Именно такая нарезка рифлей может исключить вероятность встречи вершин рифлей, результатом которой были бы неравномерная работа вальцов, вибрация вальцового станка. Величину отклонения рифлей от образующей цилиндра принято называть уклоном и измерять в процентах.

На парноработающих вальцах уклон рифлей одинаков. Вальцы вращаются навстречу друг другу, поэтому рифли пересекаются под углом, равным двойному углу наклона рифлей.

Уклон рифлей влияет на шаг рифлей, который должен быть измерен перпендикулярно углу нарезки рифлей. С учетом уклона рифлей Y шаг рифлей t равен:

$$t = \frac{1000}{P\sqrt{100^2 - Y^2}};$$

где P – количество рифлей на 1 см окружности вальца.

Теоретически уклон рифлей может меняться от нуля до бесконечности. Для многосортных помолов пшеницы применяют уклон нарезки от 4 до 12%.

Взаимное расположение рифлей размалывающих вальцов. Так как углы острия и спинки неодинаковы, и вальцы имеют разные окружные скорости, то парноработающие вальцы с рифлями можно располагать в вальцовом станке по отношению друг к другу следующим образом (рис. 40):

острием по острию;
острием по спинке;
спинкой по острию;
спинкой по спинке.

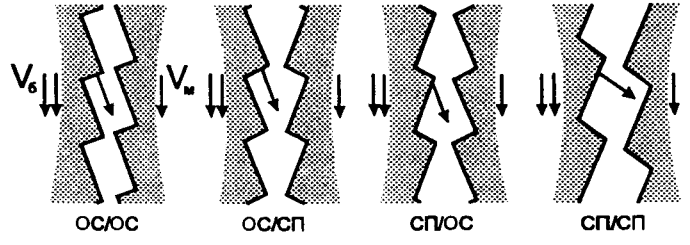



Рис. 40. Взаимное расположение рифлей размалывающих вальцов

При расположении рифлей «спинка по спинке» при всех прочих равных условиях получают меньшее по сравнению с расположением «острие по острию» количество крупной крупки, а мелкой крупки, дунстов и муки - большее и лучшего качества по зольности.

Поэтому при хлебопекарных помолах пшеницы применяют, в основном, взаимное расположение рифлей парноработающих вальцов «спинка по спинке», а при макаронных помолах - «острие по острию».

## 9. СОРТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ

Наряду с измельчением, сортирование является важнейшей технологической операцией. При производстве муки продукты измельчения по крупности сортируются в рассевах при помощи сит.

Характеристика ситовых тканей. Сита являются рабочими органами сортирующих машин, в частности, рассевов и являются, наряду с межвальцовыми зазорами в вальцовых станках, важнейшими управляющими параметрами.

Неправильно подобранные сита в рассевах могут значительно ухудшить количественно-качественные и экономические показатели работы мукомольного завода. Поэтому обычно приводимые в зарубежной технической литературе технологические схемы не содержат сведений о номерах сит или размеров их отверстий в рассевах.

По материалам, из которых изготавливаются сита, их подразделяют на металлотканые, шелковые, капроновые, нейлоновые, полиамидные. Способы переплетения нитей в сите подразделяют на простое (полотняное) и полуложноажурное.

В табл. 9.1 приводятся номера сит и соответствующие им размеры отверстий, которые характеризуют сита как рабочий орган.

В технологической схеме для сит из различных материалов, номера которых совпадают, желательно проставлять расшифровывающие обозначения: м - металлотканые; к - капроновые; пч - полиамидные Черниговского ПО «Химволокно»; па – сита из полиамидной нити импортного производства.

Номер сита швейцарского производства означает число отверстий на один дюйм. Номер сита российского производства - число отверстий на один сантиметр, а металлотканых - размер отверстий в миллиметрах. Для сит полиамидных «па» первая цифра означает количество отверстий на один сантиметр по основе, вторая - по утку.

Таблица 9.1

Таблица номеров и размеров отверстий металлотканых, капроновых, нейлоновых и полиамидных сит

| Металлотканые | | | | Капроновые | |
|---|---|---|---|---|---|
| Швейцария | | Россия | | Россия | |
| Номер | Размер, мкм | Номер | Размер, мкм | Номер | Размер, мкм |
| 8м | 2884 | 2,8 | 2800 | 7к | 1093 |
| 10м | 2257 | 2,5 | 2500 | 8к | 1013 |
| 12м | 1898 | 2,2 | 2200 | 9к | 874 |
| 14м | 1614 | 2,0 | 2000 | 10к | 763 |
| 16м | 1412 | 1,8 | 1800 | 11к | 677 |
| 18м | 1224 | 1,6 | 1600 | 12к | 596 |
| 20м | 1114 | 1,4 | 1400 | 13к | 619 |
| 22м | 990 | 1,2 | 1200 | 14к | 564 |
| 24м | 908 | 1,0 | 1000 | 15к | 517 |
| 26м | 821 | 095 | 950 | 16к | 475 |
| 28м | 767 | 09 | 900 | 17к | 438 |
| 30м | 722 | 085 | 850 | 18к | 405 |
| 32м | 666 | 08 | 800 | 19к | 420 |
| 34м | 636 | 075 | 750 | 20к | 394 |
| 36м | 592 | 067 | 670 | 21к | 370 |
| 38м | 562 | 063 | 630 | 23к | 329 |
| 40м | 527 | 06 | 600 | 25к | 294 |
| 45м | 472 | 056 | 560 | 27к | 264 |
| 50м | 421 | 053 | 530 | 29к | 258 |
| 55м | 372 | 05 | 500 | 32к | 226 |
| 60м | 341 | 045 | 450 | 35к | 219 |
| 65м | 306 | 04 | 400 | 38к | 200 |
| 70м | 287 | | | 43к | 165 |
| 75м | 261 | | | 46к | 156 |
| 80м | 248 | | | 49к | 145 |
| 85м | 228 | | | 52к | 142 |
| | | | | 55к | 130 |
| | | | | 58к | 122 |
| | | | | 61к | 115 |
| | | | | 64к | 106 |
| | | | | 67к | 100 |
| | | | | 70к | 93 |
| | | | | 73к | 87 |
| | | | | 76к | 82 |

Продолжение табл. 9.1

| Нейлоновые | | | | Полиамидные | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Швейцария | | | | Россия | | | |
| Номер | Размер, мкм | Номер | Размер, мкм | Номер | Размер, мкм | Номер | Размер, мкм |
| 12 | 1800 | 56 | 308 | 6,5пч | 1180 | 33/36па | 200 |
| 14 | 1600 | 58 | 300 | 7,5пч | 1000 | 36/40па | 180 |
| 15 | 1400 | 60 | 280 | 8пч | 950 | 43па | 163 |
| 16 | 1320 | 62 | 275 | 8,7пч | 850 | 41/43па | 160 |
| 17 | 1250 | 64 | 265 | 9,3пч | 800 | 46па | 157 |
| 18 | 1180 | 66 | 250 | 10,3пч | 710 | 42/48па | 150 |
| 19 | 1120 | 68 | 243 | 11пч | 670 | 49па | 144 |
| 20 | 1000 | 70 | 236 | 12пч | 600 | 52па | 142 |
| 22 | 950 | 72 | 224 | 12,5пч | 560 | 45/50па | 140 |
| 23 | 900 | 74 | 212 | 13,3пч | 530 | 49/52па | 132 |
| 24 | 850 | 80 | 177 | 14пч | 500 | 55па | 130 |
| 27 | 750 | 6ххх | 212 | 15,5пч | 450 | 52/60па | 118 |
| 28 | 710 | 7 | 200 | 16пч | 425 | 54/62па | 112 |
| 30 | 670 | 8 | 180 | 17,5пч | 390 | 56/64па | 106 |
| 31 | 630 | 8,5 | 160 | 18,5пч | 363 | 58/67па | 100 |
| 32 | 600 | 9 | 150 | 19,5пч | 355 | 65/69па | 95 |
| 34 | 560 | 9,5 | 140 | 20,2пч | 335 | | |
| 36 | 530 | 10 | 132 | 21пч | 315 | | |
| 38 | 500 | 10,5ххх | 125 | 22,7пч | 300 | | |
| 40 | 475 | 11 | 118 | 24,7пч | 265 | | |
| 42 | 450 | 12 | 112 | 27пч | 260 | | |
| 44 | 425 | 12,5пла | 106 | 29пч | 224 | | |
| 45 | 400 | 13 | 100 | 30пч | 212 | | |
| 46 | 390 | 14 | 95 | | | | |
| 47 | 375 | 14,5 | 90 | | | | |
| 48 | 363 | 15 | 85 | | | | |
| 50 | 355 | 17 | 80 | | | | |
| 52 | 335 | 20 | 75 | | | | |
| 54 | 315 | 21 | 71 | | | | |

Примечания: ххх- номер нейлонового сита только простого переплетения;
пла- номер нейлонового сита только полуложноажурного переплетения;
остальные нейлоновые сита, начиная с №7, изготавливают и того и другого переплетения.

При подборе капроновых сит в рассевах следует учитывать, что сита №12к и №18к имеют меньшие размеры отверстий по сравнению с

ситами, соответственно, №13к и №19к, т.к. при изготовлении последних применяются более тонких нити.

Технологические схемы рассевов. Для сортирования продуктов, измельченных в вальцовых станках, применяют рассевы.

Наибольшее распространение на мукомольных заводах получили рассевы ЗРШ-М, ЗРШ-М-4М, РЗ-БРБ, РЗ-БРВ.

Технические характеристики рассевов приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Технические характеристики рассевов

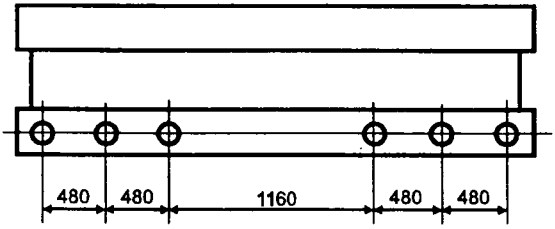
| Показатели | ЗРШ-4М | ЗРШ-6М | ЗРШ-4-4М | ЗРШ-6-4М | РЗ-БРБ | РЗ-БРВ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Количество ситовых рам в секции, шт. | 16 | 16 | 18 | 18 | 22 | 21; 20 |
| Число секций, шт. | 4 | 6 | 4 | 6 | 6 | 4 |
| Размеры ситовых рам, мм | 400x800 | 400x800 | 400x800 | 400x800 | 404x680 | 404x680 |
| Общая полезная площадь сит, $м^2$ | 17 | 25,5 | 18 | 27 | 28,2 | 18,8 |
| Радиус круговых колебаний, мм | 50; 45; 40 | 50; 45; 40 | 47; 40 | 47; 40 | 41 | 41 |
| Частота круговых колебаний, об/мин | 200; 220; 240 | 200; 220; 240 | 220; 240 | 220; 240 | 220 | 220 |
| Габариты, мм: | | | | | | |
| длина | 2400 | 3060 | 2430 | 3090 | 3730 | 2770 |
| ширина | 1500 | 1994 | 1440 | 2020 | 1085 | 1085 |
| высота до приемной доски | 2370 | 2370 | 2370 | 2370 | 2760 | 2760 |

Рассевы выпускаются в четырех- и шестиприемном исполнении. На рис. 41 изображены схемы загрузки рассевов.

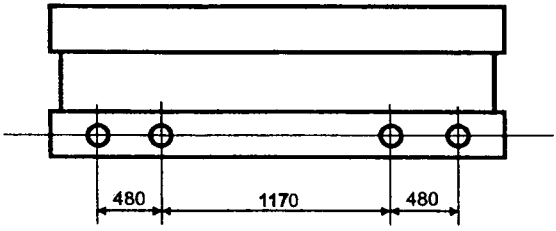
Поскольку на системах технологического процесса сортируются продукты различного гранулометрического состава, то для их сортирования необходимо применять рассевы с разными схемами движения продуктов и с разным количеством сит в их группах. В схемах рассевов различают параллельное, последовательное и смешанное движение одного и того же продукта по ситам.

Для рассевов ЗРШ-М предусмотрено четыре схемы. Для упрощения изображения схем движения продукта в рассеве нами принято цифровое их представление.

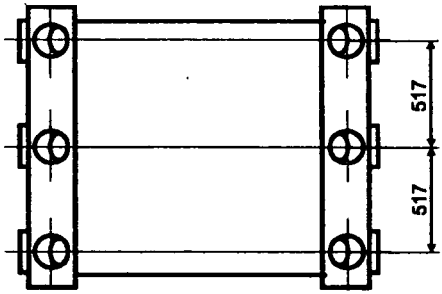
а)




б)




в)




г)

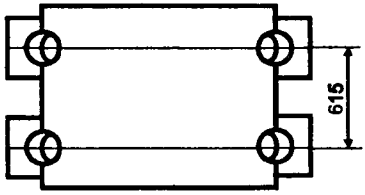



Рис. 41. Схемы загрузки рассевов:
а – РЗ-БРБ; б – РЗ-БРВ; в и г – ЗРШ-М; ЗРШ-М-4М

На рис. 42 представлена схема 1 рассева ЗРШ-М, изображенная традиционно (а) и по принятому нами способу (б).

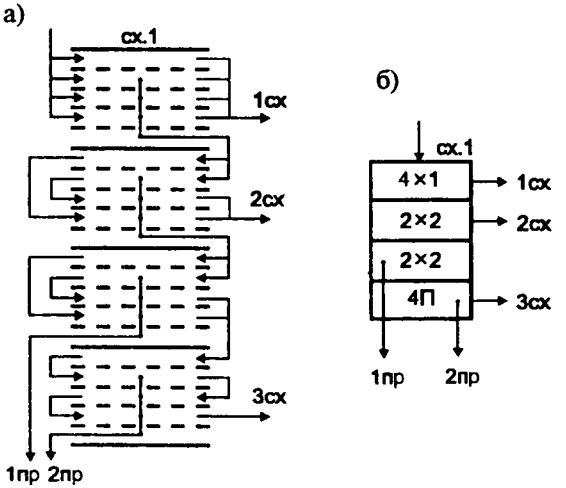



Рис. 42. Схема 1 рассева ЗРШ-М

На рис. 42б «2х2» означает, что продукт поступил на два сита, сход с которых поступил параллельно на нижележащие два сита; «4П» означает, что продукт поступает на одно сито и после этого последовательно проходит по трем остальным ситам этой группы сит. Все остальные схемы ЗРШ-М представлены на рис. 43.

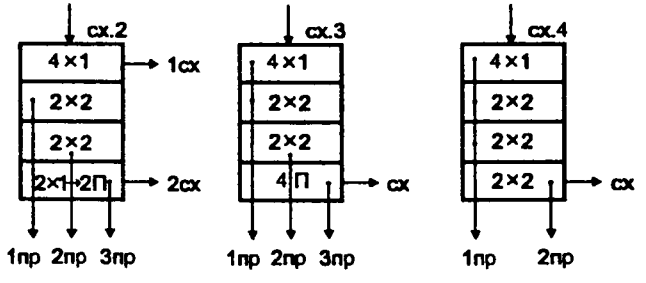



Рис. 43. Схемы 2, 3 и 4 рассева ЗРШ-М

Схему 1 рассева ЗРШ-М рекомендуют применять на первых драных системах, на шлифовочных системах, обогащающих крупную и

среднюю крупки; схему 2 - на последних драных и размольных системах; схему 3 - на первых размольных системах, на шлифовочных системах, обогащающих мелкую крупку и дунст, на сортировочных системах и на контроле муки; схему 4 применяют для обойных помолов.

Для рассевов ЗРШ-М-4М предусмотрено также четыре схемы движения продуктов по ситам (рис. 44).

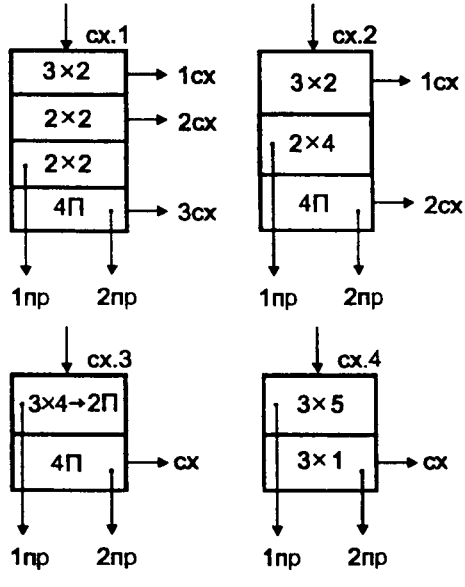



Рис. 44. Технологические схемы рассева ЗРШ-М-4М

Схему 1 рассева ЗРШ-М-4М рекомендуют применять на первых драных системах, на шлифовочных системах, обогащающих крупную и среднюю крупки; схему 2 - на последних драных, на всех размольных и на шлифовочных системах, обогащающих мелкую крупку и дунст; схему 3 - на контроле муки; схему 4 - для обойных помолов.

Рассевы ЗРШ-М и ЗРШ-М-4М выпускают с различным набором схем в каждом - исполнением.

В табл. 9.3 приведены исполнения рассевов ЗРШ-М и ЗРШ-М-4М.

Таблица 9.3

Исполнения рассевов ЗРШ

| Исполнение | | ЗРШ-4М | ЗРШ-6М | ЗРШ-4-4М | ЗРШ-6-4М |
|---|---|---|---|---|---|
| | | номера секций | | | |
| ЗРШ-4М, ЗРШ-6М | ЗРШ-4-4М, ЗРШ-6-4М | 1234 | 123456 | 1234 | 123456 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| А | 00 | 1111 | 111111 | 1111 | 111111 |
| Б | 01 | 3333 | 333333 | 2222 | 222222 |
| В | 02 | 2222 | 222222 | 3333 | 333333 |
| Г | 03 | 1333 | 331331 | 1222 | 111222 |
| Д | 04 | 3111 | 113113 | 1113 | 111333 |
| Е | 05 | 2233 | 332332 | 2233 | 222333 |
| АБ | 06 | | 111333 | 1112 | 111112 |
| АВ | 07 | | 111222 | | 222221 |
| АГ | 08 | | 111331 | | 111122 |
| АД | 09 | | 111113 | | 111133 |
| АЕ | 10 | | 111332 | | 222233 |
| БВ | 11 | | 333222 | | 112222 |
| БГ | 12 | | 333331 | | 113333 |
| БД | 13 | | 333113 | | 223333 |
| БЕ | 14 | | 333332 | | 111223 |
| ВГ | 15 | | 222331 | | 111332 |
| ВД | 16 | | 222113 | | 222331 |
| ВЕ | 17 | | 222332 | | 113222 |
| ГД | 18 | | 331113 | | 112333 |
| ГЕ | 19 | | 331332 | | 122333 |
| ДЕ | | | 113332 | | |

Планы днищ рассевов ЗРШ-4М и ЗРШ-4-4М, которые необходимо определять совместно с табл. 9.3, приведены на рис. 45.

На рис. 45 изображены выходные отверстия для всех четырех схем. Номера секций соответствуют колонкам 3 и 5 табл. 9.3. Например, требуется определить план днища рассева ЗРШ-4М исполнения А. Это исполнение имеет четыре секции схемы 1. Пользуясь ключом, приведенным на рис. 45, находим наименование выходных отверстий для схемы 1, затем полученную схему зеркально отображаем на все оставшиеся секции.

Таким же образом можно получить планы днищ рассевов ЗРШ-6М, ЗРШ-6-4М, используя рис. 46.

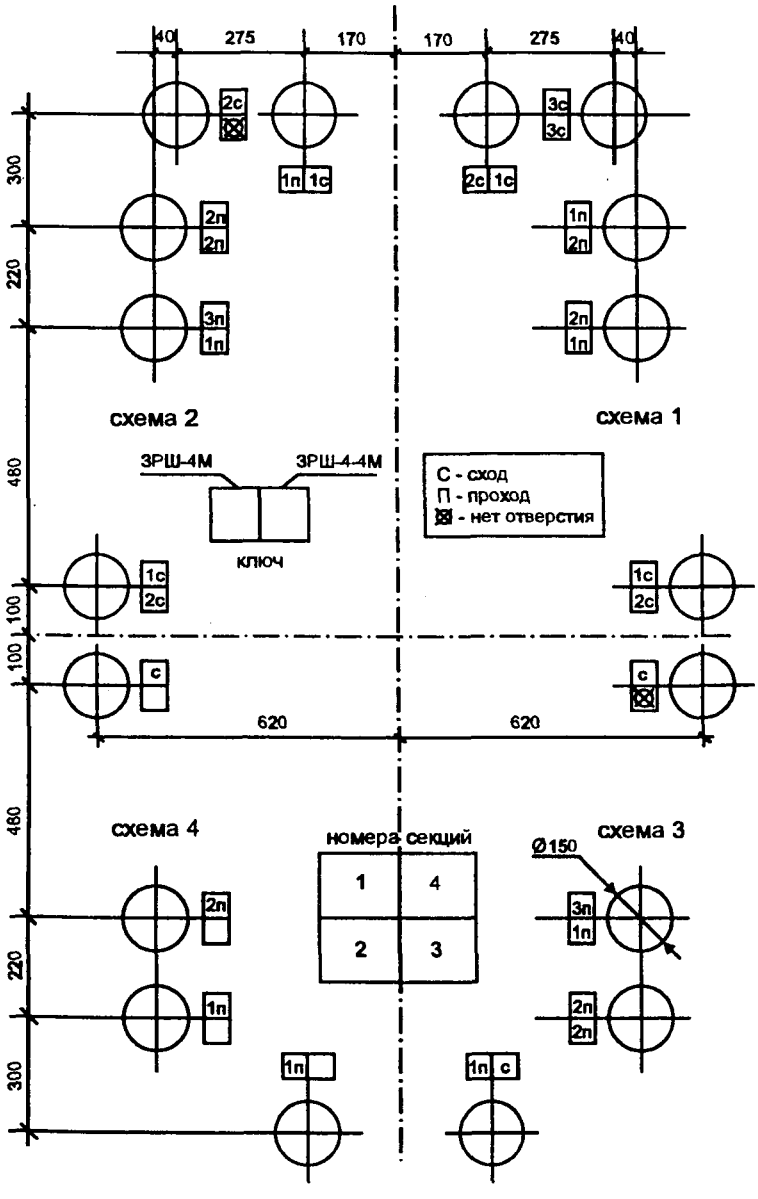



Рис. 45. Планы днищ рассевов ЗРШ-4М и ЗРШ-4-4М

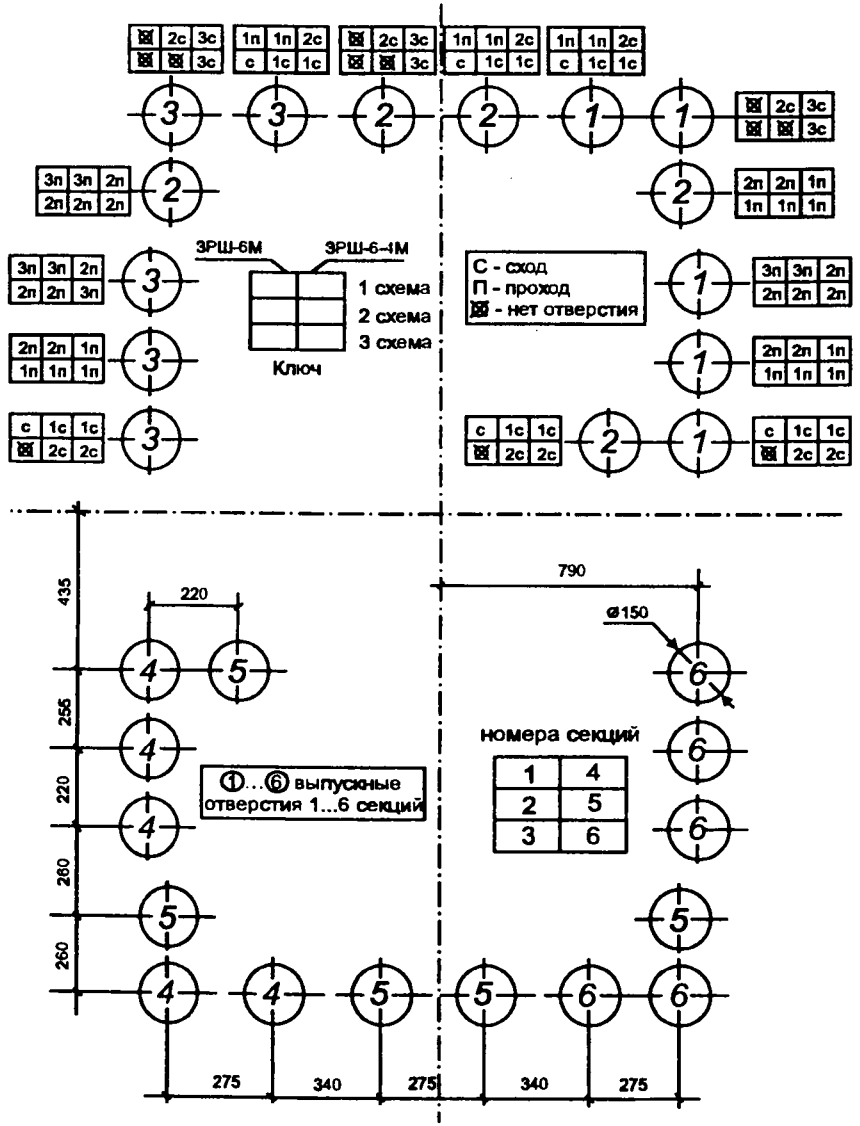



Рис. 46. Планы днищ рассевов ЗРШ-6М и ЗРШ-6-4М

Схемы рассевов РЗ-БРБ и РЗ-БРВ можно разделить по количеству получаемых фракций на три типа: первый тип - пять; второй - четыре; третий - три. Внутри типов рассевы РЗ-БРБ и РЗ-БРВ имеют двадцать одну технологическую схему. По количеству сходов и проходов типы 1 и 2 разделяются на две группы (рис. 47).

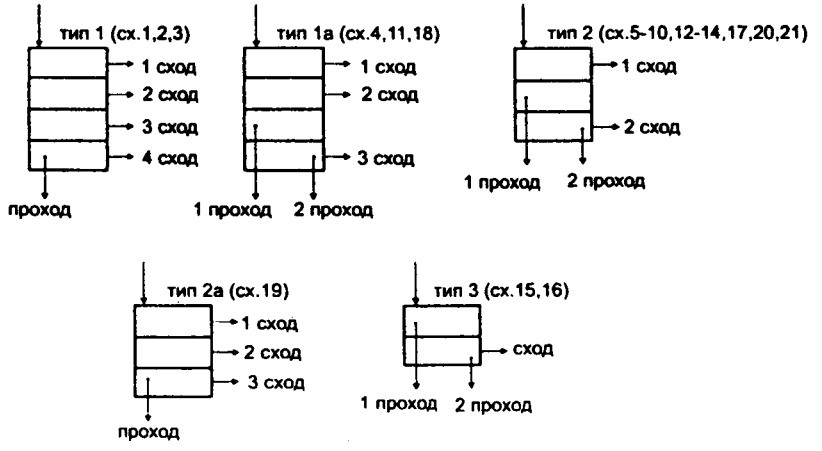



Рис. 47. Технологические схемы рассевов РЗ-БРБ и РЗ-БРВ

Все схемы внутри типов различаются по количеству сит в их группах и схемами движения продуктов по ситам. Схемы движения продуктов по ситам в рассевах изображены на рис. 48.

Рассмотрим схему движения продуктов по ситам на примере схемы 1 типа 1. Продукт поступает на три сита, затем сходы с этих сит параллельными потоками поступают на последующие три сита, с которых выводится первый сход. Проход первой группы сит параллельно поступает на два сита. Затем сходы этих сит параллельными потоками поступают на последующие два сита, сходы с которых объединяются и проходят последовательно по трем ситам, с последнего сита выводится второй сход. Проходы второй группы сит объединяются в один поток, который последовательно проходит по шести ситам, с последнего сита выводится третий сход. Проходы третьей группы сит объединяются в один поток, который также последовательно проходит по трем ситам, с последнего сита выводится четвертый сход, а проходы сит их четвертой группы объединяют и выводят из рассева.

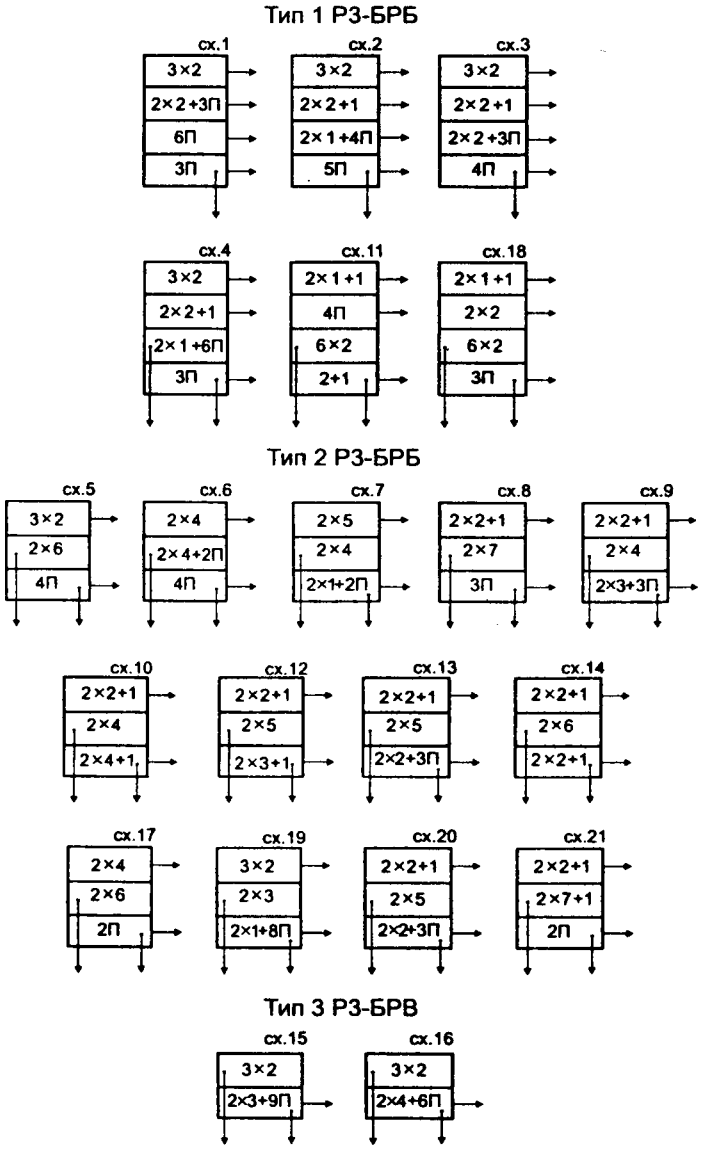



Рис. 48. Схема движения продуктов по ситам в рассевах РЗ-БРБ и РЗ-БРВ

Анализ схем движения продуктов показывает, что взаимозаменяемыми могут быть для типа 1 схемы 1, 2, 3; схемы 4, 11, 18; для типа 2 схемы 5, 6, 7, 17; схемы 8, 9, 10, 12, 13, 14, 20, 21; для типа 3 - схемы 15, 16.

В табл. 9.4 даны исполнения рассевов.

Таблица 9.4

Исполнения рассевов Р3-БРБ (№№1-12) и Р3-БРВ (№№13-14)

| № п/п | Исполнение | Схемы секций в рассеве |
|---|---|---|
| 1 | ПГ 818.01.00.00.000 | 1-1-1-2-2-2 |
| 2 | ПГ 818.01.00.00.000-01 | 13-6-6-9-6-7 |
| 3 | ПГ 818.01.00.00.000-02 | 3-3-11-2-2-10 |
| 4 | ПГ 818.01.00.00.000-03 | 5-4-4-8-10-14 |
| 5 | ПГ 818.01.00.00.000-04 | 8-8-9-9-9-10 |
| 6 | ПГ 818.01.00.00.000-05 | 10-10-12-8-8-12 |
| 7 | ПГ 818.01.00.00.000-06 | 12-20-20-20-8-8 |
| 8 | ПГ 818.01.00.00.000-07 | 10-21-8-10-12-12 |
| 9 | ПГ 818.01.00.00.000-08 | 2-2-2-1-1-1 |
| 10 | ПГ 818.01.00.00.000-09 | 17-17-9-17-17-9 |
| 11 | ПГ 818.01.00.00.000-10 | 18-18-2-2-2-2 |
| 12 | ПГ 818.01.00.00.000-11 | 10-8-10-14-19-14 |
| 13 | ПГ 818.02.00.00.000 | 15-15-15-16 |
| 14 | ПГ 818.02.00.00.000-01 | 16-15-15-15 |

Первые шесть исполнений рассевов Р3-БРБ используются на мельницах, вырабатывающих хлебопекарную муку из высокостекловидной пшеницы, остальные исполнения - на мельницах, вырабатывающих муку из низкостекловидной пшеницы.

На рис. 48 и в табл. 9.5 приведены сведения о планах выпускных отверстий рассевов Р3-БРБ и Р3-БРВ.

Следует отметить, что предложенное разработчиками рассевов Р3-БРБ разнообразие схем движения продуктов в группах сит может быть оправдано стабильными качественными показателями перерабатываемого сырья, что в условиях России маловероятно.

Для просеивания продуктов после вымольных машин, кроме рассевов, используются бураты.

