

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Т.А. Никифорова, Е.В. Волошин

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЛАКОВЫХ, БОБОВЫХ КУЛЬТУР, КРУПЯНЫХ ПРОДУКТОВ, ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ И ВИНОГРАДАРСТВА

Часть 1

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии

Оренбург
2017

УДК 664 (03)
ББК 36 я 7
Н62

Рецензент – кандидат технических наук, доцент В.П. Попов

Н62 **Никифорова Т.А.**
Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодовоовощной продукции и виноградарства: учебное пособие. Часть 1 / Т.А. Никифорова, Е.В. Волошин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017 – 148 с.
ISBN 978-5-7410-1720-3

В первой части учебного пособия приведены обобщенные сведения о технологиях муки и крупы, а также технологии элеваторной промышленности. Издание содержит большое количество схем, рисунков, таблиц, поясняющих основные положения теории и практики описываемых производств. Учебное пособие предназначено для аспирантов. Изложенный материал будет также полезен широкому кругу специалистов пищевых перерабатывающих предприятий АПК.

УДК 664 (03)
ББК 36 я 7

ISBN 978-5-7410-1720-3

© Никифорова Т.А., 2017
Волошин Е.В.
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение.....	5
1 Технология крупяного производства.....	6
1.1 Характеристика крупяного сырья.....	6
1.2 Ассортимент и качество крупы	7
1.3 Схемы технологического процесса переработки зерна в крупу.....	8
1.4 Выделение примесей из зерновой массы.....	10
1.5 Гидротермическая обработка зерна крупяных культур.....	12
1.6 Схемы подготовки зерна к переработке.....	17
1.7 Калибрование зерна перед шелушением.....	19
1.8 Шелушение зерна	20
1.9 Сортирование продуктов шелушения.....	29
1.10 Крупоотделение.....	31
1.11 Шлифование и полирование крупы.....	47
1.12 Дробление ядра.....	50
1.13 Контроль крупы, побочных продуктов и отходов.....	52
1.14 Технологические схемы переработки зерна в крупу.....	55
1.15 Производство пшена.....	55
1.16 Производство гречневой крупы.....	58
1.17 Производство рисовой крупы.....	62
1.18 Производство овсяных продуктов.....	65
1.19 Производство ячменной крупы.....	70
1.20 Производство пшеничной крупы.....	73
1.21 Производство крупы из гороха.....	77
1.22 Производство кукурузной крупы.....	79
2 Технология мукомольного производства	83
2.1 Мукомольные свойства зерна пшеницы и ржи.....	84
2.2 Хлебопекарные свойства зерна пшеницы и ржи.....	92
2.3 Стандарты на зерно, поступающее на мукомольные заводы.....	95
2.4 Засоренность зерна.....	96
2.5 Составление помольных смесей зерна.....	102
2.6 Назначение и структура процесса измельчения.....	108
2.7 Технологическая оценка процесса измельчения.....	109
2.8 Классификация измельчающих машин.....	110
3 Технология элеваторной промышленности.....	111
3.1 Понятие о сыпучем теле.....	111
3.2 Физическая модель зерновой массы.....	111
3.3 Физические параметры зерновой массы как сыпучего тела.....	112
3.4 Характеристика хлебоприемных предприятий.....	118
3.5 Прием зерна.....	122
3.6 Послеуборочная обработка зерна.....	124
3.7 Способы и основные правила хранения зерна.....	128
3.8 Производственные схемы хлебоприемных предприятий.....	132
3.9 Поточные линии хлебоприемных предприятий.....	135
3.10 Емкости хлебоприемных предприятий.....	136

3.11	Общая характеристика элеваторов.....	138
3.12	Компоновка и взаимная увязка основных сооружений элеватора.....	139
3.13	Рабочая башня элеватора.....	140
4	Технология глубокой переработки зерна.....	144
4.1	Рациональное использование побочных продуктов мукомольного и крупяного производства.....	144
	Список использованных источников.....	148

Введение

Одна из глобальных проблем человечества- продовольственная.

Большую роль в ее решении играет зерновое хозяйство. Оно является системообразующим для остальных секторов агропромышленного производства.

Состояние зернового производства и положение на рынке зерна в мировой практике принимаются в качестве основных показателей продовольственной безопасности мира в целом и каждой отдельной страны.

Комитет по международной безопасности, разрабатывающий стратегические и тактические подходы к решению продовольственной проблемы в мире, использует показатель, представляющий собой отношение мировых запасов зерна к его общемировому потреблению.

Зерновое производство традиционно является основой агропромышленного комплекса РФ и наиболее крупной отраслью сельского хозяйства.

Зерновая пищевая промышленность выполняет четыре основные функции. Она производит:

- продукты питания с повышенными потребительскими свойствами;
- функциональные продукты питания, а также продукты для профилактического и лечебного питания;
- продукты с увеличенным сроком хранения;
- продукты быстрого приготовления.

Основной целью зерноперерабатывающих отраслей промышленности должно стать повышение эффективности производственно-бытовой деятельности.

Одним из основных направлений развития зерноперерабатывающей промышленности является совершенствование структуры ассортимента продукции, модернизация производства, рациональное использование сырья.

Изменения в экономике, произошедшие в последние десятилетия вызвали необходимость повышения качества подготовки кадров высшей квалификации.

В пособии приводятся обобщенные и актуализированные сведения о технологиях муки и крупы, а также технологии элеваторной промышленности.

Отличительной чертой данного пособия является большое количество схем, рисунков, таблиц, поясняющих основные положения теории и практики зерноперерабатывающих производств.

В представленном пособии в доступной форме изложены основы и некоторые особенности технологий, разработанных учеными и специалистами СССР и современной России, применяемых на зерноперерабатывающих предприятиях.

Материал базируется на научных основах технологии муки, крупы, заложенных Г.А. Егоровым, Е.М. Мельниковым, Л.Я. Ауэрманом, В.А. Бутковским, А.С. Юкишем.

Это пособие поможет аспирантам освоить технологии отдельных производств.

Изложенный материал также будет полезен магистрам, бакалаврам и широкому кругу специалистов пищевых и перерабатывающих предприятий АПК.

1 Технология крупяного производства

1.1 Характеристика крупяного сырья

Крупа в пищевом рационе человека составляет от 8 % до 13 % от общего потребления зерновых. На крупяных заводах перерабатывают различные виды крупяных культур. Рис, просо, гречиху называют иногда собственно крупяными культурами, так как основную массу зерна этих культур используют для производства крупы. Кроме того, крупу и крупяные продукты изготавливают из зерна овса, ячменя, пшеницы, кукурузы, гороха. В отдельных случаях перерабатывают в крупяные продукты сорго, чумизу, чечевицу и др. Ассортимент крупяной продукции достаточно широк - это крупа из целого или дробленого ядра, хлопья и т.д.

Зерно крупяных культур весьма разнообразно по форме, размерам, строению. Оно состоит из двух частей: ядра (эндосперм с зародышем) и пленок. Наружные пленки, которыми покрыто ядро, могут быть либо цветковыми (просо, рис, ячмень, овес), либо плодовыми (гречиха, пшеница, кукуруза), либо семенными (горох). Очень важным свойством зерна является прочность связи наружных пленок и ядра.

У зерна четырех крупяных культур: риса, проса, овса и гречихи - наружные пленки охватывают ядро, не срослись с ним. У четырех других: пшеницы, гороха, ячменя и кукурузы - пленки плотно срослись с ядром по всей его поверхности. Прочность связи оболочек с ядром определяет в значительной мере способы переработки. Содержание наружных пленок у зерна разных культур различно. Наиболее высокое содержание пленок у овса - от 22 % до 30 % (в среднем 26 %), наименьшее - у ячменя и гороха - в среднем соответственно 11 и 10%, у проса, гречихи, риса содержание пленок около 20 %. На выход и качество крупы влияют многие показатели качества зерна. Прежде всего, большое значение имеют содержание пленок, крупность, выравненность, влажность зерна и содержание примесей в нем.

Содержание пленок - пленчатость - определяют в зерне, очищенном от примесей. Чем выше пленчатость, тем меньше содержание ядра, тем меньше крупы получают из такого зерна. Как правило, пленчатость крупного зерна меньше, чем мелкого. Кроме того, мелкое зерно обычно хуже шелушится. Особенно существенно влияет на эффективность переработки наличие самого мелкого зерна. Размеры зерна определяются размерами отверстий сит, проходом которых получают это мелкое зерно, относимое обычно к сорной примеси. Содержание такого зерна у ряда культур ограничивается соответствующими стандартами. Размеры отверстий сит, проходом которых получают мелкое зерно, составляют: для проса 1,4x20 мм, для овса 1,8x20, ячменя 2,2x20 мм и т.д. Мелкое зерно желательно отсеивать на хлебоприемных пунктах и элеваторах. Важное значение имеет и выравненность зерна, т.е. наличие большого количества зерен, близких по размерам.

Влажность зерна оказывает большое влияние на его технологические свойства, на конечную влажность крупы. Высокая, а часто и низкая влажность ухудшает его технологические свойства, при высокой влажности затрудняются очистка от примесей и шелушение зерна, при низкой влажности резко повышается его

дробимость в процессе переработки.[1]

В крупяном сырье часто содержится сравнительно большое количество разнообразных примесей, многие из которых трудноотделимы. Сорная примесь включает органическую, минеральную, семена культурных и сорных растений и т.д. Например, все семена других культурных и сорных растений относят к сорной примеси у зерна гречихи, проса, риса. Семена некоторых культурных растений, например ячменя, пшеницы, относят к зерновой примеси у овса и т.д.

Общие принципы очистки зерна от примесей практически такие же, как и при очистке зерна пшеницы и ржи на мукомольных заводах. Однако различная форма и размеры зерна разных культур, а также наличие специфических примесей в нем приводят к некоторым особенностям применения зерноочистительных устройств.

Трудноотделимые примеси представляют собой чаще семена сорных и культурных растений. Например, в гречихе трудноотделимыми примесями являются пшеница, овес, ячмень, дикая редька, а также так называемая татарская гречиха -карлык. В зерне риса трудноотделимые примеси - это различного рода просянки (просо крупноплодное, просо сжатое и т.д.), пшеница и другие семена. Характерной примесью служат комочки земли, особенно когда они перемешаны с илом, что снижает их плотность. Так, минеральная примесь (галька) имеет плотность от 2,6 до 2,8 г/см³, а комочки земли – от 1,6 до 1,8 г/см³, что гораздо ближе к плотности зерна – от 1,2 до 1,3 г/см³. Малое различие в плотности затрудняет разделение компонентов смеси. В зерне проса особенно много трудноотделимых примесей, представляющих собой семена сорных растений, мелких зерен пшеницы и ржи и др. Имеются и некоторые другие признаки зерна, влияющие на выход и качество крупы. Например, среди зерен риса встречаются зерна с окрашенными в красно-бурый цвет плодовыми оболочками. Более интенсивная обработка таких партий зерна приводит к снижению выхода крупы.

1.2 Ассортимент и качество крупы

Ассортимент крупяной продукции достаточно разнообразен и приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Ассортимент крупяной продукции

Культура	Вид крупы
Просо	Пшено шлифованное
Гречиха	Ядрица, ядрица быстро разваривающаяся, продел
Рис	Рис шлифованный, рис дробленый
Овес	Овсяная крупа шлифованная, овсяные хлопья, толокно
Ячмень	Перловая крупа, ячневая крупа
Пшеница	Полтавская, Артек
Горох	Горох целый полированный, горох колотый полированный
Кукуруза	Крупа шлифованная, крупа для хлопьев, крупа для палочек

Крупы из целого ядра - пшено, ядрицу, рис, овсяную - делят на сорта: пшено и рис - высший, первый, второй и третий; овсяную - высший, первый и второй; ядрицу - первый, второй и третий. Горох целый и колотый делят на два сорта: первый и второй. Самые низкие сорта крупы вырабатывают из зерна пониженного качества.

Качество крупы зависит от содержания в ней доброкачественного ядра. Чем больше доброкачественного ядра, тем выше сорт. В крупе каждого сорта ограничивается содержание примесей, их отдельных видов, в целой крупе - дробленой крупы, нешелушенных зерен и т.д. (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества гречневой крупы

Показатели	Содержание, %, не более		
	1 с.	2 с.	3 с.
Ядро: доброкачественное	99,2	98,4	97,5
битое	3,0	4,0	5,0
Сорная примесь	0,4	0,5	0,6
в том числе минеральная	0,05	0,05	0,05
Испорченные ядра	0,2	0,4	1,2
Нешелушенные зерна	0,3	0,4	0,7
Металлопримеси, мг/кг	3	3	3
Влажность	14	14	14

Кроме целой крупы, выпускают и дробленую крупу - рисовую и гречневую (продел). Из ячменя, пшеницы, кукурузы производят дробленую крупу, в том числе так называемую номерную, т.е. разделенную по крупности на фракции - номера. Так, перловую, пшеничную и кукурузную шлифованную выпускают пяти номеров, причем первый номер - крупа самая крупная, пятый - самая мелкая; ячневая крупа имеет три номера. Дробленую крупу на сорта не делят. Дробленая номерная крупа имеет еще один показатель -выравненность, величина которой составляет от 80 % до 75 %. Например, перловая крупа № 1 должна быть получена проходом сита с отверстиями Ø 4,0 мм и сходом сита с отверстиями Ø 3,0 мм. При контрольном просеивании на этих ситах сход сита Ø 4,0 мм и проход сита Ø 3,0 мм в сумме не должны превышать 20 %, т.е. сход с сита Ø 3,0 мм, определяющего номер группы, не должен быть менее 80 %.

1.3 Схемы технологического процесса переработки зерна в крупу

Процесс переработки зерна в крупу (рисунок 1), как и на мукомольных заводах, включает три основных этапа: подготовку зерна к переработке; переработку зерна в крупу и крупяные продукты; затаривание и отпуск готовой продукции.

Подготовка зерна к переработке состоит из двух основных этапов: выделения примесей из зерновой массы и гидротермической обработки зерна. В отличие от подготовки зерна в мукомольном производстве на крупяных заводах отсут-

ствуют обработка поверхности зерна сухим способом и его мойка. Это объясняется тем, что технологический процесс переработки всех без исключения крупяных культур включает такую операцию, как удаление наружных пленок в результате шелушения. Естественно, что подвергать очистке сухим или мокрым способами поверхность зерна в этом случае нет необходимости.

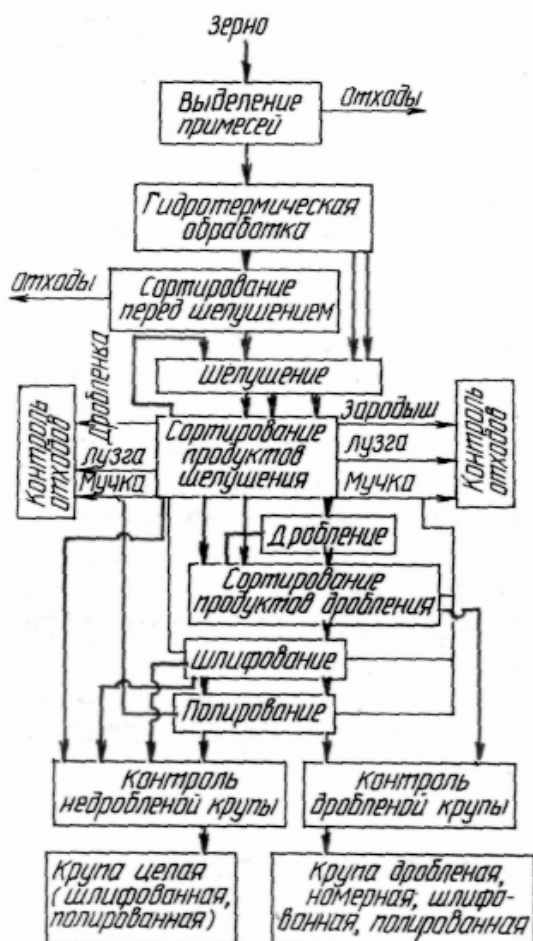


Рисунок 1 – Структурная схема технологического процесса переработки зерна в крупу

Процесс очистки зерна от примесей на крупяных заводах практически основан на тех же принципах, что и на мукомольных заводах. Однако рабочие органы зерноочистительных машин имеют различные установочные и кинематические параметры, наиболее подходящие для того или иного зерна.

При подготовке к переработке зерна овса, гречихи, кукурузы, пшеницы и гороха применяют гидротермическую обработку. Она повышает выход крупы, ее качество, облегчает процессы последующей переработки. В связи с большим разнообразием технологических свойств зерна и ассортимента вырабатываемой продукции применяют и разные способы гидротермической обработки. На выбор способов и режимов обработки существенно влияют способ последующего шелушения зерна или применяемая для этой цели шелушительная машина. Перед шелушением зерна применяют разделение его на фракции, т.е. калибрование.

Процесс переработки зерна включает ряд обязательных для всех техноло-

гических схем операций: шелушение зерна, сортирование продуктов шелушения, контроль готовой продукции. При переработке большинства крупяных культур используют шлифование и полирование крупы. Кроме того, обязательной операцией является контроль отходов после сортирования продуктов шелушения зерна.

Для отдельных культур применяют также операцию дробления ядра. Для некоторых схем характерна раздельная переработка зерна по фракциям крупности, что достигается калиброванием зерна перед шелушением.

Структурная схема технологического процесса переработки зерна представлена на рисунке 1. Левая часть схемы включает операции, свойственные технологическому процессу переработки зерна в крупу из целого ядра, правая - в дробленую номерную крупу.

1.4 Выделение примесей из зерновой массы

Выделение крупных, мелких и легких примесей. Основные машины для выделения этих примесей: воздушно-ситовые сепараторы, крупосортировки, рассевы. Разные размеры и форма зерна обуславливают и использование в воздушно-ситовых сепараторах сит с различными отверстиями. Обычно, если зерно удлиненной формы, сита для выделения примесей имеют продолговатые отверстия, если зерно округлой формы, используют сита с круглыми отверстиями. Размеры отверстий сит выбирают в зависимости от размеров зерна.

Для лучшего просеивания зерна и примесей изменяют установочные и кинематические параметры. При очистке трудносыпучего зерна (например, риса, овса) увеличивают угол наклона сит, амплитуду или частоту колебаний. Наоборот, для проса, гороха требуется существенно уменьшить угол наклона сит и также снизить кинематические параметры.

При очистке зерна многих крупяных культур от примесей существенно снижаются производительность машин и эффективность очистки. Воздушно-ситовые сепараторы при очистке риса имеют производительность в 3...5 раз ниже паспортной. Последние модели сепараторов, в том числе сепараторов шкафного типа, имеют более высокую эффективность очистки зерна.

Для выделения примесей из гречихи широко применяют сита с треугольными отверстиями. Имеющая трехгранную форму гречиха проходит через отверстия сит, а равновеликие примеси, имеющие другую форму, например шаровидную или цилиндрическую, через отверстия этих сит не проходят. Однако более мелкие примеси могут пройти через отверстия сит вместе с зерном, поэтому обычно гречиху в процессе очистки делят на две-три фракции на ситах с круглыми отверстиями, после чего зерно каждой фракции очищают от примесей на ситах с треугольными отверстиями соответствующих размеров. Фракционный способ очистки используют и в новых сепараторах для риса.

В воздушно-ситовых сепараторах изменяют скорость воздушного потока применительно к конкретному зерну. Естественно, что если скорость витания семян гороха или кукурузы выше, чем, например, овса, то и скорость воздушного потока в пневмоканалах должна быть более высокой.

Для выделения примесей, особенно мелкого зерна, применяют также просеивающие машины - крупосортировки и крупяные рассевы А1-БРУ. Крупосорти-

ровка имеет относительно небольшую просеивающую поверхность (4 м²) при больших габаритах, поэтому их устанавливают при сортировании отходов или для небольшого количества продуктов. Крупосортировки состоят из двух наклонных сит и могут иметь две технологические схемы (рисунок 2).

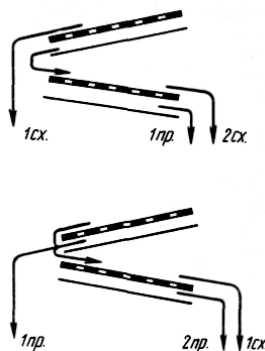


Рисунок 2 – Технологические схемы крупосортировки А1-БКГ

Наиболее перспективны крупяные рассевы, просеивающая поверхность сит которых в 3,5 раза больше, чем у крупосортировок, при несколько меньших габаритах. Крупяные рассевы выполнены на базе шкафного рассева А1-ЗРШ; имеют 14 ситовых и четыре технологические схемы (рисунок 3).

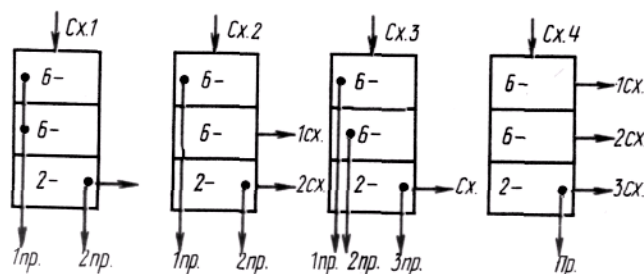


Рисунок 3 - Технологические схемы рассевов А1-БРУ

Такие рассевы применяют не только для очистки, но и для калибровки зерна, т.е. разделения его на фракции по размерам, а также для разделения продуктов шелушения, контроля крупы и т.д.

Выделение минеральных примесей. Минеральную примесь из зерна на крупяных заводах выделяют практически в тех же камнеотделительных машинах, что и на мукомольных заводах. Исключение составляют лишь гидравлические камнеотделительные машины, которые на крупяных заводах не применяются, так как мойку зерна не используют. Наиболее эффективны вибропневматические камнеотделительные машины, которые могут выделить примеси из зерна любой культуры, в том числе и комочки земли.