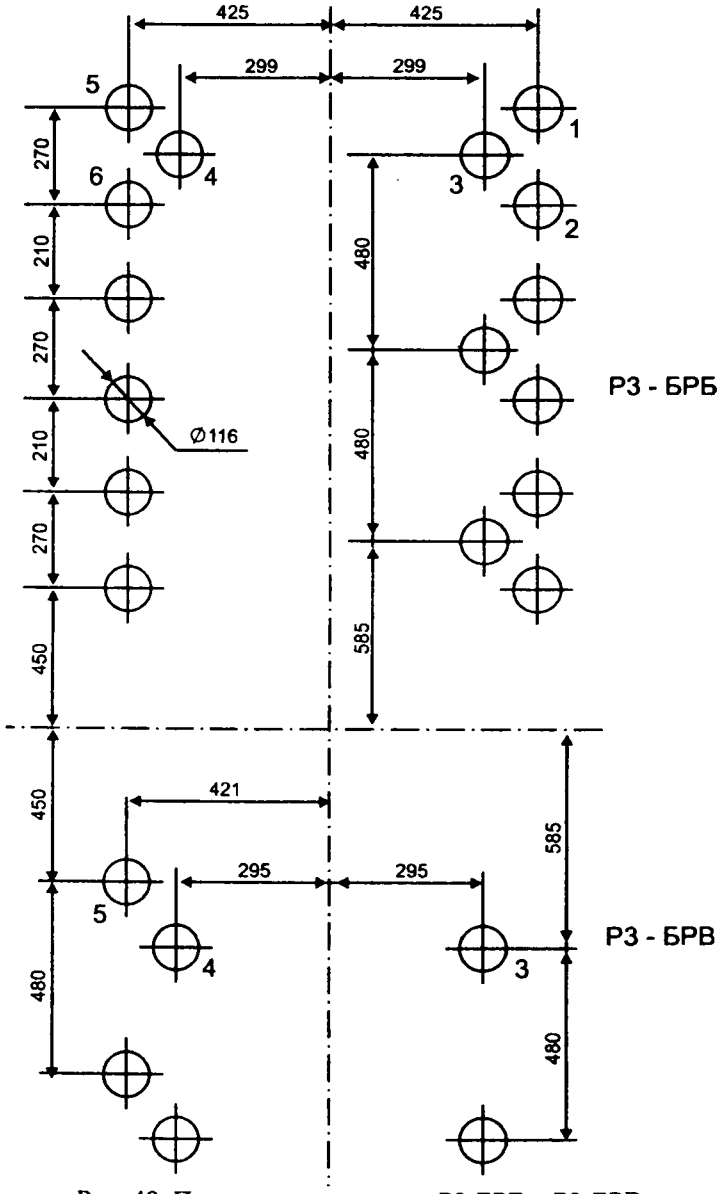



Рис. 49. Планы днищ рассевов Р3-БРБ и Р3-БРВ

Таблица 9.5

Наименование выпускных отверстий в схемах рассевов Р3-БРБ и Р3-БРВ

| Тип | Схема | Номер отверстия | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1,3 | 1сх. | 1сх. | 4сх. | 1пр. | 2сх. | 3сх. |
| | 2 | 1сх. | 1сх. | 4сх. | 1пр. | 3сх. | 2сх. |
| 1а | 4 | 1сх. | 1сх. | 3сх. | 2пр. | 2сх. | 1пр. |
| | 11 | - | 1сх. | 3сх. | 2пр. | 2сх. | 1пр. |
| | 18 | 1сх. | - | 3сх. | 2пр. | 1пр. | 2сх. |
| 2 | 5 | 1сх. | 1сх. | 2сх. | 2пр. | 1пр. | - |
| | 6 | - | 1сх. | 2сх. | 2пр. | 1пр. | - |
| | 7-10, 13, 21 | - | - | 2сх. | 2пр. | 1пр. | 1сх. |
| | 12, 14 | - | - | 2сх. | 1пр. | 2пр. | 1сх. |
| | 17 | 1сх. | - | 2сх. | 2пр. | - | 1пр. |
| | 20 | - | - | 2сх. | 1пр. | 1сх. | 2пр. |
| 2а | 19 | 1сх. | 1сх. | - | 3сх. | 2сх. | 1пр. |
| 3 | 15, 16 | - | - | 1сх. | 2пр. | 1пр. | - |

Примечание: Прочерк в номере отверстия означает отсутствие данного отверстия

При сортировании любое сито разделяет продукт на две фракции: сход и проход. Если в сходе после сортирования содержится проходовая фракция, то это говорит о недосеве. Недосев, в основном, зависит от нагрузки на ситовую поверхность и эффективности работы очистителей сит. Поэтому нагрузки на ситовую поверхность должны быть подобраны таким образом, чтобы снизить недосев. Величину недосева принято оценивать коэффициентом $\eta$, который равен:

$$\eta = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\ \%;$$

где $m$ - количество проходовой фракции в исходном продукте;

$m_1$ - фактическое количество проходовой фракции после сортирования.

В некоторых случаях из-за самосортирования продуктов на сите по добротности недосев может играть положительную роль.

## 10. ОБОГАЩЕНИЕ ПРОДУКТОВ СОРТИРОВАНИЯ В СИТОВЕЕЧНЫХ МАШИНАХ

После сортирования измельченного продукта в рассеве получают однородные по крупности фракции. Однако внутри фракции частицы неоднородны по содержанию в них эндосперма. Это могут быть частицы, состоящие только из эндосперма, частицы, имеющие в своем составе небольшое количество оболочек (сростки), и частицы, содержащие преимущественно оболочки. Все эти частицы отличаются друг от друга массой и скоростями витания и могут быть разделены по этим параметрам на ситовеечных машинах.

Промышленность выпускает двухприемные ситовеечные машины А1-БСО и А1-БС2-О.

Технологический процесс (рис. 50) сортирования и обогащения продуктов в ситовеечной машине происходит в результате взаимодействия движения продукта по ситам при возвратно-поступательном движении наклоненного ситового корпуса и восходящих потоков воздуха.

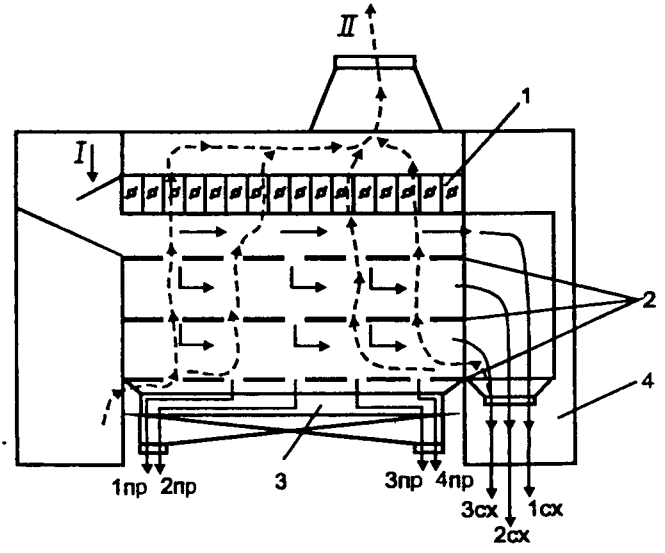



Рис. 50. Технологическая схема ситовеечной машины:
1 - шиберы; 2 – сита; 3 – сборник проходовых фракций;
4 – сборник сходовых фракций; I – исходный продукт; II – воздух

Воздух II засасывается из-под ситового пространства, пронизывает все три яруса сит и поступает в аспирационную сеть. Продукт I, подлежащий сортированию и обогащению, поступает в приемную коробку и с помощью клапанов равномерно распределяется по ширине первого сита верхнего яруса.

По мере разрыхления слоя продукта воздухом и с помощью колебаний ситового корпуса частицы с наибольшей плотностью перемещаются в нижний слой к ситу и, преодолевая сопротивление воздуха, проходят через него.

Пройдя таким образом сита всех трех ярусов, частицы поступают в сборник проходовых фракций, где они выводятся из ситовеечной машины.

Частицы с наименьшей плотностью одновременно перемещаются в верхний слой и, преодолев сопротивление восходящего потока воздуха, выводятся в сборник сходовых фракций.

Каждая половина ситового корпуса снабжена аспирационной камерой, которая имеет с обслуживаемой стороны прозрачные съемные крышки из органического стекла, что позволяет наблюдать за процессом сортирования и обогащения продукта на верхнем ярусе сит.

Каждая аспирационная камера по длине разделена перегородками на шестнадцать одинаковых отсеков, по четыре отсека над каждой ситовой рамой.

Каждый отсек для тонкой регулировки расхода воздуха снабжен шибером и решеткой с продолговатыми одинаковыми отверстиями. При перемещении шибера по решетке регулируется размер отверстий для прохождения воздуха.

Грубое регулирование расхода воздуха осуществляется клапанами, установленными в воздуховодах аспирационной сети. Воздушный режим в аспирационных каналах регулируют так, чтобы продукт двигался по ситу слегка «бурлящим» потоком и равномерно покрывал всю ситовую поверхность.

На эффективность работы ситовеечной машины влияет ряд факторов, в том числе нагрузка на 1 см ширины сита, скорость восходящего потока воздуха, частота и амплитуда колебаний ситового корпуса, угол его наклона и правильность подбора размеров отверстий сит по ярусам ситовеечной машины.

Максимально допустимая величина удельной нагрузки обусловливается обеспечением просеивания всех частиц, не имеющих оболочек или имеющих их в незначительном количестве.

Рекомендуются в зависимости от крупности обогащаемых продуктов следующие удельные нагрузки:

для крупной крупки - 330..360 кг/(см ·сут);

для средней крупки - 330...360 кг/(см·сут);

для мелкой крупки - 150...330 кг/(см ·сут);

для жесткого дунста - 190...240 кг/(см· сут).

Скорость восходящего потока воздуха $V_в$, проходящего через сито и слой продукта, определяют по формуле:

$$V_в = \frac{Q_в}{S_c};$$

где $Q_в$ - расход воздуха, $м^3/ч$;

$S_c$ - площадь сита, $м^2$.

Для ситовеечных машин А1-БСО и А1-БС2-О максимально возможная скорость восходящего потока $V_в$ равна 0,78 м/с, рабочая скорость $V_в$ меньше 0,65 м/с.

Технологическая эффективность работы ситовеечных машин оценивают выходом обогащенных фракций и перераспределением зольности сходовых и обогащенных фракций относительно зольности исходного продукта. Степень снижения зольности $\Delta Z$ определяют по формуле:

$$\Delta Z = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1};$$

где $Z_1$, $Z_2$ - зольности соответственно исходного и обогащенного продуктов, %.

Работа ситовеечных машин А1-БСО и А1-БС2-О считается эффективной, если зольность верхнего схода в 2...3 раза выше зольности исходного продукта, а зольность нижнего схода в 1,5...2 раза ниже зольности верхнего схода. Степень снижения зольности составляет для крупной крупки 40...50%, для средней крупки - 30...40%, для мелкой крупки - 20...25% и для дунстов - 10...15%.

Конструктивно ситовеечная машина А1-БСО не отличается от ситовеечной машины А1-БС2-О, в которой длина ситового корпуса больше на 30 мм. На рис. 51 и в табл. 10.1 приведены схемы вывода проходовых фракций ситовеечных машин А1-БСО.

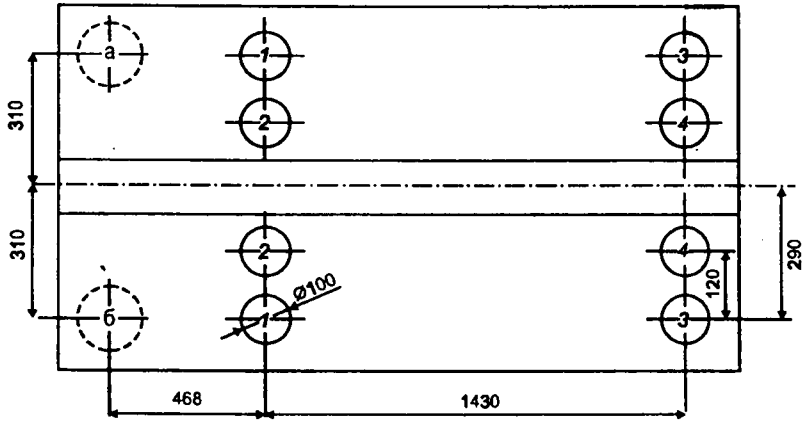



Рис. 51. Схема вывода проходовых фракций ситовеечных машин А1-БСО

Таблица 10.1

К плану отверстий для вывода проходовых фракций ситовеечных машин А1-БСО (рис. 51)

| Исполнение | Номера предусмотренных отверстий | |
|---|---|---|
| | прием а | прием б |
| А1 БСО.00.000 | 3; 4 | 1; 3; 4 |
| А1 БСО.00.000.01 | 3; 4 | 1; 2; 3 |
| А1 БСО.00.000.02 | 1; 4 | 1; 3; 4 |
| А1 БСО.00.000.03 | 1; 3; 4 | 1; 4 |
| А1 БСО.00.000.04 | 1; 2; 3 | 3; 4 |
| А1 БСО.00.000.05 | 3; 4 | 3; 4 |
| А1 БСО.00.000.06 | 3; 4 | 3; 4 |
| А1 БСО.00.000.07 | 1; 3; 4 | 1; 4 |
| А1 БСО.00.000.08 | 3; 4 | 2; 34 4 |
| А1 БСО.00.000.09 | 1; 4 | 1; 3; 4 |
| А1 БСО.00.000.10 | 1; 2; 4 | 1; 2; 4 |

Техническая характеристика ситовеечных машин приведена в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Техническая характеристика ситовеечных машин

| Показатели | А1-БСО | А1-БС2-О |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 1,6...2,0 | 1,6...2,0 |
| Ситовые рамы: | | |
| количество на один прием | 12 | 12 |
| размер, мм | 500х432 | 500х432 |
| Фактическая ширина приемного сита, мм | 400х400 | 400х400 |
| Число ярусов ситовых рам | 3 | 3 |
| Число колебаний ситового корпуса, колеб/мин | 480...525 | 480...525 |
| Амплитуда колебаний ситового корпуса, мм | 5...6 | 5...6 |
| Расход воздуха, $м^3$/ч, не более | 4200 | 4200 |
| Габариты, мм: | | |
| длина | 2670 | 2700 |
| ширина | 1270 | 1270 |
| высота | 1400 | 1400 |

## 11. МАШИНЫ ДЛЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ

Машины для вымола сходовых продуктов драных систем. Избирательность измельчения зависит не только от различия сопротивлений разрушающим усилиям оболочек и эндосперма, но и от различия количественного содержания их в продуктах, поступающих на измельчение.

В табл. 11.1 иллюстрируются данные по избирательному измельчению оболочек и эндосперма на драных системах.

Нашими исследованиями установлено, что если в продукте, поступающем на систему, оболочек больше, чем эндосперма, то его целесообразнее направлять на вымольные машины, где степень воздействия рабочих органов на продукт меньше, чем в вальцовых станках, и лучше проявляется избирательность измельчения.

На предприятиях для вымола сходовых продуктов на последних драных системах применяют вымольные машины А1-БВГ и бичевые машины МБО.

Таблица 11.1

Избирательное измельчение оболочек и эндосперма на драных системах

| Драные системы | Содержание оболочек и эндосперма, % к I драной системе | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | в продукте, поступившем на систему | | | в извлеченном продукте | | |
| | оболочки | эндосперм | зольность поступившего продукта | оболочки | эндосперм | зольность извлеченного продукта |
| II крупная | 7,4 | 42,7 | 1,75 | 1,8 | 23,2 | 0,86 |
| II мелкая | 4,7 | 25,3 | 1,78 | 1,2 | 15,6 | 0,88 |
| III крупная | 5,6 | 19,5 | 2,89 | 1,4 | 10,3 | 1,14 |
| III мелкая | 4,4 | 10,8 | 3,08 | 1,3 | 5,7 | 1,43 |
| IVкрупная | 6,9 | 3,2 | 4,58 | 3,1 | 1,7 | 3,42 |
| IV мелкая | 3,1 | 3,8 | 4,24 | 1,4 | 2,0 | 3,27 |
| V | 5,1 | 3,1 | 4,56 | 2,4 | 1,5 | 3,89 |

На рис. 52 представлена технологическая схема вымольной машины А1-БВГ.

Одним из рабочих органов является бичевой ротор с четырьмя бичами, выполненными в виде металлических пластин, с длиной примерно равной длине ситового цилиндра. Внутри ситового цилиндра вращается бичевой ротор. Ситовой цилиндр также является рабочим органом.

Вымольная машина А1-БВГ работает следующим образом. Сходовой продукт поступает в приемную камеру 1 и затем в рабочую зону 2. Здесь продукту гонками, расположенными на бичах ротора, сообщается как вращательное, так и осевое движение. Вследствие интенсивного удара бичей частицы эндосперма отделяются от оболочек и вместе с ними отбрасываются на ситовую поверхность. Частицы с относительно большим содержанием эндосперма, как более мелкие, проходят через отверстия сита и выводятся из машины. Более крупный продукт со сниженным в результате вымола содержанием эндосперма идет сходом с ситового цилиндра и выводится из машины.

Время нахождения продукта в рабочей зоне регулируют клапанами, установленными в приемной камере 1, т.е. время нахождения продукта в рабочей зоне является оперативно-регулируемым параметром вымольной машины.

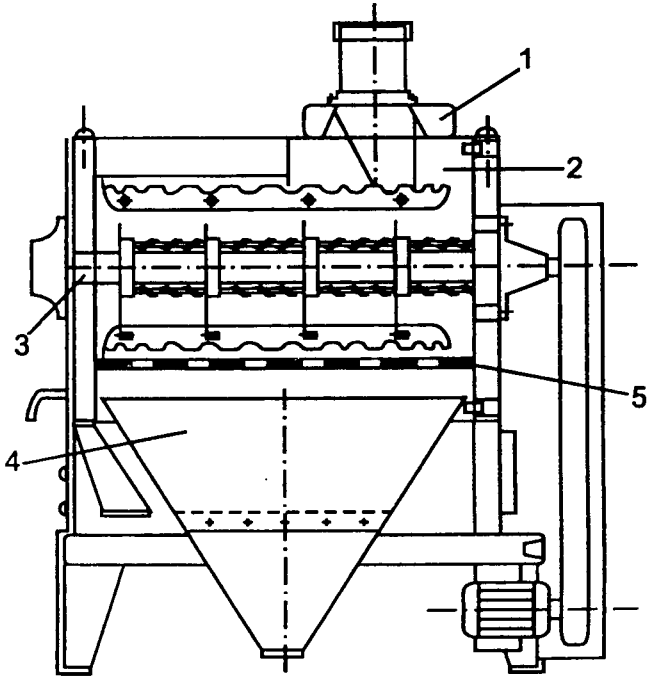



Рис. 52. Вымольная машина А1-БВГ:
1 – приемная камера; 2 – рабочая зона; 3 – бичевой ротор;
4 – выпускной конус; 5 – ситовой цилиндр

Бичевые машины типа МБО, кроме операции вымола, применяют для предварительного сортирования продуктов измельчения после вальцовых станков. При этом снижаются нагрузки на рассевы данных систем и на вальцовые станки последующих систем.

Принцип работы бичевых машин типа МБО не отличается от принципа работы вымольных машин А1-БВГ.

Отметим различия в конструкции бичевого ротора. Бичи бичевого ротора крепятся к его валу и расположены по винтовой линии с шагом примерно десять градусов. Рабочая плоскость каждого бича развернута относительно оси вала на угол 45° для придания продукту движения вдоль ситового цилиндра.

Промышленность выпускает четыре типа машин МБО, которые отличаются, в основном, производительностью и размерами отверстий сит ситового цилиндра.

В табл. 11.2 приведены технические характеристики машин для вымола сходовых продуктов драных систем.

Таблица 11.2

Технические характеристики машин для вымола сходовых продуктов драных систем

| Показатели | А1-БВГ | МБО |
|---|---|---|
| Производительность, т/ч | 0,9...1,6 | 5,0...5,5 |
| Бичевой ротор: | | |
| диаметр, мм | 415 | 330 |
| частота вращения, об/мин | 1000...1100 | 1200 |
| Диаметр ситового цилиндра, мм | 445 | 354 |
| Расход воздуха на аспирацию, $м^3/ч$ | 432 | 306 |
| Габариты, мм: | | |
| длина | 1600 | 1350 |
| ширина | 820 | 545 |
| высота | 1720 | 1320 |

## 12. МАШИНЫ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПОСЛЕ ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ

При применении вальцовых станков с шероховатыми вальцами в измельченном продукте могут образовываться спрессованные частицы муки и дунстов. Для их разрушения и дополнительного измельчения применяют машины ударно-истирающего действия, которые устанавливают после вальцового станка перед направлением продукта на сортирование. На мельзаводах применяют для указанных операций энтолейторы РЗ-БЭР и деташеры А1-БДГ.

Энтолейтор РЗ-БЭР предназначен для дополнительного измельчения продукта после вальцовых станков с шероховатыми вальцами на первых размольных системах до первой сходовой системы (рис. 53).

Корпус 1 энтолейтора РЗ-БЭР изготовлен в виде «улитки» с выпускным патрубком 2. Внутри корпуса 1 на валу электродвигателя 4 закреплен ротор, состоящий из двух стальных дисков, между которыми расположены два концентричных ряда втулок (по 20 штук в каждом ряду).

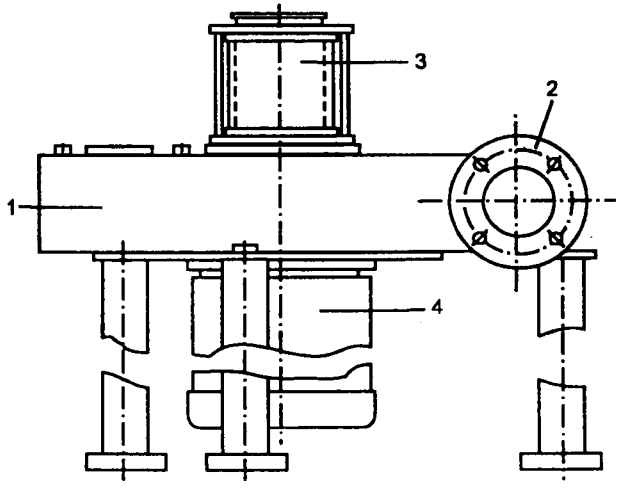



Рис. 53. Энтолейтор:
1 – корпус; 2 – выпускной патрубок; 3 – приемный патрубок; 4 – электродвигатель

Продукт, измельченный в вальцовом станке, поступает в приемный патрубок 3 и через отверстия в верхнем диске ротора попадает в его рабочую зону. Под действием центробежных сил инерции и воздушного потока частицы продукта движутся от центра к периферии ротора. Вследствие многократных ударов о втулки и корпус частицы продукта дополнительно измельчаются, а спрессованные частицы разрушаются. Измельченный продукт выводится через выпускной патрубок 2 и направляется на сортирование в рассев.

Применение энтолейторов увеличивает извлечение муки на 25% к массе продукта, поступившего на вальцовый станок.

Деташеры А1-БДГ применяют для дополнительного измельчения продуктов после вальцовых станков с шероховатыми вальцами на шлифовочных системах и на размольных системах, начиная с первой сходовой.

Рабочий орган деташера - бичевой ротор с четырьмя бичами на ступицах, закрепленных на валу. Бичи снабжены зубьями, большая часть которых отогнута на 16° относительно оси вала для осевого перемещения продукта в рабочей зоне. Вал бичевого ротора соединен с валом электродвигателя с помощью муфты.

Продукт после вальцового станка с шероховатыми вальцами поступает в приемный патрубок деташера и попадает в его рабочую зону. В результате многократных ударов и трения продукта о стенку корпуса при его продольном перемещении происходит его измельчение и разрушение спрессованных частиц. Применение деташеров увеличивает извлечение муки на 20% к массе продукта, поступившего в вальцовый станок.

## 13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗМОЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ МЕЛЬЗАВОДА

Все технологические процессы размольных отделений мукомольных заводов разделяют на помолы пшеницы и ржи. В свою очередь они подразделяются на обойные и сортовые помолы.

Сортовые помолы по ассортименту вырабатываемой продукции могут быть односортными и двухсортными, а для пшеницы - еще трехсортными, с отбором макаронной крупки и макаронные помолы. Кроме этого при сортовых помолах пшеницы отбирают манную крупу и зародыш. Чем больше вырабатывают на мельзаводах муки высоких сортов (высший и первый), тем сложнее и разветвленнее технологический процесс.

В России и во всем мире накоплен огромный практический опыт по разработке и ведению технологического процесса. Этот опыт необходимо обобщить, чтобы инженер-технолог мог самостоятельно решать следующие сложные задачи:

разработать и рассчитать структуру технологического процесса;

учесть все взаимосвязи между этапами технологического процесса;

правильно подобрать сита или рассчитать их размеры отверстий по группам сит в рассевах и по ярусам сит в ситовеечных машинах;

подобрать оптимальные режимы измельчения, сортирования и обогащения продуктов в технологическом процессе;

рассчитать количественный и количественно-качественный баланс помола.

Последние две задачи практически невозможно решить без использования компьютеров с соответствующим программным обеспечением.

## 13.1. Обойные помолы пшеницы и ржи

Любая технологическая схема помолов пшеницы и ржи, в том числе и обойных помолов, состоит из повторяющихся по построению и по направлению продуктов модулей. Этим объясняется многообразие технологических схем, по которым работают мельзаводы.

Запомнить и проанализировать все встречающиеся технологические схемы, а их сотни, практически невозможно. Поэтому изучать и анализировать технологические схемы необходимо по их модулям. Число модулей схемы обычно небольшое, что значительно упрощает разработку и анализ технологического процесса.

Модулем технологической схемы называется повторяющаяся в одной или нескольких технологических схемах система, для которой должны быть известны ее задача, наименование продукта, поступающего на систему, или откуда он поступает, направление или крупность продуктов, полученных на данной системе.

Система технологического процесса может иметь в своем составе: вальцовый станок с рассевом; рассев; вымольную машину и т.п.

Взаимосвязь систем, изображенная графически, и является технологической схемой. В технологической схеме обычно указываются характеристики вальцовых станков и их количество, количество рассевов и номера или размеры отверстий сит во всех группах сит рассевов. Кроме этого указывается наименование сырья и готовой продукции в соответствующих местах технологической схемы.

Задача обойных помолов пшеницы и ржи состоит в измельчении зерна до заданной крупности.

Крупность определяется ГОСТом на муку обойную. Поскольку вальцовый станок за один проход не может измельчить зерно до заданной крупности, то технологический процесс проводится на нескольких станках.

Модуль технологической схемы обойного помола пшеницы и ржи выглядит следующим образом (рис. 54).

Обойные помолы пшеницы и ржи подразделяются на помолы с отбором отрубей и без отбора отрубей. В табл. 13.1 приведены нормы выхода муки и отрубей при обойных помолах пшеницы и ржи.

Если помол с отбором отрубей, то сходовой продукт с последней системы направляют в отруби, а если без отбора отрубей - на эту же систему.

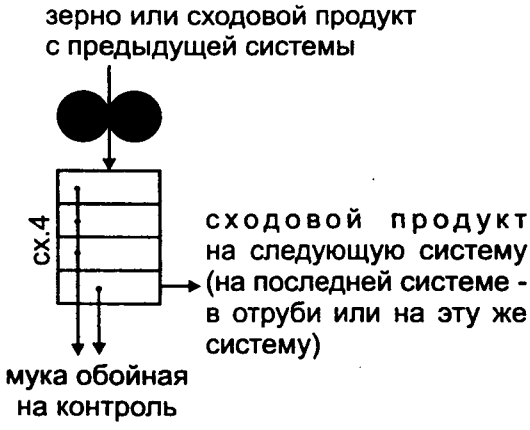



Рис. 54. Модуль технологической схемы обойного помола пшеницы и ржи

Таблица 13.1

Нормы выхода муки и отрубей при обойных помолах пшеницы и ржи

| Вид обойного помола | Выход муки, % | Выход отрубей, %, не более |
|---|---|---|
| Пшеничный | 96 | 1 |
| Ржаной | 95 | 2 |
| Ржано-пшеничный (60 % ржи + 40 % пшеницы) | 95 | 2 |
| Пшенично-ржаной (70 % пшеницы + 30 % ржи) | 96 | 1 |

Модуль контроля обойной муки выглядит следующим образом (рис. 55).

В технологических схемах обойных помолов принимают количество систем - 3...4. Исходя из этого и используя вышеприведенные модули, можно составить структурную схему обойного помола с отбором отрубей, например, из трех систем (рис. 56).

Для подбора сит в рассевах технологической схемы необходимо знать нормы крупности и качества обойной муки (табл. 13.2).

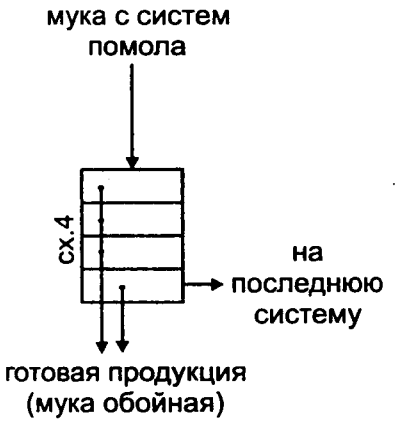



Рис. 55. Модуль контроля обойной муки

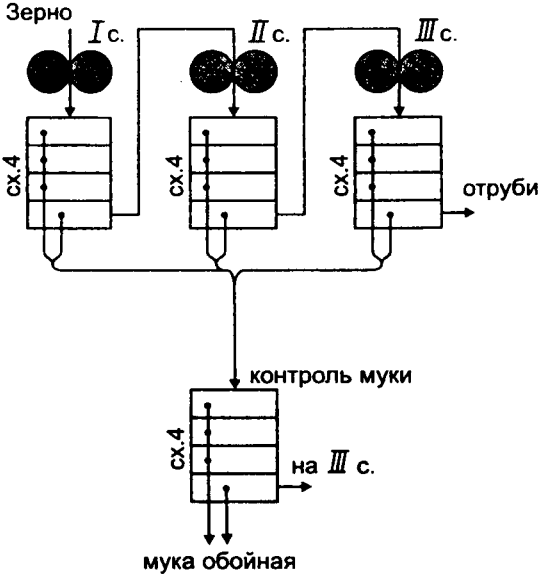



Рис. 56. Структурная схема обойного помола с отбором отрубей

Таблица 13.2

Показатели крупности и качества обойной муки из пшеницы и ржи

| Обойная мука | Зольность, % | Остаток на сите металлотканом | | Проход через сито шелковое | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | номер сита | процент, не более | номер сита | процент, не менее |
| Ржаная | 2,0; но не менее, чем на 0,07% ниже зольности зерна до очистки | 067 | 2 | 38 | 30 |
| Пшеничная | не менее, чем на 0,07% ниже зольности зерна до очистки, но не более 2,0 | 067 | 2 | 38 | 35 |
| Ржано-пшеничная | 2,0; но не менее, чем на 0,07% ниже зольности зерна до очистки | 067 | 2 | 38 | 40 |
| Пшенично-ржаная | 2,0; но не менее, чем на 0,07% ниже зольности зерна до очистки | 067 | 2 | 38 | 40 |

Если на всех системах, кроме системы контроля, поставить сита 067, то, безусловно, мука обойная будет получаться по крупности равная или мельче, чем размер отверстий этого сита, т.е. требование ГОСТа по верхнему пределу крупности будет выполнено. Однако на верхних группах сит рассевов имеют место недосевы муки из-за сравнительно большой нагрузки по сравнению с нижними группами. Поэтому сита на верхних группах сит устанавливают на первой системе на два-три номера, на второй системе - на один-два и на последующих системах на один номер реже, чем сито 067. На двух нижних группах устанавливают сита 067. Нижний предел крупности обойной муки (проход сита шелкового № 38) обеспечивают путем установки соответствующего зазора между мелющими вальцами вальцовых станков.

На системе контроля муки сита устанавливают реже на два-три номера по сравнению с ситом 067. Это делается для того, чтобы уменьшить просеивающую поверхность сит системы контроля муки. Применив указанные правила подбора сит, получим следующую технологическую схему обойного помола из трех систем с отбором отрубей (рис. 57).

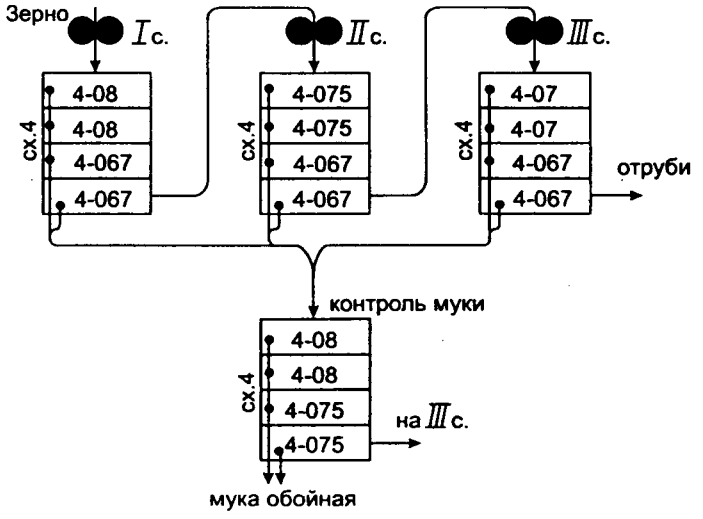



Рис. 57. Технологическая схема обойного помола

Работа вальцовых станков характеризуется режимами измельчения. Под режимом измельчения подразумевается количество прохода контрольного сита, а количество этого прохода, выраженное в процентах от массы продукта, направляемого на систему, называется извлечением. В табл. 13.3 приведены показатели режимов измельчения при обойных помолах.

Таблица 13.3

Ориентировочные показатели режимов измельчения при обойных помолах

| Показатели | Системы | | |
|---|---|---|---|
| | I | II | III |
| Номер контрольного сита | 067 | 067 | 067 |
| Извлечение, % | 40...50 | 50...70 | 70...80 |

Эти режимы измельчения помимо установки межвальцового зазора обеспечиваются параметрами нарезки рифлей размалывающих вальцов на системах. К параметрам нарезки относятся:

количество рифлей на 1 см окружности вальца, P = 4,5...8,0;

уклон рифлей, Y= 12...14 %;

отношение окружных скоростей парноработающих вальцов, K= 2,5;

скорость быстровращающегося вальца, $V_6$ = 6 м/с;

углы острия от 25° до 30°;

углы спинки от 65° до 70°;

взаимное расположение рифлей «острие по острию».

Количество рифлей на 1 см окружности вальца на первой системе Р принимают равным 4,5...5,0; на последующих системах его увеличивают на 1,0...0,5 рифлей; и на последней системе количество рифлей принимают равным 7,0...8,0.

В обойных помолах пшеницы и ржи часто применяют вымольные машины типа МБО. При этом их устанавливают или для дополнительной обработки сходовых продуктов после рассевов или для дополнительной обработки продуктов после вальцовых станков.

Модуль, изображенный на рис. 58, рекомендуется применять с первой системы, а модуль (рис. 59) - начиная с последней системы.

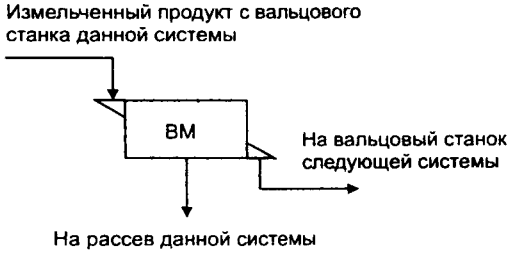



Рис. 58. Модуль вымольной системы, применяемой для обработки измельченных продуктов после вальцового станка

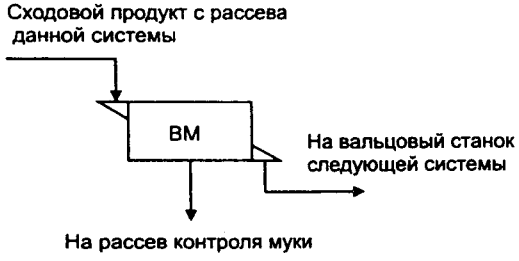



Рис. 59. Модуль вымольной системы, применяемой для обработки сходового продукта после рассева

Используя все вышеприведенные модули и рекомендации, можно разработать технологическую схему обойного помола с отбором отрубей, состоящую из четырех систем и четырех вымольных систем, одна из которых применяется для обработки сходового продукта после рассева, а остальные - для обработки измельченных продуктов после вальцовых станков (рис. 60).