Выделение коротких и длинных примесей. Эти примеси выделяют в триерах. Разные размеры и форма зерна определяют возможность применения тех или иных триеров. Для зерна округлой формы, например, проса, гречихи, используют

овсюгоотборочные машины, где выделяют длинные примеси. Причем в этих машинах должны быть разные размеры ячеек: для проса от 3,5 до 4,0 мм, а для гречихи от 6 до 7 мм. Для зерна, имеющего удлиненную форму, например овса, необходимо применять такие куколеотборочные машины, размеры ячеек которых 6 мм. Триеры не устанавливаются для зерна кукурузы и гороха. Легкие, металломагнитные примеси выделяют в тех же машинах и аппаратах, что и на мукомольных заводах.

1.5 Гидротермическая обработка зерна крупяных культур

Гидротермическую обработку зерна крупяных культур проводят для разных целей. После такой обработки улучшаются технологические свойства зерна; облегчается отделение оболочек при шелушении, снижается дробимость ядра; улучшаются потребительские свойства крупы, сокращается длительность ее варки, консистенция каши становится более рассыпчатой; повышается стойкость крупы при хранении в результате инактивации ферментов, которые способствуют порче крупы.

Способы гидротермической обработки зерна крупяных культур довольно разнообразны, их выбор зависит от строения зерна, ассортимента продукции, от того, как влияют режимы обработки на изменение внешнего вида крупы, и т.д.

Наиболее распространены способы гидротермической обработки: пропаривание - сушка - охлаждение; увлажнение - отволаживание.[2]

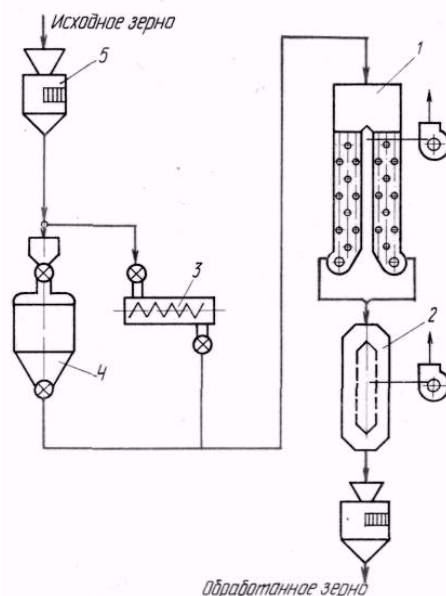
Пропаривание - сушка - охлаждение. Этот способ применяют для гречихи, овса и гороха. Особенность его состоит в высокой температуре (свыше 100 °С) нагрева зерна при пропаривании, так как оно происходит обычно при избыточном давлении пара. Пропаривание увлажняет и прогревает зерно, пластифицирует ядро, которое становится менее хрупким, меньше дробится при шелушении и шлифовании. Пластификация ядра происходит и в результате некоторых химических преобразований. Происходят клейстеризация некоторой части крахмала, образование небольшого количества декстринов, обладающих клеящими свойствами, и т.д.

Последующая после пропаривания сушка обезвоживает в большей степени наружные пленки, которые, теряя влагу, становятся более хрупкими и легче раскалываются при шелушении. Кроме того, возникающие в процессе пропаривания и сушки деформационные изменения в составных частях зерна приводят к отслаиванию оболочек.

Охлаждение после сушки дополнительно снижает влажность зерна, холодные оболочки более хрупки. В то же время излишняя сушка зерна может привести к обезвоживанию ядра и повышению его хрупкости. Охлаждение зерна также может ухудшить результаты последующего шелушения, так как и охлажденное ядро становится менее пластичным, и возможно повышение выхода дробленого ядра. Режимы пропаривания, сушки и охлаждения тесно связаны со способами последующего шелушения зерна.

Схема гидротермической обработки включает пропаривание зерна, его сушку и охлаждение (рисунок 4). Для пропаривания зерна используют специаль-

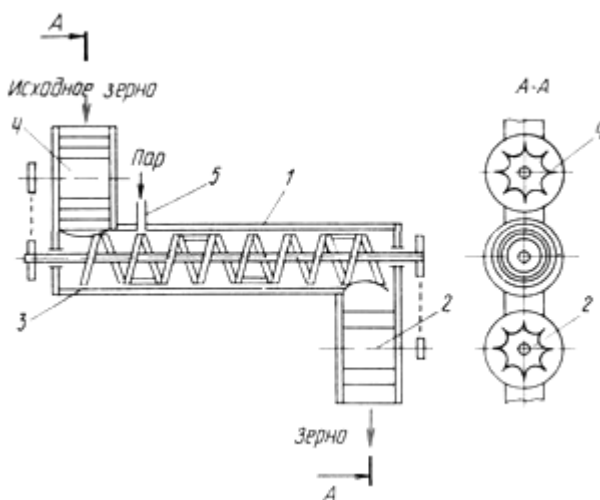
ные аппараты -пропариватели. Существуют два типа пропаривателей: непрерывного и периодического действия.



1 – сушилка; 2 – охлаждающая колонка; 3 – пропариватель непрерывного действия; 4 – пропариватель периодического действия; 5 – автоматические весы.

Рисунок 4 – Технологическая схема гидротермической обработки зерна

Среди пропаривателей непрерывного действия наиболее распространены горизонтальные шнековые пропариватели (рисунок 5). Зерно через шлюзовые затворы, обеспечивающие герметизацию пропаривателя, поступает в шнек, куда одновременно подается и пар.



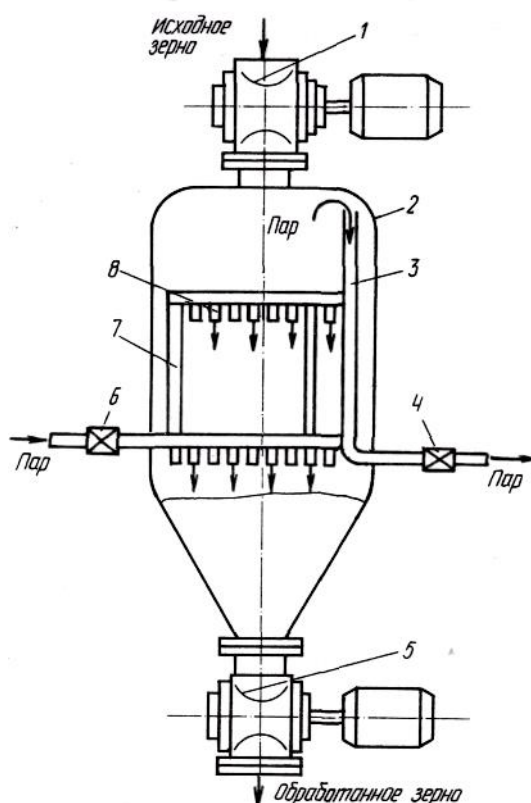
1 – корпус; 2, 4 – шлюзовые затворы; 3 – шнек; 5 – входное отверстие для пара.

Рисунок 5 – Схема горизонтального шнекового пропаривателя

Достоинство этих пропаривателей: простота, высокая производительность, равномерная обработка зерна; недостаток - невозможность пропаривания зерна при относительно высоком давлении пара, так как шлюзовые затворы не обеспечивают должной герметизации.

Если необходимо пропаривать зерно при высоком давлении пара, применяют пропариватели периодического действия.

Такой пропариватель представляет собой сосуд вместимостью 1000 л (рисунок 6). Зерно загружают и разгружают через пробковые затворы. Пар подают через парораспределительный змеевик, состоящий из трех горизонтально расположенных колец, соединенных вертикальными трубами для равномерной подачи пара по всему объему зерна. Выпуск пара через специальную отводную трубу.



1 – затвор для впуска зерна; 2 – корпус; 3 – труба для выпуска пара; 4 – вентиль для выпуска пара; 5 – затвор для выпуска зерна; 6 – вентиль для впуска пара; 7 – распределительные трубы для впуска пара; 8 – форсунки.

Рисунок 6 – Схема пропаривателя периодического действия

Пробковые затворы управляются либо системой рычагов от командного электромеханического аппарата, либо индивидуальными электроприводами. Таким же образом управляют вентилями при подаче и выпуске пара. Операции впуска зерна и пара повторяют в стройной последовательности по заранее заданному циклу.

Достоинство таких пропаривателей - возможность пропаривания зерна при сравнительно большом давлении пара и регулирования длительности пропарива-

ния зерна.

Недостатки - циклическая обработка, большие габариты, сложность конструкции, необходимость установки бункеров до и после пропаривателей.

Для сушки зерна используют вертикальные паровые сушилки контактного типа, в которых нагрев зерна происходит посредством его контакта с паровыми трубами. Испарившаяся при нагреве зерна влага удаляется в результате аспирации сушилки. Охлаждают зерно в специальных охлаждающих колонках или в аспираторах, или в системах пневмотранспорта. Параметры, рекомендуемые для обработки зерна разных культур, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры гидротермической обработки зерна

Культура	Параметры пропаривания		Влажность зерна, %	
	давление пара, МПа	длительность пропаривания, мин	после пропаривания	после завершения гидротермической обработки
Гречиха	0,25...0,30	5	18-19	12,5-13,5
Овес	0,05...0,10	3-5	16-18	10/12-13*
Горох	0,10...0,15	2-3	16-18	13,5-14,5

* В числителе - влажность зерна при последующем его шелушении в шелушильных поставах; в знаменателе - влажность зерна при шелушении его в обоечных машинах и центробежных шелушителях.

Увлажнение - отволаживание. Это второй способ гидротермической обработки. Зерно увлажняют либо в специальных аппаратах, либо обрабатывают его в пропаривателях непрерывного действия при низком давлении пара. Увлажненное зерно отволаживают в бункерах в течение нескольких часов.

Такой способ обработки применяют в основном для пшеницы и кукурузы (таблица 4). Увлажненное зерно приобретает повышенную пластичность, меньше дробится при шелушении, вследствие увлажнения наружные оболочки частично отслаиваются и легко отделяются.

Таблица 4 – Режимы гидротермической обработки пшеницы и кукурузы

Культура	Влажность зерна после увлажнения, %	Длительность отволаживания, ч
Пшеница	14,5-15,0	0,5-2,0
Кукуруза	15,0-16,0*	2,0-3,0
	22,0-22,0**	0,3-0,5

* При производстве шлифованной крупы.
** При производстве крупы для хлопьев и палочек.

Этот способ применяют на зарубежных заводах и при подготовке зерна овса. Зерно увлажняют до влажности от 16 % до 18 % и отволаживают в течение 8 ч.

Однако такой способ может быть использован при условии последующего шелушения зерна в центробежных шелушителях (шелушение однократным ударом).

Перспективы применения ГТО для других культур. Проведенные в последние годы работы во ВНИИЗ и МГУПП показали возможность использования различных вариантов обработки для ячменя. Эффективен способ, включающий пропаривание зерна при давлении пара от 0,15 до 0,20 МПа в течение 3-4 мин с последующей сушкой и охлаждением. Также представляет интерес увлажнение зерна на 1,0-1,5 % с отволаживанием в течение 8-10 мин.

Не получила распространения гидротермическая обработка проса. Основные причины этого заключаются в относительно невысокой ее эффективности, а главным образом в наличии в просе испорченных зерен. Испорченные зерна проса имеют меньшую прочность и частично разрушаются при шелушении и шлифовании. После же обработки они упрочняются, разрушаются мало и в большом количестве попадают в крупу, ухудшая ее качество.

Особо следует остановиться на гидротермической обработке риса. В настоящее время при его переработке получают от 10 % до 15 % дробленой крупы, имеющей низкие потребительские свойства. Повысить выход целой крупы возможно, используя гидротермическую обработку. Ее довольно широко применяют в зарубежной практике. Считают, что около 20 % всего риса перерабатывают с использованием разных способов такой обработки.

Однако при гидротермической обработке возникают определенные сложности: пожелтение ядра и увлажнение зерна до влажности от 30 % до 32 %. Такая конечная влажность зерна способствует упрочнению ядра при тепловой обработке риса. Ядро риса при увлажнении растрескивается, и эти трещины достаточно велики. Тепловая обработка трещиноватого ядра не приводит к положительным результатам. В то же время повышение влажности зерна до 30 % и выше вызывает набухание полимеров ядра и соединение трещин. Дальнейшая тепловая обработка приводит к «склеиванию» трещин вследствие клейстеризации крахмала.

Традиционным долгое время считался способ, включающий длительное замачивание зерна в холодной или горячей воде до влажности от 30 % до 35 %, затем его пропаривание при различном давлении пара и разной длительности, сушка до влажности от 14 % до 15 %. Этот способ вызывает значительное потемнение ядра, а также часто его неодинаковую окраску.

Позднее был предложен способ, в котором пропаривание было заменено обработкой зерна в горячей воде (температура от 70 °С до 75 °С) под избыточным давлением воздуха до 0,6 МПа. При этом потемнение ядра меньше, цвет его более равномерен. Однако как в первом, так и во втором случае процесс сушки весьма громоздок и сложен.

Предложено процесс тепловой обработки зерна совместить с сушкой, для чего на первом этапе применяют агент сушки температурой от 180 °С до 200 °С. При снятии влаги от 30 % до 20 % агентом сушки происходит сильный нагрев зерна, вызывающий клейстеризацию крахмала и упрочнение ядра. Затем зерно сушат до влажности от 14 % до 15 % при температуре от 50 °С до 70 °С. Такой способ наиболее перспективен, так как по сравнению с первыми двумя он более экономичен и прост.

Гидротермическая обработка риса повышает пищевую ценность крупы,

так как в результате миграции из наружных слоев в центральные увеличивается содержание витаминов и других биологически активных веществ.

1.6 Схемы подготовки зерна к переработке

Перед подачей зерна в переработку в элеваторах и складах формируют крупные партии из компонентов, близких по технологическим свойствам. Нельзя смешивать компоненты, в которых зерно отличается крупностью, содержанием различных примесей, особенно трудноотделимых, влажностью и т.д. Не следует объединять зерна, подвергавшиеся и не подвергавшиеся сушке, особенно проса, кукурузы, риса. Объединение в одной партии разнокачественного зерна снизит эффективность его очистки от примесей и последующей переработки.

Схема подготовки зерна к переработке может включать такие операции, как очистка зерна от примесей и гидротермическая обработка. При подготовке ячменя и пшеницы может быть предусмотрено и предварительное шелушение зерна. Определяют эффективность шелушения у ячменя по количеству зерен со снятыми цветковыми пленками, у пшеницы - по снижению зольности.

Схема подготовки, которая являлась бы универсальной для всех крупяных культур, не может быть разработана, так как зерно разных культур отличается размерами, формой, наличием разных примесей и т.д. В то же время принципиальная схема подготовки зерна крупяных культур определяет наиболее целесообразную последовательность технологических операций. Для длительной устойчивой работы технологического оборудования на крупяном заводе предусмотрены бункера для неочищенного зерна вместимостью, позволяющей обеспечить работу предприятия в течение от 24 до 36 ч. Количество зерна, направляемого в переработку, учитывают в автоматических весах.

Для очистки зерна от примесей применяют две-три системы сепарирования в воздушно-ситовых сепараторах, просеивающие машины для дополнительного выделения мелких примесей и мелкого зерна, а также в ряде случаев для разделения зерна на фракции. Минеральные примеси выделяют в камнеотделительных машинах. В зависимости от вида перерабатываемого зерна на следующем этапе устанавливают куколеотборочные или овсюгоотборочные машины. Для выделения легких примесей, особенно из зерна пленчатых культур, применяют аспираторы.

Если схема подготовки зерна включает его гидротермическую обработку, осуществляемую по первому способу, т.е. включающую пропаривание, сушку и охлаждение, то ее, как правило, используют на заключительном этапе подготовки, непосредственно перед шелушением зерна.

В зерне, подвергшемся гидротермической обработке, имеется существенное различие во влажности оболочек и ядра. Значительный разрыв во времени между завершением обработки и шелушением зерна приведет к перераспределению влаги в зерне, в результате которого повысится влажность оболочек и снизится влажность ядра, т.е. оболочки станут более пластичными, а ядро - более хрупким. Это ухудшит технологические свойства зерна.

Если гидротермическую обработку проводят по второму способу, включающему увлажнение и отволаживание зерна, то после ее завершения зерно мо-

жет подвергаться дополнительной очистке, предварительному шелушению и т.д.

Эффективность работы оборудования подготовительного отделения должна обеспечивать показатели качества зерна, представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Эффективность работы оборудования подготовительного отделения

Оборудование	Эффективность работы
Сепараторы, аспираторы с замкнутым циклом воздуха (после всех последовательных пропусков)	Полное отделение крупных примесей. Отделение мелких и легких примесей не менее 95 %
Триеры	Отделение куколя и коротких примесей не менее 90 % Отделение овсюга, овса, ячменя, не менее 80 %
Обоечные машины (для пшеницы)	Снижение зольности после первого пропуска на 0,04-0,06 %, после второго пропуска на 0,03-0,05 %
Камнеотделительные машины	Содержание минеральной примеси в зерне после камнеотделительной машины не более 0,05-0,1 %
Сушилки	Влажность зерна после сушки, %, не более: гречихи 13,5 овса 10,0 гороха 15,0
Охладительные колонки	Температура охлажденного зерна не более чем на 6-8 °С выше температуры воздуха в производственном помещении
Аппарат для увлажнения	Влажность зерна после увлажнения: пшеницы 14,5-15 % кукурузы 15-16 % (при выработке пятиномерной крупы) 19-22 % (при выработке крупы для хлопьев и палочек)
Магнитные сепараторы	Содержание металломагнитных примесей в продукции перед выбоем должно быть не выше 3 мг на 1 кг крупы

В результате очистки зерна от примесей их содержание не должно превышать следующих показателей (таблица 6).

Содержание сорной примеси в просе дано без учета испорченных зерен; влажность овса, направляемого на шелушение в поставах, до 10 %; на шелушение в обоечных машинах до 14 %; влажность кукурузы при выработке пятиномерной крупы до 16 %; при выработке крупы для хлопьев и палочек до 22 %.

1.7 Калибрование зерна перед шелушением

Разделение на фракции, т.е. калибрование зерна имеет несколько целей:

- для близких по размерам зерен можно более точно подобрать рабочий зазор в шелушительных машинах, что повысит эффективность шелушения;

Таблица 6 – Качество зерна, направленного на переработку после очистки

Культура	Влажность, %, не более	Сорная примесь, %, не более	В том числе, %, не более			
			Минеральной примеси	Куколя	Головни и спорыньи	Горчака и вязаля
Просо	13,5*	0,3	0,1	-	0,03	0,02
	14,5*	-	-	-	-	-
Гречиха	12,5*	0,5	0,1	-	-	-
	13,5**	-	-	-	-	-
Овес для выработки: крупы	10,0	0,3	0,1	0,1	0,03	0,02
	14,0	-	-	-	-	-
толокна	13,5	0,3	0,1	0,1	0,03	0,02
Рис	14,0*	0,4	0,1	-	-	-
	15,5**	-	-	-	-	-
Ячмень	15,0	0,4	0,1	-	0,03	0,02
Пшеница	13,5	0,4	0,1	0,1	0,03	0,02
Горох	14,0*	0,5	0,05	-	-	-
	15,0**	-	-	-	-	-
Кукуруза	16,0	0,2	0,1	-	-	-
	22,0	-	-	-	-	-

* При выработке продукции для длительного хранения.
** При выработке продукции для текущего потребления.

- в отдельных случаях обеспечивается разделение смеси шелушенных и нешелушенных зерен после шелушения;

- из калиброванного зерна можно более тщательно выделить примеси.

Для калибрования зерна используют крупосортировки и рассевы; достоинство крупосортировок - высокая точность калибрования, а недостаток - малая производительность.

Рассевы А1-БРУ имеют четыре технологические схемы: для калибрования зерна применяют чаще всего рассевы с 1-й и 2-й технологическими схемами. Достоинства рассевов заключаются в их высокой производительности, возможности регулирования кинематических параметров (эксцентриситета и частоты колебаний), что повышает эффективность сортирования.

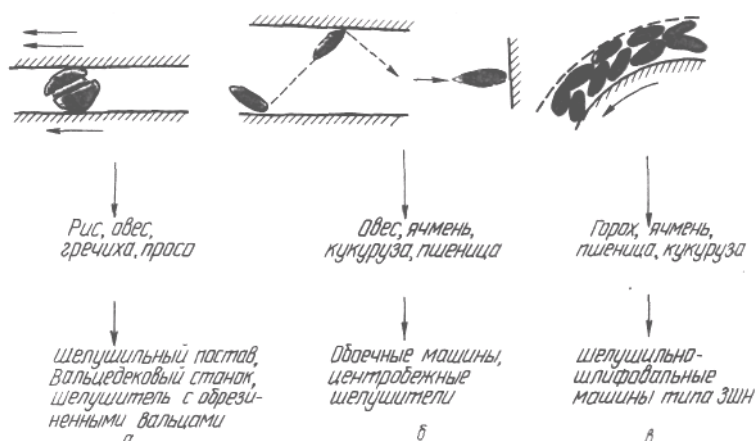
При переработке овса в крупу можно калибровать зерна по длине в триерах для последующего разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен.

1.8 Шелушение зерна

Шелушение зерна представляет собой операцию отделения наружных пленок от зерна. Существует ряд способов шелушения, которые зависят от строения зерна, прочности связей оболочек и ядра, прочности ядра, а также ассортимента вырабатываемой продукции, т.е. получают ли крупу из целого ядра или дробленого. При шелушении стремятся получить как можно больше шелушенных зерен при малой дробимости ядра.

Существуют три способа воздействия рабочих органов на зерно, в результате которого происходит разрушение и удаление оболочек.

Первый способ воздействия заключается в сжатии зерна и сдвиге расколотых оболочек (рисунок 7). Такое воздействие осуществляется между двумя достаточно жесткими рабочими поверхностями, расстояние между которыми меньше размеров зерна, что обеспечивает его сжатие. Относительное движение рабочих поверхностей, из которых одна неподвижна, а другая подвижна или обе движутся, но с разными скоростями, приводит к сдвигу оболочек и освобождению ядра. Такой способ эффективен лишь для зерна, у которого оболочки не срослись с ядром, а именно: для риса, проса, овса и гречихи.



а - шелушение сжатием и сдвигом; б - шелушение многократным и однократным ударом; в - шелушение путем интенсивного истирания оболочек

Рисунок 7 - Способы шелушения зерна

Основные машины, в которых использован этот способ, - это шелушильный постав, вальцедековый станок и шелушитель с обрезиненными вальцами.

Второй способ шелушения заключается в отделении пленок посредством однократного или многократных ударов зерновок о твердую поверхность. Этот способ шелушения наиболее применим для зерна, у которого пленки не срослись с ядром, а само ядро достаточно пластично и не разрушается при ударе (например, зерно овса). Зерно с хрупким ядром (у гречихи, риса) не может шелушиться таким способом, так как ядро при ударе дробится. Но если из зерна с относительно хрупким ядром получают дробленую крупу (перловую, ячневую и т.п.), то такое зерно можно шелушить многократными ударами, если даже пленки плотно

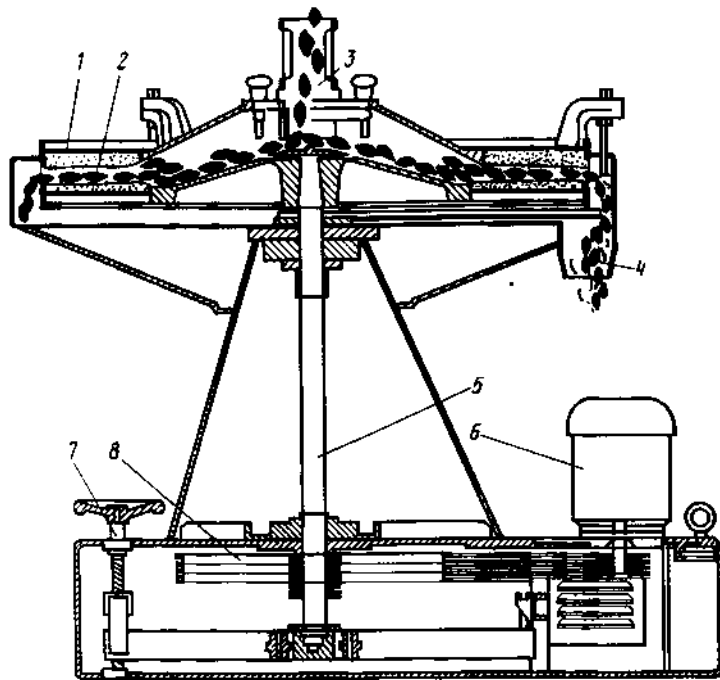
срослись с ядром, например у ячменя, пшеницы и т.д.

Следовательно, способ шелушения однократным ударом можно применять для зерна овса, а основная машина для этого - центробежный шелушитель.

Многократный удар наиболее приемлем для шелушения овса, ячменя, пшеницы и кукурузы, а основные машины для шелушения - обочные или бичевые.

Третий способ шелушения - постепенное истирание (соскабливание) оболочек в результате трения зерна о движущиеся шероховатые поверхности. Такой способ используют для шелушения зерна, у которого пленки плотно срослись с ядром, а именно: зерно ячменя, пшеницы, гороха и кукурузы. Основная машина для шелушения - шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3. [3]

Шелушение зерна сжатием и сдвигом. Шелушильный постав применяют в основном для шелушения овса или риса (рисунок 8). Рабочие органы машины - два диска Ø 1000 или 1250 мм с вертикальной осью. Нижний диск вращается на вертикальном валу, верхний диск неподвижен.



1 - верхний неподвижный диск; 2 - нижний подвижной диск; 3 - питающее устройство; 4 - выходной патрубков; 5 - приводной вал; 6 - электродвигатель; 7 - механизм изменения зазора; 8 – привод.

Рисунок 8 - Схема шелушильного постава

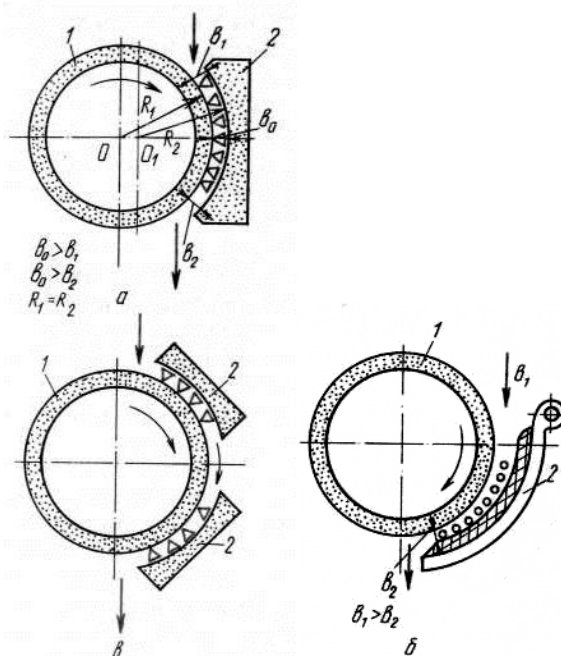
Зерно через центральное отверстие в верхнем диске поступает на нижний диск, под действием центробежной силы перемещается к периферии и проходит через рабочую зону между дисками. Расстояние между дисками несколько меньше размеров зерна, поэтому зерно сжимается, оболочки раскалываются, в результате вращения нижнего диска происходит сдвиг оболочек, освобождающих ядро.

Окружная скорость диска от 14 до 18 м/с. Эффективность шелушения зер-

на регулируют, изменяя расстояние между дисками. Рабочая поверхность дисков должна быть острошероховатой, выполнена из абразивного материала, обычно корунда или электрокорунда с зернистостью 125 и 100 для первой системы и 100 и 80 для системы повторного шелушения.

Зернистость абразивного материала определяется номером металлотканого сита, через которое просеян этот материал (номер умножен на 100). Зернистый материал связывается магнезиальным цементом, керамической или эпоксидной связкой (Шаззо А.Ю., Мартыненко Я.Ф.).

Вальцедековый станок применяют для шелушения гречихи и проса (рисунок 9). Его рабочими органами служат вращающийся валок $\varnothing 600$ мм и неподвижная вогнутая поверхность, охватывающая валок, - дека. Шелушение зерна происходит в рабочей зоне между валком и декой.



1 - валок; 2 - дека; в - схема двухдековых вальцедековых станков.

Рисунок 9 - Схема расположения рабочих органов вальцедекового станка для шелушения гречихи (а) и проса (б)

Принципиальных различий в конструкции вальцедековых станков, предназначенных для шелушения гречихи и проса, нет. Однако есть ряд особенностей рабочих органов машины, вызванных, прежде всего разной формой, строением и структурно-механическими свойствами зерна гречихи и проса.

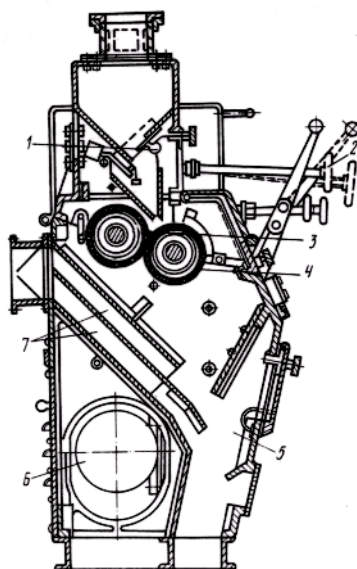
Для шелушения гречихи применяют вальцедековый станок, рабочие органы которого - валок и деку - изготавливают из абразивного материала (корунда или электрокорунда). Так как гречиха имеет трехгранное зерно, то рабочая зона вертикально расположена, т.е. дека находится сбоку от валка (рисунок 9а). Поверхность валка и деки очерчивается одинаковым радиусом, что достигается притиркой деки к валку.

Когда дека отодвигается от валка, чтобы образовался необходимый зазор, последний по длине имеет разную ширину: в центре большую, по краям мень-

шую. Такую форму рабочего зазора называют серповидной. Серповидная форма рабочего зазора сокращает зону шелушения (шелушение зерна осуществляется в основном в начале и конце рабочего зазора, что снижает дробимость ядра).

Вальцедековые станки для проса имеют несколько иные рабочие органы: валок покрывают абразивным материалом, поверхность деки набирается из резиноканевых пластин. Эластичная поверхность деки может деформироваться, что позволяет шелушить зерно разной крупности, не разделяя его на фракции. Деку можно устанавливать как сбоку, так и против нижней четверти валка (рисунок 9б). Форма рабочего зазора также иная - клиновидная, т.е. зазор сужается от приема к выходу.

С целью повышения эффективности шелушения проса применяют двухдековые вальцедековые станки (рисунок 9в). Шелушитель с обрезиненными валками А1-ЗРД-3 используют для шелушения риса (рисунок 10). Его рабочими органами служат два валка, покрытых резиной, Ø 200 мм и длиной 400 мм. Валки вращаются навстречу друг другу с отношением скоростей 1,45:1. Скорость быстровращающегося валка 9,5 м/с. Зерно поступает в рабочую зону между валками, сжимается, и вследствие разности скоростей рабочих поверхностей происходит сдвиг оболочек и освобождение ядра.



1 - питающее устройство; 2 - механизм привала и отвала валков и регулирования рабочего зазора; 3, 4 - верхний и нижний валки; 5 - выход продукта; 6 - электродвигатель; 7 - воздушные каналы для отвеивания лузги.

Рисунок 10 - Шелушитель с обрезиненными валками

Достоинство таких шелушителей состоит в высокой производительности и эффективности шелушения. Однако при эксплуатации этих шелушителей быстро изнашивается резина. Через каждые 3-5 сут следует менять резиновое покрытие, что приводит к удорожанию себестоимости продукции.

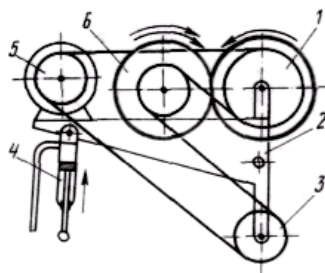
Конструкция привода валков достаточно сложна. Быстровращающийся валок приводится в движение от электродвигателя через клиноременную передачу,-

медленно вращающийся - через редуктор. Один вал редуктора соединен с быстро вращающимся валком при помощи втулочно-пальцевой муфты, а другой - с тихоходным валком посредством карданной передачи, позволяющей перемещать валки относительно друг друга при изнашивании резины. Непосредственно через зубчатую передачу приводить тихоходный валок нельзя, так как изнашивание резины каждого валка уменьшает его диаметр до 180 мм (т.е. межосевое расстояние сокращается на 20 мм). Такой привод не очень удобен в эксплуатации. Для более удобной замены гильз с резиновым покрытием оси валков состоят из двух полуосей. Это также не обеспечивает необходимой жесткости валка. Кроме того, при изнашивании резины требуется постоянное регулирование рабочего зазора.

В более совершенной конструкции шелушителя У1-БШВ внесен ряд изменений. Так, привод каждого валка осуществляется от индивидуального привода, а зазор между валками стабилизируется посредством прижатия медленно вращающегося валка к быстро вращающемуся системой рычагов и наборных грузов, подвешенных на тросах.

Интересна конструкция шелушителя фирмы «Бюлер». Валки короткие, длиной от 200 до 250 мм, консольного типа. Это облегчает замену валков.

Конструкция привода и механизма стабилизации межвалкового зазора представлена на рисунке 11. Межвалковое давление регулируется не только тяжестью электродвигателя, но и с помощью пневмоцилиндра.



1 – медленно вращающийся валок; 2 - опорная рама; 3 - контрпривод; 4 - пневмоцилиндр; 5 - электродвигатель; 6 - быстро вращающийся валок.

Рисунок 11 - Схема привода валков в шелушителе фирмы «Бюлер»

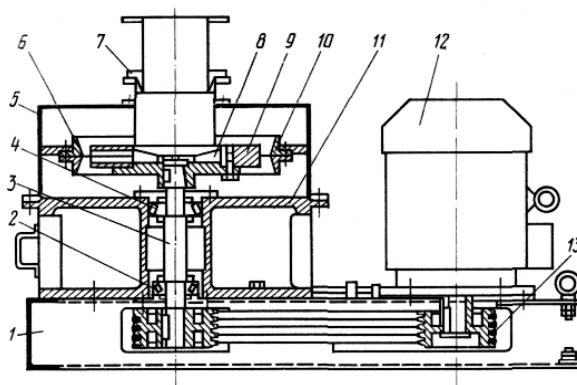
Шелушение зерна многократным и однократным ударом в бичевых машинах. Бичевые (обочные) машины применяют для шелушения зерна овса, ячменя, пшеницы и кукурузы. Конструкция обочных машин принципиально не отличается от конструкции машин, применяемых для обработки поверхности зерна. Они различаются установочными и кинематическими параметрами. Окружная скорость бичей для шелушения ячменя и овса достигает от 20 до 22 м/с и более. Рабочую поверхность обочных машин выполняют обычно из абразивного материала, для шелушения овса иногда набирают из профильных уголков или круглых стержней.

Эффективность шелушения зерна в машинах зависит от расстояния между кромкой бичей и рабочей поверхностью; угла наклона бичей, определяющего время нахождения зерна в машине; влажности зерна и т.д. Достоинства бичевых

машин: простота, высокая производительность, сравнительно низкий расход электроэнергии; в них можно шелушить зерно с повышенной влажностью (от 13 % до 14 %). Поэтому бичевые машины применяют при первичном шелушении зерна. Недостатки машин: выход значительного количества дробленого ядра, практическая невозможность регулирования эффективности машины.

Шелушение зерна однократным ударом в центробежных шелушителях. Наиболее эффективной машиной для шелушения зерна, у которого пленки не срослись с ядром, а ядро нехрупко, считают центробежные шелушители. Шелушение в этих машинах осуществляется в результате удара зерна, разгоняемого в роторе с радиальными каналами центробежной силой, об отражательное кольцо (деку).

В нашей стране сконструированы два типа шелушителей: А1-ДШЦ-1 и А1-ДШЦ-2. Шелушитель А1-ДШЦ-2 имеет ротор с лопастями, образующими каналы для разгона продуктов, и отражательное кольцо (рисунок 12).



1 - станина; 2 - нижний роликоподшипник; 3 - вертикальный вал ротора; 4 - верхний подшипник; 5 - обечайка; 6, 10 - отражательные кольца; 7 - кольцевая щель; 8 - распределительная крыльчатка; 9 - ротор; 11 - корпус; 12 - электродвигатель; 13 - клиновые ремни привода.

Рисунок 12 -Схема центробежного шелушителя А1-ДШЦ-2

Машина А1-ДШЦ-1 отличается наличием трех последовательно расположенных роторов с отражательными кольцами. Трехкратное шелушение зерна позволяет снизить скорость вращения роторов, что уменьшает изнашивание каналов.

Однако в этих машинах не предусмотрено плавное изменение скорости вращения ротора для регулирования эффективности шелушения зерна. Скорость удара зерна об отражательное кольцо, при которой происходит его шелушение, зависит от влажности зерна, его подготовки, а также сортовых особенностей и составляет от 40 до 50 м/с.

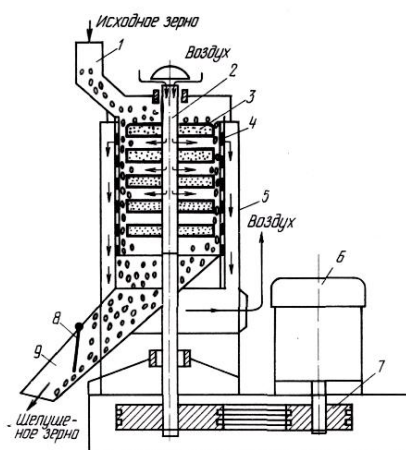
Достоинства таких шелушителей: высокая технологическая эффективность, сравнительно малый расход электроэнергии. Недостаток - быстрое изнашивание рабочих органов - лопастей и отражательного кольца. Поэтому лопасти делают сменными, а отражательное кольцо совершает гармонические движения в вертикальном направлении, что увеличивает ширину зоны удара и долговечность

кольца.

Основные направления совершенствования таких шелушителей заключаются в определении рациональных размеров и формы ротора, повышении износостойкости рабочих органов, применении надежных вариаторов для регулирования скорости вращения ротора.

Зарубежные шелушители не имеют принципиальных отличий от описанных конструкций. Некоторые зарубежные модели представляют собой комбинации шелушителя и аспиратора для отделения лузги, причем роль вентилятора выполняет ротор шелушителя.

Шелушение зерна постепенным снятием оболочек в результате их интенсивного истирания. Основная машина для шелушения зерна - А1-ЗШН. Она предназначена не только для шелушения зерна, но и для шлифования крупы. Рабочие органы шелушильно-шлифовальной машины А1-ЗШН-З - вращающийся вертикальный вал с шестью-семью абразивными дисками (рисунок 13). Вал с дисками окружен цилиндрической ситовой обечайкой (перфорированным цилиндром), которая, в свою очередь, заключена в цилиндрический же корпус.



1 - приемное устройство; 2 - полый вал; 3 - абразивные диски; 4 - ситовая обечайка; 5 - корпус; 6 - электродвигатель; 7 - привод; 8 - шибер; 9 - патрубок.

Рисунок 13 - Схема шелушильно-шлифовальной машины А1-ЗШН-З

Исходное зерно через приемный патрубок поступает в рабочую зону между дисками и ситовой обечайкой, где в результате трения о вращающиеся абразивные диски и обечайку, а также взаимного трения зерен отделяются постепенно наружные пленки. При трении также выделяется значительное количество тепла: для охлаждения продукта и рабочих органов машины и для отделения пленок и мучки рабочая зона продувается воздушным потоком. Воздух проходит через пустотелый вал с отверстиями, расположенными между дисками, и через сито и полость между ситом и корпусом вместе с мучкой и мелкой лузгой выводится из машины.

Скорость перемещения зерна в рабочей зоне, а, следовательно, и длительность его обработки можно регулировать с помощью клапана, размещенного в выпускном устройстве. Воздушный поток в машине обеспечивается либо венти-

лятором, расположенным на главном валу машины, либо присоединением воздушного патрубка в корпусе машины к центральной аспирационной сети.

Достоинства этих машин: хорошее качество шелушения продукта, сравнительно низкий выход дробленого ядра. Недостатки: высокий расход электроэнергии, быстрое изнашивание рабочих органов, особенно перфорированных обечаек. Повышение износостойкости рабочих органов, снижение энергоемкости процесса шелушения - это основное направление совершенствования шелушительных машин.

Оценка эффективности процесса шелушения зерна. Она необходима для обеспечения определенного уровня работы машин, а также для сравнительной характеристики разных конструкций. К процессу шелушения предъявляют два основных требования: обеспечение как можно более полного отделения пленок от зерна; максимальная сохранность целостности ядра, т.е. образование минимума дробленки и мучки.

Эффективность шелушения оценивают двумя показателями: количественным и качественным.

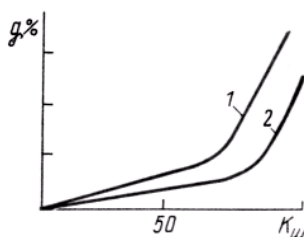
Количественный показатель представляет собой коэффициент шелушения (%)

$$K_{\text{ш}} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} 100 \quad (1)$$

где H_1 - содержание нешелушенных зерен в продукте, поступающем в машину, %;

H_2 - содержание нешелушенных зерен в продукте, выходящем из машины, %.

Необходимо стремиться к повышению коэффициента шелушения. Однако повышение коэффициента шелушения приводит к увеличению выхода дробленого ядра, причем зависимость эта, как правило, нелинейна (рисунок 14). Поэтому шелушить зерно при коэффициентах шелушения, при которых резко повышается выход дробленого ядра, не рекомендуется.



1 - гречиха; 2 - овес

Рисунок 14 - Зависимость выхода дробленого ядра от коэффициента шелушения

Качественную оценку может дать коэффициент цельности ядра, имеющий

$$K_{ц.я} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (D_2 - D_1) + (M_2 - M_1)}$$

где K_2 , D_2 и M_2 - содержание целого ядра, дробленого ядра и мучки в продукте шелушения, %;

K_1 , D_1 , и M_1 - соответственно содержание целого ядра, дробленого ядра и мучки в продукте, поступающем на шелушение, %.

Анализ этой формулы показывает, что коэффициент цельности ядра снижается при повышении выхода дробленого ядра и мучки при шелушении.

С учетом количественного и качественного показателей шелушения комплексный показатель может быть представлен как произведение $E = K_{ц.я}/K_{ц.я}$. Однако нужно иметь в виду нелинейную зависимость между коэффициентом шелушения и коэффициентом цельности ядра.

Основные направления совершенствования процесса шелушения. Необходимость постоянного совершенствования процесса шелушения определяется тем, что в значительной степени он влияет на выход и качество крупы. Кроме того, процесс шелушения является часто энергоемким.

Для шелушения зерна применяют машины различных типов. Некоторые из них могут перерабатывать несколько разных культур, другие - только одну.

Проектируют заводы для переработки двух и более культур. Поэтому актуальная задача - создание универсальных шелушильных машин.

Была разработана аэрошелушильная машина, в которой шелушение зерна осуществляется потоком воздуха, движущегося со сверхзвуковой скоростью (около 500 м/с). Воздух из компрессора под давлением от 0,6 до 0,8 МПа подается по воздуховоду в сопло, откуда поступает в трубку смешения. В эту трубку одновременно из воронки поступает зерно. Зерно, попадая в струю воздуха, шелушится, а продукты шелушения осаждаются в циклоне-разгрузителе. Однако производительность такой однотрубной установки не превышает 200 кг/ч, поэтому промышленные установки имеют по четыре и более трубок.

Основной недостаток установки - это высокий расход электроэнергии, превышающий расход в традиционных установках в 20-30 раз, т.е. на шелушение 1 т зерна затрачивается до 75 кВт·ч.