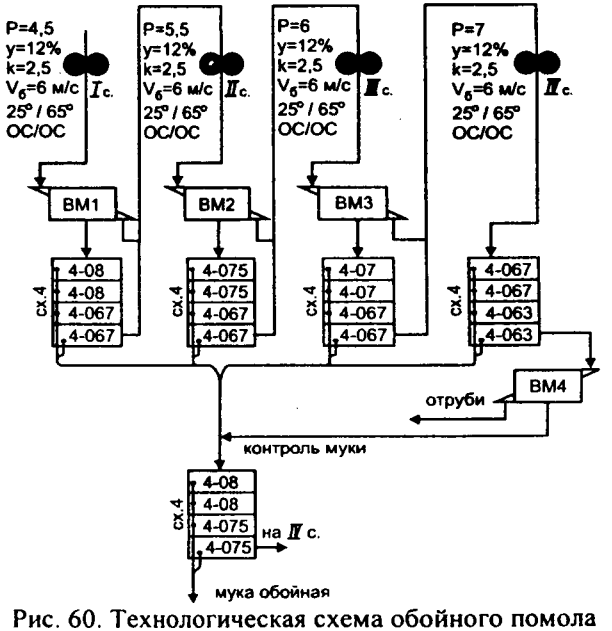



Рис. 60. Технологическая схема обойного помола

В табл. 13.4 приведены задачи для самостоятельной разработки технологических схем обойных помолов.

Таблица 13.4

Задачи для самостоятельной работы

| Вид обойного помола | Количество систем | Количество вымольных систем | |
|---|---|---|---|
| | | после вальцового станка | после рассевов |
| С отбором отрубей | 4 | 1 | 2 |
| Без отбора отрубей | 3 | 2 | 1 |

## 13.2. Сортовые хлебопекарные помолы пшеницы

На мукомольных заводах сортовых помолов пшеницы вырабатывают муку крупчатку, муку высшего, первого и второго сортов, манную крупу и зародыш. Нормы качества хлебопекарной муки и манной крупы приведены в табл. 13.5.

Таблица 13.5

Показатели качества муки (ГОСТ 26574-85) и манной крупы (ГОСТ 7022-54 Изм.4)

| Продукты | Зольность в пересчете на сухое вещество, % | Крупность помола | | | | Количество клейковины, не менее; качество |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | остаток на сите шелковом | | проход через сито шелковое | | |
| | | № сита | % | № сита | % | |
| Мука: | | | | | | |
| Крупчатка | ≤0,60 | 23 | ≤2 | 35 | ≤10 | 30,0; не ниже второй группы |
| Высший сорт | ≤0,55 | 43 | ≤5 | - | - | 28,0; не ниже второй группы |
| Первый сорт | ≤0,75 | 35 | ≤2 | 43 | ≥80 | 30,0; не ниже второй группы |
| Второй сорт | ≤1,25 | 27 | ≤2 | 38 | ≥65 | 25,0; не ниже второй группы |
| Манная крупа | ≤0,60 | - | - | 23<br>38 | ≤8<br>≤2 | - |

Общий выход муки колеблется от 72 до 78%, в том числе муки высшего сорта от 15 до 75%; первого сорта от 15 до 65%; муки второго сорта от 5 до 40%. При односортном 85%-ном помоле вырабатывают муку только второго сорта.

### 13.2.1. Классификация продуктов размола зерна по крупности

Все продукты, получаемые в драном крупообразующем процессе, условно характеризуются ситами, проходом и сходом которых получен данный продукт (табл. 13.6).

Ситовая классификация продуктов размола по крупности имеет ряд серьезных недостатков. Особенно проявляются они при одновременном применении разных сит, например, металлотканых и капроновых.

Таблица 13.6

Ситовая характеристика продуктов

| Продукты | Сита | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | металло-тканые | нейлоно-вые | капроно-вые | шелковые | поли-амидные |
| Сходовой продукт | -/1,2 | -/19 | -/7 | -/71 | -/6,5 |
| Крупная крупка | 1,2/063 | 19/31 | 7/12 | 71/120 | 6,5/12 |
| Средняя крупка | 063/045 | 31/42 | 12/17 | 120/160 | 12/15,5 |
| Мелкая крупка | 045/025 | 42/54 | 17/23 | 160/200 | 15,5/21 |
| Жесткий дунст | - | 54/66 | 23/29 | 200/27 | 21/27 |
| Мягкий дунст | - | 66/8,5 | 29/43 | 27/38 | 27/43 |
| Мука | - | 8,5/- | 43/- | 38/- | 43/- |

Примечание: Числитель - номер проходового сита; знаменатель – номер сходового сита.

Отсутствие единой классификации серьезно затрудняет применение ЭВМ в проектировании схем. Поэтому лучше использовать классификацию продуктов по крупности (табл. 13.7).

Таблица 13.7

Характеристика крупности продуктов

| Наименование продукта | Максимальный размер, мкм | Минимальный размер, мкм |
|---|---|---|
| Сходовой продукт | - | 1150 |
| Крупная крупка | 1150 | 630 |
| Средняя крупка | 630 | 450 |
| Мелкая крупка | 450 | 315 |
| Жесткий дунст | 315 | 250 |
| Мягкий дунст | 250 | 160 |
| Мука | 160 | - |

Однако предлагаемая классификация, как и ситовая, пригодна лишь для двух-трех первых драных систем.

В силу особенностей технологического процесса на остальных системах сходовой продукт может быть по крупности меньше, чем это предусмотрено в классификации. Это обусловлено качеством сходовых и круподунстовых продуктов.

### 13.2.2. Технологический процесс сложных сортовых хлебопекарных помолов пшеницы

Технологический процесс сортовых помолов пшеницы делят на ряд этапов (рис. 61).

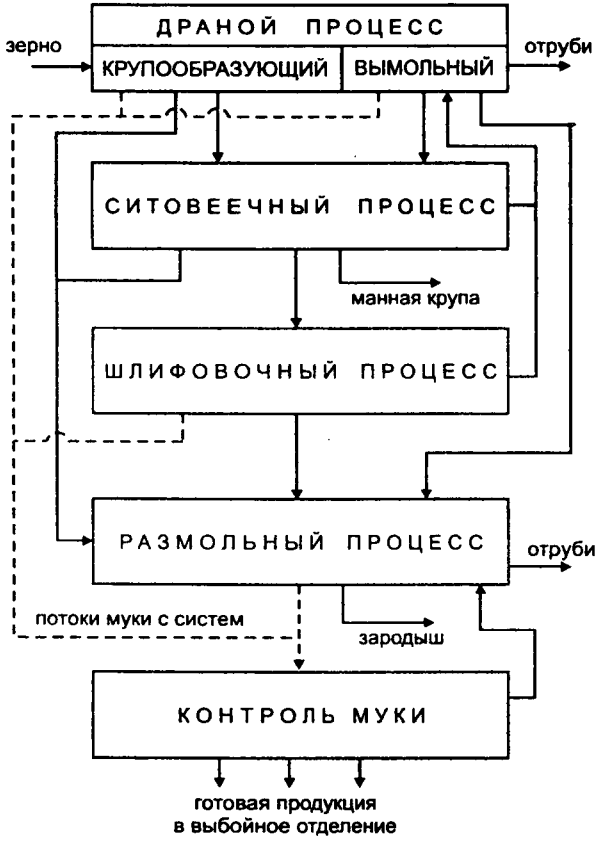



Рис. 61. Технологический процесс сортовых помолов пшеницы

Первый этап - драной процесс. Его условно можно разделить на драной крупообразующий, где получают основное количество круподунстовых продуктов, и драной вымольный, где получают небольшое количество круподунстовых продуктов и, в основном, вымалывают

оболочки до отрубей. Круподунстовые продукты, полученные в драном крупообразующем процессе, называются продуктами первого качества, полученные в драном вымольном процессе – продуктами второго качества.

Круподунстовые продукты, полученные в драном процессе, направляют в ситовеечный процесс, где из них выделяют легкие оболочечные продукты, которые возвращают в драной вымольный процесс, а обогащенные продукты направляют в шлифовочный и размольный процессы. В ситовеечном процессе получают манную крупу.

В шлифовочном процессе путем измельчения из крупок выделяют оболочечные продукты, которые направляют в драной вымольный процесс, а обогащенные продукты - в размольный процесс.

В размольном процессе из продуктов, путем последовательного измельчения и сортирования, получают муку, а сходовые продукты с последних размольных систем направляют в отруби. В размольном процессе получают зародыш.

Из муки, полученной в драном, шлифовочном и размольном процессах, формируют потоки муки, по качеству соответствующие высшему, первому и второму сортам, и направляют их на контроль. Продукты, полученные сходом с систем контроля, возвращают на соответствующие системы размольного процесса. После контроля муку направляют в выбойное отделение мукомольного завода.

### 13.2.3. Основные закономерности технологического процесса

В любом технологическом процессе можно выявить закономерности, которые выполняются в любом варианте его построения и ведения. На наш взгляд нет необходимости рассматривать «очевидные» закономерности, таких как: при всех прочих равных условиях, чем больше размер отверстий сита, тем больше получают проходовой фракции и меньше сходовой; при всех прочих равных условиях, чем меньше зазор между размалывающими вальцами, тем больше можно извлечь мелких фракций из измельченного продукта.

Выделим основные закономерности, которые существенно влияют на построение технологического процесса и на его ведение.

1) На данной системе качество (зольность) промежуточных продуктов улучшается с уменьшением их крупности.

Это означает, что если на данной системе получают крупную и среднюю крупки, то зольность крупной крупки будет выше зольности

средней крупки и т.д. В основе этой закономерности лежит разница в сопротивлении разрушающим усилиям оболочек и эндосперма.

2) В пределах драного процесса качество продуктов одинаковой крупности (наименования) ухудшается к концу процесса.

Эта закономерность объясняется тем, что на каждой последующей системе ресурсы эндосперма исчерпываются, т.е. в количественном соотношении оболочек в поступающем на последующую драную систему становится больше. Таким образом, если сравнивать качество (зольность), например, мелкой крупки, полученной на II и III драных системах, то мелкая крупка II драной системы будет иметь меньшую зольность по сравнению с мелкой крупкой III драной системы.

3) Любая система технологического процесса работает более эффективно, если на нее направляют продукт, однородный по крупности и качеству.

В соответствии с этой закономерностью, на системах технологического процесса крупки и дунсты выделяются отдельно, что обеспечивает эффективную работу ситовеечных, шлифовочных и размольных систем. Этой же закономерностью можно объяснить деление систем на крупные и мелкие. Таким образом, рассматриваемая закономерность оказывает влияние на развитость технологического процесса.

4) При всех прочих равных условиях, чем мельче перерабатываемый продукт, тем ниже технологическая эффективность его переработки.

Например, если стоит вопрос, что обогащать на ситовеечной системе - крупную крупку или мелкую, то предпочтение необходимо отдать крупной крупке, т.к. эффективность обогащения ее значительно выше по сравнению с эффективностью обогащения мелкой крупки.

5) Чем точнее выполнены рабочие органы основных технологических машин, тем выше технологическая эффективность их работы.

Это, в основном, относится к выбору вальцовых станков, ситовых тканей для рассевов и ситовеечных машин. Так, при выборе вальцовых станков необходимо обязательно выяснить величину биения размалывающих вальцов ($\leq$0,01 мм), класс точности подшипников (четвертый или второй), возможность охлаждения вальцов. В противном случае при эксплуатации мельзавода упущенная выгода из-за недобора муки высоких сортов может в десятки и сотни раз превосходить суммарную стоимость вальцового парка.

Далее в тексте при ссылке на закономерность будет называться ее номер.

### 13.2.4. Драной процесс сложных хлебопекарных помолов пшеницы

Для разработки схемы технологического процесса необходимо учитывать задачу каждого его этапа. Драной процесс целесообразно условно разделить на драной крупообразующий и драной вымольный.

Драной крупообразующий процесс. Задача драного крупообразующего процесса состоит в получении максимального количества круподунстовых продуктов с минимальной зольностью. Драной крупообразующий процесс строится из нескольких систем, которые по построению похожи друг на друга. Это позволяет выделить характерные модули этого процесса. Модуль любого процесса - это система технологического процесса, характерная для данного этапа и выполняющая его задачу.

Выделим три основных модуля драного крупообразующего процесса: один (а) - для рассевов ЗРШ-М-4М, два (б, в) - для рассевов РЗ-БРБ (рис. 62).

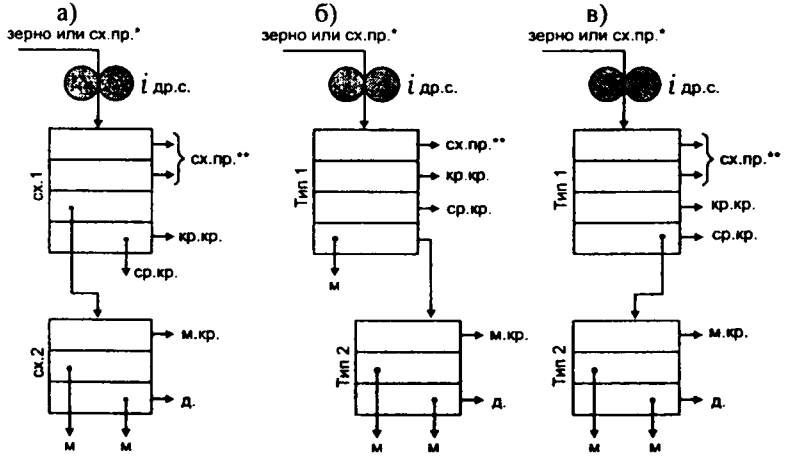



Рис. 62. Модули драного крупообразующего процесса:
сх.пр.* - сходовой продукт предыдущей драной системы;
сх.пр.** - сходовой продукт на следующую драную систему

Модули включают два этапа сортирования. На первом этапе сортирования применяют рассевы, собранные по схеме 1 для рассевов ЗРШ-М-4М и по типу 1 для рассевов РЗ-БРБ. На втором этапе соответственно применяют рассевы схемы 2 и типа 2.

В технологических схемах второй этап сортирования принято называть сортировочными системами. Все круподунстовые продукты, полученные в драном крупообразующем процессе, принято относить к продуктам первого качества.

Распределение круподунстовых продуктов по потокам в модулях процесса в зависимости от конкретных условий может незначительно перераспределяться.

Особенность модулей драного крупообразующего процесса - старание выделить все круподунстовые продукты в отдельные потоки для обеспечения эффективной работы последующих систем в соответствии с приведенными выше закономерностями.

Используя принцип направления сходовых продуктов в указанных модулях, можно разработать структуру технологической схемы драного крупообразующего процесса, состоящей, например, из трех систем с применением рассевов ЗРШ-М-4М (рис. 63).

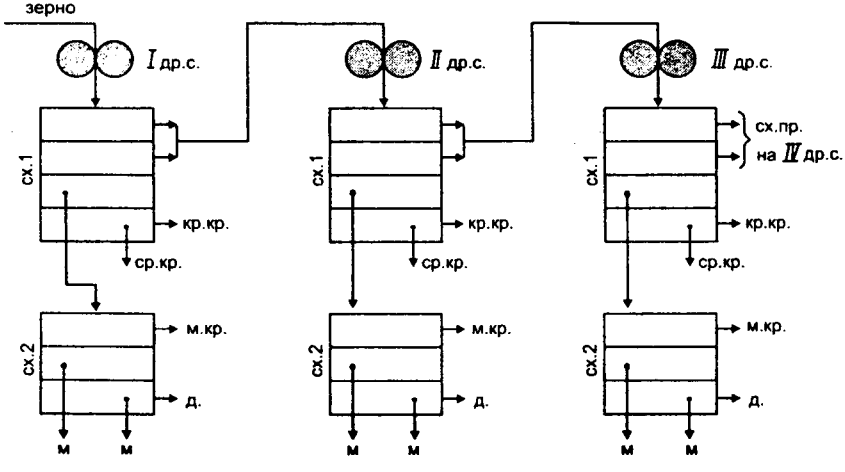



Рис. 63. Структура технологической схемы драного процесса

Полученная структура драного крупообразующего процесса характерна для мельзаводов хлебопекарного помола производительностью примерно 120 т/сутки.

Если предусмотреть установку сит в рассевах в соответствии с заданной крупностью, то качество круподунстовых продуктов одинаковой крупности будет резко отличаться друг от друга, и при направле-

нии их на системы ситовеечного процесса их нельзя будет объединять для последующего обогащения, т.е. качество однородных по крупности (наименованию) продуктов необходимо выравнить. Это вытекает из приведенных выше закономерностей технологического процесса. Поэтому выработан алгоритм подбора сит на системах драного процесса.

Если на первой драной системе количество извлеченного продукта 25...30%, а в настоящее время это для хлебопекарных помолов стало нормой, то на первой драной системе сита предусматриваются в соответствии с заданной крупностью по классификации продуктов размола. На последующих системах сита сгущают на один-два номера по сравнению с предыдущим для продуктов одинаковой крупности (наименования).

Используя изложенный алгоритм подбора сит, расставим сита в схеме драного крупообразующего процесса, состоящего из трех систем с использованием рассевов Р3-БРБ (рис. 64), причем на первой и третьей драных системах используем модуль б, а на второй - модуль в, изображенные на рис. 62.

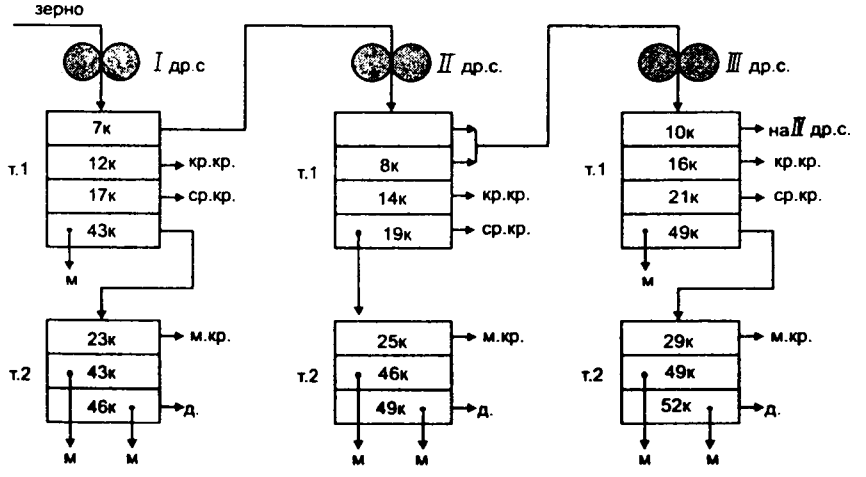



Рис. 64. Технологическая схема драного крупообразующего процесса

Отметим следующее. Из-за сгущения сит количество фракций по крупности перераспределяется по потокам. Так, например, фракция крупной крупки на третьей драной системе получена проходом сита 10к и сходом сита 16к, т.е. по классификации в этой фракции получена

смесь крупной и средней крупок. То же самое справедливо и для других потоков продуктов на второй и третьей драных системах.

Таким образом, при разработке технологической схемы намечаются потоки крупок в соответствии с выбранными модулями, а на этапе подбора и расстановки сит получается технологическая схема, пригодная для практического использования.

В соответствии с третьей закономерностью, в которой отмечается, что любая система технологического процесса работает более эффективно, если на нее направляют продукт, однородный по крупности и качеству, драные системы можно разделять на крупные и мелкие.

На рис. 65 приведены разновидности модулей драного крупообразующего процесса с разделением систем на крупные и мелкие с применением рассевов ЗРШ-М-4М.

Первый модуль (рис. 65а) характеризуется раздельным измельчением сходовых продуктов предыдущей системы и совместным сортированием измельченных продуктов на его первом и втором этапах.

Второй модуль (рис. 65б) характеризуется раздельным измельчением сходовых продуктов предыдущей системы и раздельным сортированием измельченного продукта на первом его этапе. Второй этап сортирования совместный.

Третий модуль (рис. 65в) характеризуется раздельным измельчением сходовых продуктов предыдущей системы и раздельным сортированием измельченных продуктов на обоих его этапах.

Структура модулей с применением рассевов РЗ-БРБ аналогична приведенным на рис. 65.

Второй этап сортирования может быть совместным для двух систем драного крупообразующего процесса.

На рис. 66 приведен пример драного крупообразующего процесса с применением рассевов РЗ-БРБ, состоящего из трех систем, причем на первой и второй драных системах второй этап сортирования совместный, а третья драная система разделена на крупную и мелкую системы с раздельным сортированием продуктов на первом его этапе и совместным - на втором.

При подборе и расстановке сит следует учесть, что для данной драной системы мелкой предыдущей системой является данная система крупная, а для крупной драной системы - предыдущая драная мелкая.

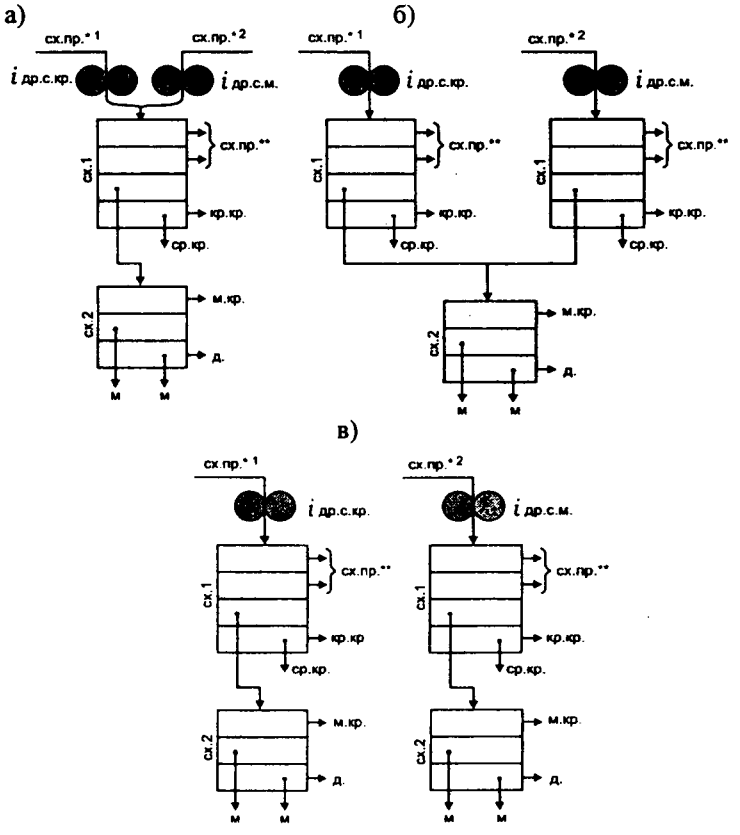



Рис. 65. Разновидности модулей драного крупообразующего процесса с разделением систем на крупные и мелкие:
сх.пр.*1- сходовой продукт, полученный первым сходом предыдущей драной системы;
сх.пр.*2- сходовой продукт, полученный вторым сходом предыдущей драной системы;
сх.пр.**- сходовой продукт на следующую драную систему

В табл. 13.8 приведены задачи для самостоятельной разработки технологических схем драного крупообразующего процесса.

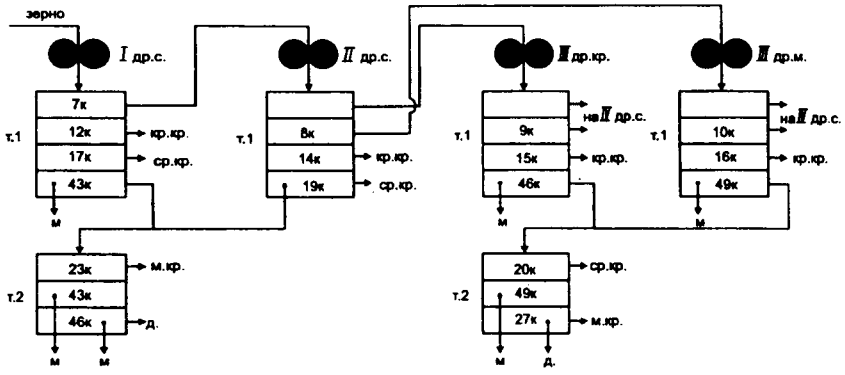



Рис. 66. Технологическая схема драного крупообразующего процесса

Таблица 13.8

Задачи для самостоятельной разработки

| Рассевы | Количество драных крупообразующих систем | Деление систем на крупные и мелкие | Сортирование раздельное по системам | |
|---|---|---|---|---|
| | | | первый этап | второй этап |
| Р3-БРБ | 2 | II | II | - |
| Р3-БРБ | 3 | II, III | II, III | III |
| ЗРШ-М-4М | 2 | II | II | II |
| ЗРШ-М-4М | 3 | II, III | II, III | II |

Драной вымольный процесс. Задачей драного вымольного процесса является извлечение из сходовых продуктов оставшейся части эндосперма в виде круподунстовых продуктов второго качества и муки.

После драного крупообразующего процесса ресурсы эндосперма в сходовых продуктах незначительны, и из них нельзя получить весь спектр круподунстовых продуктов. Поэтому на системах драного вымольного процесса могут встречаться следующие варианты отбора круподунстовых продуктов:

а) средняя крупка, мелкая крупка, дунст, мука;

б) мелкая крупка, дунст, мука;

в) дунст, мука.

Варианты «а» и «б» могут встречаться на первой драной вымольной системе, вариант «в» характерен для последних драных вымольных систем.

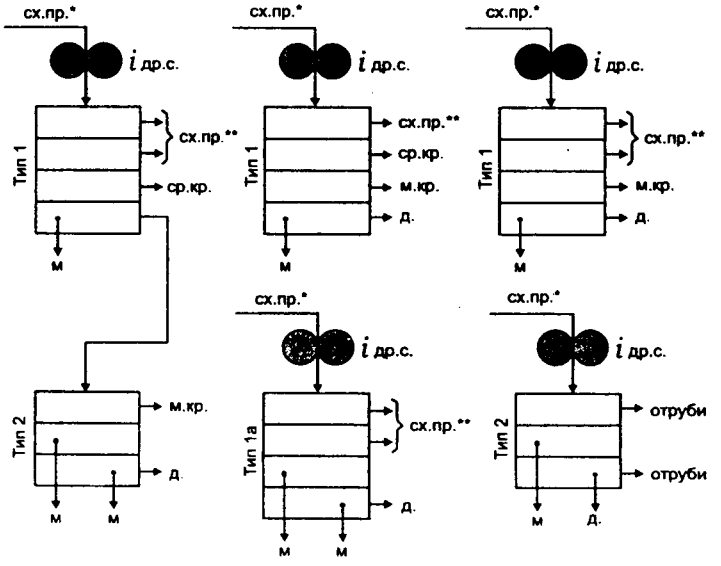



Рис. 67. Модули драного вымольного процесса:
сх.пр.* - сходовой продукт предыдущей драной системы;
сх.пр.** - сходовой продукт на следующую драную систему

Модули драного вымольного процесса с применением рассевов ЗРШ-М-4М аналогичны по своей структуре модулям с применением рассевов РЗ-БРБ.

Также, как и в драном крупообразующем, в драном вымольном процессе может применяться двухэтапное сортирование и разделение систем на крупные и мелкие.

На рис. 68 приведен пример технологической схемы драного процесса, состоящего из пяти систем, в том числе трех драных вымольных.

Алгоритм подбора и расстановки номеров сит в драном вымольном процессе такой же, как и для крупообразующего.

Алгоритм подбора и расстановки разгрузочных металлотканых сит для отбора крупных фракций сходовых продуктов следующий: на первой драной системе в зависимости от длины процесса ставятся сита №1,6м...2,5м (№1,6м - при четырех; №2,0м - при пяти и №2,5м - при шести драных системах); на последней системе - №04м...05м; на промежуточных системах сита сгущают по сравнению с предыдущим от системы к системе.

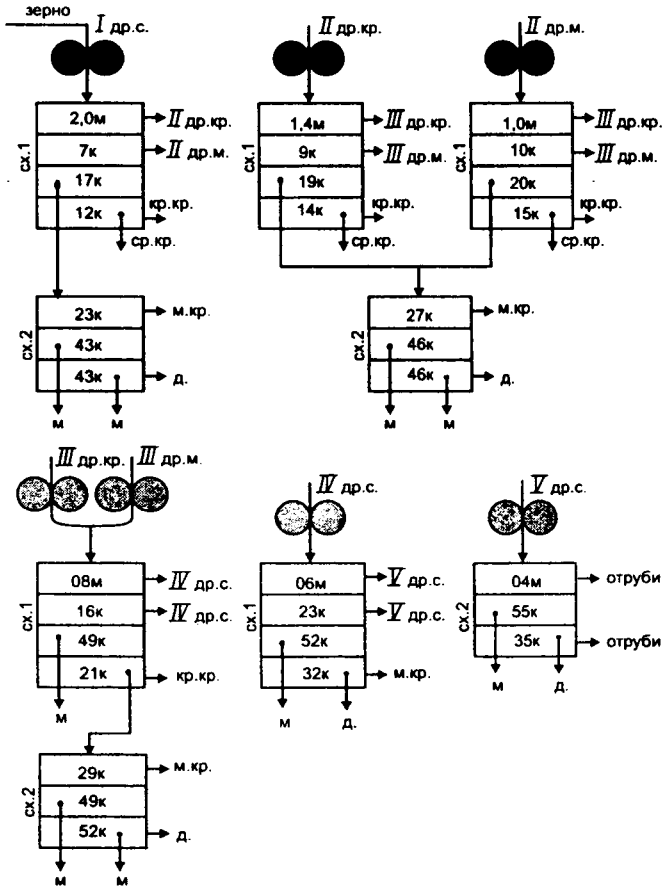



Рис. 68. Технологическая схема драного процесса

Необходимо еще раз обратить внимание на то, что проходовые и сходовые сита сгущают для продуктов одинакового наименования. Например, мелкая крупка третьей драной системы получена проходом сита 21к (нижняя группа сит первого этапа сортирования) и сходом сита 29к (первая группа сит второго этапа сортирования) (см. рис. 68). Поэтому на четвертой драной системе сито 23к ставится на второй группе сит, где проходом получена мелкая крупка, и 32к на нижней группе сит, где эта крупка получена сходом.

В драном вымольном процессе широко применяются вымольные машины А1-БВГ и МБО, в которых воздействие рабочих органов на оболочки в сходовых продуктах значительно меньшее, чем в вальцовых станках. Применяют вымольные машины, начиная с верхних сходов последней крупообразующей системы.

На рис. 69 приведен основной модуль вымольных систем.

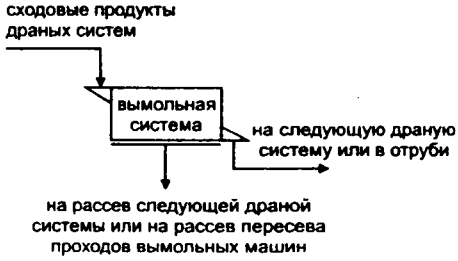



Рис. 69. Модуль вымольных систем

Следует отметить, что вымольные машины А1-БВГ обычно поставляют на мукомольные заводы с ситом металлотканым №1,0, поскольку в технологическом процессе чаще всего применяют на вымольных системах именно это сито.

Приведем пример разработки технологической схемы драного процесса (рис. 70), состоящего из пяти систем, в том числе трех крупообразующих, и четырех вымольных систем (рассевы Р3-БРБ, вымольные машины А1-БВГ).

В табл. 13.9 приведены задачи для самостоятельной разработки технологических схем драного процесса.

Таблица 13.9

Варианты для самостоятельной разработки

| Параметры процесса | Вариант | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1.Количество драных систем | 4 | 5 |
| из них крупообразующих | 2 | 3 |
| 2. Двухэтапное сортирование на драных системах | I, II | I, II, III, IV |
| 3. На крупные и мелкие делятся системы | II, III | II, III, IV |
| 4. Раздельное сортирование на первом этапе | II, III | II, III |
| 5. Раздельное сортирование на втором этапе | II | III |
| 6. Вымольных систем | 3 | 4 |
| 7. Марка рассевов | Р3-БРБ | ЗРШ-М-4М |

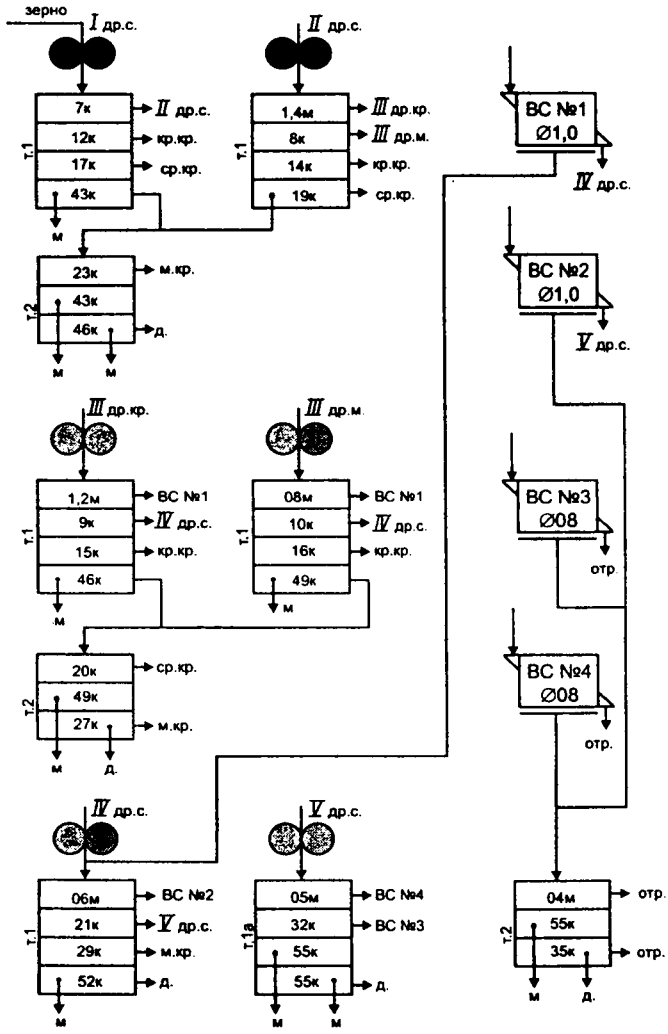



Рис. 70. Технологическая схема драного процесса

Расчет размеров отверстий сит в драном процессе. Приведенный выше алгоритм подбора сит в драном процессе можно рекомендовать для практического использования специалистам достаточно высокой квалификации.

Однако имеется способ подбора сит, основанный на расчете размеров их отверстий. При этом алгоритм расстановки сит по их группам в рассевах остается прежним. Т.е. разработчик схемы намечает крупность продуктов в соответствии с выбранными модулями и затем по этим данным расставляет сита по их группам в рассевах.

Расчет минимальных размеров отверстий сит (мкм) проводится по следующим формулам:

для сходового продукта

$$P_{i\text{сх.пр.}} = 1150 - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg\sum_{i=1}^{i} U_i - 0{,}75};$$

для крупной крупки

$$P_{i\text{кр.кр.}} = 630 - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg\sum_{i=1}^{i} U_i - 0{,}95};$$

для средней крупки

$$P_{i\text{ср.кр.}} = 450 - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg\sum_{i=1}^{i} U_i - 1{,}1};$$

для мелкой крупки

$$P_{i\text{м.кр.}} = 315 - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg\sum_{i=1}^{i} U_i - 1{,}2};$$

для жесткого дунста

$$P_{i\text{ж.д.}} = 250 - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg\sum_{i=1}^{i} U_i - 1{,}3};$$

для мягкого дунста

$$P_{i\text{м.д.}} = 160 - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg\sum_{i=1}^{i} U_i - 1{,}4};$$

где i - номер драной системы;

$U_i$ - текущее суммарное извлечение в % к первой драной системе;

e - основание натурального логарифма.

Полученные расчетным способом минимальные размеры отверстий переводятся в номера сит следующим образом. По таблице номеров сит (см. табл. 9.1) подбирается ближайшее по размеру отверстий сито и проставляется в соответствующей группе сит рассевов.

На рис. 71 приведена номограмма для подбора размеров отверстий сит по системам драного процесса.

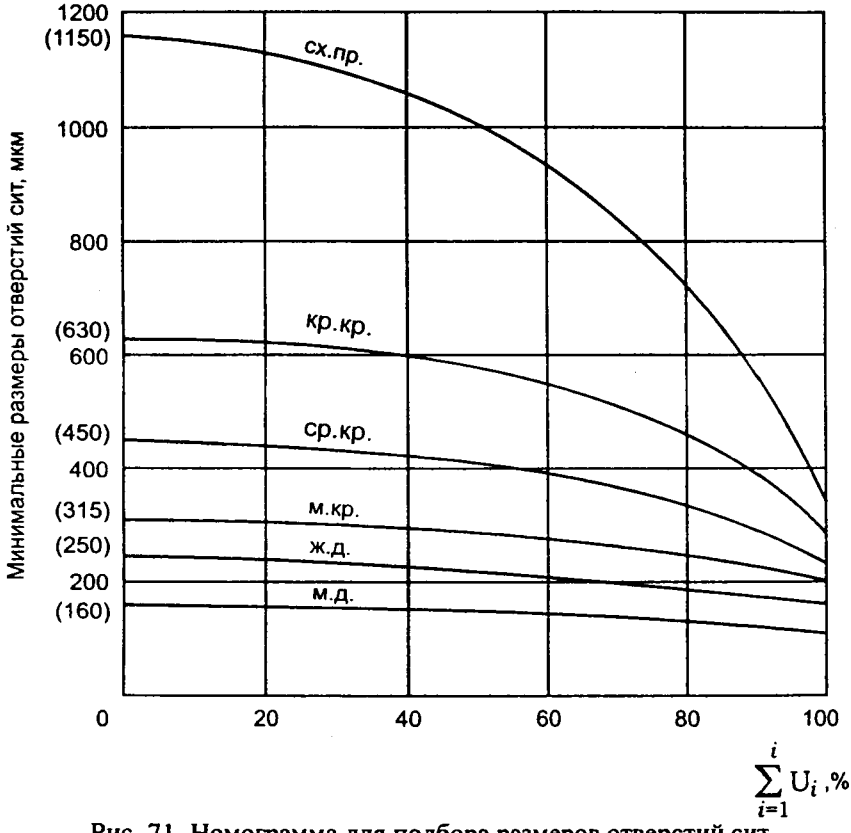



Рис. 71. Номограмма для подбора размеров отверстий сит в драном процессе

Расчет и формирование структуры технологических схем драного процесса. Если сходовой продукт с данной системы получают на двух группах сит, то появляется возможность разделить следующую систе-

му на крупную и мелкую. Выбор того или иного варианта деления системы на крупную и мелкую зависит от:

а) количества сходового продукта;

б) извлечений на предыдущих системах;

в) нагрузок на вальцовые станки и рассевы данной системы на первом и втором этапах сортирования. В свою очередь, целесообразность разделения второго этапа сортирования зависит от количества продукта, направляемого на сортирование с первого этапа;

г) производительности мельзавода, от нее зависит масса потоков сходовых продуктов.

Перечисленные параметры необходимо взаимоувязать с тем, чтобы получить схему драного процесса.

Количество зерна, поступающего на первую драную систему, принимаем равной производительности мельзавода $Q_м$, т/сутки. Очевидно, что количество продукта, поступающего на вторую драную систему $Q_{II}$, будет равно:

$$Q_{II} = Q_м - U_1,$$

где $U_1$ -извлечение на первой драной системе, т/сутки.

Таким же способом можно определить количество поступающего продукта на третью и последующие драные системы. Рекомендуется формула для определения количества продукта, поступившего на любую драную систему $Q_i$:

$$Q_i = \frac{Q_м}{100} \prod_{i=1}^{i} (100 - U_{i-1}),$$

где $Q_м$ - производительность мельзавода, т/сутки;

$U_i$ - количество извлеченного продукта в процентах к данной системе.

Вальцовый станок состоит из двух половин, которые могут работать автономно, поэтому далее применяется термин «половина вальцового станка».

Количество половин вальцовых станков $n_i^в$, работающих на i-ой драной системе, рассчитывается по формуле:

$$n_i^в = \frac{Q_i}{q_i^в};$$

где $q_i^в$ - нагрузка на половину вальцового станка, т/сутки.

Количество секций рассевов $n_i^р$, работающих на i-ой драной системе, рассчитывается по формуле:

$$n_i^p = \frac{Q_i}{q_i^p};$$

где $q_i^p$ - нагрузка на одну секцию рассева, т/сутки.

Если количество половин вальцовых станков $n_i^в$, округленное до целого числа, равно 2, то измельчение продукта на i-ой драной системе целесообразно проводить раздельно на крупной и мелкой системах.

Если количество секций рассевов $n_i^p$, округленное до целого числа, равно 2, то первый этап сортирования на i-ой драной системе целесообразно проводить раздельно на крупной и мелкой системах.

Если количество половин вальцовых станков $n_i^в$, округленное до целого числа, больше или равно 3, то деление на крупные и мелкие системы производится в соотношении 2:1. Это означает, что длина вальцовой линии крупной системы в два раза больше длины вальцовой линии мелкой системы.

Просеивающая поверхность рассевов первого этапа сортирования определяется аналогично.

Для расчета структуры второго этапа сортирования необходимо определить количество продукта, поступающего на него. Это количество рассчитывается по формуле:

$$Q_{2ij} = U_i \frac{P_{прij}}{P_{прi}};$$

где $Q_{2ij}$ - проход j-го сита на i-ой драной системе, т/сутки;

$U_i$-количество извлеченного продукта на i-ой драной системе, т/сутки;

$P_{прij}$ - размер отверстий сита, проход которого определяется, мкм;

$P_{прi}$ - размер отверстий сита, проходом которого идет весь извлеченный продукт, мкм.

Количество секций рассевов $n_{2i}^p$, сортирующих продукты на втором этапе сортирования, определяют по формуле:

$$n_{2i}^p = \frac{Q_{2ij}}{q_{2i}^p}.$$

Если количество секций рассевов, сортирующих продукты на втором этапе сортирования $n_{2i}^p$ на вымольных системах, округленное до

целого числа, равно нулю, то второй этап сортирования не предусматривается.

Если количество секций рассевов, сортирующих продукты на втором этапе сортирования $n_{2i}^{p}$, округленное до целого числа, больше или равно двум, то второй этап сортирования в зависимости от деления на крупные и мелкие первого этапа сортирования осуществляется раздельно в соотношении, принятом на первом этапе сортирования.

Для практического применения вышеизложенной методики расчета структуры драного процесса в табл. 13.10 приводятся рекомендуемые нагрузки на вальцовые станки и на рассевы.

Таблица 13.10

Нагрузки на вальцовые станки и рассевы

| Этап сортирования | Система | Т/сутки на 0,5 станка 250х1000 | Т/сутки на одну секцию рассева |
|---|---|---|---|
| I | I др. | 70...90 | 85...95 |
| | II др. | 50...65 | 60...80 |
| | III др. | 30...45 | 40...60 |
| | IV др. | 25...30 | 30...40 |
| | V др. | 20...25 | 25...35 |
| II | 1 сорт. | | 17...22 |
| | 2 сорт. | | 17...22 |
| | 3 сорт. | | 17...22 |
| | 4 сорт. | | 12...17 |

В технологической схеме результаты расчета представляются в виде записи, например:

2000х250 - это означает, что на данной системе работают две половины вальцового станка с размалывающими вальцами длиной 1000 мм и диаметром 250 мм;

2/4 - это означает, что в схеме применяются четырехприемные рассевы, а на данной системе работают две секции.

Подбор параметров рабочих органов вальцовых станков в драном процессе. Режимы измельчения на драных системах зависят не только от величины межвальцового зазора, удельных нагрузок, но и от параметров рабочих органов вальцовых станков.

Рекомендуется применять следующие параметры размалывающих вальцов:

- количество рифлей на 1 см окружности вальца принимается от 4 на первой драной до 11 на пятой драной системе с увеличением от сис-

темы к системе на 1,5...2,0 рифли на 1 см, для мелких драных систем принимают на 1,0...1,5 рифли больше по сравнению с одноименными крупными драными системами;

- уклон рифлей принимают от 4% на первой драной до 6...8% на четвертой - пятой драных системах;

- углы острия принимают от 30 до 35° (на первой драной - от 25 до 30°), углы спинки - от 60 до 65° (на первой драной системе от 65 до 70°);

- отношение окружных скоростей парноработающих вальцов принимают 2,5 , на четвертой и пятой драных системах - 1,5...2,0;

- скорость быстровращающегося вальца принимают от 5 до 6 м/с, на четвертой и пятой драных системах - 4,0...4,5 м/с;

- взаимное расположение рифлей на системах «спинка по спинке».

На рис. 72 представлен фрагмент технологической схемы драного процесса с техническими характеристиками рабочих органов вальцового станка.

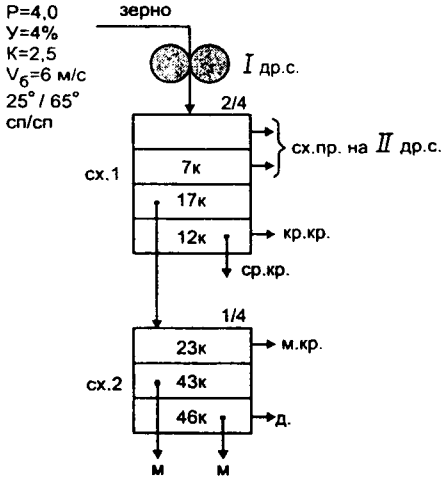



Рис. 72. Фрагмент технологической схемы драного процесса

В табл. 13.11 приведены рекомендуемые режимы измельчения и сортирования на драных системах.

Технологическая схема с указанием номеров сит, параметров рабочих органов вальцовых станков и количества секций рассевов пригодна для практического использования.

Количественный баланс драного процесса. Количественный баланс - это сведения о количестве продуктов, поступающих на системы технологического процесса и сведения о количестве продуктов, полученных на системах процесса. Количество поступающего на систему продукта должно быть равным суммарному количеству продуктов, полученных на ней. Количественный баланс применяют для анализа ведения технологического процесса, для расчета технологического и транспортного оборудования.

Таблица 13.11

Рекомендуемые режимы работы систем драного процесса

| Драная система | Проход сита | Извлечение, % | | Нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сут.) | Нагрузка на 1 секцию рассевов, т/сутки | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | к данной системе | к первой драной | | ЗРШ-М-4М | РЗ-БРБ |
| I | №1,0м | 25...35 | 25...35 | 700...900 | 85...95 | 75...84 |
| II кр., | | | | | 70...80 | |
| II м. | №1,0м | 50...60 | 35...45 | 500...650 | 60...70 | 56...63 |
| III кр., | | | | | 50...60 | 44...53 |
| III м. | №08м | 35...45 | 10...13 | 300...450 | 40...50 | 25...30 |
| | | | Σ78...80 | | | |
| IV кр., | | | | | 35...40 | 25...33 |
| IV м. | №056м | 30...40 | | 250...300 | 30...35 | 32...45 |
| V | | | | 200...300 | 20...25 | - |
| Второй этап сортирования | | | | | | |
| I | | | | | 20...25 | 21...30 |
| II | | | | | 20...25 | 21...30 |
| III | | | | | 20...25 | 25...45 |
| Пересев проходов вымольных машин | | | | | 15...20 | 13...36 |

Примечание: Большие значения режимов измельчения рекомендуются при переработке пшеницы I и III типов

Представим процесс измельчения и сортирования на драной системе в виде:

$$\frac{dP}{dU} = K\frac{P}{U};$$

где P - размер отверстий в проходовом сите;

U - количество проходовой фракции (извлеченного продукта);

K - коэффициент.

Т.е. приращение размера отверстий проходового сита влечет за собой соответствующее приращение количества проходовой фракции.

Проведя преобразование этого выражения получим формулу:

$$Q_{ij} = U_i \left[ \left( \frac{P_{прij}}{P_{прi}} \right)^{K_i} - \left( \frac{P_{прi,j-1}}{P_{прi}} \right)^{K_i} \right];$$

где $Q_{ij}$ - количество фракции, полученной на i-ой драной системе проходом сита $P_{прij}$ и сходом сита $P_{прij-1}$, %;

$U_i$ - количество извлеченного продукта на i-ой драной системе в процентах к первой драной системе;

$P_{прij}$ - размер отверстий сита, проходом которого получена данная фракция, мкм;

$P_{прi,j-1}$ - размер отверстий сита, сходом которого получена данная фракция, мкм;

j = 1; 2; ...6 - соответственно, мука и другие продукты в порядке возрастания крупности.

Коэффициент $K_i$, зависящий от стекловидности зерна, биения вальцов и влажности зерна перед первой драной системой, равен:

$$K_i = K_{ст} K_{\delta i} K_w,$$

где $K_{ст}$ - коэффициент, зависящий от стекловидности зерна;

$K_{\delta i}$ - коэффициент, зависящий от биения вальцов;

$K_w$ - коэффициент, зависящий от влажности зерна на первой драной системе.

$$K_{ст} = \frac{1}{1 - \frac{n-i}{n-1} 0{,}0036S}; \qquad K_{\delta i} = \frac{3}{\ln \frac{1}{\delta_i}};$$

$$K_w = 0{,}2 \left[ W_o - \frac{n-i}{n-1} (W_o - W_I) \right] - 2;$$

где S - стекловидность зерна, %;

n - количество драных систем;

$\delta_i$ - величина биения вальцов на i-ой драной системе, мм;

$W_I$ - влажность зерна на первой драной системе, %;

$W_o$ - влажность отрубей, %..

Следует также отметить, что при сортировании количество полученных круподунстовых продуктов и муки перераспределяется из-за недосева. Поэтому в формулу, определяющую количество продуктов на данной драной системе, введен параметр недосева. Рассчитать количественный баланс драного процесса можно, пользуясь формулой:

$$Q_{ij} = U_i \left[ \left( \frac{P_{прij}}{Pпрi} \right)^{K_i} - \left( \frac{P_{прi,j-1}}{P_{прi}} \right)^{K_i} \left( 1 - \frac{P_{прi} - P_{прij}}{P_{прi} - P_{прi1}} f_i \right) \right] \left( 1 - \frac{P_{прi} - P_{прi,j-1}}{P_{прi} - P_{прi1}} f_i \right);$$

где $f_i$ - величина недосева мучных сит на i-ой драной системы в долях единицы.

Количественный баланс можно представить в табличной форме (табл. 13.12).

Таблица 13.12

Количественный баланс драного процесса (в процентах)

| Система | Поступает на систему | Сходовой продукт | Крупная крупка | Средняя крупка | Мелкая крупка | Дунст | Мука |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 100,00 | 75,00 | 11,29 | 3,90 | 2,95 | 4,78 | 2,08 |
| II кр. | 50,00 | 25,00 | 8,64 | 3,35 | | | |
| II м. | 25,00 | 12,50 | 4,17 | 1,60 | 4,46 | 7,94 | 7,33 |
| III | 37,50 | 20,63 | | | 3,40 | 4,66 | 8,82 |
| IV | 20,63 | 16,50 | | | | 2,50 | 1,62 |
| Количество отрубей – 16,50 % | | | | | | | |

### 13.2.5. Ситовеечный процесс и его взаимосвязь с драным

Потоки крупок, полученные в драном процессе, неоднородны по своему качественному составу. Так поток крупок, однородный по крупности, в пределах данной фракции имеет в своем составе частицы, состоящие только из эндосперма, частицы, состоящие из эндосперма со сросшимися с ними оболочками, частицы оболочек с небольшим содержанием эндосперма, а также частицы, состоящие только из оболочек. Разделить эту смесь, однородную по крупности, повторным просеиванием нельзя. Поэтому такие фракции направляют для обогащения на ситовеечные машины.

Из вышеизложенного вытекает задача ситовеечного процесса, которая заключается в отделении от добротных крупок частиц, состоящих из оболочек и частиц оболочек с небольшим содержанием эндосперма. В соответствии с закономерностью технологического процесса о том, что любая система технологического процесса работает более эффективно, если на нее поступает продукт, однородный по крупности и качеству, в ситовеечном процессе желательно предусмотреть раздельное обогащение всех крупок.

Модули ситовеечного процесса с применением ситовеечных машин А1-БСО представлены на рис. 73.

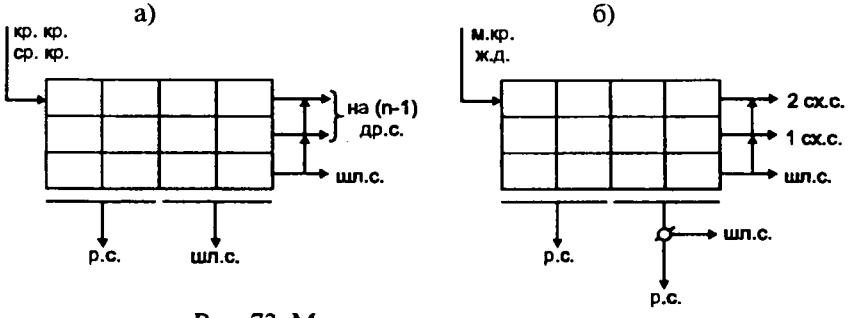



Рис. 73. Модули ситовеечного процесса

Модуль, изображенный на рис. 73а, применяют при обогащении потоков крупной и средних крупок. Первый и второй сходы ситовеечных машин направляют на предпоследнюю драную систему (n - количество драных систем). В случае деления этой драной системы на крупную и мелкую верхние сходы направляют на драную мелкую систему. Модуль, приведенный на рис. 73б, применяют для обогащения потоков мелких крупок и жестких дунстов. Первый и второй сходы направляют на вторую и первую сходовые системы размольного процесса.

Алгоритм расстановки сит на ситовеечных системах. Первое сито верхнего яруса для крупной крупки ставится на один-два номера, для средней крупки на два-три номера, для мелкой крупки на три-четыре номера, для жесткого дунста на четыре-пять номеров реже, чем номер сита, сходом с которого получен поток обогащаемого продукта. Остальные сита верхнего яруса ставятся на один номер реже предыдущего. Сита второго и третьего ярусов ставятся на один номер гуще, чем соответствующие сита предыдущего яруса.

На рис. 74 приведен пример разработки технологической схемы драного и ситовеечного процессов.

В драном процессе четыре системы, из них две крупообразующие, вторая драная система делится на крупные и мелкие. Вымол в драном процессе осуществляется на трех вымольных системах.

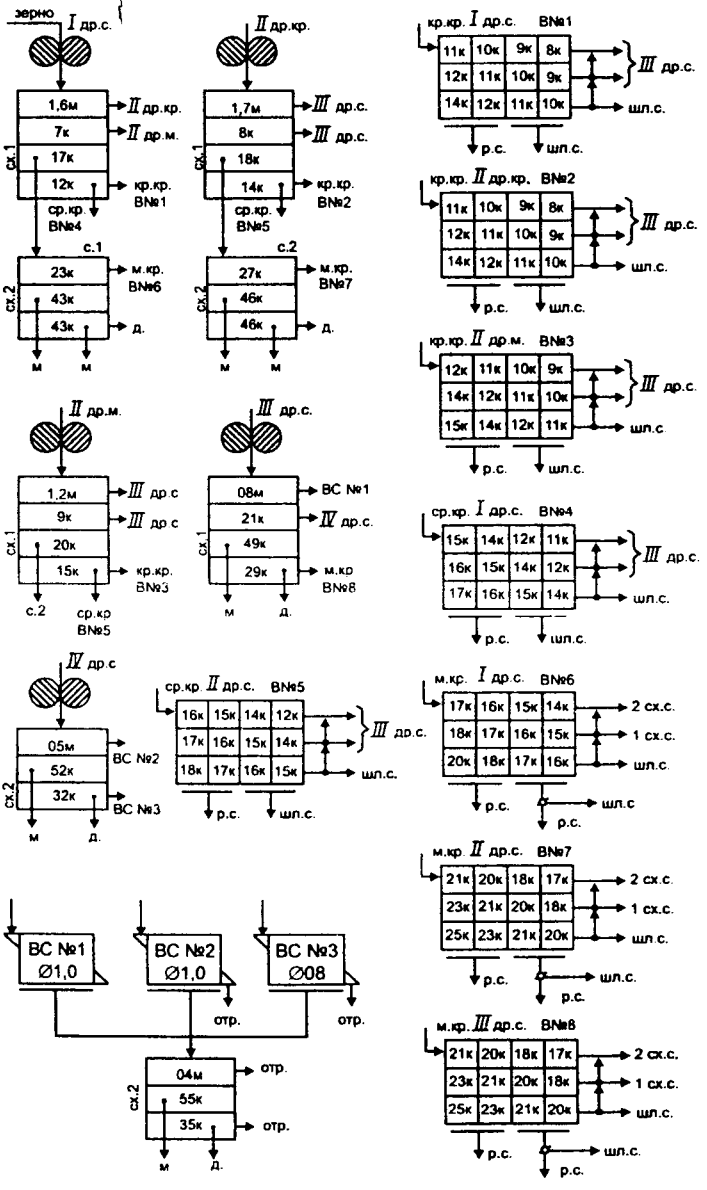



Рис. 74. Технологическая схема драного и ситоверчного процессов

Ситовеечный процесс включает восемь систем. Количество ситовеечных систем позволяет обогатить отдельно почти все потоки крупок. При направлении на ситовеечные системы допускается объединять одноименные продукты с двух рядом расположенных драных систем.

При направлении продуктов в ситовеечный процесс нежелательно смешивать полученные в драном процессе продукты первого и второго качества.

Предложенный алгоритм подбора и расстановки сит на ситовеечных системах требует определенного практического опыта, поэтому предлагается расчетный способ определения размеров отверстий сит по ярусам ситовеечных систем.

Размер отверстий первого сита верхнего яруса $P_{11}$ в мкм для ситовеечных машин А1-БСО определяется по формуле:

$$P_{11} = (0{,}00063\ P_{сх} + 0{,}8)\ P_{сх} + 187,$$

где $P_{сх}$ - размер отверстий сита, сходом с которого получен продукт, направляемый на данную ситовеечную систему из драного или шлифовочного процесса.

Размеры отверстий первых сит второго и третьего ярусов ($P_{i1}$) определяется по формуле:

$$P_{i1} = P_{11} - (i - 1)\ (0{,}11\ P_{11} - 30).$$

Последующие сита всех ярусов разрежаются согласно выражению:

$$P_{ij} = P_{i1} + (j - 1)\ (0{,}124\ P_{i1} - 35{,}2),$$

где i - порядковый номер яруса;

j - порядковый номер сита в i-ом ярусе.

В табл. 13.13 приведены рекомендуемые нагрузки на ситовеечные машины ЗМС и А1-БСО.

Таблица 13.13

Рекомендуемые удельные нагрузки на ситовеечные машины ( кг на 1 см ширины приемного сита)

| Наименование продукта | Крупность продукта, мкм | Удельная нагрузка | |
|---|---|---|---|
| | | ЗМС | А1-БСО |
| Крупная крупка | 1150...630 | 450...600 | 600...700 |
| Средняя крупка | 630...450 | 350...450 | 500...600 |
| Мелкая крупка | 450...315 | 250...350 | 300...400 |
| Жесткий дунст | 315...250 | 200...250 | 200...300 |

Технология получения манной крупы. Манная крупа получается путем обогащения на ситовеечной машине одного из потоков крупной

или средней крупок. Причем на ситовеечной машине из всех проходовых фракций отбирают лучший по качеству продукт. Если отобранная манная крупа не отвечает требованиям ГОСТа, то в схеме необходимо предусмотреть систему контроля манной крупы (рис. 75). Сита на системе контроля сгущают на один номер по сравнению с соответствующими номерами сит основной ситовеечной системы. Остальные проходовые фракции и нижний сход на системе контроля направляют в размольный процесс, а два верхних схода - на шлифовочную систему.

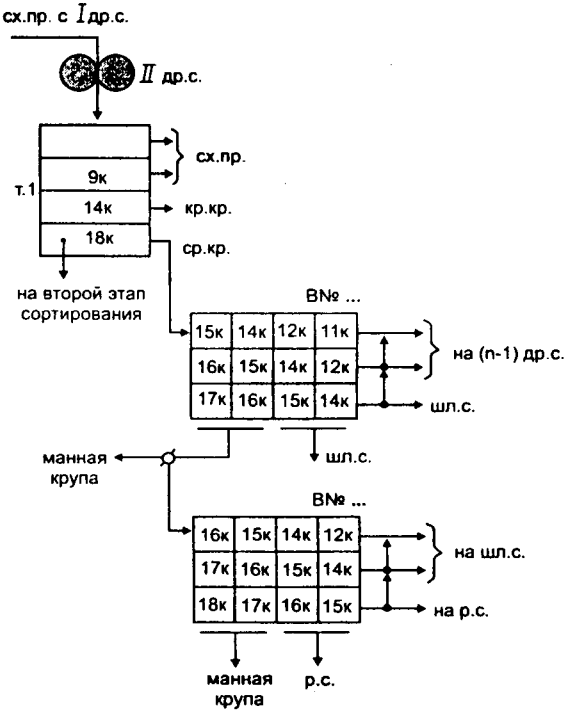



Рис. 75. Получение манной крупы

Манную крупу отбирают за счет уменьшения выхода муки наиболее высокого сорта, получаемого при данном помоле.

Количественный баланс ситовеечного процесса. В табл. 13.14 приведено ориентировочное распределение проходовых и сходовых фракций на ситовеечных системах.

Таблица 13.14

Ориентировочное распределение продуктов на ситовеечных системах

| Наименование поступающего продукта | Количество прохода, % | Количество схода и относов, % |
|---|---|---|
| Крупная крупка | 75...80 | 25...20 |
| Средняя и мелкая крупки первого качества | 85...90 | 15...10 |
| Средняя и мелкая крупки второго качества | 40...50 | 60...50 |
| Жесткий дунст первого качества | 90...95 | 10...5 |
| Жесткий дунст второго качества | 70...80 | 30...20 |

Следует отметить, что приведенное соотношение носит рекомендательный характер, поскольку на распределение продуктов оказывает сильное влияние расход воздуха на ситовеечной машине.

Варианты для самостоятельной разработки технологических схем приведены в табл. 13.15.

Таблица 13.15

Варианты для самостоятельной разработки

| Параметры процесса | Вариант | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1.Количество драных систем | 4 | 5 |
| из них крупообразующих | 2 | 3 |
| 2. Двухэтапное сортирование на драных системах | I, II | I, II, III |
| 3. На крупные и мелкие делятся системы | II | II, III |
| 4. Вымольных систем | 3 | 5 |
| 5. Ситовеечных систем | 8 | 9 |
| 6. Предусмотреть отбор манной крупы | да | нет |

### 13.2.6. Шлифовочный процесс и его взаимосвязь с драным и ситовеечным процессами

Потоки крупок после обогащения на ситовеечных системах содержат в своем составе частицы эндосперма, а также частицы эндосперма с оболочками. С целью отделения эндосперма от оболочек эти потоки повторно обогащают на шлифовочных системах.

На рис. 76 схематично показан процесс обогащения крупок на шлифовочных системах.

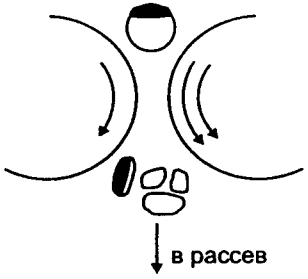



Рис. 76. Процесс обогащения крупок на шлифовочных системах

Крупка, содержащая в своем составе оболочку, проходит между размалывающими вальцами с межвальцовым зазором больше, чем толщина оболочек. Это позволяет разрушить эндосперм до круподунстовых продуктов с размерами, меньшими размеров оболочечной частицы, и при последующем сортировании отделить круподунстовые продукты от оболочечных частиц.

На рис. 77 приведены основные модули шлифовочного процесса.

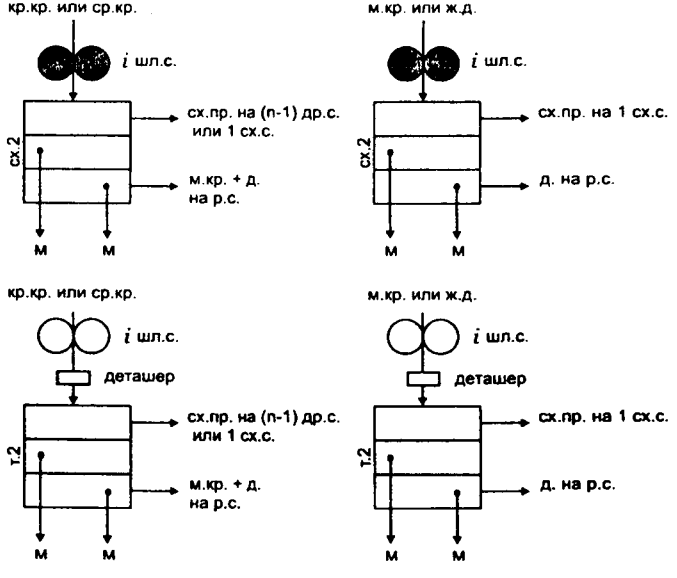



Рис. 77. Модули шлифовочного процесса

На шлифовочных системах могут применяться вальцы с микрошероховатой или рифленой поверхностью. Если применяются вальцы с микрошероховатой поверхностью, то после вальцового станка необходимо измельченный продукт направить на деташеры для дезагрегации слипшихся частиц. Эта операция увеличивает извлечение муки на 10...15%.

После деташера продукты сортируются на рассевах. Допускается при направлении продуктов на шлифовочные системы объединять потоки крупной и средней крупок, средней и мелкой крупок, мелкой крупки и жесткого дунста после их обогащения на ситовеечных системах. При этом не рекомендуется смешивать продукты первого и второго качества.

Сита на шлифовочных системах подбирают в соответствии с заданной крупностью круподунстовых продуктов, т.е. если на шлифовочной системе предусматривается получить мелкую крупку, дунст и муку, то по классификации продуктов размола по крупности эту смесь получают проходом сита с размерами отверстий 450 мкм, что соответствует номерам сит 17к, 15,5пч и 045м.

Кроме этого можно рекомендовать расчетный способ определения размеров отверстий сит, сходом которых получают на шлифовочных системах сходовой продукт:

$$P_{сх.пр.}^{шл.} = \frac{P_{сх.max}^{др.} + P_{сх.min}^{др.}}{2};$$

где $P_{сх.пр.}^{шл.}$ - размер отверстий сит, сходом которых получают сходовой продукт, мкм;

$P_{сх.max}^{др.}$; $P_{сх.min}^{др.}$ - соответственно, максимальный и минимальный размеры отверстий сит, сходом которых получены в драном процессе крупки, обогащаемые на шлифовочной системе, мкм.

На рис. 78 приведен пример разработки технологической схемы драного, ситовеечного и шлифовочного процессов с применением вальцовых станков А1-БЗН, рассевов Р3-БРБ и ситовеечных машин А1-БСО.

Драной процесс включает пять драных систем, в том числе две крупообразующие, и четыре вымольных системы, проходы которых сортируются на двух сортировочных системах.

Ситовеечный процесс включает девять ситовеечных систем, а шлифовочный - две системы.

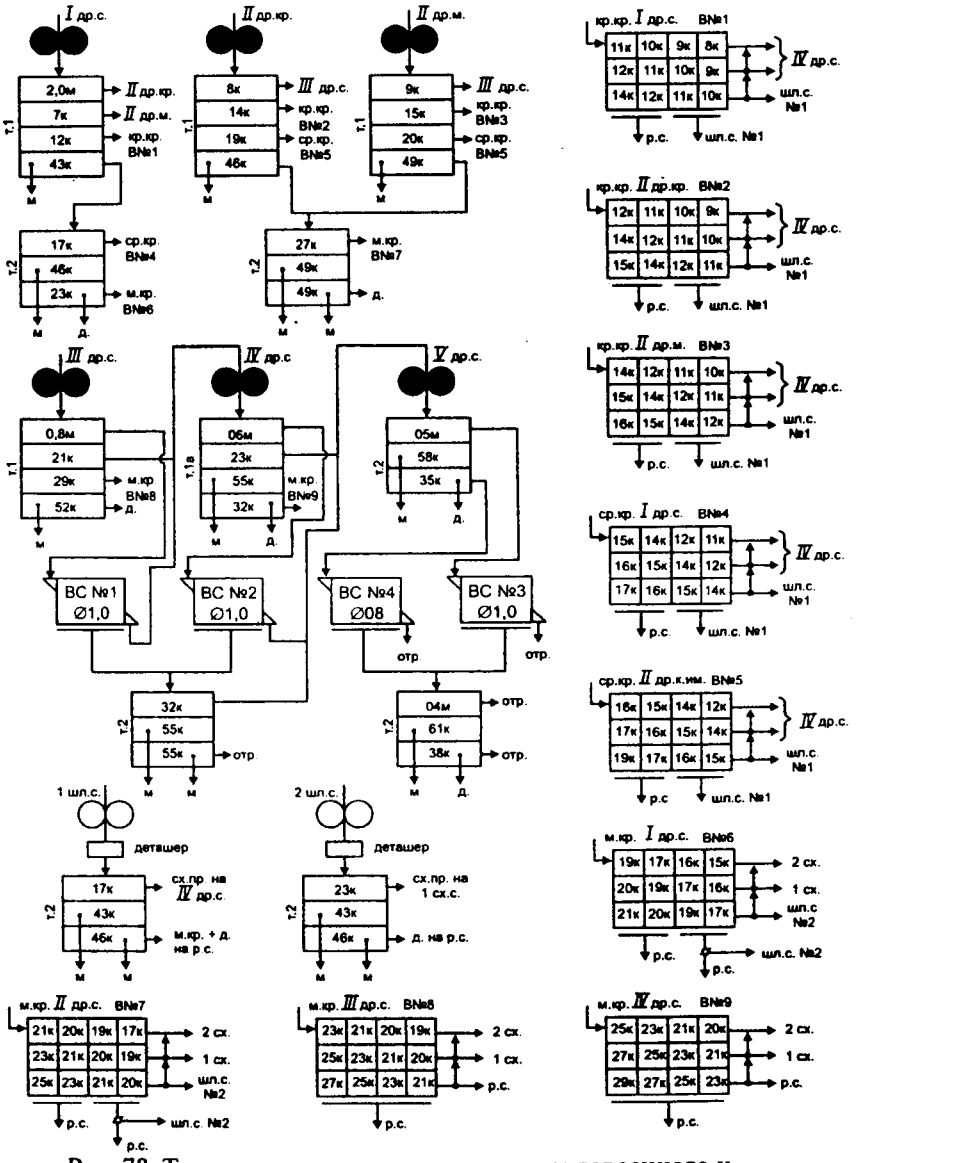



Рис. 78. Технологическая схема драного, ситовеечного и шлифовочного процессов

На первую шлифовочную систему направлены потоки крупных и средних крупок с соответствующих ситовеечных систем. На вторую - потоки мелкой крупки первого качества с ситовеечных систем №6 и №7. Следует обратить внимание на то, что потоки мелкой крупки первого качества не смешиваются с потоками мелкой крупки второго качества при направлении их на шлифовочную систему.