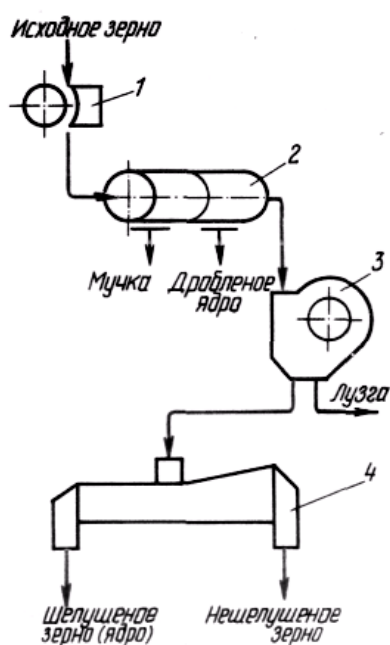
Подобная установка создана во Франции. Воздух из воздуховода через смеситель поступает в трубку. При прохождении смесителя и трубки струя воздуха шелушит зерно, продукты шелушения теряют скорость и осаждаются в циклоне. По данным фирмы-изготовителя, расход электроэнергии на шелушение 1 т зерна составляет около 30 кВт·ч, что также значительно превышает его в традиционных шелушильных машинах.

1.9 Сортирование продуктов шелушения

В результате шелушения зерна получают смесь различных продуктов, которые условно можно разделить на пять фракций.

Основная фракция - это шелушеное зерно, или ядро. Некоторые зерна остаются, как правило, нешелушенными и образуют вторую фракцию. При шелушении отделяются наружные пленки, которые являются третьей фракцией - лузгой. При шелушении часть ядра дробится, дробленое ядро - это четвертая фракция. Часть ядра и пленок дробится до более мелких частиц, которые представляют собой мучку - пятую фракцию.

Продукты шелушения разделяются (рисунок 15). Мучку и дробленое ядро выделяют в просеивающих машинах, так как эти продукты имеют меньшие размеры. Отличающуюся аэродинамическими свойствами лузгу отвеивают в аспираторах. Нешелушенные зерна, оставшиеся в смеси с шелушенными, должны быть в дальнейшем повторно направлены в шелушильные машины. На повторное шелушение может поступать только нешелушеное зерно после выделения его из смеси с шелушеным. Если же разделение такой смеси невозможно, то на повторное шелушение направляют смесь шелушенных и нешелушенных зерен. В зависимости от этого применяют две схемы шелушения зерна.



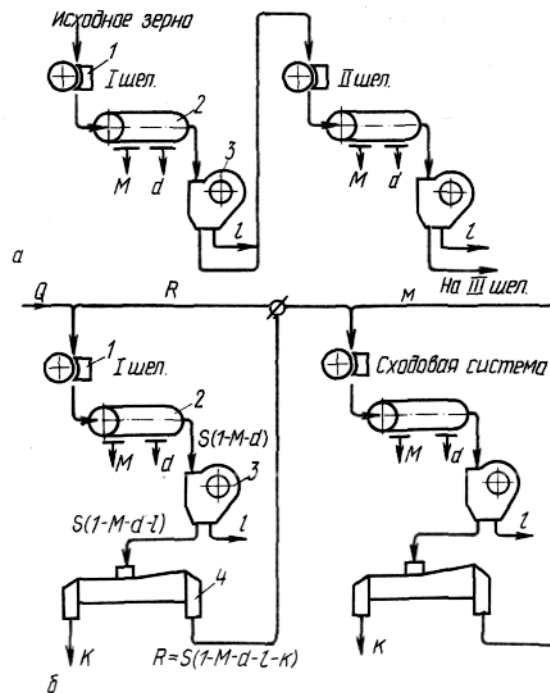
1 - шелушильная машина; 2 - просеивающая машина; 3 - аспиратор; 4 - крупноотделительная машина.

Рисунок 15 - Схема сортирования продуктов шелушения

Первая схема - шелушение без промежуточного отбора ядра, предусматривает повторное шелушение зерна без разделения шелушенных и нешелушенных зерен (рисунок 16а).

Недостатком такой схемы можно считать излишнюю нагрузку оборудова-

ния уже шелушеным зерном, которое при повторном пропуске много дробится, образуя дробленое зерно и мучку, что снижает выход целой крупы. Такая схема непригодна для зерна с хрупким ядром (например, для риса, гречихи).



а - без промежуточного отбора ядра; б - с промежуточным отбором ядра; 1 - шелушильная машина; 2 - бурат; 3 - аспиратор; 4 - крупотделительная машина.

Рисунок 16 - Схема шелушения зерна

Вторая схема - шелушение зерна с промежуточным отбором ядра, предусматривает разделение смеси шелушенных и нешелушенных зерен с последующим направлением на повторное шелушение только нешелушенных зерен (рисунок 16б).

Схема с промежуточным отбором ядра более короткая, обеспечивает меньший оборот продуктов.

Под коэффициентом оборота продуктов W понимают отношение количества фактически проходящего через машины S к первоначальному количеству зерна, подаваемого на переработку Q :

$$W = \frac{S}{Q} \quad (3)$$

Обозначим через M , d , l соответственно количество мучки, дробленки и лузги (в долях единицы). Тогда количество смеси, поступающей в крупотделительные машины, составит $S(1-M-d-l)$.

Обозначим сумму $M+d+l$ через n , получим $S(1-n)$. В крупотделительной машине выделяется крупа в количестве K . Количество возвращаемого на повтор-

ную переработку продукта R составит $R = S(1-n-K)$.

Сделав положенные преобразования, получим:

$$Q = S - R$$

$$W = \frac{S}{Q} = \frac{S}{S - R} = \frac{S}{S - S(1 - n - K)} = \frac{1}{n + K}$$

$n+K$ практически представляет собой коэффициент шелушения, выраженный в долях единицы. Коэффициент оборота находят по формуле

$$W = \frac{1}{K_{ш}}$$

Чем больше выделяется шелушеного зерна K , тем ниже коэффициент оборота W . При отсутствии крупотделения, когда на повторное шелушение направляют смесь шелушенных и нешелушенных зерен, коэффициент оборота продуктов наиболее высок. Наименьшее значение W принимает при максимальных коэффициентах шелушения зерна и полном отборе шелушенных зерен из продуктов шелушения.

Таким образом, недостатки, характерные для первой схемы, в этой схеме устранены. Однако применение второй схемы ограничено как свойствами зерна разных культур, так и отсутствием для некоторых видов зерна удовлетворительных средств для разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен. Процессы отделения мучки, дробленого ядра и лузги хотя и имеют для разных культур некоторые особенности, но принципиальных отличий от рассмотренных операций просеивания и провеивания не имеют.

1.10 Крупоотделение

Крупоотделением называется операция разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен. Ее применяют в технологических схемах не для всех крупяных культур, а только для тех, у зерна которых пленки не плотно соединены с ядром. При шелушении такого зерна получают фракции шелушенных и нешелушенных зерен.

Если наружные пленки плотно соединены с ядром, то в результате шелушения состав смеси будет уже другим. Кроме оставшихся нешелушенных и полностью шелушенных зерен, будут зерна с разной степенью отделения пленок. Поэтому провести границу между шелушенными и нешелушенными зёрнами практически невозможно, для таких культур разделение шелушенных и нешелушенных зерен теряет смысл.

Разделение смеси возможно вследствие различия в физических свойствах шелушенных и нешелушенных зерен. Шелушенные зерна по сравнению с нешелушенными имеют меньшие размеры, большую плотность, более округлую форму, меньшую упругость, больший коэффициент трения и т.д. Если один из этих при-

знаков различен существенно, то его можно использовать в качестве признака делимости, если же таких признаков нет, то можно применять для разделения совокупность признаков.

Из указанных признаков наибольшее различие имеют размеры и длина зерна. Поэтому для разделения смеси существует три способа (таблица 7).

Таблица 7 - Способы разделения смеси

Признак делимости	Применяемые машины	Зерновые культуры
Различия:		
в размерах	Просеивающие машины (рассевы, крупосортировки)	Гречиха
в длине	Триеры	Овес (рис)
В комплексе признаков	Крупоотделительные машины (падди-машины, крупоотделители БКО, самотечные)	Овес, рис (просо)

В скобках указаны культуры, зерна которых могут быть разделены по данным признакам, но в силу обстоятельств, указанных ниже, в практике такое разделение не применяют.

Разделение шелушенных и нешелушенных зерен в просеивающих машинах. Для разделения смеси требуется значительное различие в размерах шелушенных и нешелушенных зерен. Наибольшее различие имеет место у гречихи.

Под размерами понимают диаметр окружности, описанной вокруг треугольника (Миделево сечение). Диаметр описанной окружности - определяющий при просеивании гречихи на ситах с круглыми отверстиями (рисунок 17). Различия в величинах диаметра описанной окружности зерна D и полученного из него ядра d , как правило, не менее 0,5 мм. Такого различия достаточно для возможного разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен. Однако известно, что различия в размерах самих нешелушенных зерен в исходной массе гречихи значительно больше и составляют до 2 мм (\varnothing 3,0-5,0 мм). Поэтому для возможного разделения смеси необходимо на шелушение направлять фракции зерна, в которых разница в размерах самих нешелушенных зерен будет менее 0,5 мм, а именно от 0,2 до 0,3 мм (рисунок 18).

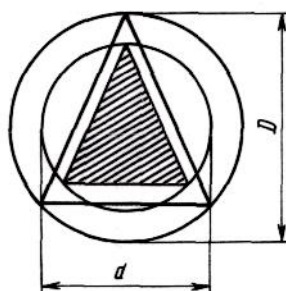
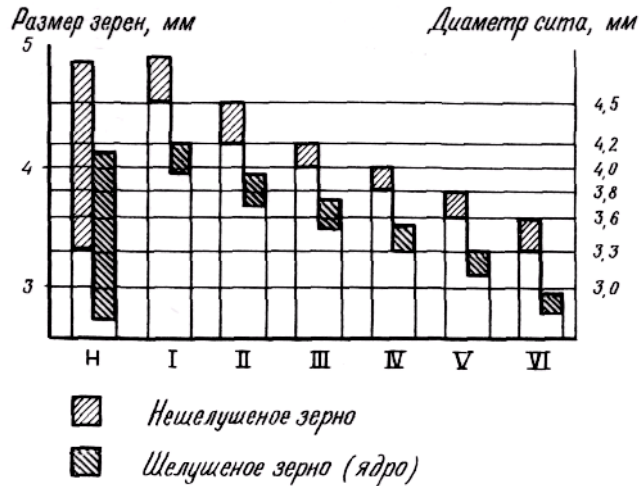


Рисунок 17 - Размеры зерна и ядра гречихи



Н - нерассортированное зерно; I...VI- фракции

Рисунок 18 - Соотношение размеров зерна и ядра гречихи в нерассортированном зерне и в разделенном на фракции

Следовательно, нужно предварительно перед шелушением партию зерна рассортировать на фракции (откалибровать) на ситах с отверстиями \varnothing 4,5-4,2-4,0-3,8-3,6 и 3,3 мм. Калибрование должно проводиться весьма тщательно, так как наличие в каждой фракции зерен других размеров ухудшает возможность полного разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен. Особенно нежелательно наличие во фракции зерен более мелких, так как такие зерна, остающиеся нешелушенными, могут иметь размеры, близкие к размерам шелушенных зерен основной фракции.

Схема разделения шелушенных и нешелушенных зерен гречихи состоит из предварительного калибрования зерна в просеивающих машинах, шелушения зерна, сортирования продуктов шелушения, включающего собственно процесс разделения шелушенных и нешелушенных зерен (рисунок 19).

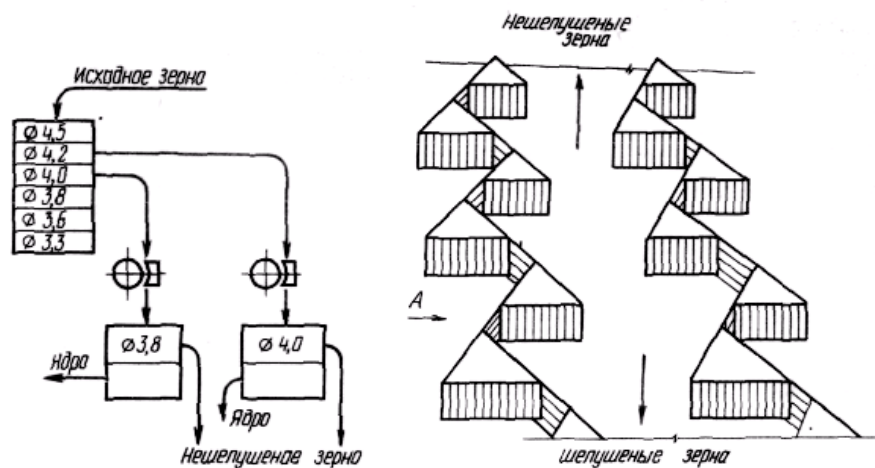


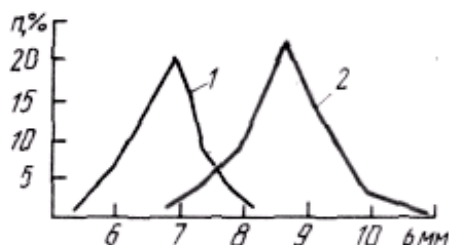
Рисунок 19 - Схема разделения шелушенных и нешелушенных зерен гречихи разных фракций

Теоретически разделение смеси может быть произведено на сите, размер отверстий которого равен размеру отверстий сита, сходом с которого получена фракция.

Например, если фракция получена проходом сита с размерами отверстий $\varnothing 4,0$ мм и сходом сита с размерами отверстий $\varnothing 3,8$ мм, то возможно разделение смеси на сите с размерами отверстий $\varnothing 8,8$ мм. Однако в каждой фракции возможно наличие некоторого недосева, т.е. более мелких зерен. Так как вероятность того, что эти мелкие зерна имеют размеры, близкие к размерам отверстий сходового сита, и при разделении смеси могут попасть в шелушеное зерно, то лучше для разделения смеси принять сито с размером отверстий от 0,2 до 0,3 мм меньше, чем размер отверстий сита, сходом которого получена данная фракция.

Подобный способ крупотделения достаточно эффективен, однако схема громоздка и требует большого числа просеивающих машин. Достаточно сказать, что нагрузка на просеивающую поверхность на гречезаводах вдвое ниже нагрузки на мукомольных заводах сортового помола пшеницы.

Разделение смеси шелушенных и нешелушенных зерен в триерах. Триеры применяют для разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен овса, которые имеют значительные различия в длине. Даже в нерассортированном на фракции зерне вариационные кривые длины зерна и ядра практически не перекрывают друг друга (рисунок 20).



1 - шелушенный овес; 2 - нешелушенный овес

Рисунок 20 - Вариационные кривые длины шелушенных и нешелушенных зерен овса

Для разделения смеси устанавливают триеры с ячейками размером от 8 до 9 мм. Однако триеры не позволяют разделить смесь хорошо, для более или менее полного разделения требуется последовательное трех-четырёхкратное сепарирование. В результате такого сепарирования удастся получить ядро с минимальным количеством нешелушенных зерен, но в сходовом продукте содержится обычно много крупного ядра.

Повысить эффективность разделения смеси можно предварительным фракционированием зерна перед шелушением в триерах по длине на две-три фракции. После шелушения зерна разделение шелушенных и нешелушенных зерен происходит более эффективно.

Разделение смеси по длине в триерах целесообразно проводить на первом

этапе с последующим контрольным сепарированием полученных продуктов в других более эффективных машинах.

Достоинство триеров - высокая производительность при сравнительно небольших габаритах. Именно это и определяет применение триеров на этапе предварительного сортирования смеси.

Разделение шелушенных и нешелушенных зерен в крупотделительных машинах. В крупотделительных машинах используют различия в комплексе свойств шелушенных и нешелушенных зерен. Эти различия обеспечивают возможность самосортирования смеси, при котором шелушенные зерна погружаются в нижние слои смеси, а нешелушенные всплывают в верхние слои.

Рабочий процесс в крупотделительных машинах состоит из двух операций: расслоение (самосортирование) смеси; разделение расслоившейся смеси на отдельные компоненты.

Наиболее распространены падди-машины, кроме того, используют крупотделители с плоскими ячеистыми поверхностями, а также с неподвижными наклонными металлическими ситами.

Рабочие органы падди-машины - каналы с гладким днищем и зигзагообразными стенками (рисунок 21). Зигзагообразные стенки образуются треугольными призмами с перемычками, установленными в определенном порядке. Каналы имеют небольшой уклон в сторону основания призм. Несколько выше середины канала его днище имеет постоянный перегиб с углом 4° .

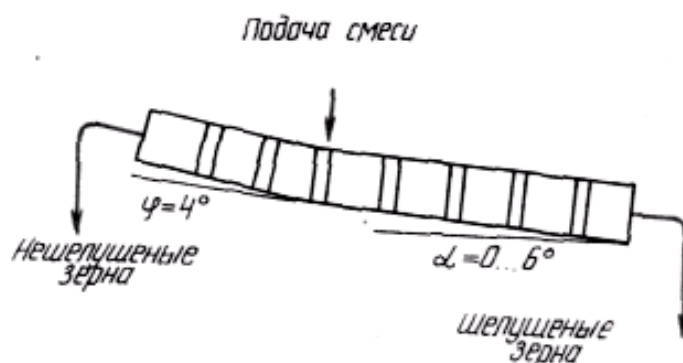


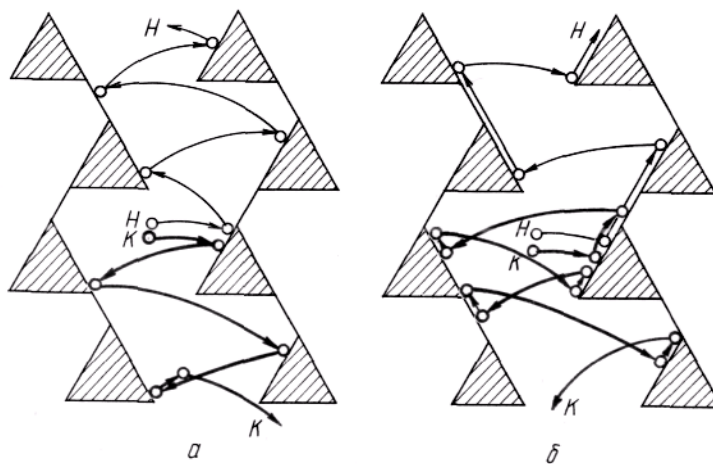
Рисунок 21 - Схема рабочих каналов падди-машины

Продукт поступает в места перегиба. Каналы совершают возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости, перпендикулярной их длинной оси. Вследствие такого движения продукт, находящийся в канале, периодически отбрасывает к правой и левой его стенкам. При ударах о стенки происходит самосортирование и расслоение смеси. Нешелушенные зерна, находящиеся в верхних слоях, в результате ударов перемещаются по каналу вверх, выделяясь верхним сходом. Шелушенные же зерна, находящиеся внизу смеси, постепенно смещаются вниз и выходят из канала, образуя так называемый нижний сход.

Физическая сущность процесса сепарирования в канале падди-машины до настоящего времени окончательно не сформулирована. Существует ряд гипотез, согласно которым разделение смеси происходит вследствие различия компонен-

тов в упругих свойствах, коэффициентах трения и др.

Разделение продуктов в результате различия в упругих свойствах предполагает, что нешелушенные зерна как более упругие отбрасываются при ударе выше и попадают на вышележащую ступень, передвигаясь вверх; менее упругие шелушенные зерна не отбрасываются на вышестоящую ступень и смещаются вниз вследствие уклона канала (рисунок 22).



а - разделение по упругим свойствам; б - разделение по фрикционным свойствам

Рисунок 22 - Схемы разделения шелушенных и нешелушенных зерен в канале падди-машины

Разделение смеси в результате различия в коэффициентах трения предполагает, что нешелушенные зерна, имеющие меньший коэффициент трения о стенки каналов, при соприкосновении с ними перемещаются вдоль стенок выше, чем шелушенные, и при обратном движении канала оказываются на более высокой ступени противоположной стенки и т.д.

В последнее время разработана новая теория разделения смеси в канале падди-машины (В.В. Гортинский, Э.В. Абрамов). Сущность этой теории заключается в следующем. Рабочий канал падди-машины рассматривается как совокупность рабочих элементов, имеющих трапецеидальную форму и обращенных длинным основанием вверх (рисунок 23). На частицу продукта, попавшую в данный элемент, действует ряд сил, основными из которых считают силы инерции, возникающие при ударе частиц о боковые стенки, силу тяжести, силу трения между дном и частицей. Силы соударения частиц о боковые стенки направлены ориентировочно перпендикулярно боковым стенкам элемента и стремятся перемещать частицу вверх, так как одна из составляющих сил направлена вверх, а другая - параллельно основанию. Сила тяжести вызывает движение частицы под уклон, вниз.[4]

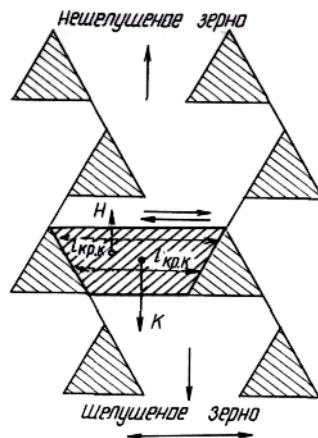


Рисунок 23 - Сепарирующий элемент канала падди-машины

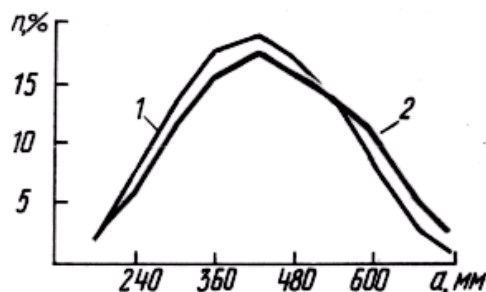
При определенных значениях угла наклона, частоты и амплитуды колебаний эти силы уравниваются и частица будет совершать гармоническое колебание в определенном месте канала, где расстояние между стенками равно $l_{кр}$, которое называется критической координатой. В реальных условиях такой режим движения частицы будет крайне неустойчивым, и любое возмущающее усилие выведет частицу из режима движения.