В табл. 13.16 приводятся рекомендуемые параметры рабочей поверхности размалывающих вальцов и их кинематические параметры на шлифовочных системах.

Таблица 13.16

Техническая характеристика вальцовых станков шлифовочных систем для развитых схем сортовых хлебопекарных помолов

| Наименование обогащаемых потоков крупок и дунстов | Параметры рабочей поверхности вальцов | | | | Кинематика вальцов | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | количество рифлей на 1 см | уклон рифлей, % | углы рифлей, α/β, град | взаимо-распо-ложение рифлей | Vб, м/с | Vб/Vм |
| Крупная и средняя крупки | 8,5...9,0 | 6...8 | 30/65 | сп/сп | 5 | 2,0...2,5 |
| Средняя и мелкая крупки | 9,0...9,5 | 6...8 | 30/65 | сп/сп | 5 | 2,0...2,5 |
| Мелкая крупка и жесткий дунст | 10,0...10,5 | 8...10 | 30/65 | сп/сп | 4,5...5,0 | 1,5...2,0 |
| Мелкая крупка и жесткий дунст 2-го качества | 11,0...11,5 | 8...10 | 40/70 | сп/сп | 4,5...5,0 | 1,5...2,0 |
| Для всех потоков | микрошероховатая | | | | 5 | 1,25 |

Режим измельчения на шлифовочной системе (извлечение) характеризуется количеством муки, полученной путем просеивания 100 граммов продукта, отбираемого после вальцового станка, на ситах №38ш, №43к или №41/43па.

Для эффективной работы шлифовочного процесса рекомендуется руководствоваться режимами измельчения и сортирования, приведенными в табл. 13.17.

Варианты для самостоятельной разработки технологических схем, включающие драной, ситовеечный и шлифовочный процессы, приведены в табл. 13.18.

Таблица 13.17

Рекомендуемые режимы измельчения и сортирования в шлифовочном процессе

| Наименование обогащаемых потоков крупок и дунстов | Извлечение, % | Нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сут) | | Нагрузка на одну секцию рассева, т/сут | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | БВ | А1-БЗН | РЗ-БРБ | ЗРШ-М-4М |
| Крупная и средняя крупки | 10...12<br>20...25 | 300...400<br>- | -<br>200...250 | -<br>25...30 | 30...40 |
| Средняя и мелкая крупки | 10...12<br>30...40 | 300...350<br>- | -<br>200...250 | -<br>22...30 | 30...40 |
| Мелкая крупка и жесткий дунст | 10...15 | 300...350 | | | 30...40 |
| Мелкая крупка и жесткий дунст 2-го качества | 15...18 | 200...300 | | | 25...30 |

Таблица 13.18

Варианты для самостоятельной разработки

| Параметры процесса | Вариант | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1.Количество драных систем | 4 | 5 |
| из них крупообразующих | 2 | 3 |
| 2. Двухэтапное сортирование на драных системах | I, II | I, II, III |
| 3. На крупные и мелкие делятся системы | II, III | II, III |
| 4. Вымольных систем | 4 | 6 |
| 5. Ситовеечных систем | 9 | 10 |
| 6. Предусмотреть отбор манной крупы | нет | да |
| 7. Шлифовочных систем | 3 | 4 |

### 13.2.7. Размольный процесс и его взаимосвязь с предыдущими процессами

Размольный процесс является завершающим этапом сортовых помолов пшеницы. Его задача заключается в получении максимального количества муки высоких сортов.

Решение этой задачи зависит:

от правильности построения структуры размольного процесса;

от режимов измельчения и сортирования по системам размольного процесса и от формирования потоков муки по сортам.

от формирования потоков круподунстовых продуктов из драного, ситовеечного и шлифовочного процессов для направления их на размольные системы;

от подбора сит на размольных системах;

Размольный процесс разделяется на ряд этапов. На первом этапе проводится размол на трех-четырех размольных системах продуктов первого качества, из которых получают муку высшего сорта. На втором этапе проводится размол на двух-трех размольных системах продуктов второго качества, из которых получают муку высшего и первого сортов. На третьем этапе вымалываются оболочечные продукты, полученные на первых двух этапах. Эти три этапа разделены сходовыми системами, на которые направляют сходовые продукты с систем размола продуктов первого и второго качества.

На рис. 79 приведены основные модули размольного процесса.

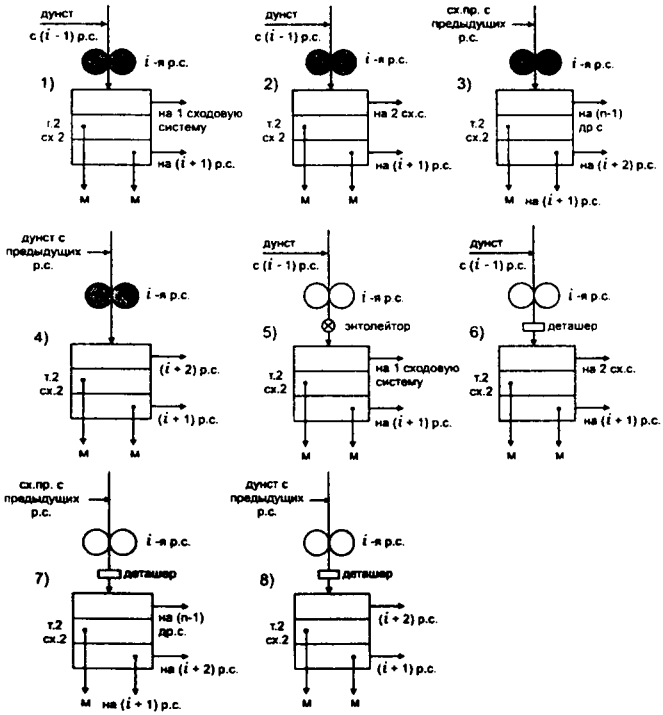



Рис. 79. Модули размольного процесса

Первые четыре модуля предназначены для размольного процесса, оснащенного вальцовыми станками с рифлеными размалывающими вальцами.

Модули с пятого по восьмой предназначены для размольного процесса, оснащенного вальцовыми станками с размалывающими вальцами, рабочая поверхность которых микрошероховатая. Для них обязательно доизмельчение продукта на энтолейторах (для размольных систем, размалывающих продукты первого качества), на остальных - эта операция осуществляется при помощи деташеров.

Первый и пятый модули применяют на размольных системах, перерабатывающих продукты первого качества.

Второй и шестой – на размольных системах, перерабатывающих продукты второго качества.

Третий и седьмой модули применяют на сходовых системах размольного процесса.

Четвертый и восьмой применяют на вымольных системах размольного процесса после второй сходовой.

Сита для отбора сходовых продуктов подбирают следующим образом: на первой размольной системе предусматривают сита с размерами отверстий 350...400 мкм и постепенно сгущают на последующих системах размольного процесса до сит с размерами отверстий 200...300 мкм.

На сходовых системах устанавливают разгрузочные сита с размерами отверстий 400...450 мкм, сход с которых направляют на предпоследнюю (n -1) систему драного процесса.

Для отбора отрубей с верхних групп сит последних размольных вымольных систем предусматривают сита с размерами отверстий 350...400 мкм.

Направление на размольные системы крупок и дунстов из драного, ситовеечного и шлифовочного процессов наиболее сложная задача при разработке схемы технологического процесса. Можно рекомендовать следующий алгоритм решения этой задачи.

Для потоков продуктов первого качества:

- в первую очередь на размол направляют потоки крупных и средних крупок драных крупообразующих систем, обогащенные на ситовеечных и шлифовочных системах, причем, если эти потоки направляют на одну размольную систему, то эту систему следует разделить на крупную и мелкую (это вытекает из третьей закономерности технологических процессов);

- во вторую очередь на размол направляют потоки мелкой крупки и жесткого дунста со второго этапа сортирования драных крупообразующих систем, обогащенные на ситовеечных и шлифовочных системах;

- в третью очередь на размол направляют потоки необогащенных продуктов с драных крупообразующих систем;

- на первую сходовую систему направляют соответствующие сходовые продукты с ситовеечных и шлифовочных систем (см. модули ситовеечного и шлифовочного процессов).

Для размольных систем, перерабатывающих продукты второго качества, порядок направления потоков продуктов из драного, ситовеечного и шлифовочного процессов такой как для потоков продуктов первого качества:

- после первой сходовой в первую очередь на размол направляют потоки обогащенных продуктов с драных вымольных систем;

- во вторую очередь на размол направляют потоки необогащенных продуктов с драных вымольных систем и с систем сортирования проходов вымольных машин, причем продукты с систем сортирования проходов вымольных машин обычно направляют на размольные вымольные системы после второй сходовой системы.

На рис. 80 приведена примерная структура размольного процесса, состоящего из десяти размольных систем, из которых четвертая и седьмая размольные системы являются, соответственно, первой и второй сходовыми системами. На девятой размольной системе по модулю №8 (рис. 79) верхний сход надо направить на одиннадцатую размольную систему, однако этой системы не предусмотрено, поэтому этот сход направлен в отруби. Аналогичная картина на десятой размольной системе. На последней размольной системе предусматривается вымол продукта на размалывающих рифленых вальцах.

Режимы измельчения и сортирования на размольных системах и системах контроля муки при хлебопекарных помолах пшеницы. Измельчение потоков продуктов на размольных системах осуществляется на вальцовых станках с рифленой и микрошероховатой рабочей поверхностью размалывающих вальцов.

При применении вальцовых станков А1-БЗН используют размалывающие вальцы с микрошероховатой и рифленой рабочими поверхностями, при применении вальцовых станков БВ - с рифленой рабочей поверхностью. Это объясняется более низким качеством изготовления вальцовых станков БВ.

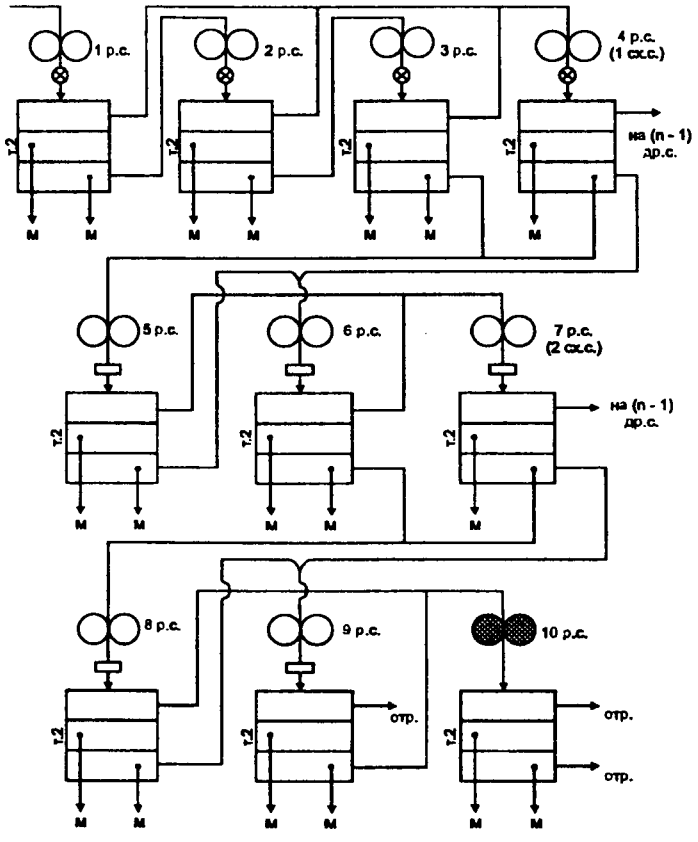



Рис. 80. Структура размольного процесса

При применении размалывающих вальцов с нарезной поверхностью рекомендуются следующие их параметры:

- окружная скорость быстровращающегося вальца от 5,0 до 6 м/с для размольных систем, перерабатывающих продукты первого качества, для остальных размольных и сходовых систем - от 4,0 до 4,5 м/с;

- рифли нарезают с углом острия от 35° до 40° и с углом спинки от 65° до 70° при общем угле заострения от 100° до 110°, причем большие углы заострения рекомендуется применять на сходовых и вымольных системах размольного процесса;

- отношение окружных скоростей на этапе размола продуктов первого качества принимают от 2,0 до 2,5; на остальных размольных системах - 1,5;

- количество рифлей на 1 см окружности размалывающих вальцов принимают для первых размольных систем равным 10 и затем увеличивают до 12 на последних размольных системах;

- взаиморасположение рифлей принимают «спинка по спинке», по мере их износа можно применять взаиморасположение рифлей «спинка по острию» и затем «острие по острию».

При применении размалывающих вальцов с микрошероховатой рабочей поверхностью принимают окружную скорость быстровращающихся вальцов 5,0 м/с, а отношение окружных скоростей парноработающих вальцов - 1,25.

Для получения необходимого количества и качества муки в размольном процессе наряду с рекомендуемыми параметрами рабочих органов вальцовых станков необходимо руководствоваться ориентировочными режимами измельчения на вальцовых станках и удельными нагрузками на вальцовые станки и рассевы (табл. 13.19).

Таблица 13.19

Рекомендуемые режимы измельчения (проход сита №38ш, 43к или 41/43па) и нагрузки на вальцовую линию и рассевы

| Размольная система | Извлечение, % | Нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сутки) | Нагрузка на одну секцию рассева, т/сутки | |
|---|---|---|---|---|
| | | | ЗРШ-М-4М | РЗ-БРБ |
| 1 р.с. | 45...60 | 200...250 | 30...40 | 40...50 |
| 2 р.с. | 45...60 | 200...250 | 30...40 | 35...45 |
| 3 р.с. | 45...60 | 200...250 | 30...40 | 30...40 |
| 1сх. (4 р.с.) | 25...40 | 180...230 | 25...30 | 25...35 |
| 5 р.с. | 30...50 | 180...250 | 25...30 | 20...25 |
| 6 р.с. | 30...50 | 180...250 | 20...25 | 25...30 |
| 2 сх. (7 р.с.) | 20...30 | 180...230 | 20...25 | 25...30 |
| 8 р.с. | 20...30 | 180...250 | 20...25 | 25...30 |
| 9 р.с. | 20...30 | 150...230 | 20...25 | 20...25 |
| 10 р.с. | 10...20 | 150…230 | 15...20 | 20...25 |
| 11 р.с. | 10...20 | 150...230 | 15...20 | 20...25 |
| 12 р.с. | 10...20 | 150...230 | 15...20 | 20...25 |
| Контроль муки | - | - | 35...45 | РЗ-БРВ 45...50 |

### 13.2.8. Технология отбора зародыша в сортовых хлебопекарных помолах пшеницы

Зародыша со щитком в зерне пшеницы содержится 2...4% от массы зерна. Небольшая часть зародыша отделяется от зерна при очистке его поверхности в обоечных машинах зерноочистительного отделения и попадает в кормовые зернопродукты. Основную часть зародыша в составе зерна направляют в размольное отделение мельзавода.

Химический состав и пищевая ценность зародыша пшеницы позволяют использовать его для изготовления лечебных препаратов и в качестве витаминной добавки к различным блюдам.

В состав зародыша входят водорастворимые белки (до 40%); большое количество сахаров в основном в виде сахарозы (до 25%) и рафинозы (до 4%); гемицеллюлозы (до 10%); минеральные вещества (до 7%); жиры, состоящие в основном из ненасыщенных жирных кислот (до 20%).

Зародыш богат витаминами: Е (до 16 мг%), $B_1$ (до 6 мг%), $B_2$ (до 1,5 мг%), $B_6$ (до 2,5 мг%) и РР (до 7,5 мг%).

При размоле зерна и сходовых продуктов в драном процессе часть зародыша в составе сходовых продуктов в конечном итоге попадает в отруби.

Большое количество зародыша содержится в крупных крупках первых драных систем, поэтому отбирать зародыш можно из них после обогащения на ситовеечных системах.

Зародыш пшеницы по своим механическим свойствам вязкое тело, поэтому при плющении его получают хлопья, которые по крупности значительно превышают крупные крупки, т.е. их можно отделить от сходовых продуктов и крупок, полученных при плющении с помощью сортирования на ситах.

На рис. 81 представлен модуль плющильной системы для отбора зародыша в шлифовочном процессе.

На эту систему направляют обогащенные на ситовеечных системах потоки крупной крупки с крупообразующих систем драного процесса. На этой системе принимают отношение окружных скоростей равное единице, а скорость парнорабатающих вальцов - 5 м/с.

Сито для отбора хлопьев зародыша принимают такое же, как проходовое сито самого крупного потока крупной крупки на крупообразующих системах драного процесса. Остальные сита подбирают в соответствии с заданной крупностью по классификации продуктов размола по крупности.

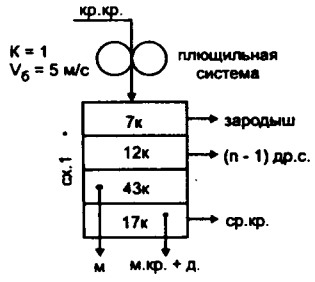



Рис. 81. Модуль плющильной системы для отбора зародыша

При описанном способе отбора зародыша его получают не более 0,2% от массы зерна, поскольку зародыш находится не только в потоках крупной, но и потоках средней и мелкой крупок драных систем. Поэтому целесообразнее отбирать зародыш в размольном процессе из сходовых продуктов размольных систем первого качества, т.е. на первой сходовой системе, где сходятся все потоки сходовых продуктов, содержащих зародыш в целом и разрушенном виде.

На рис. 82 представлен модуль первой сходовой системы с отбором зародышевых хлопьев в размольном процессе.

Отношение окружных скоростей принимается равным 1,25 при скорости быстровращающегося размалывающего вальца 5 м/с. Для дезагрегации слипшихся частиц применяют деташер. Верхним сходом получают зародыш. Направление остальных продуктов такое же, как в модуле первой сходовой системы без отбора зародышевых хлопьев (см. рис. 79). Сито для отбора зародыша подбирается так же, как при отборе зародыша на плющильной системе.

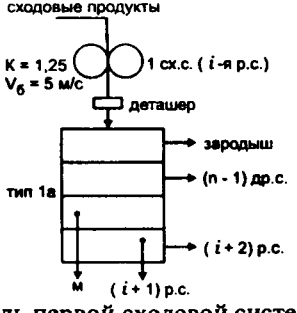



Рис. 82. Модуль первой сходовой системы с отбором зародышевых хлопьев

При этом способе отбора зародыша в виде хлопьев его выход составляет 0,3...0,35% от массы зерна, поступившего на первую драную систему.

### 13.2.9. Формирование сортов муки и контроль готовой продукции

Формирование сортов муки чаще всего проводят в размольном отделении мельзавода из потоков муки с систем технологического процесса.

Порядок формирования сортов муки сильно зависит от качественных характеристик рабочих органов применяемого в размольном отделении технологического оборудования, особенно вальцовых станков.

При применении вальцовых станков БВ рекомендуется следующий порядок формирования сортов муки:

- высший сорт формируют из потоков муки с размольных систем, перерабатывающих потоки продуктов первого качества;
- первый сорт формируют из потоков муки с драных крупообразующих систем, со шлифовочных систем, с первой сходовой и размольных систем, перерабатывающих потоки продуктов второго качества до второй сходовой системы;
- второй сорт формируют из всех остальных потоков муки драного и размольного процессов.

При применении вальцовых станков А1-БЗН рекомендуется следующий порядок формирования сортов муки:

- высший сорт формируют из потоков муки с драных крупообразующих систем, со шлифовочных систем, перерабатывающих продукты первого качества, с размольных систем, перерабатывающих продукты первого качества, первой сходовой и со следующей за ней размольной системе (первая размольная система, перерабатывающая потоки продуктов второго качества);
- первый сорт получают из потоков муки с первой драной вымольной системы, со шлифовочных систем, перерабатывающих продукты второго качества, с оставшихся систем размольного процесса, перерабатывающих продукты второго качества, со второй сходовой системы и со следующей за ней размольной вымольной системы;
- второй сорт формируют из потоков муки с остальных систем драного и размольного процессов.

При формировании потоков муки по сортам необходимо предусмотреть возможность переброски одного-двух потоков муки, обычно

высшего сорта, в первый и во второй сорта и наоборот. Это необходимо для оперативного регулирования качества муки с целью обеспечения выпуска муки в соответствии со стандартом на нее.

Для отбора муки в технологическом процессе подбирают сита с размерами отверстий от 160 до 100 мкм.

Муку крупчатку формируют из потоков дунстов, получаемых при размоле обогащенных на ситовеечных системах крупок первого качества в шлифовочном и размольном процессах. Кроме этого муку крупчатку можно получить из дунстов второй драной системы после обогащения их на ситовеечных системах.

Потоки сформированных сортов муки направляют на соответствующие рассевы контроля муки.

На системах контроля применяют схему 3 рассевов ЗРШ-М-4М и тип 3 рассевов Р3-БРВ.

Основные модули систем контроля муки представлены на рис. 83.

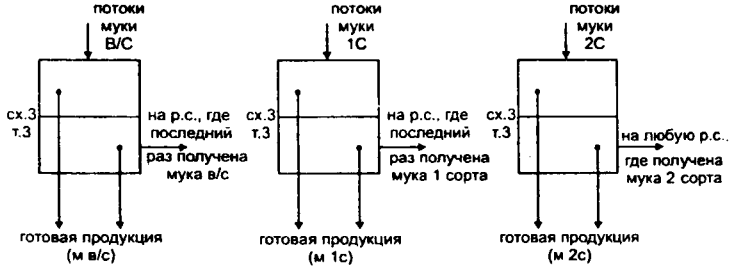



Рис. 83. Модули контроля муки

На системах контроля предусматривают сита с размерами отверстий 180...200 мкм.

На рис. 84 представлен пример разработки технологической схемы хлебопекарного трехсортного помола, включающей пять драных, пять вымольных систем, две системы пересева проходов вымольных машин, девять ситовеечных, три шлифовочных и одиннадцать размольных систем.

Разработка технологической схемы проведена по следующему алгоритму:

из модулей драного процесса разработана его структура;

в соответствии с этими модулями намечена крупность круподунстовых продуктов;

подбор размеров отверстий сит в драном процессе проведен расчетным способом по следующим извлечениям на драных системах: Iдр.с. - 30%, II др.с. - 50%, III др.с. - 40%, IV др.с. - 25%, V др.с. - 10%;

из модулей ситовеечного процесса разработана его структура;

все крупки, полученные в драном процессе, направлены на соответствующие ситовеечные системы;

подбор размеров отверстий сит в ситовеечном процессе проведен расчетным способом, исходя из размеров отверстий сит, сходом которых получены крупки в драном процессе;

в соответствии с модулями ситовеечного процесса определено направление сходовых и проходовых фракций на каждой ситовеечной системе;

из модулей шлифовочного процесса разработана его структура, подобраны размеры отверстий сит в рассевах и в соответствии с выбранными модулями определено направление полученных продуктов;

из модулей размольного процесса разработана его структура с направлением полученных на размольных системах продуктов, и подобраны размеры отверстий сит;

сформированы потоки муки по сортам, и подобраны размеры отверстий сит для отбора муки;

из модулей контроля муки разработана его структура, и подобраны размеры отверстий сит.

Варианты для самостоятельной разработки приведены в табл. 13.20.

Таблица 13.20

Варианты для самостоятельной разработки

| Параметры процесса | Вариант | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1.Количество драных систем | 5 | 4 |
| из них крупообразующих | 3 | 2 |
| 2. Двухэтапное сортирование на драных системах | I, II,III | I, II, III |
| 3. На крупные и мелкие делятся системы | II | II, III |
| 4. Вымольных систем | 4 | 3 |
| 5. Ситовеечных систем | 8 | 8 |
| 6. Предусмотреть отбор манной крупы | да | нет |
| 7. Шлифовочных систем | 3 | 2 |
| 8. Размольных систем | 12 | 11 |
| 9. Предусмотреть отбор зародыша | нет | да |
| 10.Контроль муки | | |

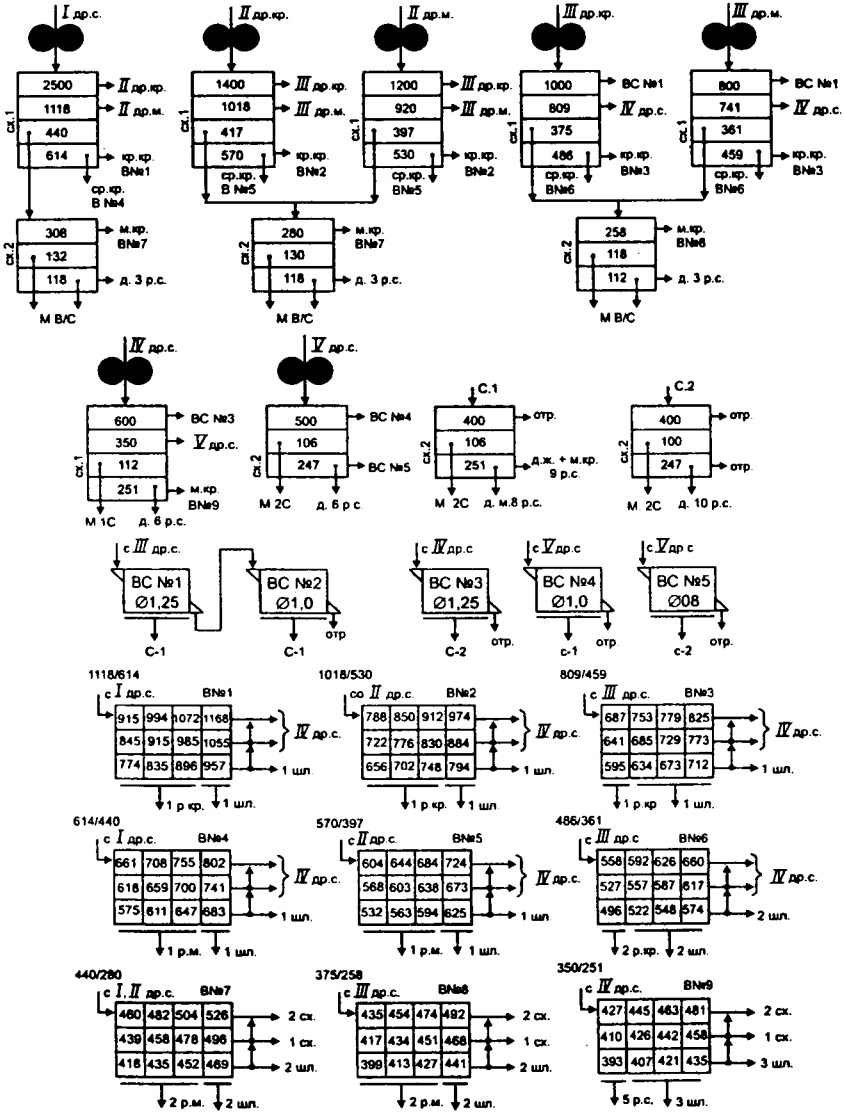



Рис. 84. Технологическая схема хлебопекарного трехсортного помола

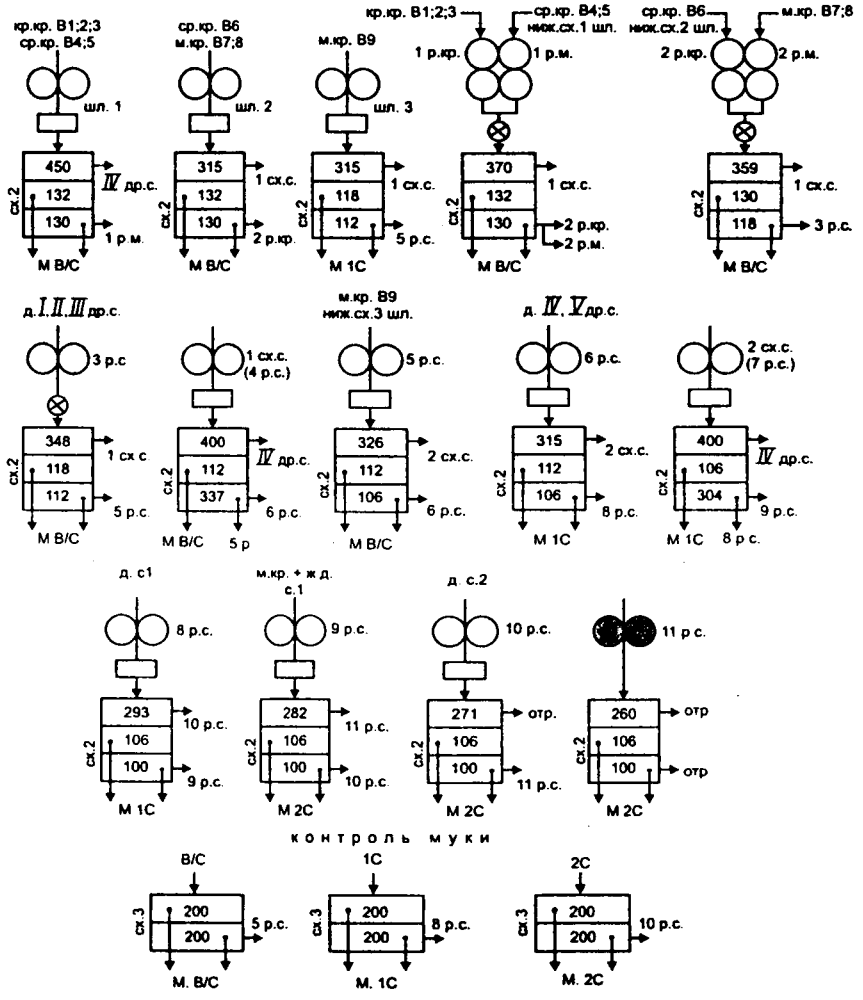



Рис. 84. Технологическая схема хлебопекарного трехсортного помола (окончание)

# 14. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ ДЛЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Муку для макаронных изделий получают из твердой пшеницы (Durum), а также из мягкой высокостекловидной пшеницы (стекловидность больше 50%, содержание клейковины не менее 27%). Твердая пшеница, предназначенная для производства макаронной муки, не должна содержать более 15% мягкой пшеницы.

В табл. 14.1 приведены показатели качества муки для макаронных изделий.

Макаронная мука из твердой пшеницы отличается от аналогичной из мягкой высокостекловидной пшеницы цветом, структурой и составом.

Мука высшего сорта (крупка) состоит из эндосперма центральной части зерна, а мука первого сорта (полукрупка) – из периферийных частей эндосперма с небольшим содержанием отрубянистых частиц. Содержание белка в макаронной муке достигает 15...16% и выше.

## 14.1. Особенности хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки

Драной процесс. Структура драного процесса и подбор сит не отличаются от аналогичного драного процесса при хлебопекарном помоле. При подборе сит необходимо предусмотреть разделение дунстов на жесткие и мягкие на крупообразующих системах. При этом жесткий дунст направляют для обогащения на ситовеечные системы, мягкий – на размольные. В драном процессе рекомендуется уменьшать скорости быстровращающихся вальцов до 4,5...5,0 м/с и применять на первых трех драных системах взаимное расположение рифлей «острие по спинке».

Мука высшего сорта (крупка) состоит из эндосперма центральной части зерна, а мука первого сорта (полукрупка) – из периферийных частей эндосперма с небольшим содержанием отрубянистых частиц. Содержание белка в макаронной муке достигает 15...16% и выше.

Ситовеечный процесс. Ситовеечный процесс более развит и разделяется на три этапа. Первый этап – обогащение круподунстовых продуктов, полученных в драном крупообразующем процессе. Второй этап – обогащение круподунстовых продуктов, полученных на шлифовочных системах. Третий этап предусматривает контроль макаронной крупки.

Таблица 14.1

Показатели качества макаронной муки

| Продукты | Зольность в пересчете на сухое вещество, % | Крупность помола | | | | Количество клейковины %, не менее, качество | Документ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | остаток на сите шелковом | | проход через сито шелковое | | | |
| | | № сита | % | № сита | % | | |
| Мука из твердой пшеницы (дурум) | | | | | | | |
| Высший сорт (крупка) | 0,75 | 140 | не более 3 | 260 | не более 12 | 30 хорошей упругости, неклейкая, некороткорвущаяся | ГОСТ 12307-66 |
| Первый сорт (полукрупка) | 1,10 | 190 | не более 3 | 43 | не более 40 | 32 хорошей упругости, неклейкая, некороткорвущаяся | « |
| Мука второго сорта | 1,75 | 27 | не более 2 | 38 | не менее 65 | 28 не ниже второй группы | ГОСТ 16439-70 |
| Мука из мягкой пшеницы | | | | | | | |
| Высший сорт (крупка) | 0,55 | 150 | не более 3 | 260 | не более 15 | 28 хорошей упругости, неклейкая, некороткорвущаяся | ГОСТ 12306-66 |
| Первый сорт (полукрупка) | 0,75 | 190 | не более 3 | 43 | не более 50 | 30 хорошей упругости, неклейкая, некороткорвущаяся | « |
| Высший сорт (крупка) (хлебопекарный помол) | 0,55 | 150 | не более 3 | 43 | не более 5,0 | 28 хорошей упругости, неклейкая, некороткорвущаяся | ТУ 8-22-30-86 |

На рис. 85 приведены модули ситовеечного процесса всех трех этапов.

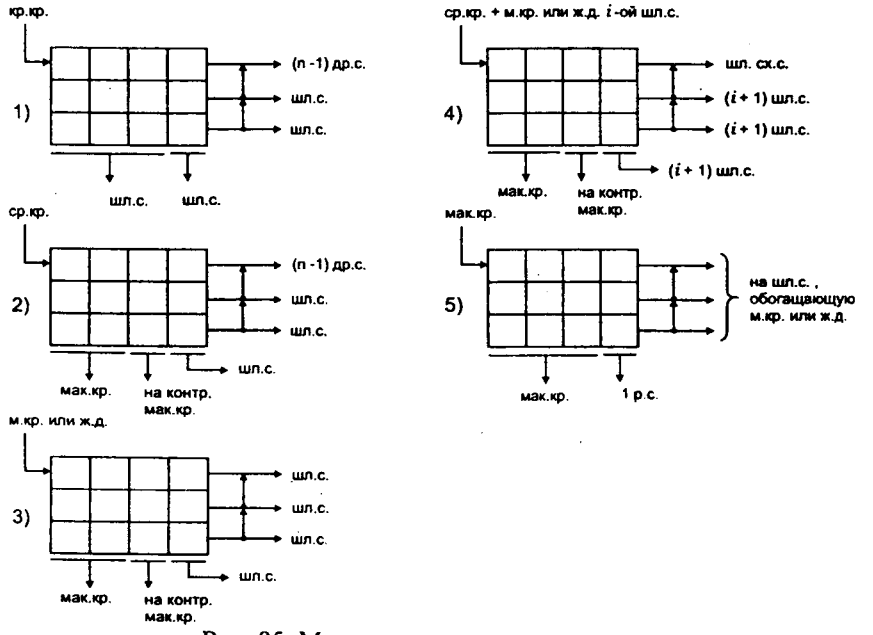



Рис. 85. Модули ситовеечного процесса

Модули с первого по третий применяют для первого этапа обогащения на ситовеечных системах.

Четвертый модуль применяется на втором этапе, на котором обогащают круподунстовые продукты, полученные в шлифовочном процессе.

Пятый модуль применяют для контроля макаронной крупки. Макаронная крупка, полученная из средней и мелкой крупок, контролируется на ситовеечной системе отдельно от макаронной крупки, полученной из жестких дунстов.

Подбор сит на ситовеечных системах первого и второго этапов обогащения проводится по алгоритму, описанному ранее для хлебопекарных помолов.

На контроле макаронной крупки, полученной из средней и мелкой крупок, первое сито верхнего яруса ставится с размерами отверстий от 450 до 500 мкм.

На контроле макаронной крупки, полученной из жесткого дунста, первое сито верхнего яруса ставится с размерами отверстий от 400 до 425 мкм. Остальные сита подбирают по ранее приведенному алгоритму.

Шлифовочный процесс. Шлифовочный процесс в хлебопекарных помолах с отбором макаронной крупки более развит по сравнению с обычным хлебопекарным и состоит из четырех-пяти систем. На рис. 86 представлены основные модули шлифовочного процесса хлебопекарного помола с отбором макаронной крупки.

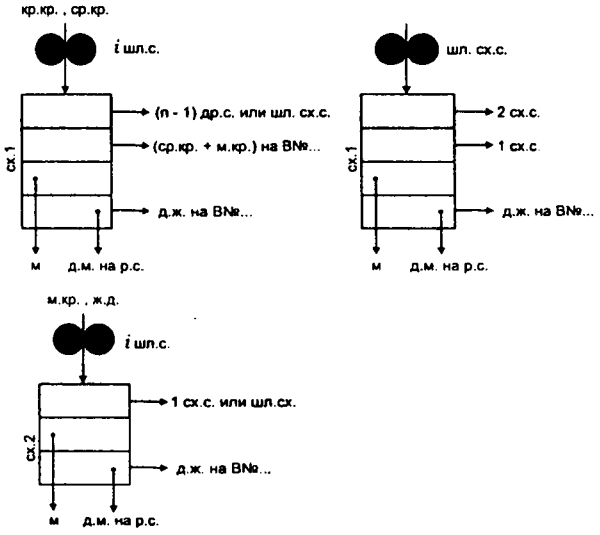



Рис. 86. Модули шлифовочного процесса

На шлифовочных системах при этих помолах применяются рифленые размалывающие вальцы. Подбор сит осуществляется в соответствии с заданной в модулях крупностью, по классификации продуктов размола.

В шлифовочном процессе рекомендуется:

устанавливать удельные нагрузки по системам от 150 до 250 кг/(см·сут);

применять режимы измельчения на шлифовочных системах, перерабатывающих крупную и среднюю крупки, от 2 до 5% (проход сита 38 шелкового), а на шлифовочных системах, перерабатывающих мел-

кую крупку и жесткий дунст, а также на сходовой шлифовочной системе - от 5 до 8%.

Размольный процесс. Размольный процесс по своей структуре, по способу подбора сит, по режимам измельчения и сортирования практически не отличается от размольного процесса обычного хлебопекарного помола. Поскольку при ведении технологического процесса отбирается макаронная крупка, то хлебопекарную муку по сортам формируют несколько иначе.

Муку хлебопекарную высшего сорта формируют из потоков муки со второй драной системы, шлифовочных систем, перерабатывающих круподунстовые продукты первого качества и с размольных систем, перерабатывающих продукты первого качества (до первой сходовой системы).

Муку хлебопекарную первого сорта формируют из потоков муки с драных крупообразующих систем, на сходовой шлифовочной системе и на шлифовочных системах, перерабатывающих продукты второго качества, с первой сходовой системы и с различных систем, перерабатывающих продукты второго качества (до второй сходовой).

На остальных системах технологического процесса получают муку хлебопекарную второго сорта.

В табл. 14.2 приведены ориентировочные данные по выходам муки по системам технологического процесса хлебопекарного помола пшеницы с отбором до двадцати процентов макаронной крупки.

Таблица 14.2

Ориентировочные данные по выходам муки по системам технологического процесса хлебопекарного помола пшеницы с отбором до двадцати процентов макаронной крупки, %

| Тип муки | Процессы | | | | | | | Всего муки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | драной | | шлифовочный | | размольный | | | |
| | I-III др.с. | IV-V др.с. | 1-3 шл.с. | 4-5 шл.с. | 1-3 р.с. | 4-5 р.с. | 8-11 р.с. | |
| Макаронная | 6-8 | - | 10-12 | 2-4 | - | - | - | 20-22 |
| Хлебопекарная | 12-14 | 3-5 | 2-3 | 2-3 | 12-15 | 12-15 | 4-5 | 53-55 |

На рис. 87 приведен пример разработки технологической схемы хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки.

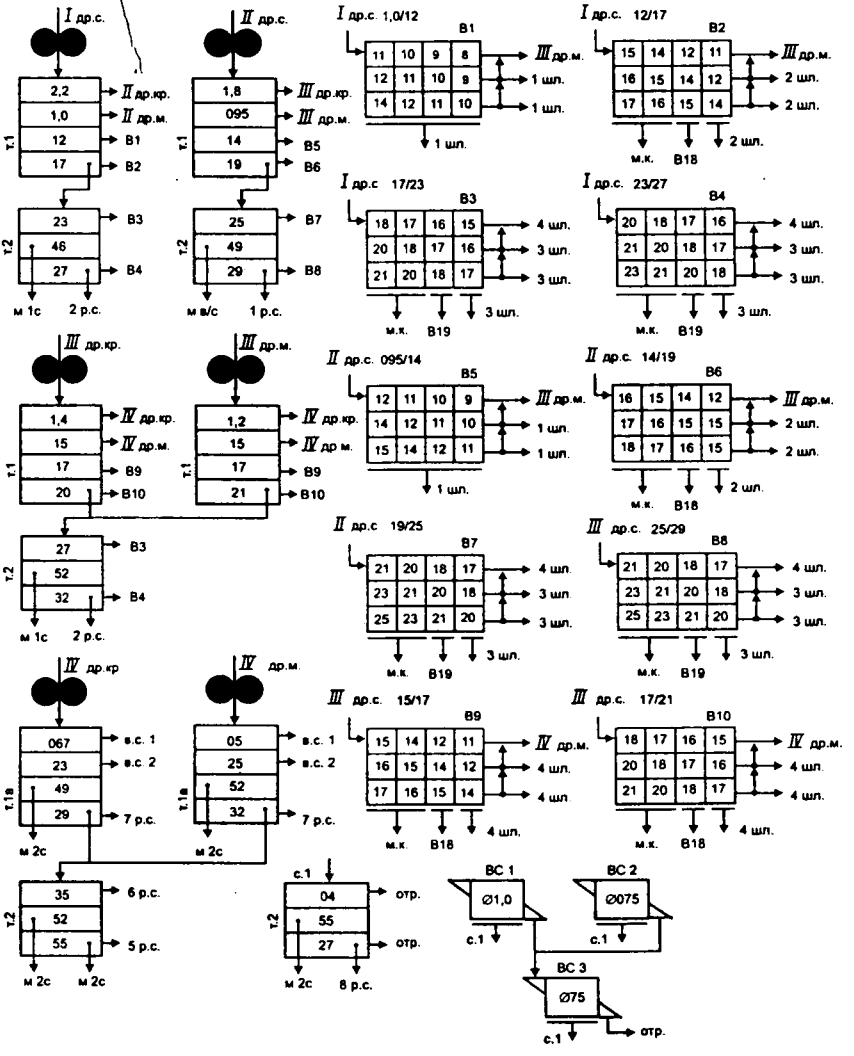



Рис. 87. Технологическая схема хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки

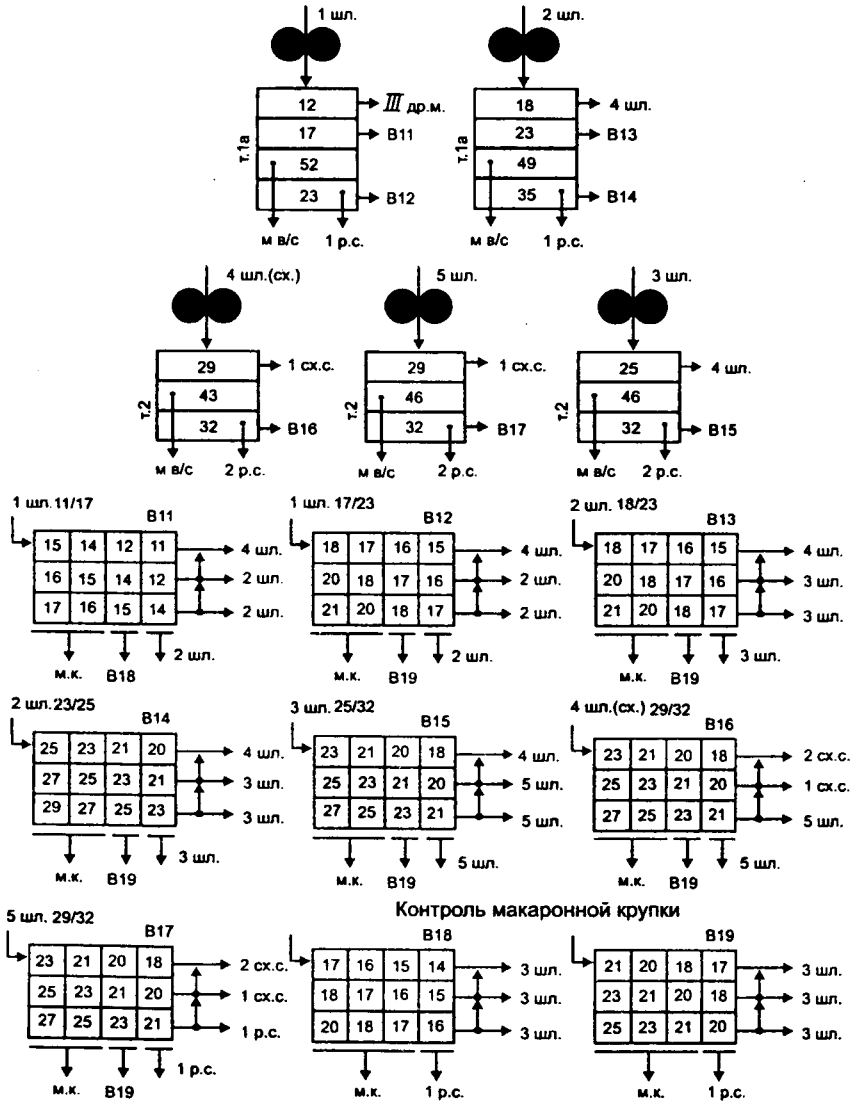



Рис. 87. Технологическая схема хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки (продолжение)

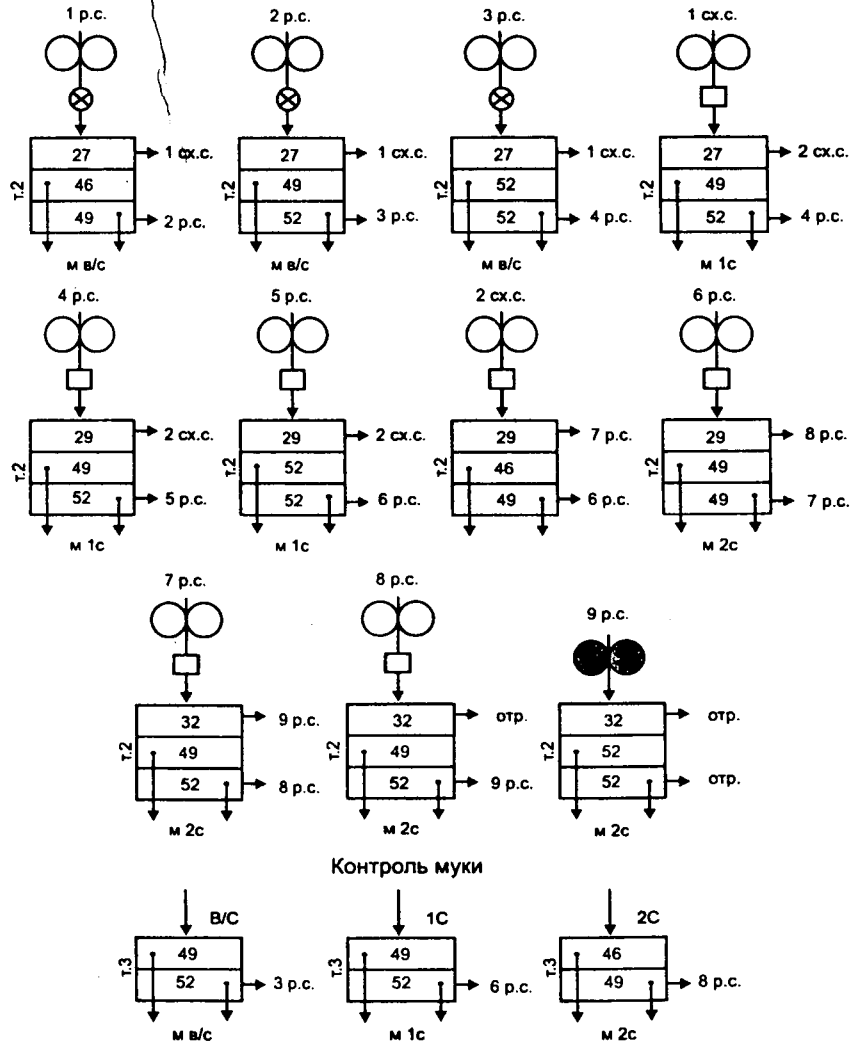



Рис. 87. Технологическая схема хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки (окончание)

Технологическая схема включает:

четыре драных системы, в том числе две крупообразующие;

три вымольных системы;

две сортировочные системы для пересева проходов вымольных машин;

десять ситовеечных систем первого этапа обогащения;

пять шлифовочных систем;

восемь ситовеечных систем второго этапа обогащения;

одиннадцать размольных систем, в том числе две сходовые системы;

контроль хлебопекарной муки и макаронной крупки.

Технологическая схема разработана в соответствии с приведенными выше модулями, сита подобраны металлотканые и капроновые.

## 14.2. Особенности технологии макаронных помолов твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы

Драной процесс. Измельчение продуктов в драном процессе осуществляется на пяти-шести системах, на второй, третьей и четвертой драных, а иногда и на пятой драной системах предусматривается деление систем на крупные и мелкие.

Сортирование продуктов измельчения может осуществляться в три этапа для получения семи-восьми фракций крупок и дунстов, при этом крупную и среднюю крупки желательно разделять на две фракции, дунсты - на жесткие и мягкие. Это делается для того, чтобы обеспечить высокую эффективность работы ситовеечных и шлифовочных систем в полном соответствии с третьей закономерностью технологических процессов мукомольных заводов.

Жесткие и мягкие дунсты отделяют от муки на третьем этапе сортирования (рис.88).

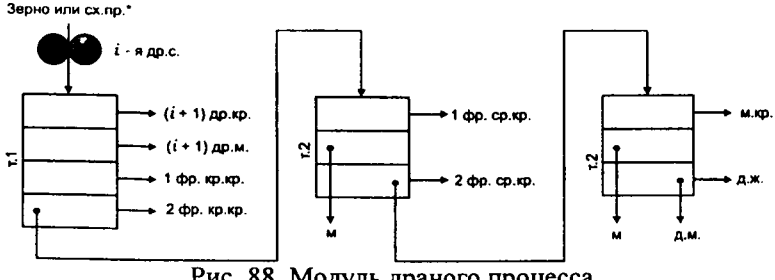



Рис. 88. Модуль драного процесса

Все круподунстовые продукты направляют на соответствующие ситовеечные системы.

Второй этап сортирования может быть совмещен для двух, третий для трех крупообразующих систем.

При макаронных помолах вымольные системы с применением бичевых и щеточных систем не предусматриваются.

К вымольным драным системам можно отнести последние две системы, на них отбираются отруби, а дунсты направляют на соответствующие ситовеечные системы.

Алгоритм подбора сит для отбора крупок и дунстов на драных системах несколько отличается от аналогичного алгоритма подбора сит в хлебопекарных помолах.

Лучшие по качеству круподунстовые продукты при макаронном помоле получают на второй крупной драной системе из-за относительно низкого извлечения (7...10%) на первой драной системе. Поэтому на второй крупной драной системе сита подбирают в соответствии с заданной крупностью по классификации продуктов по крупности. Тогда сита на первой и на второй мелкой драных системах сгущают на один-два номера по сравнению с соответствующими ситами второй драной системы.

На остальных драных системах сита сгущают на один-два номера по сравнению с соответствующими ситами предыдущей драной системы для продуктов одинаково намеченной крупности.

Рассчитать минимальные размеры отверстий сит для отбора сходовых и круподунстовых продуктов можно по формуле:

$$P_{ij} = a - e\left(\sum_{i=1}^{i} U_i\right)^{\lg \sum_{i=1}^{i} U_i - b}, \text{ мкм}$$

где i – номер драной системы;

j – наименование продукта;

$\sum_{i=1}^{i} U_i$ - текущее суммарное извлечение в процентах к I драной системе;

e – основание натурального логарифма;

a, b - коэффициенты.

Численные значения коэффициентов a и b приведены в табл. 14.3.

Таблица 14.3

Численные значения коэффициентов для расчета минимальных размеров отверстий сит при отборе продуктов

| Наименование продукта | Коэффициенты | |
|---|---|---|
| | a | b |
| Сходовой | 1200 | 0,74 |
| 1 фракция крупной крупки | 800 | 0,85 |
| 2 фракция крупной крупки | 630 | 0,95 |
| 1 фракция средней крупки | 525 | 1,02 |
| 2 фракция средней крупки | 450 | 1,08 |
| Мелкая крупка | 315 | 1,20 |
| Дунст жесткий | 250 | 1,30 |
| Дунст мягкий | 160 | 1,40 |

Рекомендуется применять следующие кинематические параметры размалывающих вальцов:

скорость быстровращающихся вальцов от 4,0 до 4,5 м/с;

отношение окружных скоростей вальцов 2,5.

В табл. 14.4 приведены технические характеристики рабочей поверхности вальцов драных систем при макаронном помоле.

Таблица 14.4

Технические характеристики рабочей поверхности вальцов драных систем при макаронном помоле

| Наименование драной системы | Параметры рифлей | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | плотность нарезки, рифлей/см | уклон, % | углы заострения, $\alpha^{\circ}/\beta^{\circ}$ | размер площадки, мм | взаимное расположение рифлей |
| I | 3,5 | 4...6 | 35/60 | 0,30 | ос/ос |
| II крупная | 4,5 | 6...8 | 30/60 | 0,25 | ос/ос |
| II мелкая | 4,5 | 6...8 | 30/60 | 0,20 | ос/ос |
| III крупная | 5,0 | 6...8 | 30/60 | 0,20 | ос/ос |
| III мелкая | 6,0 | 8...10 | 30/60 | 0,15 | ос/ос |
| IV крупная | 6,0 | 8...10 | 30/60 | 0,15 | ос/сп |
| IV мелкая | 7,0 | 8...10 | 30/60 | 0,15 | ос/сп |
| V крупная | 8,0 | 10...12 | 30/60 | 0,15 | ос/сп |
| V мелкая | 9,0 | 10...12 | 30/60 | 0,10 | сп/сп |
| VI | 9,5 | 10...12 | 35/65 | 0,10 | сп/сп |

В табл. 14.5 приведены примерные режимы измельчения и сортирования в драном процессе макаронного помола пшеницы.

Таблица 14.3

Численные значения коэффициентов для расчета минимальных размеров отверстий сит при отборе продуктов

| Наименование продукта | Коэффициенты | |
|---|---|---|
| | a | b |
| Сходовой | 1200 | 0,74 |
| 1 фракция крупной крупки | 800 | 0,85 |
| 2 фракция крупной крупки | 630 | 0,95 |
| 1 фракция средней крупки | 525 | 1,02 |
| 2 фракция средней крупки | 450 | 1,08 |
| Мелкая крупка | 315 | 1,20 |
| Дунст жесткий | 250 | 1,30 |
| Дунст мягкий | 160 | 1,40 |

Рекомендуется применять следующие кинематические параметры размалывающих вальцов:

скорость быстровращающихся вальцов от 4,0 до 4,5 м/с;

отношение окружных скоростей вальцов 2,5.

В табл. 14.4 приведены технические характеристики рабочей поверхности вальцов драных систем при макаронном помоле.

Таблица 14.4

Технические характеристики рабочей поверхности вальцов драных систем при макаронном помоле

| Наименование драной системы | Параметры рифлей | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | плотность нарезки, рифлей/см | уклон, % | углы заострения, $\alpha^{\circ}/\beta^{\circ}$ | размер площадки, мм | взаимное расположение рифлей |
| I | 3,5 | 4...6 | 35/60 | 0,30 | ос/ос |
| II крупная | 4,5 | 6...8 | 30/60 | 0,25 | ос/ос |
| II мелкая | 4,5 | 6...8 | 30/60 | 0,20 | ос/ос |
| III крупная | 5,0 | 6...8 | 30/60 | 0,20 | ос/ос |
| III мелкая | 6,0 | 8...10 | 30/60 | 0,15 | ос/ос |
| IV крупная | 6,0 | 8...10 | 30/60 | 0,15 | ос/сп |
| IV мелкая | 7,0 | 8...10 | 30/60 | 0,15 | ос/сп |
| V крупная | 8,0 | 10...12 | 30/60 | 0,15 | ос/сп |
| V мелкая | 9,0 | 10...12 | 30/60 | 0,10 | сп/сп |
| VI | 9,5 | 10...12 | 35/65 | 0,10 | сп/сп |

В табл. 14.5 приведены примерные режимы измельчения и сортирования в драном процессе макаронного помола пшеницы.

Таблица 14.5

Рекомендуемые режимы работы систем драного процесса при макаронных помолах

| Драная система | Проход сита | Извлечение, % | | Нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сут) | Нагрузка на одну секцию рассева, т/сут. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | к данной системе | к первой драной системе | | |
| I | 1,0м | 7...10 | 7...10 | 600...700 | 60...70 |
| II крупная | 1,0м | 40...45 | 32...40 | 400...500 | 40...50 |
| II мелкая | 1,0м | 35...40 | | 350...450 | 35...45 |
| III крупная | 08м | 40...45 | 18...22 | 300...400 | 30...40 |
| III мелкая | 08м | 35...45 | | 250...350 | 25...30 |
| IV крупная | 056м | 30...35 | 9...12 | 300...350 | 30...35 |
| IV мелкая | 056м | 35...40 | | 250...300 | 25...30 |
| V крупная | 38ш | | | 200...250 | 20...25 |
| V мелкая | 38ш | | | 150...200 | 15...20 |
| VI | 38ш | | | 150...200 | 15...20 |
| второй этап сортирования | | | | | |
| I – IV | | | | | 15...20 |
| V –VI | | | | | 10...15 |
| третий этап сортирования | | | | | |
| I – III | | | | | 10...15 |

Для составления количественного баланса драного процесса при макаронных помолах пшеницы можно воспользоваться данными табл. 14.6 и 14.7.

Таблица 14.6

Ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки в драном процессе при макаронном помоле твердой пшеницы (%)

| Наименование системы | Крупки | | | Дунсты | Мука | Общее извлечение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | крупная | средняя | мелкая | | | |
| I драная | 4...6 | 1...2 | 0,5...1 | 0,5...1 | 0,5 | 9...10 |
| II драная | 20...25 | 8...10 | 2...4 | 1,5...2 | 1,0...1,5 | 37...40 |
| III драная | 8...10 | 6...8 | 2...4 | 1,5...2 | 1,5...2 | 20...23 |
| IV драная | 2...4 | 3...5 | 1...3 | 1,5...2 | 1,0...1,5 | 10...12 |
| Итого с I-IV драных систем | 40...45 | 20...22 | 7...9 | 6...8 | 5...7 | 80...82 |
| V драная | - | - | 1...3 | 1...2 | 1...1,5 | 4...6 |
| VI драная | - | - | - | 0,5...1 | 0,5...1 | 2...3 |
| Всего с I-VI драных систем | 40...45 | 20...22 | 10...12 | 8...10 | 7...9 | 86...88 |

Таблица 14.7

Ориентировочный выход круподунстовых продуктов и муки в драном процессе при макаронном помоле мягкой пшеницы (%)

| Наименование системы | Крупки | | | Дунсты | Мука | Общее извлечение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | крупная | средняя | мелкая | | | |
| I драная | 4...6 | 3...5 | 1...2 | 2...3 | 2...3 | 13...15 |
| II драная | 10...12 | 12...14 | 3...5 | 3...5 | 4...6 | 37...40 |
| III драная | 3...5 | 6...8 | 2...4 | 3...5 | 3...5 | 20...23 |
| Итого с I-III драных систем | 19...21 | 23...25 | 7...9 | 9...11 | 10...12 | 72...75 |
| IV драная | - | - | 1...3 | 2...4 | 2...3 | 7...9 |
| V драная | - | - | - | 1,5...3 | 1...2 | 3...4 |
| VI драная | - | - | - | 1...2 | 1...1,5 | 2...3 |
| Всего с I-VI драных систем | 19...21 | 23...25 | 9...11 | 15...17 | 16...18 | 86...88 |

Ситовеечный процесс первого этапа обогащения. Одной из основных особенностей макаронного помола является развитый ситовеечный процесс. По структуре ситовеечный процесс можно разделить на три этапа. Первый этап – обогащение круподунстовых продуктов драного процесса, второй – обогащение круподунстовых продуктов шлифовочного процесса, третий – контроль макаронной муки.

В отличие от хлебопекарного помола, при макаронном помоле стремятся обогатить отдельно все крупнодунстовые продукты, полученные в драном и шлифовочном процессах. Этим объясняется развитость ситовеечного процесса.

Основные модули ситовеечного процесса первого этапа обогащения при макаронных помолах приведены на рис. 89.

Модули с первого по пятый применяются в технологическом процессе для крупок и дунстов первого качества, полученных в драном процессе.

Модуль шесть - для обогащения продуктов второго качества с последних драных систем.

Сита на ситовеечных системах первого этапа обогащения подбирают по алгоритмам подбора сит хлебопекарных помолов пшеницы.

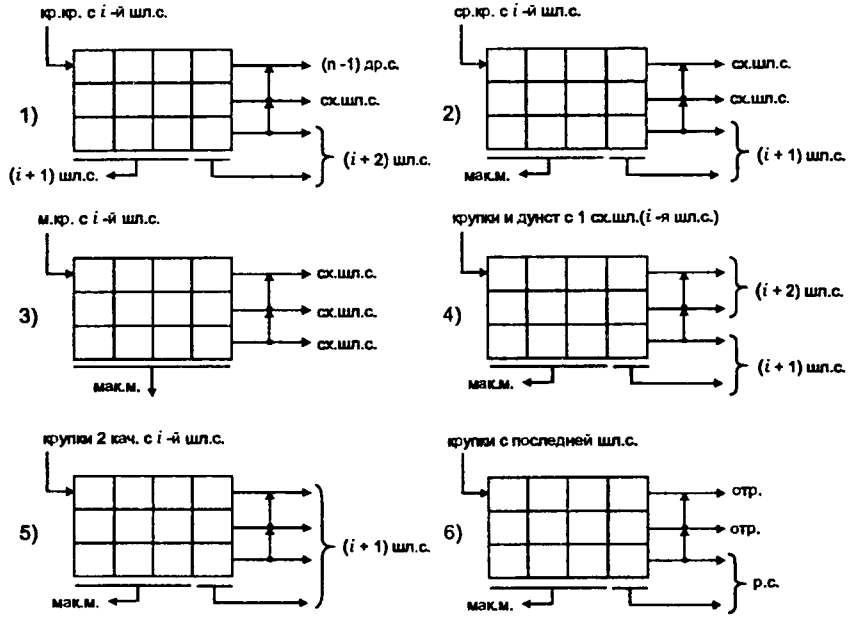



Рис. 89. Модули ситовеечного процесса первого этапа обогащения:
i др.с. – драная система, с которой поступает продукт на обогащение

В зависимости от крупности и качества обогащаемых на ситовеечных системах продуктов рекомендуется применять следующие удельные нагрузки (кг на 1 см ширины приемного сита):

для крупной крупки первого качества - 350…450;
для средней крупки первого качества - 250…300;
для мелкой крупки первого качества - 200…250;
для жесткого дунста первого качества - 150…200;
для мягкого дунста первого качества - до 180.

Для крупок и дунстов второго качества рекомендуемые удельные нагрузки снижают на 25%.

Шлифовочный процесс. Шлифовочный процесс при макаронных помолах пшеницы включает семь-восемь шлифовочных систем.

Шлифовочный процесс условно разделяется на два этапа.

Первый этап предназначен для обработки крупок первого качества, получаемых с крупообразующих систем драного процесса (I-IV драных систем), после их обогащения на ситовеечных системах перво-

вочных систем, как правило, применяется общая сортировочная система. Четвертый и пятый модули предназначены для переработки сходовых продуктов со шлифовочных систем первого качества. Шестой модуль применяют для переработки круподунстовых продуктов второго качества после их обогащения на ситовеечных системах.

Все круподунстовые продукты, полученные на шлифовочных системах, направляют на ситовеечные системы второго этапа обогащения.

Часто шлифовочные системы, перерабатывающие крупные и средние продукты первого качества, разделяют на шлифовочные системы крупные и мелкие.

Сита на шлифовочных системах подбирают следующим образом. Например, если на первой драной системе сходовый продукт отделяется от первой фракции крупной крупки на сите 6,4пч, то на шлифовочной системе, перерабатывающей этот поток крупки (после обогащения на ситовеечной машине), сито для отделения сходового продукта сгущают на один номер, т.е. необходимо предусмотреть сито 7,5пч.

Таким же способом подбирают сита для отбора сходовых продуктов на остальных шлифовочных системах. Остальные сита на рассевах шлифовочных систем подбирают в соответствии с заданной крупностью (по модулям шлифовочного процесса).

Кинематические параметры размалывающих вальцов следующие:

- скорость быстровращающегося вальца - 4,0...4,5 м/с;
- отношение окружных скоростей вальцов - 2,0...2,5.

Рифленая поверхность размалывающих вальцов шлифовочных систем характеризуется следующими параметрами:

- количество рифлей на 1 см окружности вальца от 8,0 до 10,0 в зависимости от крупности перерабатываемого продукта;
- уклон рифлей - 10%;
- углы острия и спинки рифлей - 30°/60°;
- ширина площадки на вершине рифлей - не более 0,1 мм;
- взаимное расположение рифлей при переработке продуктов первого качества - «острие по острию», при переработке продуктов второго качества - «спинка по спинке».

В табл. 14.8 приведены рекомендуемые нагрузки на вальцовые станки и рассевы на шлифовочных системах.

Ситовеечный процесс второго этапа обогащения. Ситовеечный процесс второго этапа обогащения предназначен для обогащения круподунстовых продуктов, полученных на шлифовочных системах.

Таблица 14.8

Ориентировочные нагрузки на вальцовые станки и рассевы в шлифовочном процессе

| Наименование перерабатываемого продукта | Нагрузка на вальцовую линию, кг/(см ·сут) | Нагрузка на одну секцию рассева, т/сут. |
|---|---|---|
| Крупная и средняя крупки первого качества | 200...250 | 20...25 |
| Мелкая крупка первого качества и сходовой продукт со шлифовочных систем первого качества | 150...200 | 15...20 |
| Остальные продукты | 100...150 | 10...15 |
| Второй этап сортирования | | 15...20 |

Если пронумеровать шлифовочные системы в порядке убывания крупности перерабатываемых на них крупок и дунстов первого, а затем второго качества, то модули ситовеечных систем второго этапа обогащения выглядят следующим образом (рис. 91).

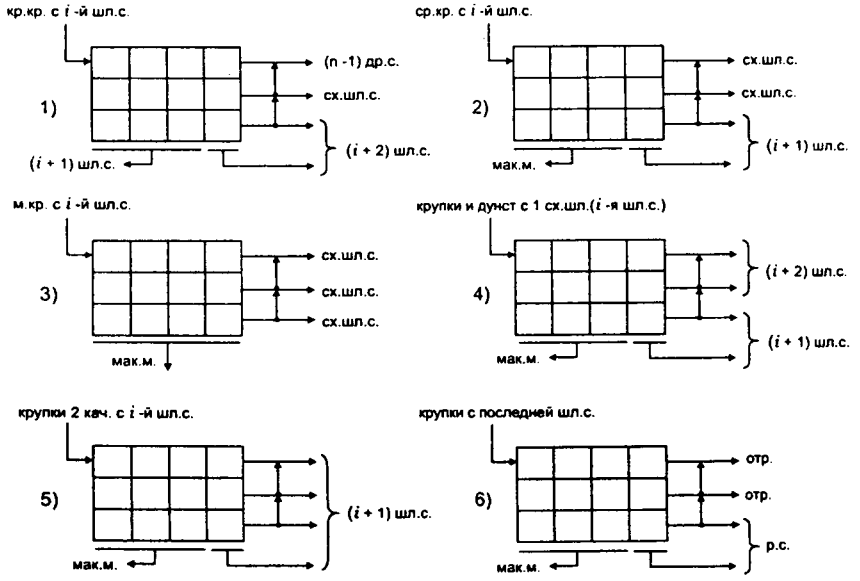



Рис. 91. Модули ситовеечного процесса второго этапа

Первые три модуля применяют для обогащения крупок первого качества, четвертый модуль - для крупок с первой сходовой шлифовочной системы, пятый и шестой модули - для крупок со шлифовочных систем второго качества.

Сита на ситовеечных системах второго этапа обогащения подбирают по алгоритмам подбора сит хлебопекарных помолов пшеницы.

Размольный процесс. При макаронных помолах твердой пшеницы размольный процесс состоит из одной-двух, мягкой высокостекловидной - из трех-четырех систем.

При макаронных помолах мягкой высокостекловидной пшеницы может быть получена хлебопекарная мука высшего и первого сортов за счет соответствующего сокращения выходов макаронной крупки и полукрупки.

Модули размольного процесса при макаронных помолах представлены на рис. 92.

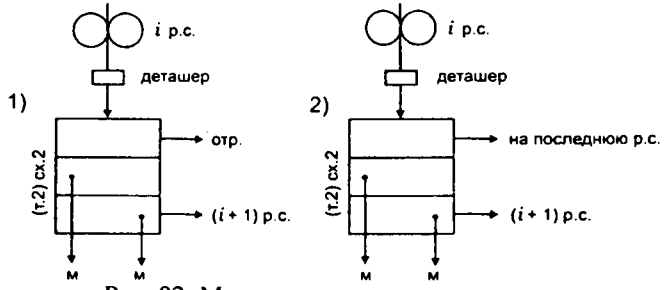



Рис. 92. Модули размольного процесса

Первый модуль применяют в макаронных помолах твердой пшеницы, второй - при макаронных помолах мягкой высокостекловидной пшеницы, причем при макаронных помолах твердой пшеницы размольный процесс организуют за счет сокращения количества шлифовочных систем, перерабатывающих продукты второго качества.