Если частица случайно окажется выше критической координаты, то сила ударов в этой зоне возрастет и частица будет перемещаться вверх. Наоборот, если частица окажется ниже критической координаты, то она будет перемещаться вниз. Критическая координата определяется не только параметрами канала, но и ударно-фрикционными свойствами частиц. Чем более упруги частицы, тем меньше величина $l_{кр}$, т.е. тем ниже она расположена в элементе (рисунок 23). Если более упругую частицу поместить между критическими координатами, то она будет перемещаться вверх, так как будет находиться выше своей координаты. Менее же упругая частица окажется ниже своей критической координаты и будет перемещаться вниз.

Следовательно, высота трапеции должна быть несколько меньше разности критических расстояний. В этом случае возможна достаточно высокая эффективность разделения. Последовательное соединение ряда элементов в канале увеличивает вероятность направленного движения частиц с различными свойствами.

Эффективность разделения смеси высока в том случае, когда в силу самосортирования более упругие частицы (ими обычно являются нешелушенные зерна) оказываются в верхних слоях смеси, что и наблюдается в реальных условиях.

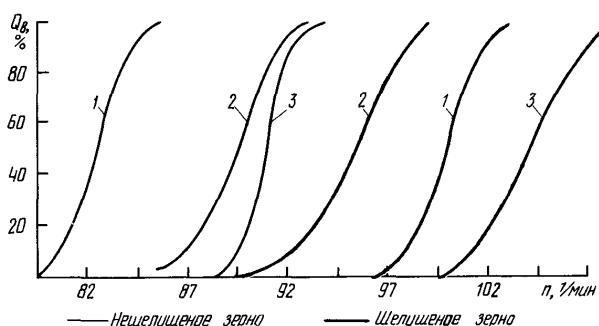
Физические свойства зерен и их смеси отличаются весьма существенно. Так, изучение ударно-фрикционных свойств отдельных шелушенных и нешелушенных зерен показало, что хотя в среднем они различны, но вариационные кривые этих свойств существенно перекрывают друг друга. Упругие свойства зерен условно представлены дальностью полета отраженных от наклонной плоскости частиц (рисунок 24). В то же время совокупность отдельно шелушенных и отдельно нешелушенных зерен имеет существенно различные свойства.



1 - шелушенные зерна; 2 - нешелушенные зерна

Рисунок 24 - Характеристика упругих свойств шелушенных и нешелушенных зерен риса

Представим, что в канал падди-машины подается масса только нешелушенных зерен. При малой частоте колебаний канала все они будут смещаться в сторону нижнего схода. При увеличении частоты колебаний возрастает сила удара и часть продукта начинает перемещаться в сторону верхнего схода. При определенной частоте колебаний уже вся масса продукта будет двигаться вверх (рисунок 25).



1 - рис; 2 - просо; 3 - овес

Рисунок 25 - Кривые перемещения продуктов в верхний сход канала падди-машины в зависимости от частоты его колебаний

Если в канал подавать шелушенные зерна, то движение частиц вверх начнется и закончится при значительно большей частоте колебаний канала, нежели при подаче нешелушенных зерен. Это различие и определяет возможность разделения смеси. Однако одного такого различия недостаточно, важное значение имеет и процесс самосортирования смеси. Как отмечено выше, для реальной смеси процесс самосортирования всегда направлен таким образом, что более упругие нешелушенные зерна оказываются вверху.

Роль процесса самосортирования может быть проиллюстрирована разделением модельной смеси, состоящей, например, из шелушенных зерен риса и нешелушенных зерен проса. Различие в упругих свойствах этих компонентов даже больше, чем у шелушенных и нешелушенных зерен риса. Следовало бы ожидать хорошего разделения смеси. Однако процесс разделения такой смеси весьма неэф-

фективен и неустойчив. Это объясняется тем, что нешелушенные зерна проса, имеющие значительно меньшие размеры, находятся в нижних слоях смеси.

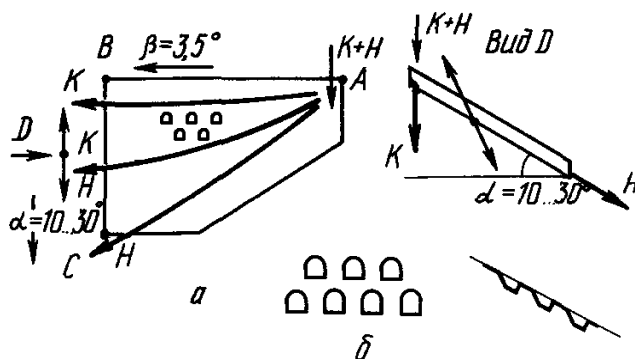
Критические координаты зависят не только от свойств продуктов, но и от установочных и кинематических параметров машины. Регулируемые параметры канала: угол наклона его к горизонту, частота колебаний и амплитуда. Если в верхнем сходе вместе с нешелушенными зернами оказывается много шелушенных, необходимо либо увеличить угол наклона канала, либо уменьшить частоту или амплитуду колебаний. Наоборот, если в нижнем сходе окажется много нешелушенных зерен, необходимо уменьшить угол наклона канала либо увеличить частоту и амплитуду колебаний.

Падди-машины наиболее эффективны для разделения шелушенных и нешелушенных зерен риса, так как различия в свойствах компонентов смеси наиболее значительны по сравнению с другими культурами. Овсяные продукты сортируют также удовлетворительно, но менее эффективно, чем рисовые.

Наименее эффективно работают падди-машины на продуктах шелушения проса. Различия в упругих свойствах компонентов менее значительны, а самосортирование шелушенных и нешелушенных зерен не столь четкое, как у других продуктов.

Достоинство падди-машин - их высокая эффективность (по сравнению с другими машинами), недостатки: большие габариты, относительно невысокая производительность. Для повышения производительности в машинах увеличивают число каналов. Применяемые машины имеют до 39 каналов, расположенных в три яруса. Зарубежные модели имеют до 72 каналов.

Рабочим органом крупотделителя БКО служат плоские поверхности, установленные под углом к горизонту в двух плоскостях. Вся поверхность покрыта неглубокими ячейками определенной формы (рисунок 26). Уклон от А к В постоянен и равен $3-4^\circ$ (продольный уклон). Уклон от В к С можно регулировать в пределах от 10 до 30° (поперечный уклон). Рабочая поверхность совершает возвратно-поступательное движение в плоскости большего наклона. Линия колебаний наклонена в сторону верхнего края поверхности.



а - вид в плане; б - форма ячеек.

Рисунок 26 - Схема рабочих органов крупотделителя с плоскими ячейстыми поверхностями

Из теории и практики вибрационного перемещения известно, что частица, находящаяся на наклонной плоскости, удерживается на ней силой трения, величина которой равна

$$F = fN \quad (7)$$

где f - коэффициент трения;
 N - нормальная реакция.

Чтобы вывести частицу из состояния покоя, к ней необходимо приложить внешнюю силу, тангенциальная проекция которой будет больше предельного значения силы трения F (рисунок 27).

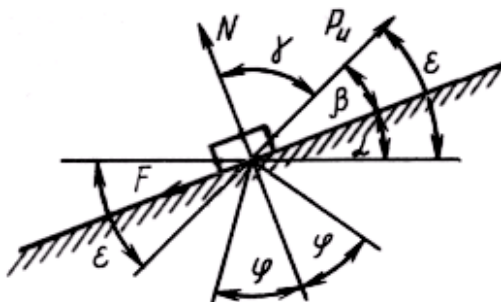


Рисунок 27 - Схема действия сил на частицу, расположенную на вибрирующей наклонной плоскости

Движение частицы без отрыва от опорной поверхности может происходить лишь в случае, когда внешняя сила образует с нормалью угол γ , превышающий угол трения φ , т.е. угол ε линий действия этой силы должен проходить между углом наклонной плоскости α и линией, образующей угол трения φ . Внешняя сила может быть следствием колебаний опорной поверхности вдоль линии, образующей с горизонталью угол ε , причем в зависимости от амплитуды A и частоты колебаний частицы, находящиеся на плоскости, будут перемещаться либо вверх, либо вниз.

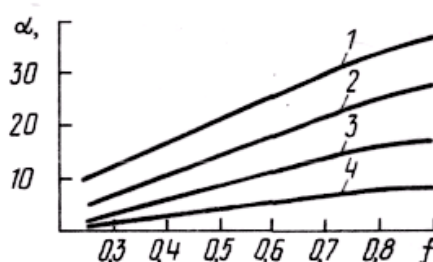
Возможность перемещения частиц вверх или вниз при равных амплитудных ускорениях зависит от угла наклона плоскости и коэффициента трения частиц f о плоскость, а также от угла ε линии приложения силы. На рисунке 28 показана возможность перемещения частиц вверх или вниз при разных значениях угла наклона плоскости α , угла ε линий действия силы и коэффициента трения f при каком-то фиксированном значении угла ε .

При любом значении угла наклона плоскости α и коэффициента трения частиц f , если точка их пересечения лежит ниже линии, характеризующей угол ε наклона линии колебаний к опорной поверхности, частицы будут двигаться вверх, если выше - то вниз.

Если на плоскость поместить две частицы, имеющие разный коэффициент трения, то при определенных условиях частица, имеющая больший коэффициент трения, может двигаться вверх, а частица с меньшим коэффициентом трения - вниз. Например, при $\alpha = 20^\circ$ и $\varepsilon = 80^\circ$ частица, имеющая коэффициент трения

$f = 0,6$, будет перемещаться вверх, а частица с коэффициентом $f = 0,4$ - вниз (рисунок 28). Коэффициент трения частиц, при котором меняется характер их движения, называют критическим.

Несколько сложнее характер движения массы сыпучего продукта. В этом случае движение верхних и нижних слоев может осуществляться в разных направлениях. Основной предпосылкой возможности такого движения является различие в коэффициентах трения (приведенных коэффициентах сопротивления) массы продукта об опорную поверхность и между различными слоями, причем коэффициент трения постепенно снижается в направлении верхних слоев. Таким образом, если коэффициент трения где-то в середине слоя имеет критическое значение, то продукт, находящийся ниже, может перемещаться вверх, тогда как выше расположенные слои будут двигаться вниз (рисунок 29).



1 - $\varepsilon = 80^\circ$; 2 - $\varepsilon = 60^\circ$; 3 - $\varepsilon = 40^\circ$; 4 - $\varepsilon = 20^\circ$

Рисунок 28 - Кривые, показывающие возможность перемещения частиц на вибрирующей наклонной плоскости в зависимости от угла ее наклона α , угла вибраций ε и коэффициента трения f

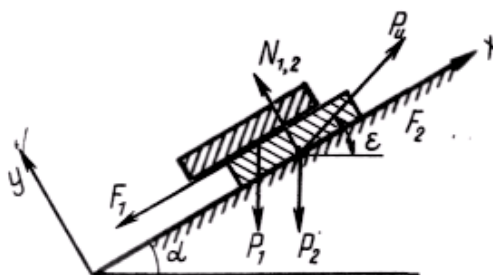


Рисунок 29 - Послойное перемещение продуктов в разных направлениях

Рабочий процесс сепарирования в крупотделителе выглядит следующим образом. Продукт поступает на поверхность в ее наивысшей точке А (рисунок 26). Вследствие уклона А→В продукт распределяется по всей ширине слоя. В верхней части происходит самосортирование смеси. Внизу оказываются шелушенные зерна, которые под действием ячеек опорной поверхности перемещаются вверх до ограничительной стенки и вдоль нее в результате продольного уклона смещаются к выходу в точке В. Находящиеся в верхних слоях смеси нешелушенные зерна не имеют такой связи с опорной поверхностью, как шелушенные, поэтому они не мо-

гут перемещаться вверх и скользят по нижним слоям вниз. Таким образом, на верхней части стола продукт располагается слоем в несколько зерен.

Постепенно перемещаясь вниз, нешелушенные зерна достигают опорной поверхности, так как все шелушенные зерна до нижнего края поверхности не доходят (они перемещаются вверх под действием ячеек). Внизу опорная поверхность уже работает аналогично триеру с бесконечно большим радиусом цилиндра. Размеры ячеек подбираются таким образом, что более крупные и длинные нешелушенные зерна не задерживаются ими, поверх них скользят вниз и выводятся через нижние выходные окна. Так как шелушенные зерна частично достигают середины стола прежде, чем закончится процесс самосортирования, и они будут выбраны ячейками, то в средней части стола сходом будет получаться смесь шелушенных и нешелушенных зерен, которая отбирается и возвращается в машину для повторного сепарирования.

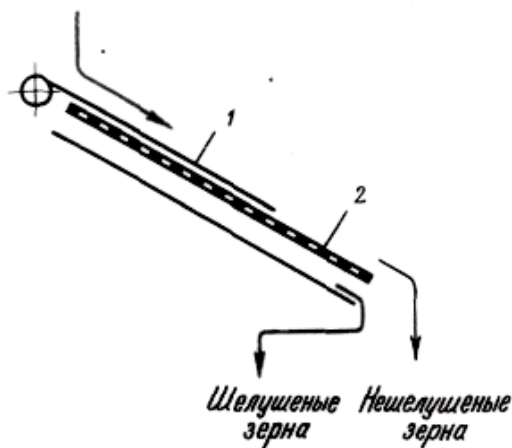
Регулируемые параметры машины: поперечный угол наклона поверхности и частота колебаний. Если вниз вместе с нешелушенными зернами поступает ядро, то необходимо уменьшить угол наклона или увеличить частоту колебаний. При поступлении в верхний сход нешелушенных зерен изменяют параметры стола в обратном порядке. Крупоотделители БКО можно применять для сепарирования продуктов шелушения риса.

Достоинство таких крупоотделителей - их более высокая производительность при меньших габаритах по сравнению с падди-машинами. В то же время в процессе их эксплуатации были выявлены и существенные недостатки. Ячейки постепенно забиваются мучкой, что меняет их профиль и снижает эффективность сепарирования. Устройство каких-либо очистителей невозможно, так как они будут мешать процессу сепарирования. Кроме того, для увеличения производительности крупоотделители имеют три - пять ярусов, очистка ячеек на нижних ярусах затруднительна.

Для разделения шелушенных и нешелушенных зерен риса и овса на некоторых заводах применяют так называемые самосортирующие, или самотечные, крупоотделители. Сущность их работы основана на том, что смесь продуктов шелушения при свободном движении по наклонной плоскости самосортируется. Если в качестве опорной поверхности применить сито, то находящиеся в нижнем слое шелушенные зерна начнут просеиваться. Находящиеся в верхних слоях нешелушенные зерна не успеют просеяться и будут получены сходом.

Для улучшения процесса самосортирования верхнюю часть сита закрывают тканью (обычно тонким брезентом). На открытый участок сита поступает уже предварительно рассортированная смесь (рисунок 30). Изменяя длину ткани, можно регулировать количество и качество схода и прохода.

Чтобы получить проход с меньшим содержанием нешелушенных зерен, увеличивают длину закрытого участка сита. В этом случае на коротком участке открытого сита просеиваются лишь самые нижние слои, в которых содержится минимальное количество нешелушенных зерен. Если нужно получить сходовой продукт с малым содержанием ядра, длину открытого участка сита увеличивают. В этом случае не успевают просеяться лишь самые верхние слои смеси, состоящие преимущественно из нешелушенных зерен.



1 - ткань; 2 - сито

Рисунок 30 - Принцип действия самотечного крупотделителя

При свободном движении смеси по наклонной плоскости самосортирование ее не является четким, поэтому однократное сепарирование не столь эффективно. Для повышения эффективности сепарирования разработана конструкция крупотделителя, в которой осуществляется двукратное сепарирование смеси (рисунок 31).

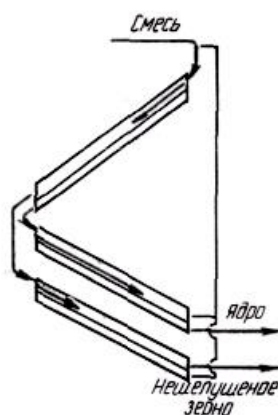


Рисунок 31 - Схема двухъярусного самотечного крупотделителя

Каждый из продуктов - сход и проход, полученных в верхнем ситовом корпусе, дополнительно сепарируется еще раз в нижних ситовых корпусах. Таким образом, и проход, и сход получены в результате двукратного сепарирования, поэтому в них более высокая концентрация соответственно шелушенных и нешелушенных зерен. Продукты, полученные сходом с сита № 2 и проходом сита № 3, представляют смеси, близкие по своему качеству к исходной, поэтому они возвращаются для повторного сортирования в этот же или другой крупотделитель. В самотечных крупотделителях применяют металлотканые сита с размером отверстий от 5 до 6 мм для риса и от 6 до 7 мм для овса.

В первом корпусе и в корпусе, где обрабатывается проход первого сита,

устанавливают сита с меньшими размерами отверстий, в корпусе, где обрабатывается повторно сход с верхнего сита, применяют сита с большим размером отверстий.

Крупоотделители имеют высокую производительность, очень просты по конструкции, в них нет движущихся частей. Их недостаток - не очень высокая точность сепарирования, но, применяя последовательно несколько установок, можно получать хорошие результаты. Регулируют работу крупоотделителей изменением длины ткани, закрывающей часть сита, и угла наклона корпуса.

Машины, в которых происходит разделение компонентов с близкими свойствами, могут быть использованы не только для разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен, но и для выделения примесей из зерна, особенно трудноотделимых.

Схемы крупоотделения. Если технологическая эффективность крупоотделительных машин недостаточно высока, необходимо устанавливать последовательно две-три машины, как это делают при сортировании в триерах.

При последовательной установке двух крупоотделительных машин во второй машине сортируется один из продуктов, полученных с первой машины. Если на второй машине сортируют ядро (рисунок 32а), то на первой стараются получить сходовой продукт, свободный от шелушенных зерен. Некоторое количество нешелушенных зерен в ядре с первой машины будет выделено при сепарировании этого продукта во второй машине. Если же сортируют повторно сходовой продукт (рисунок 32б), то на первой машине стараются получить ядро с минимальным содержанием нешелушенных зерен.

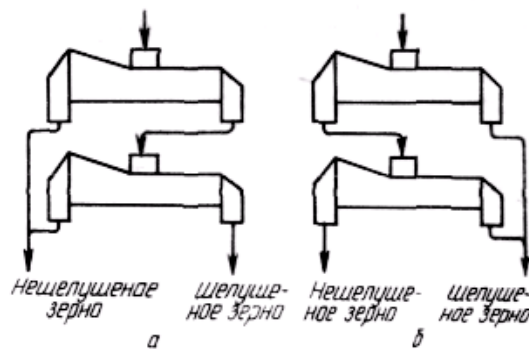


Рисунок 32 - Последовательная установка крупоотделительных машин

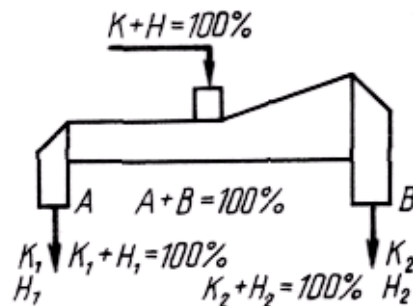


Рисунок 33 - Распределение продуктов в крупоотделительной машине

Оценка эффективности крупотделения. Количественно оценивать эффективность разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен необходимо для оценки уровня технологической операции, а также для сравнения эффективности различных, в том числе и вновь разрабатываемых, машин. В отличие от зерноочистительных машин, в которых выделяется сравнительно небольшое количество примесей, в крупотделительных машинах происходит разделение двух практически равноценных компонентов.

Существуют различные методы оценки эффективности разделения. Однако во всех случаях максимальная эффективность, равная 1, бывает в случае полного разделения компонентов, когда в первом компоненте не содержится частиц второго компонента, и наоборот. Нулевая эффективность может быть зафиксирована в том случае, когда концентрация каждого компонента в продуктах после разделения смеси будет такой же, как и в исходной смеси. Концентрацию шелушенных и нешелушенных зерен в исходном продукте обозначим через K и H , количество полученных фракций - A и B , концентрацию шелушенных и нешелушенных зерен в продукте A обозначим K_1 и H_1 , а в продукте B - соответственно K_2 и H_2 (рисунок 33). Все величины даны в долях единицы. Примем, что в продукте A выделяют преимущественно шелушенные зерна, а в продукте B - нешелушенные.

Тогда $K_1 > K$ и $H_2 > H$.

Эффективность разделения смеси складывается из эффективности выделения шелушенных зерен в продукте A и нешелушенных в продукте B .

Эффективность выделения компонента K пропорциональна количеству продукта A , а также повышению концентрации в нем шелушенных зерен:

$$E_k = A \frac{K_1 - K}{1 - K} \quad (8)$$

Физический смысл дроби заключается в следующем: числитель представляет собой фактическое повышение концентрации шелушенных зерен в продукте A по сравнению с концентрацией их в исходной смеси, знаменатель предельно возможное повышение их концентрации.

Аналогично определяют эффективность выделения нешелушенных зерен в продукте B :

$$E_n = B \frac{H_2 - H}{1 - H} \quad (9)$$

Суммарная эффективность выделения шелушенных и нешелушенных зерен может быть представлена как

$$E = A \frac{K_1 - K}{1 - K} + B \frac{H_2 - H}{1 - H} \quad (10)$$

Формула в таком виде, предложенная В.М. Цециновским, практически

полностью повторяет классические формулы оценки эффективности обогащения полезных ископаемых, предложенные Ньютоном и Хэнкоком.

При оценке эффективности определенные трудности возникают при прямом определении соотношения фракций A и B , которое можно определить снятием баланса. Проще рассчитывают количество фракций A и B на основании определения концентрации шелушенных и нешелушенных зерен в исходном продукте, продуктах A и B .

Тогда на основе уравнений определим:

$$A + B = 1; K_1A + K_2B = K$$

$$A = \frac{K - K_2}{K_1 - K_2}; B = 1 - A$$

К сожалению, не всегда подсчитанная по данной формуле (как, впрочем, и по всем другим, предлагаемым для оценки эффективности сортирования) оценка может полно отражать эффективность процесса. Так, одинаковые числовые результаты могут быть получены при высоком выходе фракции и относительно невысоком содержании данного компонента, и наоборот, при меньшем выходе и большей концентрации. Поэтому кроме числового значения эффективности процесса приходится в отдельных случаях устанавливать какие-то ограничения по составу фракций. Например, выделенное и направленное на шлифование ядро риса должно содержать не более 1 % нешелушенных зерен.