На последней размольной системе сходами получают отруби, проходами - муку.

На размольных системах могут применяться вальцовые станки с рифлеными размалывающими вальцами. Основные кинематические параметры и параметры рифления аналогичны характеристикам размольных систем в схемах хлебопекарных помолов пшеницы.

Формирование и контроль сортов муки. При макаронных помолах твердой пшеницы макаронную муку высшего сорта (крупку) фор-

мируют из потоков средней, мелкой крупок и дунстов первого качества, полученных в драном и шлифовочном процессах после их обогащения на ситовеечных системах.

Макаронную муку первого сорта (полукрупку) формируют из потоков дунстов и муки. При направлении в полукрупку дунстов второго качества (с последних драных и шлифовочных систем) их необходимо предварительно обогатить на соответствующих ситовеечных системах. Муку для формирования полукрупки получают со второго и третьего этапов сортирования драных систем первого качества.

Муку второго сорта получают на всех остальных драных, шлифовочных и размольных системах.

При макаронных помолах мягкой высокостекловидной пшеницы макаронную муку высшего сорта (крупка) формируют из потоков средней и мелкой крупок и дунстов драных и шлифовочных систем, перерабатывающих продукты первого качества после их обогащения на ситовеечных системах.

Макаронную муку первого сорта (полукрупку) формируют из потоков дунстов и мелкой крупки, полученных на драных и шлифовочных системах, перерабатывающих продукты второго качества после обогащения этих потоков на ситовеечных системах с последующим добавлением муки с сортировочных систем второго и третьего этапов сортирования первых драных систем.

Муку хлебопекарную второго сорта получают на остальных драных, шлифовочных и размольных системах, перерабатывающих продукты второго качества.

Макаронную муку высшего и первого сортов (крупку и полукрупку), полученную из продуктов второго качества, контролируют на ситовеечных машинах и затем на рассеве контроля, а крупки и полукрупки, полученные из продуктов первого качества, - на рассеве контроля.

Муку второго сорта из твердой пшеницы и хлебопекарную муку контролируют на рассевах.

Модули схем контроля представлены на рис. 93.

Первое сито первого яруса ситовеечной системы контроля крупки предусматривают с размерами отверстий 400...450 мкм, а при контроле полукрупки - 300...350 мкм. Остальные сита подбирают согласно алгоритмам, приведенных ранее для ситовеечных систем хлебопекарных помолов пшеницы.

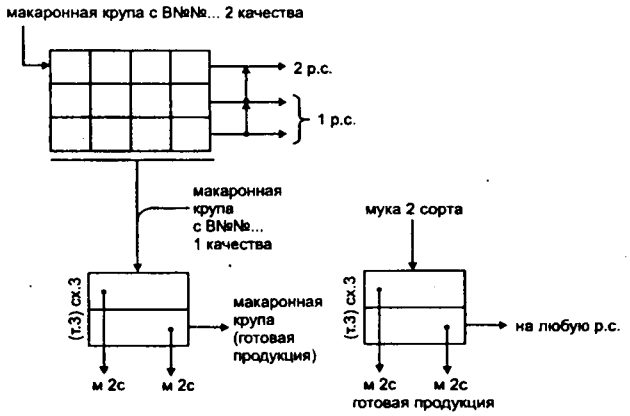



Рис. 93. Модули систем контроля

На рис. 94 приведен пример разработки технологической схемы размольного отделения для мельзавода, вырабатывающего макаронную муку из твердой пшеницы. Схема разработана в соответствии с приведенными выше модулями всех этапов технологического процесса.

Драной процесс представлен шестью драными системами, из которых II, III и IV драные системы имеют совместный второй и третий этапы сортирования. На первом этапе сортирования первых трех драных систем предусмотрен отбор крупной крупки двумя потоками, средняя крупка на первой сортировочной системе также отбирается двумя потоками. Это обеспечивает эффективную работу первых десяти ситовеечных систем, обогащающих крупные и средние крупки первого качества.

Всего для первого этапа обогащения крупок и дунстов предусмотрено восемнадцать ситовеечных систем, из которых ситовеечные системы 17 и 18 обогащают продукты второго качества.

Шлифовочный процесс состоит из семи систем и сходовой шлифовочной системы.

На первой и второй шлифовочных системах обрабатываются крупные крупки после ситовеечных систем первого этапа обогащения.

На третьей и четвертой шлифовочных системах обрабатывают средние крупки, а на пятой - мелкие крупки и дунст после первого и второго этапов обогащения на ситовеечных системах.

Мелкие крупки и дунсты с первых пяти шлифовочных систем объединяют и направляют на второй этап сортирования (с. 4).

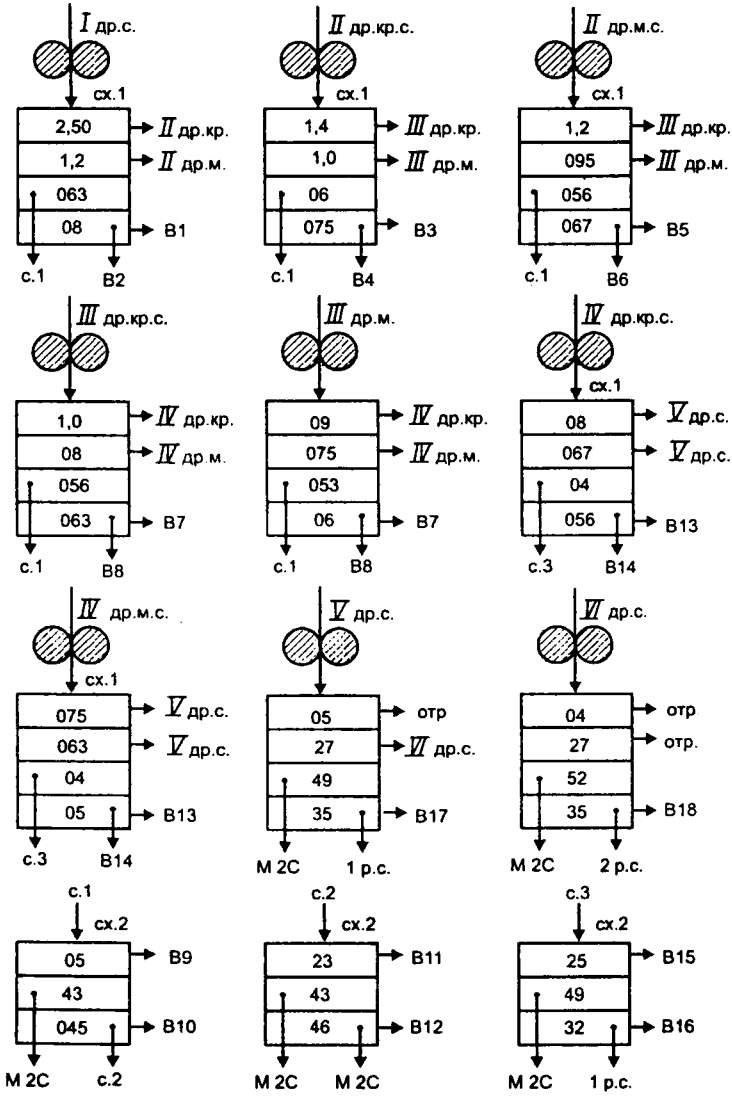



Рис. 94. Технологическая схема макаронного помола твердой пшеницы

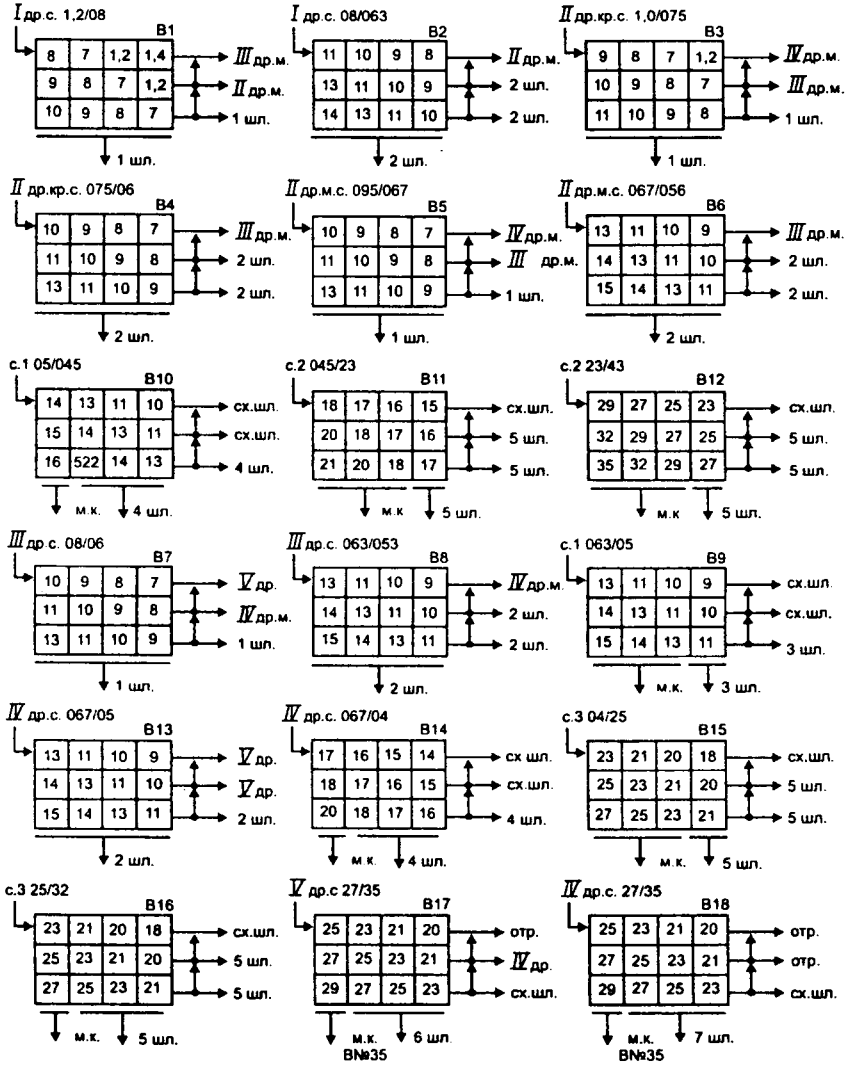



Рис. 94. Технологическая схема макаронного помола твердой пшеницы (продолжение)

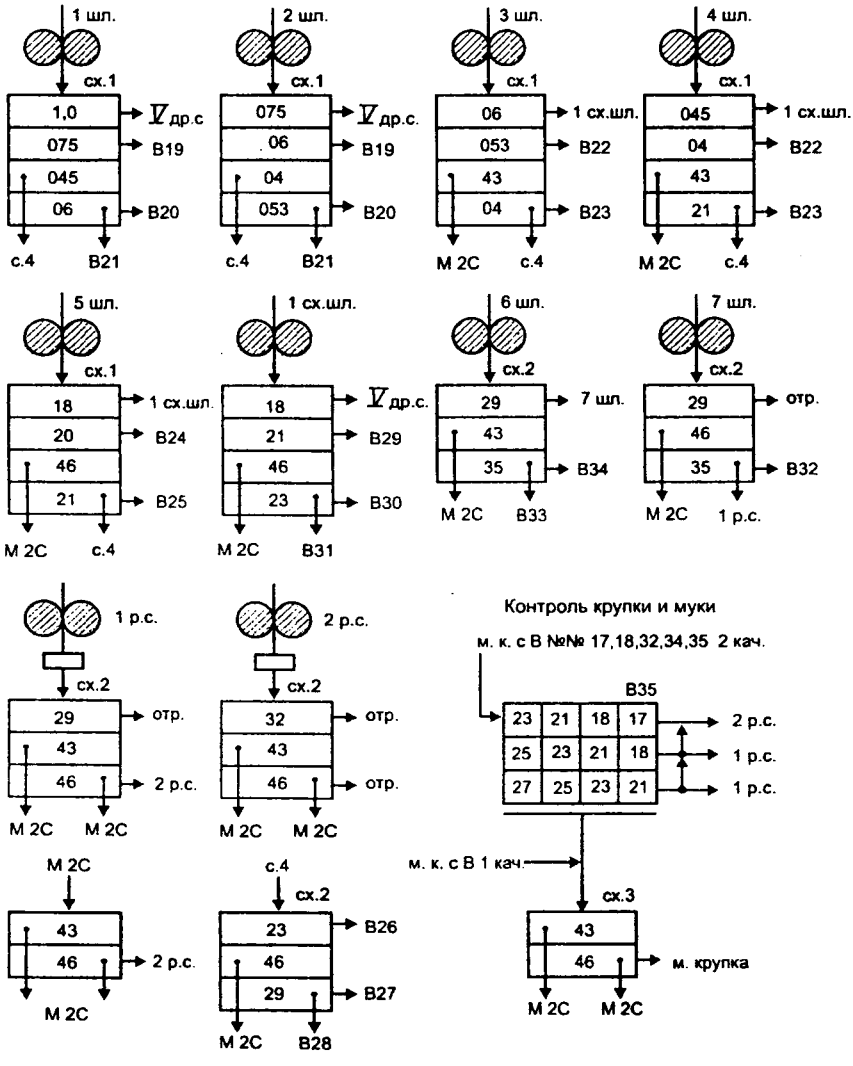



Рис. 94. Технологическая схема макаронного помола твердой пшеницы (продолжение)

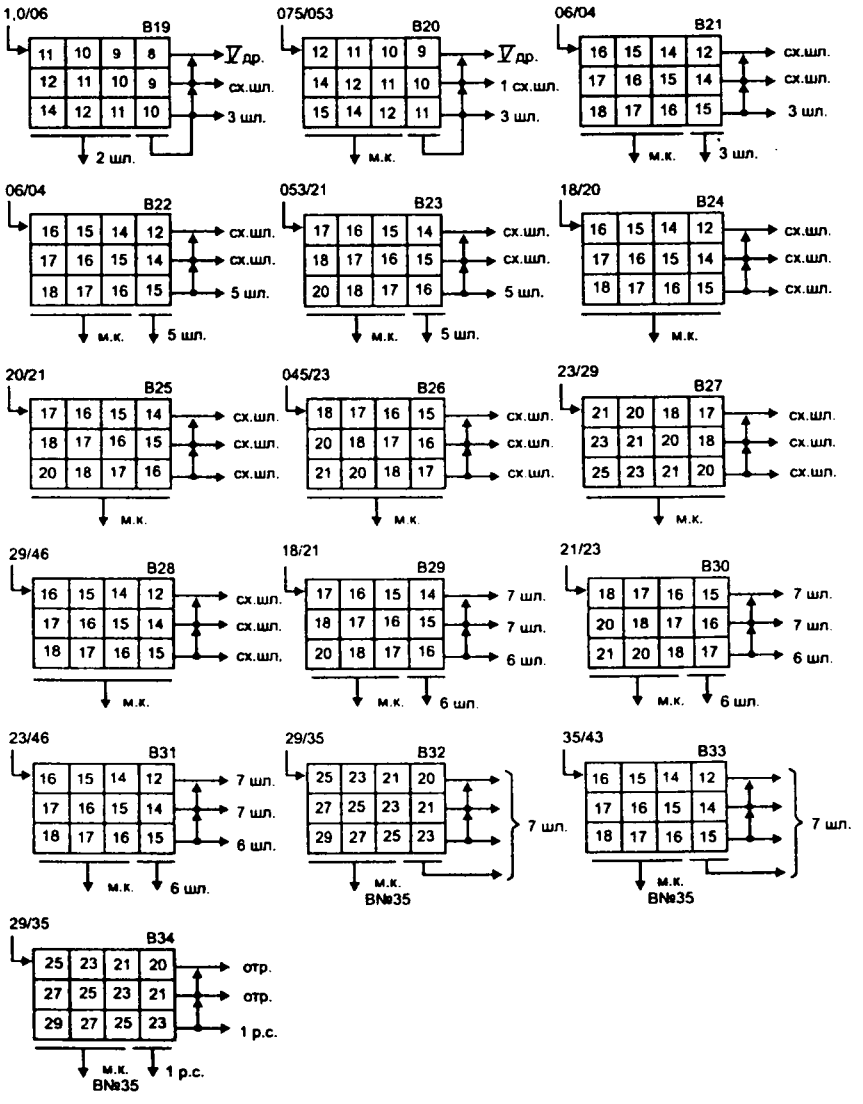



Рис. 94. Технологическая схема макаронного помола твердой пшеницы (окончание)

Шестая и седьмая шлифовочные системы предназначены для обработки крупок и дунстов второго качества.

Сходовая шлифовочная система предназначена для обработки соответствующих сходовых продуктов шлифовочных и ситовеечных систем.

Ситовеечный процесс второго этапа обогащения состоит из шестнадцати систем, причем ситовеечные системы 32, 33, 34 предназначены для обогащения крупок и дунстов второго качества после шестой и седьмой шлифовочных систем.

Размольный процесс состоит из двух систем, на которых перерабатывают дунсты пятой и шестой драных систем, а также дунсты седьмой шлифовочной и 34 ситовеечной системы.

Отруби получают с верхних сходов двух последних драных систем, с ситовеечных систем 17, 18, 34, с седьмой шлифовочной и с размольных систем.

Таким образом, макаронную муку получают путем многократного обогащения крупок и дунстов, полученных в драном процессе, на ситовеечных и шлифовочных системах.

## 15. ОДНОСОРТНЫЙ 85% ПОМОЛ ПШЕНИЦЫ

Уже при переходе отечественной экономики к рыночным отношениям резко упал спрос на муку второго сорта. Объясняется это тем, что цена на хлеб из муки второго сорта была сильно занижена и его покупали в больших количествах, особенно в сельской местности для скармливания домашним животным.

В настоящее время в России едва ли остались мукомольные заводы, вырабатывающие муку только второго сорта. Поэтому наряду с описанием способов формирования технологических схем 85% помолов пшеницы нами будут предложены рекомендации по переводу мельниц на более эффективные технологии, предусматривающие выход муки высоких сортов.

Обычно при 85% помоле предусматривают четыре-пять драных систем с одноэтапным сортированием, в том числе две крупообразующие.

Для разгрузки верхней группы сит рассева между вальцовым станком и рассевом данной драной системы предусматривают установку бичевой машины. Если в технологическом процессе предусматривается установка ситовеечных машин, то крупную и часть средней крупок отбирают отдельно для ее обогащения, а оставшиеся крупки и дун-

сты распределяют по двум оставшимся потокам произвольно, как показано на рис. 95, где изображены основные модули драного крупообразующего процесса.

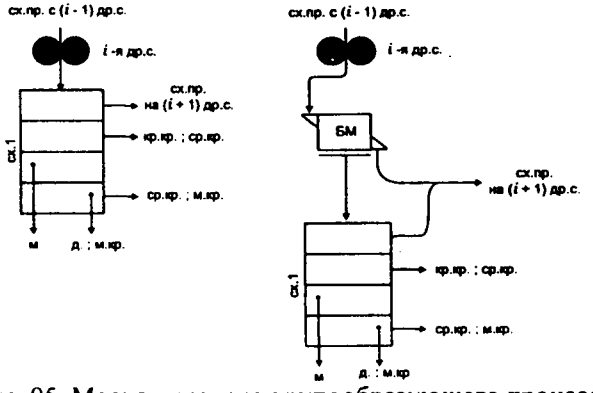



Рис. 95. Модули драного крупообразующего процесса

Основные модули драного вымольного процесса представлены на рис. 96.

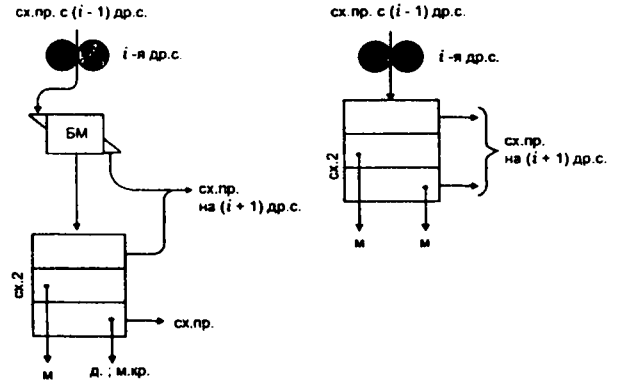



Рис. 96. Модули драного вымольного процесса

Сходовые продукты могут направляться или на следующую систему или на соответствующие вымольные машины. Также как в драном процессе для разгрузки рассевов могут применяться бичевые машины.

Сита в рассевах драных систем подбирают в соответствии с заданной в модулях драного процесса крупностью, однако, извлеченный продукт на первой драной системе получают проходом сит с размерами отверстий 850...900 мкм. Это делается с целью улучшения качества извлеченного продукта.

На вымольных системах обычно сходовый продукт отбирают двумя потоками. Для отбора сходового продукта верхним сходом применяют разгрузочные сита с размерами отверстий сит от 600 до 400 мкм.

Ситовеечный и размольный процессы по сравнению с многосортными помолами пшеницы упрощены, поэтому подробно не рассматриваются.

На рис. 97 представлена технологическая схема 85% помола пшеницы, разработанная во ВНИИЗе. Она предусматривает пять драных систем, три ситовеечные системы с применением четырехприемной ситовеечной машины ЗМС, две вымольные машины БВУ с применением индивидуального сортирования после них и пяти размольных систем.

Один из вариантов разработки более совершенной технологии представлен на рис. 98.

В этой схеме для улучшения качества круподунстовых продуктов и муки на всех системах предусмотрено расположение рифлей спинка по спинке. Пятая драная и пятая размольная системы устранены, а высвободившаяся вальцовая линия применена для повторного измельчения продуктов на первой драной и на первой размольной системах. Этот технологический прием давно известен, и в настоящее время многие фирмы выпускают для реализации этого технологического приема восьмивальцовые вальцовые станки.

Высвободившуюся просеивающую поверхность предусмотрено использовать для организации вторых этапов сортирования на первой и второй драных системах с целью увеличения просеивающей поверхности мучных сит на этих системах. Ввиду сокращения драного процесса предусмотрено устранение вымольной системы БВУ-2. Высвободившуюся просеивающую поверхность можно применить для увеличения просеивающей поверхности первой размольной системы. Предусмотрен также контроль муки всех сортов. Все параметры рабочих органов вальцовых станков, не указанные на рис. 98, остаются без изменения (см. рис. 97). Все мучные сита в предлагаемой схеме сгущены по сравнению с ситами при 85% помоле пшеницы.

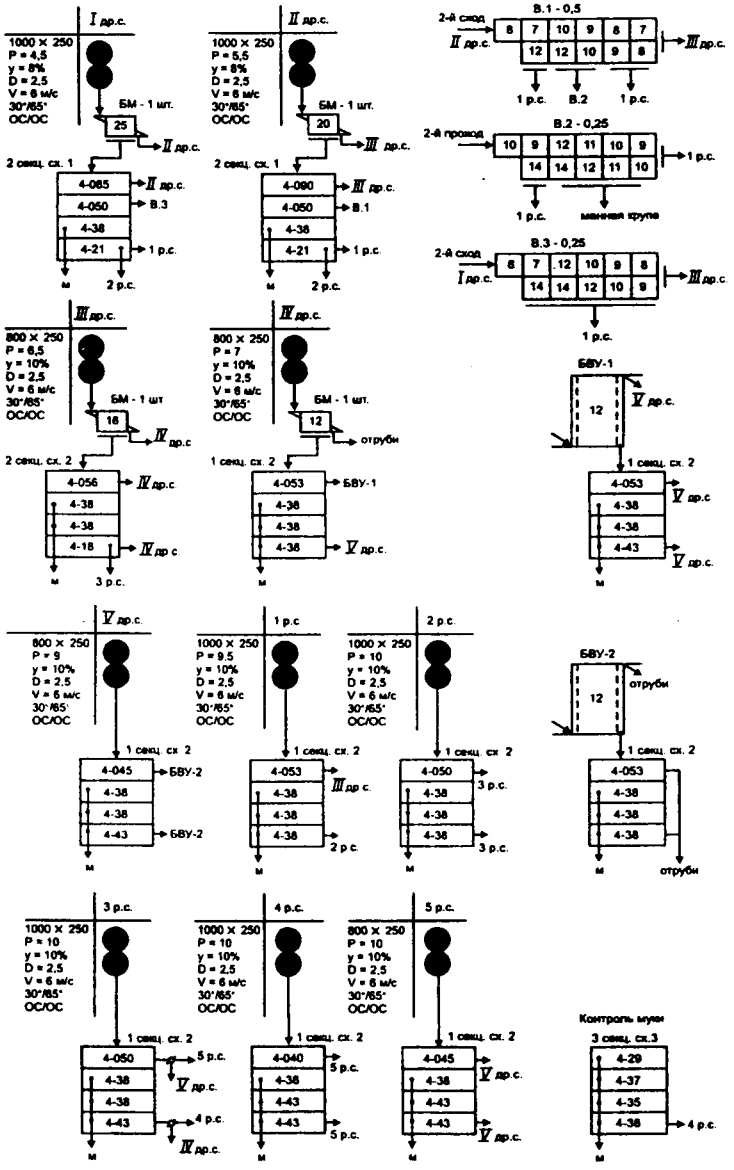



Рис. 97. Технологическая схема 85% помола пшеницы

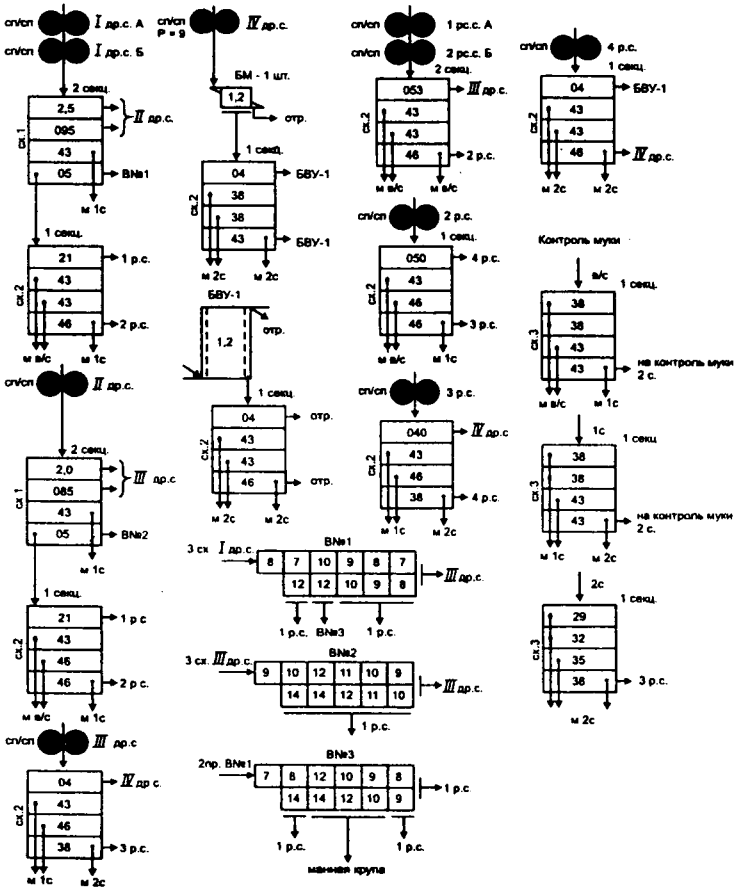



Рис. 98. Усовершенствованная технологическая схема 85% помола пшеницы

## 16. СОРТОВЫЕ ПОМОЛЫ РЖИ

В сортовых помолах ржи вырабатывают муку сеяную и муку обдирную. Нормы крупности и качества приведены в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Показатели качества ржаной хлебопекарной муки (ГОСТ 7045-90)

| Продукты | Зольность в пересчете на сухое вещество, % | Крупность помола | | | | Число падения, с, не менее |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | остаток на сите шелковом или металлотканом | | проход через сито шелковое | | |
| | | № сита | % | № сита | % | |
| Сеяная | 0,75 | 27 | не более 2 | 38 | не менее 90 | 160 |
| Обдирная | 1,45 | 045 | не более 2 | 38 | не менее 60 | 150 |

По сравнению с зерном пшеницы эндосперм ржи по консистенции более вязкий, разница в размалываемости оболочек и эндосперма ниже и содержание эндосперма меньше на 4...5%. С этими обстоятельствами связаны особенности сортовых помолов ржи. После измельчения и сортирования компоненты крупок почти не отличаются по скорости витания, в связи с этим процесс обогащения в ситовеечных машинах, а, следовательно, и шлифовочный процесс нецелесообразен.

### 16.1. Односортный 87% помол ржи

При этом помоле вырабатывается муку обдирную. Технологическая схема включает пять-шесть драных и одну-две размольных систем. На рис. 99 изображена примерная технологическая схема односортного 87% помола ржи. В драном процессе применяют одноэтапное сортирование. Смесь крупок и дунстов с первых двух-трех драных систем направляют на первую размольную систему. Верхние сходы последних драных систем можно вымалывать на вымольных машинах.

Рекомендуется на первых двух драных системах применять следующие режимы измельчения, характеризующиеся проходом через сито №08: для первой драной - 45...50%; для второй - 50...55%. Для интенсификации процесса измельчения и повышения эффективности работы рассевов можно применять вымольные машины после вальцовых станков.

Рекомендуемые средние удельные нагрузки: 130...170 кг/(см·сут) для вальцовых станков и 1700...2300 кг/($м^2$·сут) для рассевов ЗРШ и ЗРШ-М. Распределение общей вальцовой линии и общей просеивающей поверхности по системам приведено в табл. 16.2.

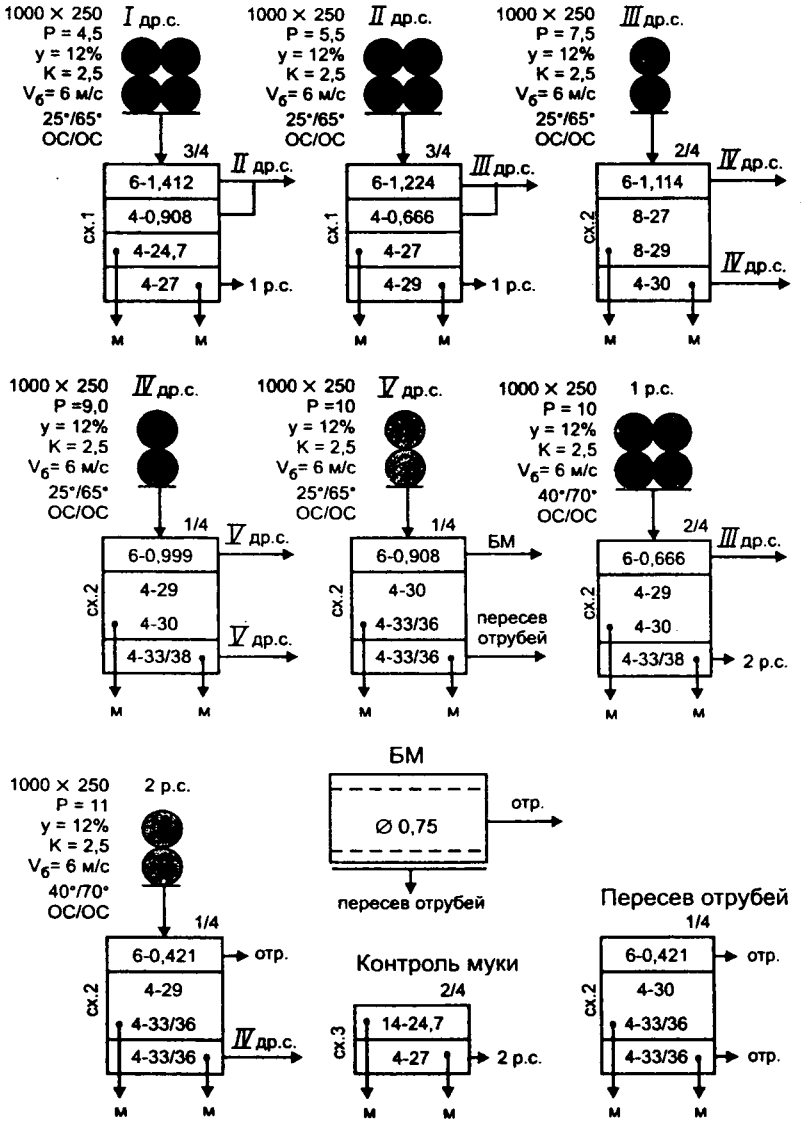



Рис. 99. Технологическая схема 87% односортного помола ржи

Таблица 16.2

Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам, %

| Системы | Вальцовая линия | Просеивающая поверхность |
|---|---|---|
| Драные: | 74...76 | 68...70 |
| в т.ч. I | 20...22 | 16...18 |
| II | 20...22 | 16...18 |
| III | 12...14 | 10...12 |
| IV | 8...10 | 8...10 |
| V | 8...10 | 6...8 |
| Пересев отрубей | | 6...8 |
| Размольные | 24...26 | 16...18 |
| в т.ч. 1 | 16...18 | 12...14 |
| 2 | 8...10 | 6...8 |
| Контроль муки | | 12...14 |
| Всего | 100 | 100 |

Мучные сита в технологической схеме предусматривают с размерами отверстий 265 мкм на первой драной системе и постепенно сгущают до 200 мкм на последней драной системе. На размольных системах предусматривают мучные сита с размерами отверстий от 225 до 200 мкм. На контроле муки предусматривают сита с размерами отверстий от 300 до 225 мкм.

## 16.2. Двухсортный 80% помол ржи

Этот помол предусматривает выработку муки сеяной и обдирной. Технологическая схема включает пять-шесть драных и три-четыре размольных системы (рис. 100).

При построении схемы следует руководствоваться следующим: для более тщательного высеивания муки на первой и второй драных системах желательно организовать второй этап сортирования. На первую размольную систему направляют верхние сходы сортировочных систем, на вторую размольную систему - нижние сходы. Нижний сход третьей драной системы направляют на третью размольную систему. На последних драных системах предусматривают вымол сходовых продуктов. С целью улучшения зольности муки на второй размольной системе предусматривают измельчение мелкой фракции на вальцах с микрошероховатой поверхностью.