На предприятиях крупной промышленности иногда используют и другую формулу для оценки эффективности процесса крупотделения, предложенную М.Е. Гинзбургом и Л.С. Зубковой.

$$E = \alpha\beta\gamma \quad (1)$$

где α - отношение количества выделяемых во фракцию A шелушенных зерен к их содержанию в исходном продукте.

$$\alpha = \frac{K_1A}{100K} \quad (12)$$

β - отношение количества выделенных во фракцию B нешелушенных зерен к их содержанию в исходной смеси.

$$\beta = \frac{H_2B}{100H} \quad (13)$$

γ - относительное содержание шелушенных зерен в продукте A .

$$\gamma = \frac{K_1}{100} \quad (14)$$

Подсчитанная по данной формуле величина эффективности обычно близка к величине, определенной по первой формуле.

1.11 Шлифование и полирование крупы

Как правило, шелушеное зерно (ядро), за исключением гречневого ядра, не является готовой крупой. Ядро становится крупой после его шлифования и полирования, т.е. удаления оставшихся плодовых, семенных оболочек, частично алейронового слоя и зародыша.

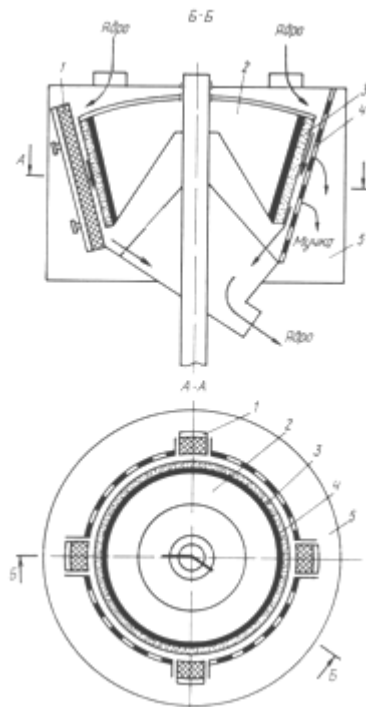
Шлифование. Оно улучшает внешний вид крупы, например, темный рис после шлифования становится белым. В результате удаления наружных слоев и зародыша, содержащего много жира, повышается стойкость крупы при хранении. Шлифованная крупа быстрее варится, увеличивается ее привар.

Процесс шлифования заключается в постепенном истирании наружных частей ядра в результате интенсивного трения его об абразивную или другую острошероховатую поверхность, а также взаимного трения ядер. В процессе шлифования ядра испытывают большие нагрузки, что приводит к неизбежному дроблению некоторых из них. Так, при шлифовании рисового ядра образуется основное количество дробленки. Поэтому от технического состояния машин, их правильного регулирования, использования оптимальных режимов работы зависит эффективность процесса.

Для шлифования крупы применяют шелушильно-шлифовальные машины А1-ЗШН-3 и вальцедековые станки (для пшена). Однако наибольшее распространение получили специальные шлифовальные машины. Эти машины применяют в основном для шлифования рисового и овсяного ядра. К специальным машинам относят шлифовальные поставы РС-125 либо шлифовальные машины А1-БШМ.

Рабочие органы шлифовального постава представляют собой вращающийся на вертикальном валу конический барабан, покрытый сверху абразивной массой, и неподвижную ситовую, также коническую обечайку (рисунок 34). Ядро находится в рабочей зоне между барабаном и обечайкой, постоянно перемещается сверху вниз, соприкасается с движущейся абразивной поверхностью, которая обрабатывает ядро со всех сторон. Для повышения эффективности шлифования вдоль образующей ситовой обечайки сделаны продольные пазы, в которые входят распределительные колодки, выполненные из пищевой резины. Их назначение - задерживать продукт, предотвращать его круговое движение вместе с барабаном.

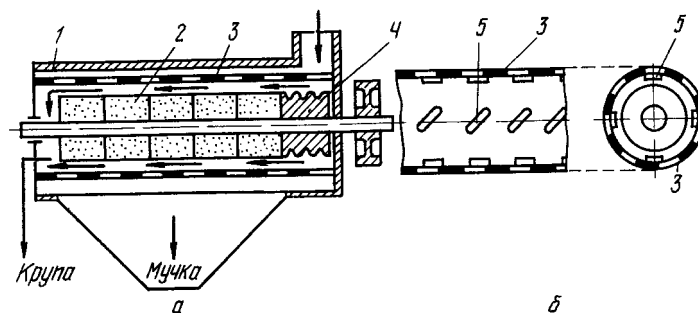
Эффективность шлифования можно регулировать поднятием или опусканием барабана, что увеличивает или уменьшает зазор между барабаном и обечайкой, а также положением резиновых колодок, которые могут приближаться и отодвигаться от абразивного барабана. Недостатки шлифовальных машин: их большие габариты, сложность обслуживания и ремонта, невысокая производительность, образование значительного количества битого ядра.



1 - резиновая колодка; 2 - шлифовальный конус; 3 - абразивная рабочая часть конуса; 4 - ситовая обечайка; 5 - корпус.

Рисунок 34 - Схема шлифовального постава

Более производительной и компактной считают шлифовальную машину А1-БШМ-2,5 (рисунок 35). Ее рабочими органами являются два горизонтальных вала, набранных из отдельных корундовых колец, и ситовая обечайка, состоящая из двух разъемных полуцилиндров. С внутренней стороны верхнего полуцилиндра обечайки крепятся под углом небольшие пластины - гонки, которые способствуют перемещению продукта от приема к выходу. Подача продукта в рабочую зону производится шнеком, на выходе продукт задерживается грузовым клапаном, перекрывающим выходное кольцевое отверстие. Усиливая или ослабляя прижим клапана, регулируют эффективность шлифования.



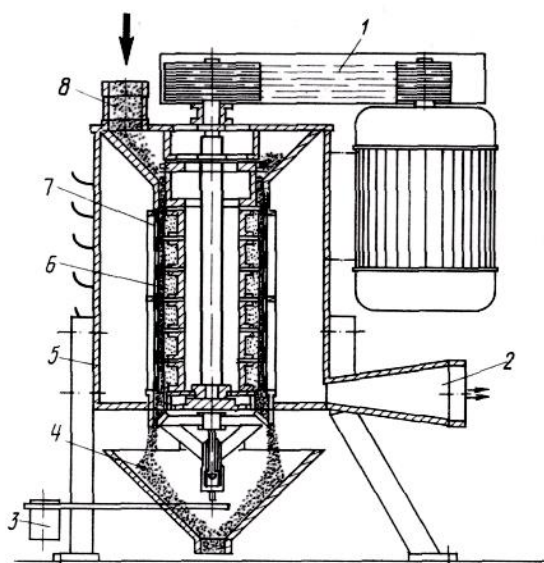
а - схема; б - схема ситового цилиндра с гонками; 1 - корпус; 2 - абразивные кольца; 3 - ситовая обечайка; 4 - шнек для приема продукта; 5 - гонки.

Рисунок 35 - Схема шлифовальной машины А1-БШМ-2,5

К сожалению, кроме достоинств, о которых говорилось выше, машина имеет и крупный недостаток: по сравнению с машиной РС-125 машина А1-БШМ-2,5 в большей степени дробит ядро.

Машины типа ЗШН предназначены в основном для шлифования и полирования дробленой крупы - перловой, ячневой, пшеничной, кукурузной, а также гороха. Важность этой операции, особенно для рисовой крупы (при шлифовании образуется от 10 % до 15 % дробленки), заставляет зарубежные фирмы и советских исследователей искать новые способы и средства для шлифования ядра.

Так, фирма «Бюлер» предлагает для шлифования несколько новых машин, хотя принцип их действия не является оригинальным. Одна из машин представляет собой установку типа ЗШН, в которую внесен ряд изменений. В частности, привод машины осуществляется сверху (рисунок 36), что дает возможность выпускать продукт по всему объему рабочей зоны равномерно, наличие пружинного или грузового клапана позволяет регулировать эффективность обработки. Для ее повышения вдоль образующей ситовой обечайки устанавливаются резиновые или стальные колодки, назначение которых аналогично их назначению в машинах РС-125.



1 - привод; 2 - отсос воздуха; 3 - грузовой клапан; 4 - выпускная воронка; 5 - корпус; 6 - абразивные диски; 7 - ситовая обечайка; 8 - прием продукта.

Рисунок 36 - Схема шлифовальной машины фирмы «Бюлер»

Эта же фирма изготавливает и горизонтальные шлифовальные машины с шестигранными обечайками, что, по мнению представителей фирмы, улучшает эффективность. Кроме того, машина снабжена собственным вентилятором, с помощью которого машина аспирируется.

Аналогичные машины предлагаются и известной японской фирмой «Сатаке». Для более «мягкого» шлифования машины имеют полый вал, через который в рабочую зону подается теплый влажный воздух, что снижает дробимость ядра и облегчает его шлифование в результате небольшого повышения влажности ядра.

Основной недостаток всех перечисленных машин заключается в достаточно большом силовом воздействии на ядро, что приводит к его дробимости.

Был также предложен ряд конструкций шлифовальных машин, где силовое воздействие обеспечивается силой тяжести продукта. Однако такого силового воздействия явно недостаточно, эффективность таких машин была мала. Усилить силовое воздействие можно в поле центробежных сил. В.М. Цециновским была сконструирована, а сотрудниками Красноярского политехнического института модифицирована оригинальная шлифовальная машина, рабочими органами которой являлись вращающиеся цилиндрические барабаны, установленные, в свою очередь, на вращающейся платформе. Находящийся в барабанах продукт под действием центробежных сил прижимается к наружной части барабанов. В результате вращения барабанов продукт обрабатывается об их внутреннюю поверхность и друг о друга. Каждое ядро прижимается друг к другу и к опорной поверхности цилиндров центробежной силой, что обеспечивает равномерное нагружение и обработку всех ядер.

К сожалению, машина такого типа очень сложна в изготовлении и недостаточно производительна.

Степень шлифования может оцениваться изменением зольности крупы, а также ее белизной. Однако определение зольности - анализ длительный и трудоемкий, а оптические свойства крупы часто не коррелируют с качеством крупы. Эти свойства зависят и от исходной характеристики зерна. Кроме того, воспроизводимость показаний приборов невелика из-за разной укладки крупы в кювете и т.д., а сами приборы недостаточно надежны.

В результате шлифования изменяется химический состав крупы, в крупе снижается содержание белка, витаминов, минеральных веществ. В то же время повышается содержание крахмала. Снижение биологической ценности крупы компенсируется лучшей усвояемостью крупы в результате удаления оболочек, не усваиваемых организмом человека.

Полирование крупы. Кроме шлифования, крупу также и полируют. Полирование улучшает в основном внешний вид крупы. При полировании с поверхности ядра удаляется мучка, оставшаяся после шлифования, заглаживаются царапины, крупа становится более светлой и яркой.

Для полирования применяют те же шлифовальные машины, в которых используют более мелкий абразивный материал.

1.12 Дробление ядра

При производстве некоторых видов крупяной продукции требуется дробление или резание крупы или ядра на части. Такое дробление применяют при производстве перловой и пшеничной крупы, если необходимо получить большее количество мелкой крупы, а также при производстве дробленой овсяной крупы и хлопьев из такой крупы. В результате дробления или резания крупы должны быть получены частицы определенного размера, при этом нужно, чтобы количество мучки было минимальным.

Для дробления ядра применяют вальцовые станки, вальцы которых имеют

взаимно перпендикулярную нарезку (рисунок 37). На медленно вращающемся вальце нарезку делают продольной, на быстро вращающемся - кольцевой. Шаг рифлей обычно равен около 2,5 мм. Отношение окружных скоростей 2,5:1.

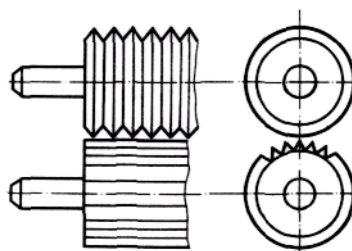
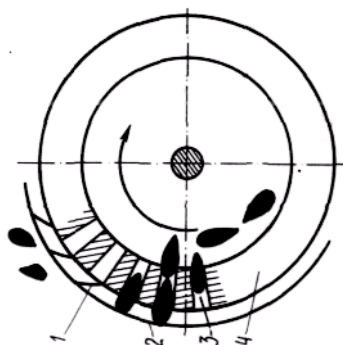


Рисунок 37 - Схема нарезки рифлей вальцов вальцового станка для крупного дробления ядра

Для резки овсяной крупы такой способ малопригоден: крупа пластична, нехрупка, легко сминается, плохо раскалывается. Поэтому используют специальные крупорезки. Принцип их действия достаточно прост. Крупа поступает внутрь вращающегося барабана с радиальными каналами. Затем крупа попадает в отверстия, в результате действия центробежной силы продвигается к наружной поверхности барабана и на выходе из отверстий срезается ножами ножевой рамы (рисунок 38). Такие крупорезки разрезают ядро на несколько частей, причем можно регулировать крупность частиц, при этом количество образующейся мучки не превышает 1 %.

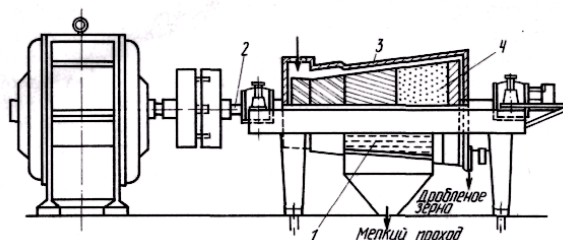


1 - ножи; 2 - ограничительная поверхность (показана условно); 3 - отверстия для крупы; 4 - барабан.

Рисунок 38 - Схема барабанной крупорезки

Для дробления зерна кукурузы на крупные части с одновременным отделением зародыша используют дежерминаторы (рисунок 39). Рабочий орган дежерминатора - конический барабан, на поверхности которого имеются крупные рифли, нанесенные в виде винтовой линии с большим шагом, а затем в виде пирамид с разными основаниями. Окружающая барабан коническая обечайка имеет также выступы, а в нижней части сито из толстой стали. Поступающее в узкую часть конического зазора зерно разрушается рифлями и пирамидами. Мелкие фракции просеиваются через отверстия сита, крупные части зерна, отделившиеся

оболочки и зародыш выходят из рабочей зоны в ее широкой части. Для снижения выхода мелких фракций ядро или зерно обычно подвергают гидротермической обработке, которая снижает хрупкость эндосперма.



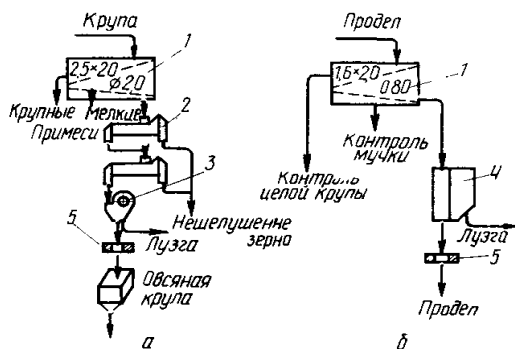
1 - ситовая часть корпуса; 2 - привод; 3 - корпус; 4 - конический барабан.

Рисунок 39 - Схема дежерминатора для зерна кукурузы

1.13 Контроль крупы, побочных продуктов и отходов

Контроль крупы, побочных продуктов и отходов - это определенная технологическая операция. При контроле крупы из нее дополнительно извлекают примеси, дробленое ядро, нешелушенные зерна. При контроле побочных продуктов (мучки, лузги) из них выделяют доброкачественное ядро, которое может быть использовано для выработки крупы, а также разделяют побочные продукты на более ценные (мучка) и менее ценные (лузга).

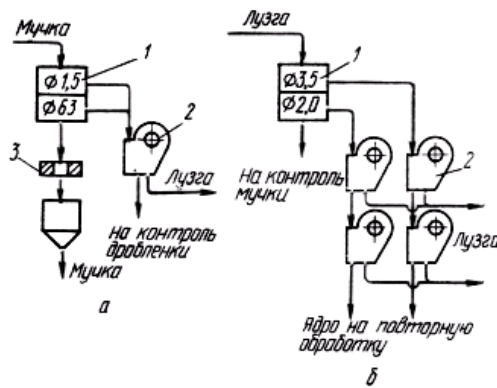
Целую крупу контролируют в просеивающих машинах, в которых выделяют крупные примеси, а также мелкие примеси вместе с дробленным ядром. Для выделения легких примесей применяют аспираторы. Для отделения оставшихся нешелушенных зерен можно использовать крупотделительные машины, которые особенно эффективны для риса и овса (рисунок 40а). Для дробленого ядра (риса дробленого и продела) применяют ту же схему. Только крупотделительные машины не используют, так как в дробленой крупе почти нет нешелушенных зерен (рисунок 40б).



а - целой; б - дробленой; 1 - просеивающая машина; 2 - крупотделительная машина; 3 - аспиратор; 4 - аспирационная колонка; 5 - магнитный сепаратор.

Рисунок 40 -Схема контроля крупы

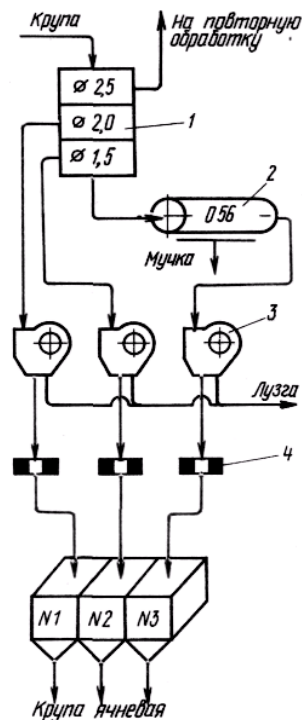
Мучку и лузгу контролируют в просеивающих машинах и аспираторах (рисунок 41). В результате контроля крупы содержание в ней примесей не должно превышать норм, установленных стандартами.



1 - просеивающие машины; 2 - аспиратор; 3 - магнитный сепаратор.

Рисунок 41 - Схема контроля мучки (а) и лузги (б)

Дробленую номерную крупу (перловую, ячневую, пшеничную, кукурузную шлифованную) в процессе контроля разделяют на соответствующих ситах по номерам. Затем крупу каждого номера для отделения легких примесей контролируют в аспираторах (рисунок 42).



1, 2 - просеивающие машины; 3 - аспираторы; 4- магнитные сепараторы.

Рисунок 42 -Схема калибровки и контроля дробленой номерной крупы

Все продукты: крупу, побочные продукты и отходы - перед отпуском обязательно контролируют в магнитных сепараторах. На контроль направляют крупу с примесями, которые остались после обработки зерна в зерноочистительном отделении. Свойства крупы отличаются от свойств зерна, и различия в ее свойствах и свойствах примесей будут несколько иными. Следовательно, создаются и иные условия для выделения примесей из крупы. Проведенные исследования выделения примесей из гречневой крупы в процессе ее контроля показали достаточно высокую эффективность этого приема.

Работы ВНИИЗ и МГУПП позволили рекомендовать схему, включающую концентратор и падди-машину. Концентратор представляет собой секцию рассева А1-БРУ с переделанными рамами (рисунок 43). В результате самосортирования на сплошной части сита происходит перемещение примесей в верхние слои, поэтому через отверстия открытого сита просеивается чистая крупа. Сход, в котором сконцентрированы примеси, контролируют в падди-машинах.

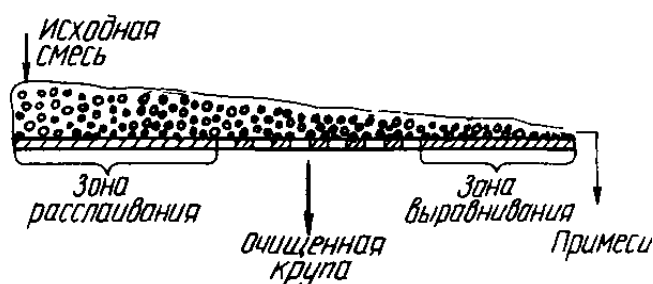


Рисунок 43 - Схема рабочего органа концентратора

В некоторых видах крупы, например рисовой, гороховой, содержатся испорченные ядра, отличающиеся более темной окраской. Такие ядра могут быть выделены с помощью фотоэлектронных сепараторов.

До недавнего времени их применение было весьма ограничено в связи с малой производительностью (от 300 до 500 кг/ч) и невысокой надежностью. Однако развитием микропроцессорной техники позволило резко повысить надежность и производительность установки от 3 до 4 т/ч для длиннозерной и подвергнутой гидротермической обработке крупы и до 12 т/ч для короткозерной белой крупы.

Принцип действия сепаратора заключается в том, что цвет каждого зерна, проходящего по каналам, сравнивается с эталонами и в случае различия в цвете такое зерно сдувается в сторону воздухом из эжектора. Производительность каналов зависит от быстродействия воздушных эжекторов. В современных аппаратах время срабатывания составляет около 1/10 000 с. Панель управления имеет переключатели для автоматического и ручного управления, регулирования фонового экрана, режимов сортирования по окраске и т.д. Эффективность отделения примесей при нагрузке на один канал до 100 кг/ч достигает 0,99, т.е. не отделяется лишь одна частица из 100; с увеличением нагрузки до 300 кг/ч эффективность снижается до 0,80.

Такие сепараторы можно использовать и при контроле крупы из других крупяных культур, например, отделять поврежденные зерна гороха и т.д.

1.14 Технологические схемы переработки зерна в крупу

При переработке четырех крупяных культур: риса, гречихи, проса и овса - получают в основном целую крупу. Общие принципы построения технологических схем переработки этих культур в значительной мере схожи. Однако при переработке проса крупотделение не используют. Просо перерабатывают по схеме шелушения без промежуточного отбора ядра. По такой же схеме перерабатывают и остальные крупяные культуры. Основное отличие технологии переработки крупяных культур от технологии переработки проса заключается в том, что из них вырабатывают не целую, а дробленую крупу (за исключением гороховой крупы, которую вырабатывают как целую, так и колотую).

Подготовка зерна к переработке отличается наличием или отсутствием гидротермической обработки, а также некоторым различием операций по выделению примесей из зерна. При подготовке ячменя, пшеницы и кукурузы используют предварительное шелушение зерна.

В процессе подготовки выделяют примеси в виде отходов I, II и III категорий. В отходах III категории должно содержаться нормального зерна не более 2 % по отношению к массе отходов. В отходах I и II категорий содержание зерна может достигать 50 %. Поэтому обычно отходы III категории относят к некормовым продуктам, а отходы I и II категорий - к кормовым. К отходам III категории относят некоторые виды лузги, получаемой в шелушильном отделении крупяного завода (рисовая, гречневая и др.). К отходам I и II категорий относят, например, гороховую лузгу, овсяную и др. К так называемым побочным продуктам относят мучку, некоторые виды дробленой крупы (овсяной, просяной и т.д.).

Ниже в кратком изложении будут описаны основные схемы подготовки и переработки зерна различных крупяных культур. Технологические схемы в большинстве случаев представлены в виде фрагментов или в сокращенном виде. В них не везде показан контроль крупы, побочных продуктов и отходов. При наличии в схеме нескольких параллельных линий, например для крупной и мелкой фракций зерна, может быть показана только одна.

1.15 Производство пшена

Просо - это одна из наиболее распространенных крупяных культур, из которой вырабатывают только один вид крупы - пшено шлифованное. Просо представляет собой мелкое зерно округлой формы и разного цвета. Цветковые пленки имеют кремовый, желтый, красный, серый и даже черный цвет.

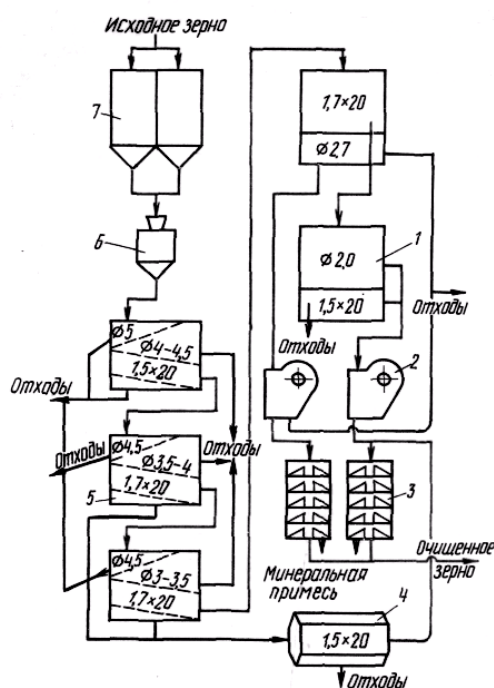
В просе может содержаться большое количество примесей, в том числе трудноотделимых, а также испорченных ядер. К числу трудноотделимых примесей относят семена сорных растений: щетинника, вьюнка, гречишки вьюнковой и др. Для лучшего отделения таких примесей разрезают подсевные сита в просеивающих машинах. Применение сит с отверстиями размером 1,5x20 мм вместо 1,4x20 мм позволяет выделить в проходе за счет некоторой потери мелкой фракции зерна основную массу примесей.

Наличие испорченных ядер снижает качество крупы. В процессе переработки испорченные зерна как менее прочные частично разрушаются, особенно

при шелушении зерна и шлифовании ядра, но часть их попадает в крупу. Зерно проса может быть повреждено неправильной сушкой, при этом могут в ядре образоваться трещины.

Подготовка зерна к переработке. Заключается в основном в очистке его от примесей. Гидротермическую обработку для зерна проса не используют.

Типовая технологическая схема очистки зерна от примесей включает три последовательно установленных сепаратора, дополнительные просеивающие машины для отделения примесей и мелкого зерна, аспираторы и камнеотделительные машины (рисунок 44). В результате трехкратного сепарирования выделяют практически все крупные примеси, для лучшего выделения мелких примесей на второй и третьей системах сепарирования разрезают подсевные сита, проход которых контролируют в буратах или крупосортировках. Оставшиеся в зерне крупные и мелкие примеси выделяют в отсевах А1-БРУ или крупосортировках.



1 - отсева; 2 - аспиратор; 3 - камнеотделительная машина; 4 - бурат; 5 - воздушно-ситовой сепаратор; 6 - автоматические весы; 7 - бункера для неочищенного зерна.

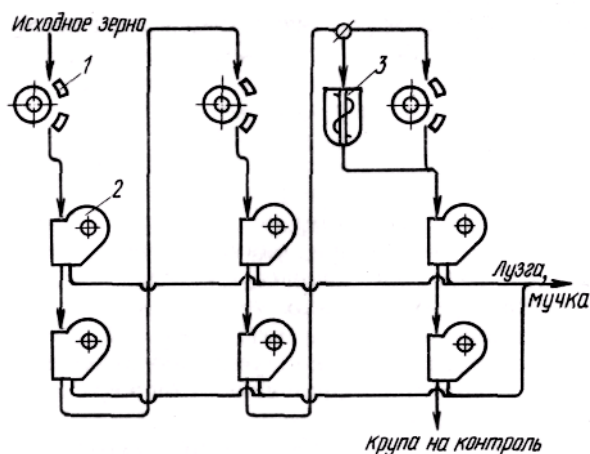
Рисунок 44 - Схема подготовки проса к переработке

Для более эффективной переработки зерна желательно фракцию, получаемую проходом 1,6x20 мм и сходом 1,5x20 мм, перерабатывать отдельно либо использовать для производства комбикормов. Для разделения зерна на фракции применяют крупяные отсева, кинематические параметры которых должны обеспечивать лучшее отделение мелких фракций.

Отходы контролируют в буратах: проход сита с отверстиями 1,5x20 мм и сход сита с отверстиями 1,2x20 мм представляют собой отходы I и II категорий

(кормовые), проход сита с отверстиями 1,2x20 мм - отходы III категории (некормовые).

Переработка зерна в крупу. Зерно проса шелушат в двухдековых или однодековых вальцедековых станках (рисунок 45). Обрабатывают последовательно зерно, затем смесь шелушенных и нешелушенных зерен на двух системах двухдековых вальцедековых станков или на четырех системах однодековых станков. Рабочую поверхность валка покрывают абразивной массой, изготовленной из сравнительно мелкозернистого корунда или электрокорунда. Деку вальцедековых станков изготавливают из резиноканевых пластин РТД.



1 - вальцедековый станок; 2 - аспиратор; 3 - винтопрессовая машина У1-БШП.

Рисунок 45 - Схема переработки проса в крупу

Эффективность шелушения зерна устанавливают по количеству шелушенных зерен и дробленых ядер, которое регламентируется Правилами организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Продукт, полученный с последней системы шелушения, не должен содержать более 1 % нешелушенных зерен. После каждой системы шелушения продукт дважды последовательно провеивают в аспираторах для отделения не только лузги, но и мучки с дробленным ядром.

Для шлифования крупы применяют чаще всего вальцедековый станок, однако эта машина малоэффективна. В последнее время используют винтопрессовые машины У1-БШП. После шлифования пшено контролируют в крупосортировках или отсевах А1-БРУ. Крупные примеси из крупы выделяют сходом с сит (отверстия \varnothing 2,3-2,5 мм или размером 1,8/1,9x20 мм).

В соответствии со стандартом к дробленому ядру относят частицы пшена, проходящие через сито с отверстиями \varnothing 1,5 мм. Для лучшего высеивания дробленого ядра в контрольных машинах устанавливают сита с несколько большим размером отверстий - \varnothing 1,6-1,7 мм. Сход с этого сита после пропуска через аспираторы и магнитные сепараторы направляют в бункер для готовой крупы-пшена.

В процессе контроля побочных продуктов разделяют смесь дробленки,

мучки и лузги. Относы с аспираторов, установленных после шелушильных машин, содержат все эти фракции. Мучку отсеивают на сите № 063, дробленку получают проходом сита № 1,4 и сходом сита № 063. Сход сита № 1,4 после провеивания направляют на вторую шелушильную систему.

Относы аспираторов, провеивающих продукты после шлифования и контроля крупы, содержат в основном мучку и дробленку и сравнительно мало лузги, поэтому их контролируют отдельно. В мучке не допускается содержание целого ядра (сход сита Ø 1,6 мм).

При переработке проса базисных кондиций устанавливают нормы выхода крупы, побочных продуктов и отходов, которые приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Нормы выхода крупы, побочных продуктов и отходов

Продукт	Выход, %
Рис шлифованный:	
высшего сорта	5,0
первого	45,0
второго	5,0
дробленый	10,0
Итого крупы	65,0
Кормовая мучка	13,2
Лузга, отходы III категории, механические потери	19,1
Отходы I и II категорий	2,0
Усушка	0,7
Всего	100,0

1.16 Производство гречневой крупы

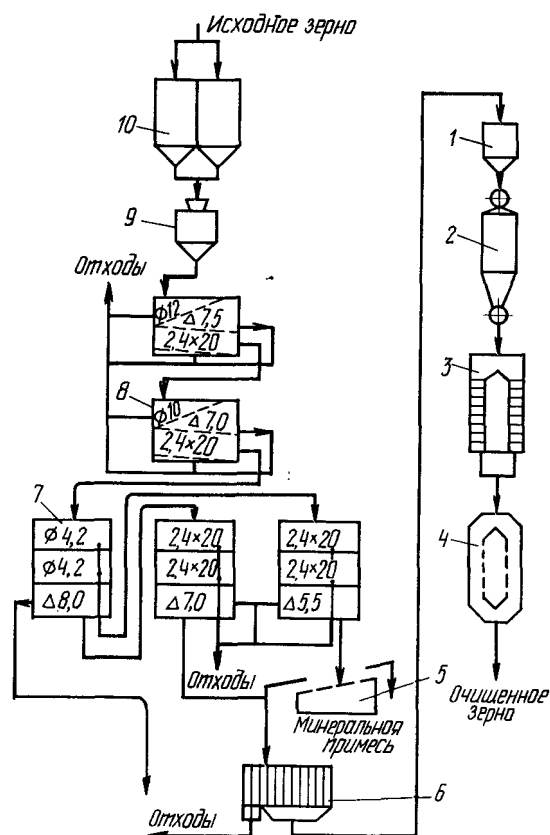
При переработке гречихи получают два основных вида готовой продукции: ядрицу - целую крупу, не проходящую через сито с отверстиями 1,6x20 мм; продел - дробленую крупу, получаемую проходом сита 1,6x20 и сходом сита № 080. Гречневая крупа отличается высокой пищевой ценностью и кулинарными свойствами.

Зерно гречихи имеет своеобразную трехгранную форму, покрыто толсто-стенными плодовыми оболочками, не сросшимися с ядром. Ядро гречихи характеризуется высокой хрупкостью, что объясняется как свойствами эндосперма, так и своеобразным расположением зародыша, большая часть которого находится внутри ядра.

В зерне встречаются трудноотделимые примеси, такие, как дикая редька, пшеница, татарская гречиха (карлык) и др.

Подготовка зерна к переработке. Зерно от примесей очищают на двух-трех системах сепарирования в воздушно-ситовых сепараторах, в крупяных рас-севах А1-БРУ, триерах, камнеотделительных машинах, аспираторах (рисунок 46).

Особенность применения просеивающих машин заключается в широком использовании в них сит с треугольными отверстиями, а также фракционного метода очистки зерна. На ситах с треугольными отверстиями выделяют в основном семена дикой редьки и некоторые другие примеси.



1 - бункер; 2 - пропариватель; 3 - сушилка; 4 - охлаждающая колонка; 5 - камнеотделительная машина; 6 - триер; 7 - рассев; 8 - воздушно-ситовой сепаратор; 9 - автоматические весы; 10 - бункера для неочищенного зерна.

Рисунок 46 -Схема подготовки гречихи к переработке

После двукратного сепарирования в расसेве А1-БРУ выделяются трудноотделимые и крупные примеси, а также зерно разделяется на две фракции, каждая из которых направляется отдельно на последующие системы рассевов А1-БРУ. В этих рассевах выделяют мелкие и трудноотделимые примеси, причем для выделения последних применяют сита с отверстиями разных размеров: для крупной фракции со стороной 7 мм, для мелкой -5,5 мм.

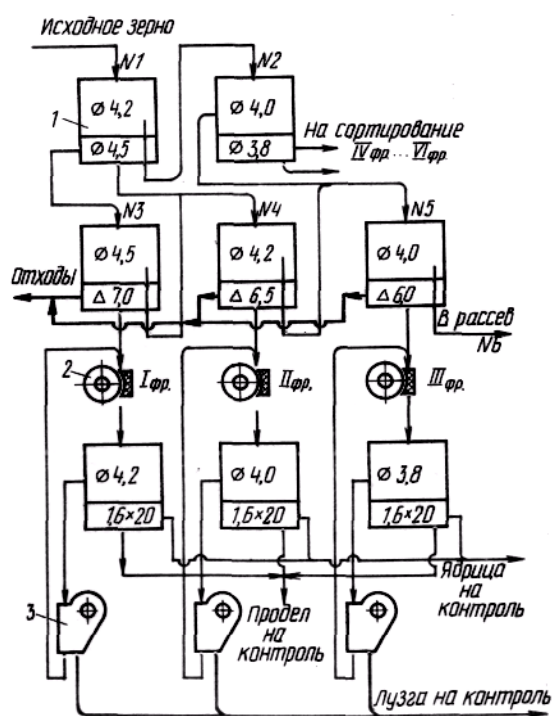
Минеральные примеси содержатся в основном в мелкой фракции, поэтому её направляют в камнеотделительные машины. Для выделения длинных примесей из крупной фракции применяют овсюгоотборочные машины с размером ячеек Ø 7-8 мм. Отходы контролируют в крупосортировках.

Гидротермическая обработка зерна. Для гидротермической обработки зерна используют пропариватели А9-БПБ (давление пара от 0,25 до 0,30 МПа,

время 5 мин), вертикальные паровые сушилки (сушка до влажности от 13 % до 13,5 %), охладительные колонки. Гидротермическая обработка зерна существенно повышает выход ядрицы в результате снижения количества продела, а также выход крупы первого сорта. Так, общий выход крупы повышается на 1 %, выход ядрицы первого сорта - от 52 % до 59 %, выход продела снижается от 10 % до 5 %.

Переработка зерна в крупу. Особенность технологии гречневой крупы состоит в отдельной переработке зерна по фракциям. Зерно в отсевах А1-БРУ делят на шесть Фракций. Это дает возможность последующего разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен, улучшения Условий шелушения зерна, дополнительного выделения трудноотделимых примесей.

Зерно разделяют, т.е. калибруют, на ситах с отверстиями $\varnothing 4,5-4,2-4,0-3,8-3,6-3,3$ мм (рисунок 47). Проход сита с отверстиями $\varnothing 3,3$ мм относят к примесям. В процессе калибрования также отделяют трудноотделимые примеси на ситах с треугольными отверстиями, размер которых уменьшается в зависимости от размеров зерна от 7,0 до 5,0 мм.



1 - рассев; 2 - вальцедековый станок; 3 - аспиратор.

Рисунок 47 - Схема переработки гречихи в крупу

Калибровать зерно необходимо с большой точностью, т.е. в каждой фракции должно быть как можно меньше зерна других фракций, особенно более мелкого. Наличие более мелкого зерна во фракции приводит к засорению нешелушенными зернами ядрицы, что снижает ее качество. Содержание зерна более мелких фракций в каждой фракции зерна не должно превышать от 2 % до 6 %. Об особой значимости операции калибрования свидетельствует и то обстоятельство, что для ее осуществления отводят половину всей просеивающей поверхности гречезаво-

да, нагрузка на которую вдвое меньше, чем на мукомольных заводах.

Весь цикл переработки - шелушение зерна и сортирование продуктов шелушения - для каждой из шести фракций осуществляется отдельно. Эти схемы практически одинаковы, отличаются лишь ситами, применяемыми для разделения шелушенных и нешелушенных зерен. Поэтому в предлагаемой схеме приводятся схемы шелушения и сортирования продуктов шелушения только трех фракций. Выделенная ядрица после сортирования продуктов шелушения всех фракций зерна соединяется и поступает на контроль ядрицы. Так же объединяют лузгу и продел с мучкой.

Зерно шелушат в вальцедековых станках. Так как ядро гречихи очень хрупкое, коэффициент шелушения зерна сравнительно невысок, особенно для мелких фракций. Это вызывает многократное увеличение фактической нагрузки на оборудование. Технологическая схема должна быть гибкой, чтобы обеспечить возможность равномерной загрузки оборудования при изменении крупности исходного зерна.

Продукты шелушения зерна сортируют в отсевах А1-БРУ или крупосортировках. Для разделения смеси шелушенных и нешелушенных зерен в просеивающих машинах применяют сита с круглыми отверстиями, диаметр которых на 0,2-0,3 мм меньше, чем размер отверстий сит, сходом с которых получена данная фракция. Сходом этого сита получают смесь нешелушенных зерен и лузги, после выделения последней в аспираторах оставшиеся нешелушенные зерна возвращают для повторного шелушения в вальцедековый станок той же системы. Проход сита представляет собой смесь ядрицы, лузги, продела и мучки.

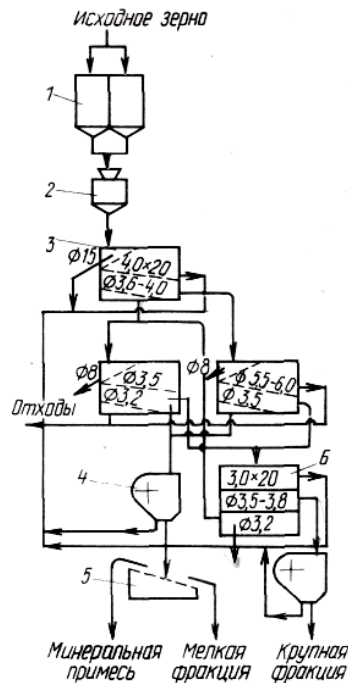
Для отделения продела вместе с мучкой и частью лузги применяют сита с отверстиями размером 1,6/1,7x20 мм. Сходом с этого сита получают ядрицу. Проход сита с отверстиями 1,6x20 мм направляют на контроль продела.

Ядрицу контролируют в крупосортировках или отсевах, чаще всего двумя потоками. В первый поток объединяют ядрицу, полученную с систем шелушения I...IV фракций; во второй - ядрицу с систем шелушения V и VI фракций. Разделение ядрицы на два потока позволяет более тщательно выделять крупные и трудноотделимые примеси. Эти примеси из потока крупной ядрицы выделяют на ситах с треугольными отверстиями со стороной размером от 6,0 до 6,5 мм и с треугольными отверстиями Ø 4,1, 4,2 мм. Дробленые ядра из ядрицы выделяют на ситах с отверстиями размером 1,7x20 мм. Поток мелкой ядрицы сортируют на ситах с треугольными отверстиями со стороной 5,0 мм и на ситах с отверстиями Ø 3,4 мм. Продел отсеивают на сите с отверстиями 1,6x20 мм.

Для выделения трудноотделимых примесей из крупы возможно применение отсевов с модернизированными ситовыми рамами и падди-машин, что позволяет существенно снизить содержание этих примесей в готовой продукции.

Продел контролируют на ситах с отверстиями размером 1,6x20 мм, № 1,4 и 08. Сход сита с отверстиями размером 1,6x20 мм направляют на контроль ядрицы, проход сита № 08 - на контроль мучки. Сито № 1,4 служит для разделения продела на две фракции. Затем каждая фракция отдельно провеивается в аспирационных колонках, что позволяет выделить лузгу. Затем обе фракции продела объединяют.

Ассортимент и нормы выхода готовой продукции и отходов приведены в



1- бункера для неочищенного зерна; 2 - автоматические весы; 3 - воздушно-ситовые сепараторы; 4 - аспиратор; 5 - вибропневматическая камнеотделительная машина; 6 - рассев.

Рисунок 48 - Схема подготовки риса к переработке

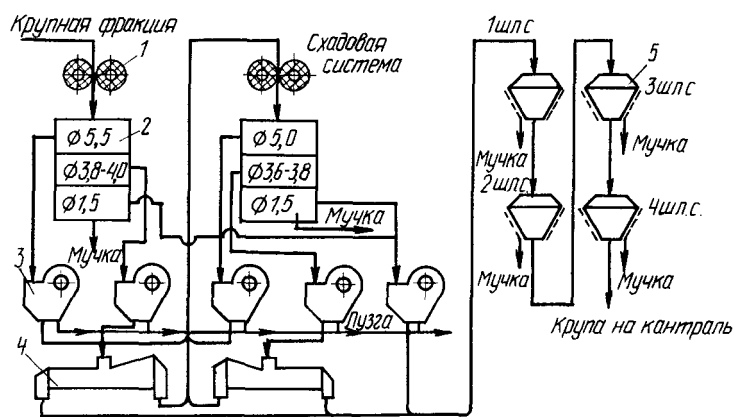
Минеральную примесь отбирают из зерна мелкой фракции в вибропневматических камнеотделительных машинах. Крупная фракция зерна после просеивания в расसेве на ситах с отверстиями размером 3,0x20 мм также направляется в вибропневматическую камнеотделительную машину.

Мелкую фракцию, получаемую проходом сита с отверстиями $\text{Ø } 3,0-3,2$ мм, после просеивания на сите с отверстиями $\text{Ø } 1,5$ мм делят на отходы III категории (проход сита) и отходы I и II категорий (сход сита). В шелушильное отделение зерно поступает двумя фракциями: крупной и мелкой.

Переработка зерна в крупу. Для шелушения риса используют шелушители с обрезиненными валками для крупной и мелкой фракций. Режим шелушения характеризуется коэффициентом шелушения не менее 85 %, а выход дробленых ядер - не более 2 %. На отдельных заводах для шелушения зерна применяют также шелушильные поставы.

Сортирование продуктов шелушения может быть осуществлено по нескольким вариантам. Основная схема - последовательное сортирование продуктов в рассевах А1-БРУ, аспираторах и падди-машинах (рисунок 49).

В рассевах А1-БРУ не только выделяют мучку и дробленку, но и делят на три фракции основной продукт. Схода сит с отверстиями $\text{Ø } 5,5-5,0$ мм состоят в основном из нешелушенных зерен и лузги. Поэтому после отделения лузги нешелушенные зерна направляют непосредственно на повторное шелушение.