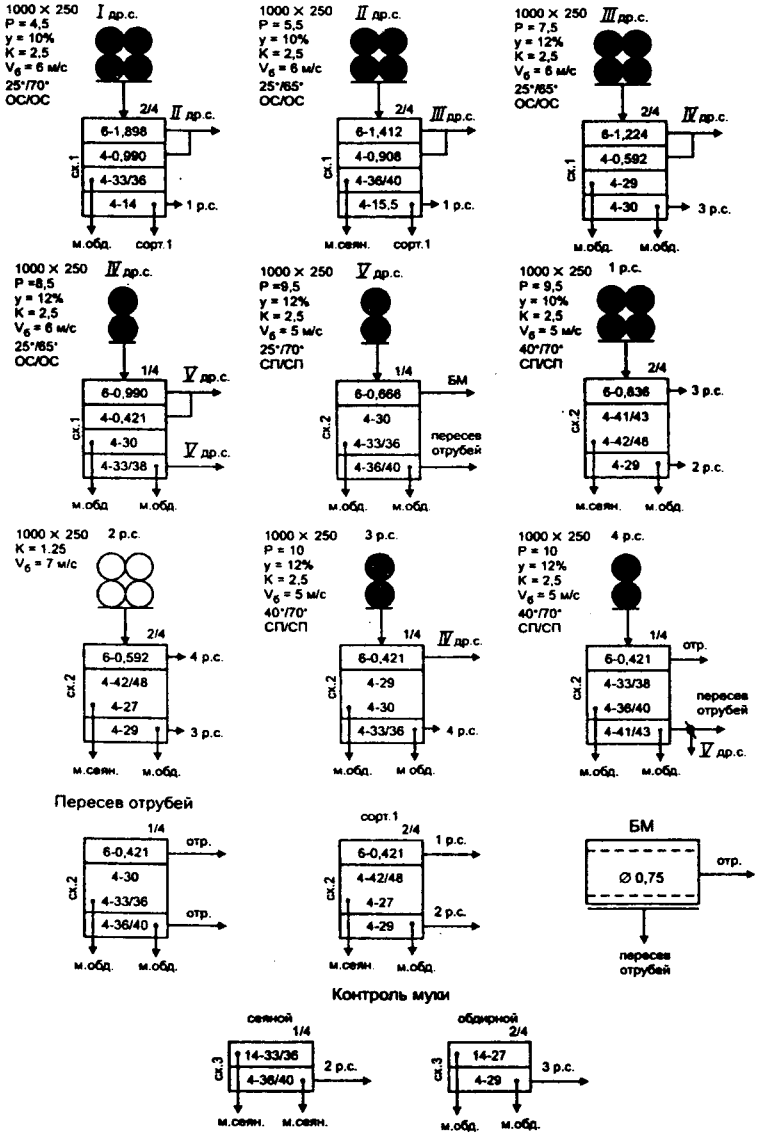



Рис. 100. Технологическая схема 80% двухсортного помола ржи

Для первых драных систем рекомендуется применять следующие режимы измельчения (проход сита №08): для первой драной системы - 40...45%; для второй драной системы - 50...55%.

Рекомендуемые средние удельные нагрузки 90...150 кг/(см·сут) для вальцовых станков и 1600...2000 кг/($м^2$·сут) для рассевов ЗРШ и ЗРШ-М.

Распределение общей вальцовой линии и общей просеивающей поверхности представлено в табл. 16.3.

Таблица 16.3

Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам, %

| Системы | Вальцовая линия | Просеивающая поверхность |
|---|---|---|
| Драные: | 56...58 | 52...54 |
| в т.ч. I | 14...16 | 10...12 |
| II | 14...16 | 10...12 |
| III | 10...12 | 8...10 |
| IV | 6...8 | 6...8 |
| V | 6...8 | 6...8 |
| Пересев отрубей | | 6...8 |
| Размольные | 42...44 | 28...30 |
| в т.ч. 1 | 14...16 | 8...10 |
| 2 | 14...16 | 8...10 |
| 3 | 6...8 | 4...6 |
| 4 | 6...8 | 4...6 |
| Контроль муки | | 16...18 |
| Всего | 100 | 100 |

Муку сеяную получают со второй драной системы, с сортировочных систем и с первой и второй размольных систем проходом сит с размерами отверстий от 200 до 160 мкм.

Муку обдирную получают на ситах с размерами отверстий от 225 до 200 мкм. На контроле муки предусматривают сита с размерами отверстий от 200 до 160 мкм для сеяной муки и от 300 до 225 мкм для обдирной.

## 16.3. Односортный 63% помол ржи

Технологический процесс при этом помоле проводят на четырехпяти драных и пяти-шести размольных системах (рис. 101).

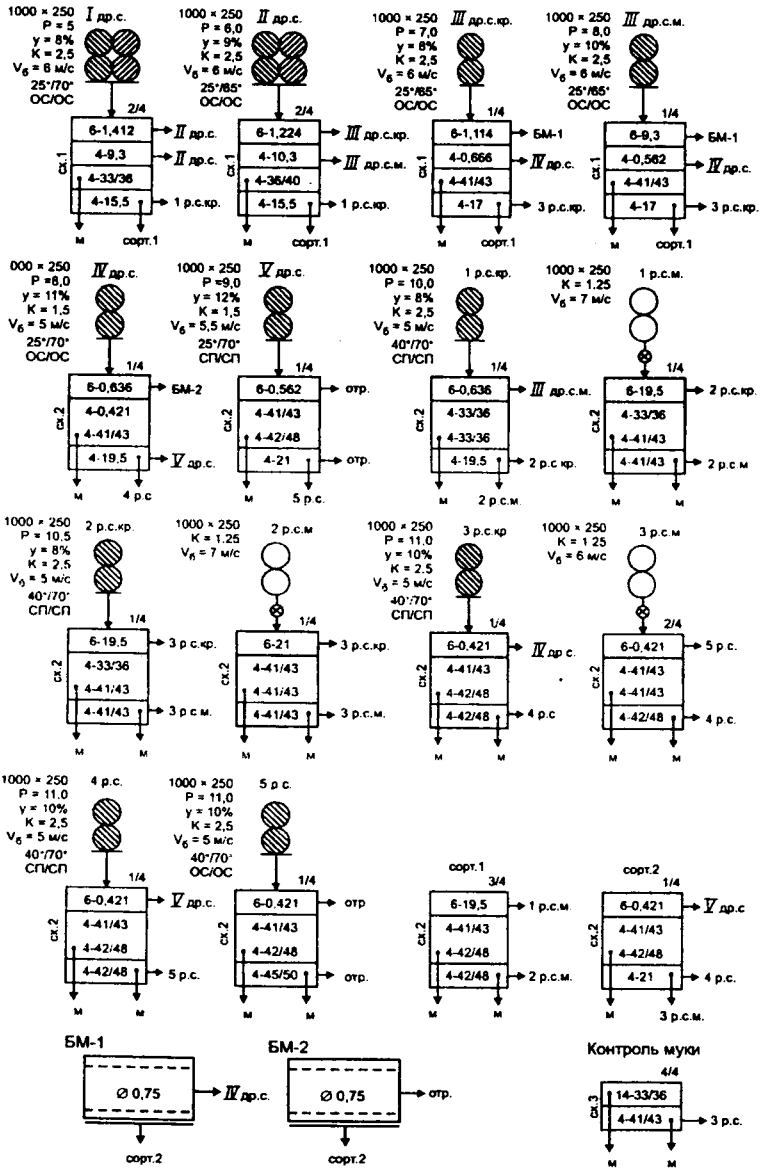



Рис. 101. Технологическая схема 63% односортного помола ржи

При односортном 63% помоле ржи рекомендуется:

делить драные и размольные системы на крупные и мелкие;

применять двухэтапное сортирование на первых двух-трех драных системах;

с целью улучшения зольности и хлебопекарных свойств муки применять вальцы с микрошероховатой поверхностью и энтолейторы на первых трех размольных системах мелких.

В драном процессе можно применять для вымола сходовых продуктов вымольные машины.

Для первых драных систем рекомендуется применять следующие режимы измельчения (проход сита №08):

для первой драной системы – 25...35%;

для второй драной системы – 35...45%.

Рекомендуются следующие средние удельные нагрузки:

для вальцовых станков 70...80 кг/(см·сут);

для рассевов ЗРШ и ЗРШ-М 800...1100 кг/($м^2$·сут).

Распределение общей вальцовой линии и общей просеивающей поверхности представлено в табл. 16.4.

Таблица 16.4

Распределение вальцовой линии и просеивающей поверхности по системам, %

| Системы | Вальцовая линия | Просеивающая поверхность |
|---|---|---|
| Драные: | 44...46 | 44...46 |
| в т.ч. I | 10...12 | 8...10 |
| II | 10...12 | 8...10 |
| III | 8...10 | 6...8 |
| IV | 6...8 | 4...6 |
| V | 4...6 | 4...6 |
| сортировочные системы: | | |
| I-II драных систем | | 8...10 |
| проходов вымольных | | |
| машин | | 4...6 |
| Размольные | 54...56 | 40...42 |
| в т.ч. 1 | 14...16 | 10...12 |
| 2 | 14...16 | 10...12 |
| 3 | 8...10 | 8...10 |
| 4 | 4...6 | 4...6 |
| 5 | 4...6 | 4...6 |
| 6 | 4...6 | 4...6 |
| Контроль муки | | 12...14 |
| Всего | 100 | 100 |

Муку сеяную отбирают и контролируют на ситах с размерами отверстий от 200 до 150 мкм.

В табл. 16.5 и 16.6. приведены рекомендуемые параметры вальцовых станков драных и размольных систем.

Таблица 16.5

Рекомендуемые параметры вальцовых станков драных систем

| Драная система | Удельные нагрузки, кг/(см·сут) | Кинематические параметры | | Параметры рифления | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $V_б$, м/с | K | количество на 1 см | уклон, % | углы заострения, α/β,° | взаимное расположение |
| I | 500…800 | 6 | 2,5 | 4,5…5 | 6…8 | 25…30/65 | ос/ос |
| II | 300…500 | 6 | 2,5 | 5,5…6,5 | 8…10 | « | « |
| III | 200…300 | 5…6 | 2,5 | 7…8 | 8…10 | « | « |
| IV | 150…200 | 4,5…5 | 1,5…2,5 | 8…8.5 | 10…12 | « | « |
| V | 100…150 | 4,5…5 | 1,5…2,5 | 9…9.5 | 10…12 | « | сп/сп |

Таблица 16.6

Ориентировочные параметры нарезных вальцов размольных систем

| Размольная система | Поступает на систему, % к I драной | Удельные нагрузки, кг/(см·сут) | Кинематические параметры | | Параметры рифления | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $V_б$, м/с | K | количество на 1 см | уклон, % | углы заострения, α/β,° | взаимное расположение |
| 1 крупн. | 15…20 | 250…300 | 5…6 | 2,5 | 10 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 1 мелкая | 25…30 | 200…250 | 5…6 | 2,5 | 11 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 2 крупн. | 10…15 | 250…300 | 5…6 | 2,5 | 10 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 2 мелкая | 20…25 | 200…250 | 5…6 | 2,5 | 11 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 3 крупн. | 10…15 | 200…250 | 5 | 1,5 | 11 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 3 мелкая | 10…15 | 150…200 | 5 | 1,5 | 11 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 4 | 10…15 | 200…250 | 5 | 1,5 | 11 | 10 | 40/70 | сп/сп |
| 5 | 8…10 | 150…200 | 4,5…5 | 1,5 | 11 | 10 | 40/70 | ос/ос |
| 6 | 8…10 | 150…200 | 4,5…5 | 1,5 | 11 | 10 | 40/70 | ос/ос |

Примечания:

1. При использовании в схеме помола вальцов с микрошероховатой поверхностью отношение их окружных скоростей – 1,25; скорость быстровращающегося вальца на 1 и 2 размольных системах – 8-9 м/с, на 3 и 4 размольных системах – 5-6 м/с.
2. Для вальцов с микрошероховатой поверхностью принимают меньшие значения удельных нагрузок.

При односортном 63% помоле ржи в сеяную муку перед первой драной системой целесообразно применять плющение зерна. Мучку, получаемую при плющении (проход через сито с размерами отверстий от 330 до 355 мкм), следует направлять в отруби.

Рассмотренную технологическую схему односортного 63% помола ржи можно использовать для односортного 85% помола пшеницы.

## 17. ПРОИЗВОДСТВО МУКИ НА МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Малыми предприятиями по производству муки считаются мельницы, перерабатывающие до 50 тонн зерна в сутки.

Одними из первых начали выпускать комплектные мини-мельницы завод имени Воробьева в Нижнем Новгороде и Могилев-Подольский машиностроительный завод. В настоящее время малые мельницы производят также в Пензе, Новосибирске, Прокопьевске, Барнауле и в других городах. Кроме этого на территории России для производства муки используют импортные мельницы из Италии, Турции, Китая, Чехии и Германии.

При приобретении мини-мельниц следует требовать от изготовителя разрешения Госгортехнадзора России на ее эксплуатацию.

Рассмотрим наиболее предпочтительные по основным показателям мельницы. Основные показатели следующие: производительность, выход муки по сортам, габариты мельницы и ее цена.

Мельница ANA-2100 фирмы «ANA GROUP» Турция имеет паспортную производительность 44...48 т/сутки; выход муки высоких сортов 60...65 %; габариты зерноочистительного блока: длина – 11,8 м, ширина – 3,0 м, высота – 6,5 м; габариты размольного блока: длина – 12,4 м, ширина – 2,5 м, высота – 6,5 м.

В табл.17.1 приведены требования к зерну, поступающему на мельничный комплекс ANA-2100.

Технологическая схема зерноочистительного блока мельницы представлена на рис. 102.

Зерно из приемного бункера 1 винтовым конвейером 2 и затем приемной норией 3 направляется в бункеры для неочищенного зерна 4. Приемная нория 3 снабжена датчиком подпора и реле контроля скорости (РКС). Далее зерно последовательно очищается на ситовом сепараторе 8 с воздушным каналом 9, на цилиндрическом триерекуколеотборнике 10, на обоечной машине 11 с ситовой обечайкой, а также на моечной машине 12. После этого зерно направляется в отлежные закрома 14. Время отволаживания составляет 12 часов.

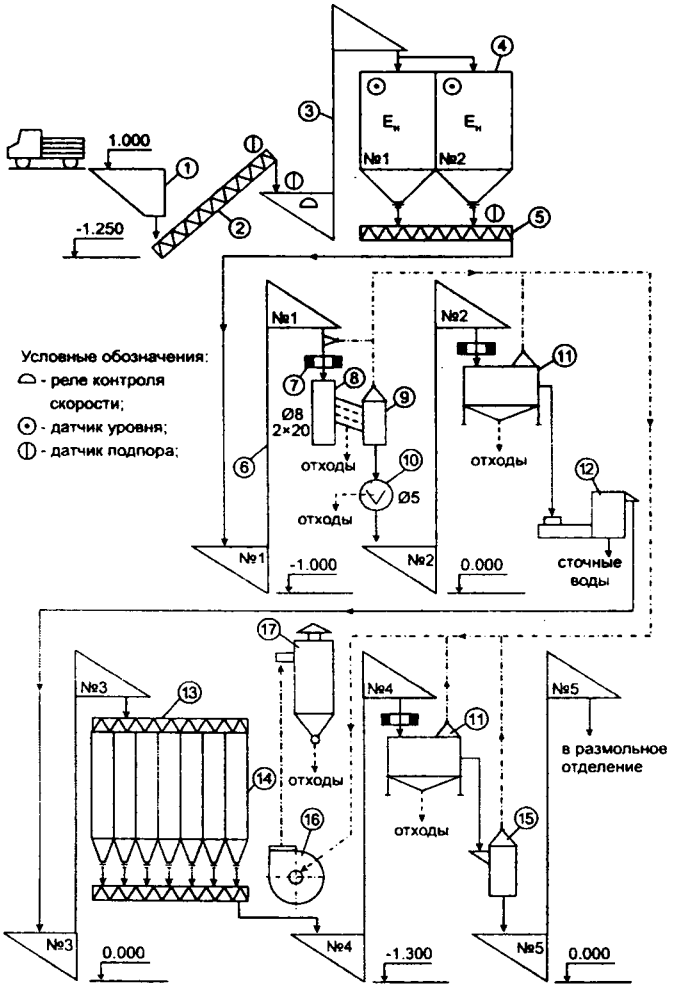



Рис. 102. Технологическая схема зерноочистительного блока мельницы ANA-2100:

1 – приемный бункер; 2 – винтовой конвейер; 3 – приемная нория; 4 – бункеры для неочищенного зерна; 5 – винтовой конвейер; 6 – нории №1- №5; 7 – магнитная защита; 8 – ситовой сепаратор; 9 – воздушный канал; 10 – триер-куколеотборник; 11 – обоечная машина; 12 – моечная машина; 13 – распределительный шнек; 14 – отлежные закрома; 15 – аспиратор; 16 – вентилятор; 17 – фильтр-циклон

Таблица 17.1

Требования к зерну, поступающему на мельничный комплекс ANA-2100

| Показатели качества, % | Значение |
|---|---|
| Влажность: | |
| с применением мойки | до 12 |
| без применения мойки | до 13,5 |
| Сорная примесь, не более | 2,0 |
| в том числе: | |
| минеральной примеси | 0,3 |
| вредной примеси | 0,2 |
| куколя | 0,5 |
| Зерновая примесь, не более | 5,0 |
| в том числе проросших зерен | 3,0 |

Примечание: Зерно должно быть доброкачественным, не затхлым, не плесневелым, не испорченным самосогреванием и сушкой, не должно иметь солодового и другого постороннего запаха.

После отволаживания поверхность зерна дополнительно очищается на обоечной машине с ситовой обечайкой и аспираторе 15 и направляется в размольный блок на первую драную систему.

Технологическая схема размольного блока мельницы представлена на рис. 103. На технологической схеме указаны размеры отверстий сит в микрометрах.

Технологическая схема состоит из трех драных и трех размольных систем. Верхние сходы драных систем последовательно размалываются с целью получения максимального количества муки и круподунстовых продуктов. Нижние сходы первых двух драных систем (круподунстовые продукты) направляются на первую размольную систему. Верхний сход третьей драной системы объединяется со сходом третьей размольной системы и направляется на вымольную машину, где сходом получают отруби, проход направляют на третью размольную систему. Направление продуктов в размольном процессе показано на рис. 103.

Муку высшего сорта получают на всех системах технологического процесса, муку первого сорта – на третьей драной и третьей размольных системах.

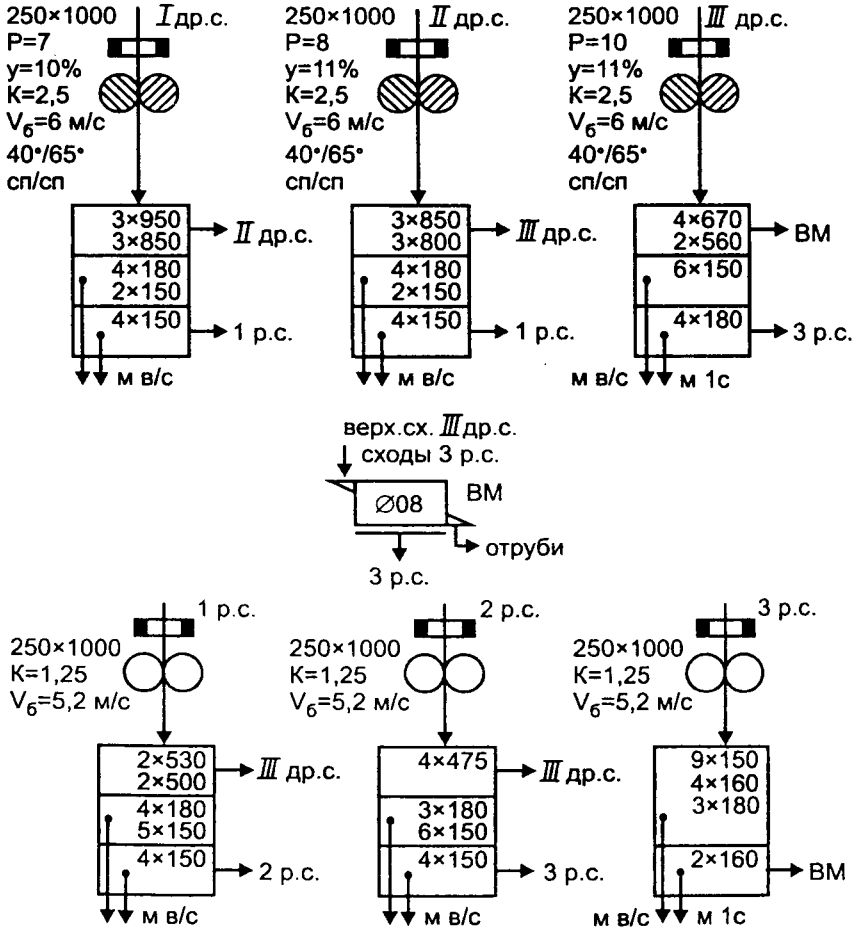



Рис. 103. Технологическая схема размольного блока мельницы ANA-2100

К недостаткам мельницы ANA-2100 можно отнести:

а) применение моечной машины требует относительно большого количества воды, которую необходимо после моечной машины направлять в специальный резервуар и затем вывозить автоцистернами, место вывоза отработанной воды необходимо согласовывать с санэпидемстанцией;

б) отходы зерноочистительного блока и отруби предусмотрено затаривать в мешки, что требует тары и ручного труда, кроме этого этими мешками загромождается помещение мельницы;

в) в комплекте мельницы отсутствует весовыбойный аппарат для затаривания муки, что также влечет за собой большое количество ручного труда.

Количественно-качественный баланс готовой продукции мельницы ANA-2100 представлен в табл. 17.2.

Таблица 17.2

Количественно-качественный баланс готовой продукции

| Наименование продукции | Выход, % | Зольность, % |
|---|---|---|
| Мука драного процесса: | 20,69 | 0,60 |
| высшего сорта | 16.87 | 0,59 |
| первого сорта | 3.82 | 0.66 |
| Мука размольного процесса: | 43.29 | 0.55 |
| высшего сорта | 23.69 | 0.45 |
| первого сорта | 19.33 | 0.69 |
| Всего муки: | 63.98 | 0.57 |
| высшего сорта | 40.82 | 0.51 |
| первого сорта | 23.15 | 0.68 |
| Всего отрубей | 36.02 | 3.40 |

Такие высокие результаты помола зерна в муку объясняются прежде всего малым биением размалывающих вальцов вальцовых станков (не более 0,01 мм).

Другим представителем конструкций малых мельзаводов является мельница МВМ-15 фирмы «Строителев», которая находится в Барнауле Алтайского края.

Мельница МВМ-15 состоит из зерноочистительного и размольного блоков и имеет производительность 15 тонн зерна в сутки; выход муки высшего сорта - 45 %, первого сорта - 25 %, второго сорта - 5 % при общем выходе муки 75 %; габариты мельницы длина – 6680 мм, ширина – 3980 мм, высота – 4200 мм. Мельница работает на пневмотранспорте.

Технологическая схема зерноочистительного блока приведена на рис. 104.

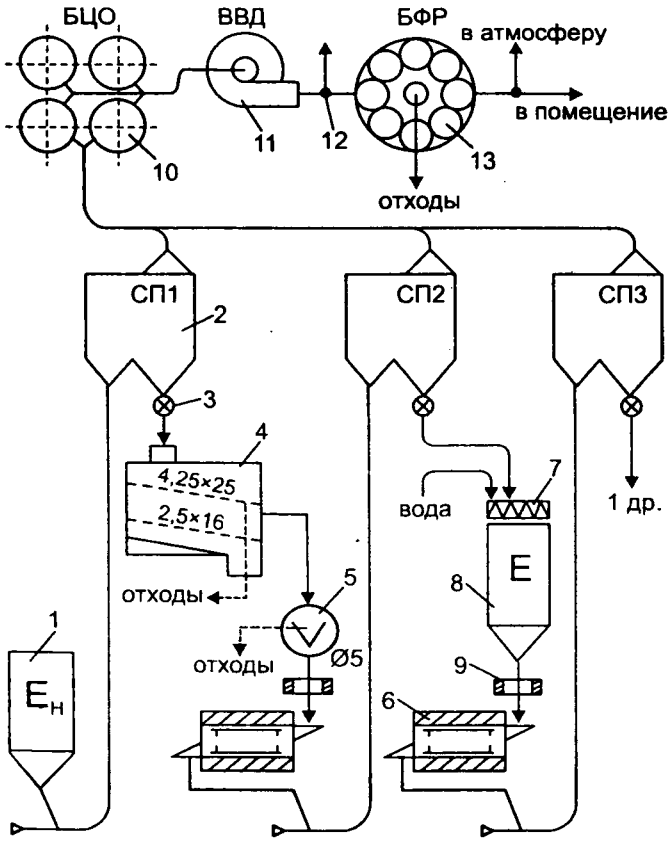



Рис. 104. Технологическая схема зерноочистительного блока мельницы МВМ-15:

1 – бункер для неочищенного зерна; 2 - пневмосепаратор; 3 – шлюзовый затвор; 4 – ситовой сепаратор; 5 – триер-куколеотборник; 6 – обоечная машина; 7 – увлажнительный шнек; 8 – бункер для отволаживания; 9 - магнитная защита; 10 – обоечная машина; 11 – батарейный циклон; 12 – вентилятор; 13 – взрыворазрядитель; 14 – блок фильтров рукавных

Зерноочистительный блок включает очистку зерна на пневмосепараторе 2, ситовом сепараторе 4, цилиндрическом триере-куколеотборнике 5. После очистки зерна его поверхность очищается на обоечной машине 6 с последующим отделением полученных легких примесей на втором пневмосепараторе. Затем зерно увлажняется и на-

правляется в бункер для отволаживания емкостью 5 тонн. После отволаживания поверхность зерна дополнительно очищается на обоечной машине 10 с последующим отделением полученных легких частиц на третьем пневмосепараторе. После этого зерно направляется на размол.

Технологическая схема размольного блока приведена на рис. 105.

В табл. 17.3 приведены параметры рабочих органов вальцовых станков.

На всех вальцовых станках драных и размольных систем, кроме третьей размольной установлены рифленые вальцы. Отличительной особенностью размольного блока является применение вместо рассевов высеивающих машин.

Таблица 17.3

Параметры рабочих органов вальцовых станков

| Система | Размеры вальцов. мм | | Кинематические параметры | | Параметры рифления | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | длина | диаметр | $V_б$. м/с | K | количество на 1 см | уклон. % | углы заострения. α/β,° | взаимное расположение |
| I драная | 170 | 185 | 9,3 | 2.5 | 5 | 6 | 35/65 | сп/сп |
| II драная | 250 | 185 | 9,3 | 2,5 | 6 | 6 | 35/65 | сп/сп |
| III драная | 250 | 185 | 9,3 | 2,5 | 7 | 6 | 35/65 | сп/сп |
| 1 размол. | 170 | 185 | 9,3 | 1,5 | 11 | 6 | 35/65 | сп/сп |
| 3 размол. | 250 | 185 | 9,3 | 1,5 | 12 | 6 | 35/65 | сп/сп |
| 3 размол. | 170 | 185 | 9,3 | 1,5 | шероховатые вальцы | | | |

В высеивающих машинах всех драных систем установлены металлотканые сита с размерами отверстий 763 мкм. Сходы этих сит в высеивающих машинах первых двух драных систем направляются на следующую драную систему, проходы этих сит всех драных систем объединяются и направляются на высеивающую машину №4, где установлено сито с размерами отверстий 156 мкм, и происходит отбор муки высшего сорта. Сход высеивающей машины №4 направляют на первую размольную систему.

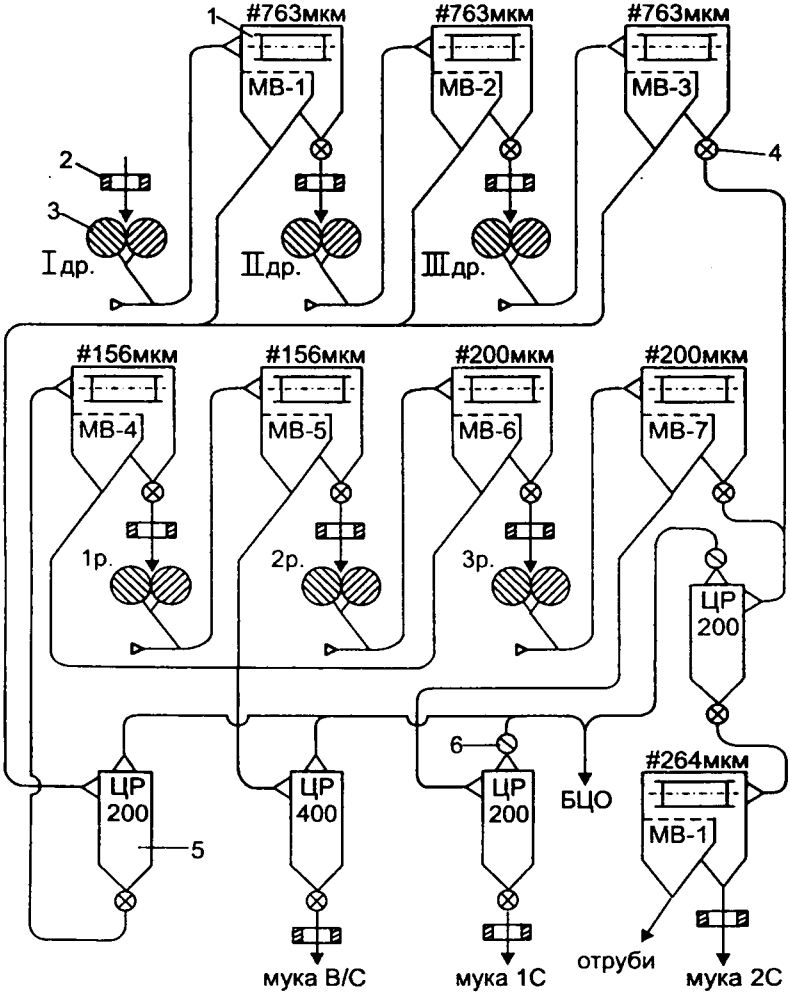



Рис. 105. Технологическая схема размольного блока мельницы МВМ-15

В размольном процессе мука высшего сорта отбирается с первой и второй размольных систем проходом сита с размерами отверстий 156 мкм, установленных на высеивающих машинах. Сходы этих сит после-

довательно обрабатываются на вальцовых станках соответствующих размольных систем. На третьей размольной системе проходом сита с размерами отверстий 200 мкм отбирается мука первого сорта. Сходы высеивающих машин третьей драной и третьей размольной системы объединяются и направляются на высеивающую машину с ситом с размерами отверстий 264 мкм, где получают проходом сита муку второго сорта, сходом отруби.

К недостаткам мельницы МВМ-15 относятся следующие:

а) очень несовершенен узел увлажнения зерна, вода в шнек подается струей, это приводит к необходимости длительного отволаживания из-за неравномерности увлажнения, что в этой мельнице не предусмотрено;

б) не предусмотрен отбор минеральных примесей;

в) в комплекте мельницы отсутствует весовыбойный аппарат, что влечет за собой большой объем ручного труда;

г) не предусмотрена механизация удаления легких примесей из батарейного циклона и рукавного фильтра.

Фирмы-изготовители приведенных выше малых мельниц ведут работы по устранению указанных недостатков.

Практически все мельницы, выпускаемые в России и за рубежом, являются в той или иной мере модификацией рассмотренных выше мельниц малой производительности.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРОВ . . . . . 3
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ . . . . . 5
1.1. Технологические параметры пшеницы и ржи . . . . . 5
2. ФОРМИРОВАНИЕ ПОМОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ . . . . . 10
2.1. Способы расчета помольных смесей . . . . . 12
2.1.1. Способ обратных пропорций . . . . . 12
2.1.2. Графический способ . . . . . 14
3. ОЧИСТКА ЗЕРНА ОТ ПРИМЕСЕЙ . . . . . 20
3.1. Сепарирование при помощи сит . . . . . 21
3.2. Пневмосепарирование . . . . . 30
3.3. Разделение зерновой смеси по длине . . . . . 34
3.4. Вибросепарирование зерновой смеси . . . . . 39
3.5. Очистка поверхности зерна . . . . . 43
4. ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА . . . . . 49
4.1. Увлажнительные аппараты . . . . . 51
4.2. Машины для интенсивного увлажнения зерна . . . . . 53
4.3. Способы ГТО . . . . . 54
5. КОНТРОЛЬ КОРМОВЫХ ЗЕРНОПРОДУКТОВ И ОБРАБОТКА МОЕЧНЫХ ОТХОДОВ . . . . . 60
6. ТРЕБОВАНИЯ К ЗЕРНУ, ПОСТУПАЮЩЕМУ НА МЕЛЬЗАВОДЫ . . . . . 64
7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ЗЕРНА К ПОМОЛУ В ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ МУКОМОЛЬНОГО ЗАВОДА . . . . . 64
7.1. Технологический процесс подготовки зерна пшеницы и ржи к обойному помолу . . . . . 66
7.2. Технологический процесс подготовки зерна к сортовым помолам ржи . . . . . 68
7.3. Технологический процесс подготовки зерна к сортовым помолам пшеницы . . . . . 70
7.4. Особенности подготовки зерна пшеницы к макаронному помолу . . . . . 72
8. ПРОЦЕССЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДАХ 73
8.1. Параметры рабочих органов вальцовых станков . . . . . 77
9. СОРТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПО КРУПНОСТИ . . . . . 90

10. ОБОГАЩЕНИЕ ПРОДУКТОВ СОРТИРОВАНИЯ В СИТОВЕЕЧНЫХ МАШИНАХ . . . . . 105
11. МАШИНЫ ДЛЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ . . . . . 109
12. МАШИНЫ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПОСЛЕ ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ . . . . . 112
13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗМОЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ МЕЛЬЗАВОДА . . . . . 114
13.1. Обойные помолы пшеницы и ржи . . . . . 115
13.2. Сортовые хлебопекарные помолы пшеницы . . . . . 122
13.2.1. Классификация продуктов размола зерна по крупности . . . 122
13.2.2. Технологический процесс сложных сортовых хлебопекарных помолов пшеницы . . . . . 124
13.2.3. Основные закономерности технологического процесса . . . 125
13.2.4. Драной процесс сложных хлебопекарных помолов пшеницы . . . . . 127
13.2.5. Ситовеечный процесс и его взаимосвязь с драным . . . . 145
13.2.6. Шлифовочный процесс и его взаимосвязь с драным и ситовеечным процессами . . . . . 150
13.2.7. Размольный процесс и его взаимосвязь с предыдущими процессами . . . . . 155
13.2.8. Технология отбора зародыша в сортовых хлебопекарных помолах пшеницы . . . . . 161
13.2.9. Формирование сортов муки и контроль готовой продукции 163
14. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ ДЛЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ . . . . . 168
14.1. Особенности хлебопекарного помола пшеницы с отбором макаронной крупки . . . . . 168
14.2. Особенности технологии макаронных помолов твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы . . . . . 176
15. ОДНОСОРТНЫЙ 85% ПОМОЛ ПШЕНИЦЫ . . . . . 192
16. СОРТОВЫЕ ПОМОЛЫ РЖИ . . . . . 197
16.1. Односортный 87% помол ржи . . . . . 197
16.2. Двухсортный 80% помол ржи . . . . . 199
16.3. Односортный 63% помол ржи . . . . . 201
17. ПРОИЗВОДСТВО МУКИ НА МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ . . . 205

**Вашкевич В.В., Горнец О.Б., Ильичев Г.Н.**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МУКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И МАЛЫХ МЕЛЬЗАВОДАХ**

Отпечатано с готового оригинал-макета. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,56. Тираж 2000. Заказ № 947.

ОАО «Алтайский полиграфический комбинат» —
656023, Барнаул, Г. Титова, 3.

Дом технической к ДС
ISBN 5=87912=106=2 (16.05.01
Вашкевич.Техн.производ.муки
15184-00
14065
219.00
36.82
В 131