1 - шелушитель с обрезиненными валками; 2 - рассев; 3 - аспиратор; 4 - падди-машина; 5 - шлифовальный постав.

Рисунок 49 - Схема переработки риса в крупу

Проход сит с отверстиями Ø 3,8-4,0 и 3,6-3,8 мм и сход сита с отверстиями Ø 1,5 мм содержит обычно менее 1 % нешелушенных зерен и может быть после выделения лузги направлен на шлифование. Количество нешелушенных и шелушенных зерен, выделенных в рассеве, около 30 %. Остальной продукт, получаемый сходом сит с отверстиями Ø 3,8-4,0 и 3,6-3,8 мм, содержит как шелушенные, так и нешелушенные зерна, и после выделения лузги его направляют в падди-машины.

Выделение некоторого количества нешелушенных и шелушенных зерен в рассеве позволяет направить в падди-машины примерно на 1/3 меньше продукта, что сокращает число падди-машин. Выделенные в отсевах и падди-машинах нешелушенные зерна направляют на повторное шелушение в машинах сходовой системы, а шелушенные зерна - на шлифование.

По второй схеме продукты шелушения сортируют путем двукратного пропуска их через аспираторы. Мучка и часть дробленки отвеиваются вместе с лузгой. Оставшуюся смесь шелушенных и нешелушенных зерен направляют в падди-машины, после которых нешелушенные зерна возвращаются на повторное шелушение, а шелушенные - на шлифование.

Шлифование ядра является одной из самых ответственных операций на рисозаводе, так как она определяет потребительские достоинства крупы, но одновременно в этом процессе образуется наибольшее количество дробленого ядра. Для шлифования ядра используют его четырехкратную последовательную обработку в шлифовальных поставах РС-125 или дву-трехкратную в машинах А1-БШМ-2,5. Возможно применение тех и других машин, причем на первой системе шлифования применяют машину А1-БШМ-2,5, далее две системы машин РС-125.

После заключительной системы шлифования рис просеивают в отсевах на ситах № 2,8-2,5 и 1,2. Проходом сита № 1,2 получают мучку, № 2,8-2,5 - дробленый рис, а сходом с сит № 2,8-2,5 - целую рисовую крупу, которую дополнительно контролируют в падди-машинах для выделения оставшихся нешелушенных зерен. Дробленый рис подвергают дополнительному однократному шлифованию, после чего просеивают в отсевах и провеивают в аспираторе.

Полученную при шелушении и шлифовании мучку направляют в отсевах

для ее контроля. Сход с сита № 2,5 представляет собой целую крупу, которую направляют на повторное шлифование на вторую систему. Проход этого сита представляет собой дробленый рис, который поступает на систему шлифования дробленого риса. Проход сита № 1,2 - это мучка, которая после контроля в магнитном сепараторе направляется на выбор.

При переработке зерна базисных кондиций установлен следующий выход готовой продукции и отходов (таблица 10).

Таблица 10 - Выход готовой продукции и отходов при переработке зерна базисных кондиций

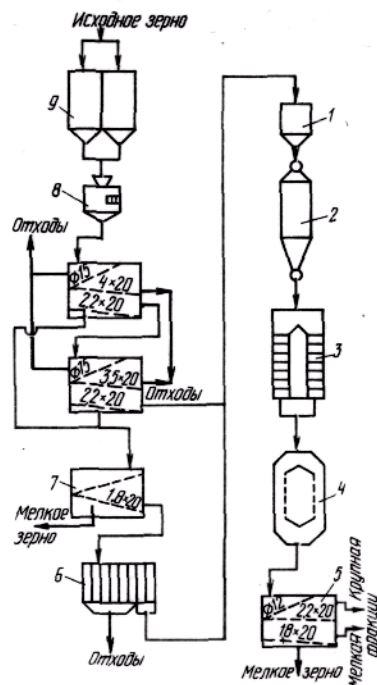
Продукт	Выход, %
Рис шлифованный:	
высшего сорта	5,0
первого	45,0
второго	5,0
дробленый	10,0
Итого крупы	65,0
Кормовая мучка	13,2
Лузга, отходы III категории, механические потери	19,1
Отходы I и II категорий	2,0
Усушка	0,7
Всего	100,0

1.18 Производство овсяных продуктов

Овсяные продукты отличаются высокой пищевой ценностью, так как в овсяном ядре содержится достаточно много белка, жира, витаминов, минеральных веществ ит.д. Зерно овса содержит большое количество цветковых пленок (от 26 % до 30 %), а ядро покрыто волосками, состоящими в основном из клетчатки.

Из овса вырабатывают овсяную недробленую шлифованную пропаренную крупу, овсяные хлопья Геркулес, представляющие собой расплюснутые ядра, и толокенно-овсяную муку, вырабатываемую из овсяного ядра, подвергнутого специальной гидротермической обработке. Подготовка зерна к переработке. В подготовительном отделении производят очистку зерна от примесей и его гидротермическую обработку (рисунок 50). Для очистки используют его двукратный пропуск через воздушно-ситовые сепараторы, триеры и аспираторы.

Для лучшего выделения мелкого зерна и примесей в воздушно-ситовых сепараторах рекомендуется устанавливать подсевные сита с отверстиями размером 2,2x20 мм. Проход этих сит направляют в крупосортировку, где мелкое зерно и мелкие примеси выделяют проходом сит 1,8 (1,9)x20 мм. Сход этих сит представляет собой мелкую фракцию, направляемую в куколеотборочную машину для выделения коротких примесей.



1 - бункер; 2 - пропариватель; 3 - сушилка; 4 - охлаждающая колонка; 5 - воздушно-ситовой сепаратор; 6 - триер; 7 - крупосортировка; 8 - автоматические весы; 9 - бункера для неочищенного зерна.

Рисунок 50 - Схема подготовки овса к переработке

Крупное зерно с воздушно-ситового сепаратора второй системы (сход сита с отверстиями размером 2,2x20 мм) может быть направлено в овсюгоотборочную машину для выделения овсюга и других длинных примесей.

Гидротермическую обработку зерна используют для улучшения технологических свойств зерна и потребительских свойств продукта. Гидротермическую обработку зерна проводят в пропаривателях непрерывного действия, причем влажность зерна должна увеличиться от 2 % до 6 %. Это достигается пропариванием зерна при давлении пара до 0,1 МПа продолжительностью до 5 мин.

После пропаривания зерно сушат в вертикальных паровых сушилках до влажности не выше 10 %, если зерно шелушат в шелушильных поставах; если же в обоечных машинах - то до влажности от 13,5 % до 14,0 %. Примерно до такой влажности следует сушить зерно, если затем шелушить его в центробежных шелушителях. После сушки зерно охлаждают в охлаждающих колонках.

После гидротермической обработки зерно в воздушно-ситовом сепараторе третьей системы окончательно очищают от примесей и делят на крупную и мелкую фракции на сите с отверстиями размером 2,2x20 мм. Обе фракции отдельно направляют на шелушение.

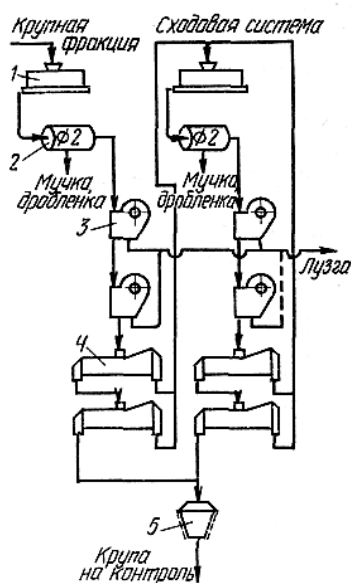
Однако считают, что лучше проводить отдельную гидротермическую обработку крупной и мелкой фракций зерна и шелушение теплого зерна с температурой выше 40 °С.

Переработка зерна в шлифованную крупу. Крупную и мелкую фракции зерна перерабатывают отдельно. Технологическая схема переработки зерна включает шелушение зерна в шелушильных поставках или обоечных машинах, последующее сортирование продуктов шелушения в центрофугалах, аспираторах, падди-машинах. Шелушильные поставы - это основная машина, применяемая для шелушения. Для первичного шелушения зерна используют более крупный абразивный материал, для повторного - более мелкий. Окружная скорость дисков поставы при первичном шелушении также несколько выше, чем при повторном, а именно: 18-20 и 16-18 м/с.

При шелушении зерна крупной фракции количество шелушенных зерен после первого шелушения должно составлять от 90 % до 96 %, мелкой – от 80 % до 85 %. При повторном шелушении содержание шелушенных зерен должно быть от 90 % до 96 %. Количество дробленых зерен должно быть от 3 % до 4 % при первичном и от 5 % до 6 % при вторичном шелушении.

Шелушение зерна может производиться и в обоечных машинах, окружная скорость бичей равна от 20 до 22 м/с, уклон бичей – 8 %, зазор между бичами и абразивной поверхностью – от 20 до 22 мм. В последнее время на некоторых заводах стали использоваться для шелушения зерна центробежные шелушители.

На рисунке 51 представлена схема переработки зерна крупной фракции, схема переработки мелкой фракции практически такая же. Сортирование продуктов шелушения начинают с их просеивания, для чего рекомендуют центрифугалы. Наличие в продуктах шелушения волосков, отделенных от ядра, мучки с высоким содержанием жира приводит к тому, что в других просеивающих машинах забиваются каналы, а это ухудшает условия сортирования продуктов. Бичи же центрифугалов разбивают образующиеся комки. Кроме центрифугалов, можно применять также бураты.



1 - шелушильный постав; 2 - центрифугал; 3 - аспиратор; 4 - падди-машина; 5 - шлифовальный постав.

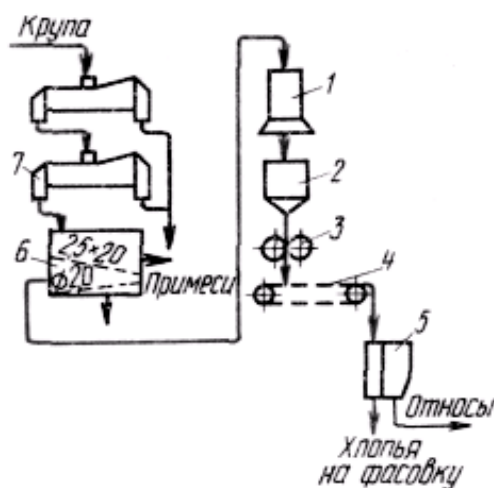
Рисунок 51 - Схема переработки овса в крупу

После отсеивания мучки и дробленки продукты шелушения дважды провеивают в аспираторах, отделяют лузгу. Разделение шелушенных и нешелушенных зерен производят путем двукратного сепарирования смеси в падди-машинах. Выделенное в падди-машинах нешелушеное зерно направляют для повторного шелушения на сходовые системы. Ядро поступает на шлифование в шлифовальный постав. Если зерно шелушат в шелушильных поставках или на предприятии применяют пневматический транспорт продуктов, шлифование ядра можно не производить.

После шлифования полученную крупу контролируют в отсевах или крупосортировках, где на ситах с отверстиями размером 2,5x20 мм отбирают крупные примеси, а проходом сита с отверстиями Ø 2 мм отбирают мучку и дробленку. Дополнительно выделяют шелушенные зерна при двукратном сортировании крупы в падди-машинах.

Мучку и лузгу контролируют в просеивающих машинах и аспираторах. В дробленке и мучке содержание целого ядра не должно превышать 2 %, а в лузге содержание целого и дробленого ядра - 1,5%.

Производство хлопьев Геркулес. Хлопья представляют собой плющеную целую крупу, их толщина составляет около 0,5 мм. Хлопья вырабатывают из крупы высшего сорта, однако предъявляют более высокие требования к содержанию примесей в них, поэтому крупу дополнительно очищают в крупосортировках, аспираторах и падди-машинах (рисунок 52).



1 - пропариватель; 2 - бункер для отволаживания; 3 - плющильный станок; 4 - ленточная сушилка; 5 - аспирационная колонка; 6 - крупосортировка; 7 - падди-машина.

Рисунок 52 - Схема производства хлопьев Геркулес

Очищенная крупа пропаривается в аппаратах непрерывного действия, при этом увлажняется от 2,0 % до 2,5 % и отволаживается в течение от 20 до 30 мин. Затем крупу плющат в станках с гладкими валками при отношении скоростей 1:1.

Если влажность хлопьев превышает допустимую стандартом (12,5 %), их подсушивают, в аспирационных колонках охлаждают и отвеивают мучку и части-

цы пленок, после чего направляют в фасовочный цех для упаковки в картонные коробки вместимостью 0,5 и 1,0 кг.

Производство толокна. Толокно представляет собой муку из овсяного ядра, подвергнутого глубокой гидротермической обработке. Обработка приводит к некоторому гидролизу крахмала, превращая его в декстрины и сахара, легко усвояемые организмом человека. Поэтому толокно используют как продукт детского и диетического питания. При изготовлении толокна сначала получают овсяную крупу, которую затем размалывают в муку. Схема производства крупы для толокна отличается способом гидротермической обработки.

После очистки зерна от примесей его замачивают водой, нагретой до 35 °С, в течение 2 ч. Затем в варочном аппарате при давлении пара от 0,15 до 0,20 МПа овес выдерживают от 1,5 до 2,0 ч, после чего высушивают в паровых сушилках до влажности от 5 % до 6 %. После сушки и охлаждения зерно перерабатывают по схеме, аналогичной схеме получения обычной крупы.

Полученное ядро размалывают в вальцовых станках на рифленых валках. Продукты размола просеивают на капроновых ситах № 29 и 32, проходом которых получают толокно.

Овсозаводы могут вырабатывать только шлифованную крупу, шлифованную крупу и хлопья и т.д. (таблица 11).

Таблица 11 - Нормы выхода готовой продукции и отходов

Продукты	Ассортимент и выход, %		
	недробленая крупа	недробленая крупа с хлопьями	толокно
Крупа: высшего сорта первого	15,0	10,0	-
	30,5	29,5	-
Хлопья	-	5,5	-
Толокно	-	-	52,0
Итого	45,5	45,0	52,0
Дробленка кормовая	4,5	4,5	-
Мучка кормовая	11,0	11,5	9,5
Лузга, отходы III категории, механические потери	27,7	27,7	26,7
Мелкий овес и обходы I и II категорий	7,8	7,8	6,3
Усушка	3,5	3,5	5,5
Всего	100	100	100

1.19 Производство ячменной крупы

Зерно ячменя покрыто цветковыми пленками, плотно сросшимися с ядром. Для производства крупы следует использовать ячмень, имеющий светлую окраску. Зерно с сине-зелеными семенными оболочками нельзя перерабатывать в крупу. В крупяном зерне ограничивается также содержание мелкого ячменя (проход сита с отверстиями размером 2,2x20 мм), так как такое зерно плохо шелушится.

Из ячменя вырабатывают два вида крупы: перловую и ячневую. В зависимости от крупности перловую крупу делят на пять номеров, ячневую - на три номера (таблица 12).

Таблица 12 -Крупность и выравненность ячменной крупы

Номер крупы	Диаметр отверстий, мм (номер) смежных сит		Выравненность, %
	проход	сход	
Перловая крупа			
1-й	4,0	3,0	Не менее 80 %
2-й	3,0	2,5	
3-й	2,5	2,0	
4-й	2,0	1,5	
5-й	1,5	056	
Ячневая крупа			
1-й	2,5	2,0	Не менее 75 %
2-й	2,0	1,5	
3-й	1,5	056	

Выпускают также крупу смежных номеров, например, совместно крупу № 1 и 2, 3 и 4.

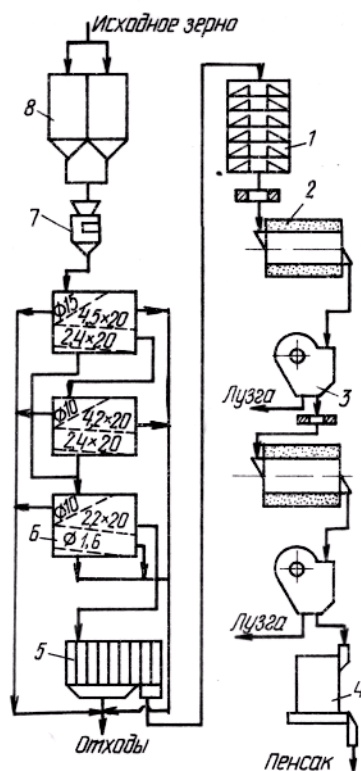
Подготовка зерна к переработке. Процессы подготовки зерна к переработке в перловую и ячневую крупу практически одинаковы. Особенность схемы подготовки состоит в операции предварительного шелушения зерна.

Зерно очищают от примесей на двух-трех системах воздушно-ситовых сепараторов, камнеотделительных машинах и триерах (рисунок 53). В воздушно-ситовом сепараторе первой системы выделяют крупные и легкие примеси, а на сите с размером отверстий 2,4x20 мм зерно делят на две фракции: крупную и мелкую, которые отдельно направляют в сепараторы 2-й и 3-й систем. На сепараторе 2-й системы крупную фракцию зерна дополнительно очищают от крупных и легких примесей, а также выделяют из нее дополнительно мелкую фракцию.

Из поступившего в сепаратор 3-й системы зерна мелкой фракции выделяют мелкое зерно проходом сита 2,2x20 мм, которое направляют на контроль в буратах или крупосортировках, где проходом сита с отверстиями Ø 1,6 мм выделяют отходы III категории.

Крупная фракция зерна с сепаратора 2-й системы и мелкая с сепаратора 3-

й системы направляются соответственно в овсюгоотборочные, куколеотборочные и камнеотделительные машины. Очищенное от примесей зерно предварительно шелушат, в процессе этого отделяют цветковые пленки и получают полуфабрикат, имеющий специальное название - пенсак.



1 - камнеотделительная машина; 2 - обоечная машина; 3 - аспиратор; 4 - шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3; 5 - триер; 6 - воздушно-ситовой сепаратор; 7 - автоматические весы; 8 - бункера для неочищенного зерна.

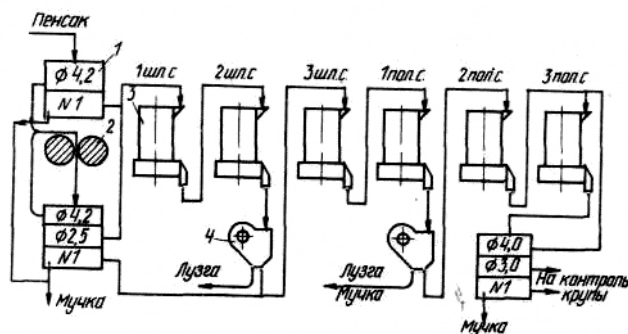
Рисунок 53 - Схема подготовки ячменя к переработке

Зерно шелушат либо четырехкратным последовательным пропуском через обоечные машины, или двукратным через обоечные машины и одно-двукратным через машины А1-ЗШН-3. В обоечных машинах 1-й и 2-й систем шелушения окружная скорость составляет от 20 до 22 м/с, на остальных – от 19 до 20 м/с. Уклон бичей во всех обоечных машинах от 8 % до 10 %, а зазор между бичами и абразивной поверхностью от 15 % до 20 %. На первых системах применяют более крупный абразивный материал, на последующих - более мелкий. После каждой шелушильной машины для отделения лузги и мучки устанавливают аспираторы.

Качество полученного пенсака характеризуется содержанием нешелушенных зерен - не более 5 %, а дробленных - не более 50 %.

Производство перловой крупы. Перловая крупа представляет собой шлифованный и полированный пенсак. Для шлифования и полирования пенсака устанавливают шелушильно-шлифовальные машины А1-ЗШН-3 (рисунок 54). Схема включает три системы шлифования и три системы полирования. Крупность абра-

живного материала, применяемого для изготовления дисков машин типа А1-ЗШН-3, постепенно уменьшается.



1 - рассев; 2 - вальцовый станок; 3 - шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3; 4 - аспиратор

Рисунок 54 - Схема переработки пенсака в перловую крупу

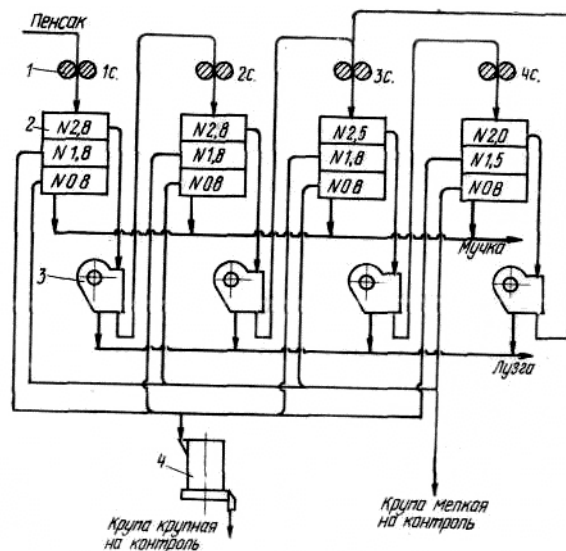
После 2-й системы шлифования и 1-й системы полирования продукты провеивают в аспираторах для более полного отделения муки и остатков цветковых пленок.

После 3-й системы полирования смесь крупы разделяют по номерам на ситах, характеризующих крупность соответствующих номеров. Если требуется выработать больше мелкой крупы, возможно дробление пенсака в вальцовом станке. Продукты измельчения сортируют в рассеве, где отсеивают муку, и направляют на шлифование.

При шлифовании и полировании пенсака образуется большое количество муки, которую контролируют в рассевах для выделения из нее ядра. Ядро отбирают сходом с сит с отверстиями $\varnothing 2,5$ мм № 1. Выделенное ядро возвращают соответственно на 3-ю шлифовальную систему и 2-ю полировальную. Содержание ядра в муке (сход сита № 1,2) не должно превышать 5 %. Крупу каждого номера провеивают в аспираторах и после контроля в магнитном сепараторе направляют в упаковочное отделение.

Производство ячневой крупы. Ячневая крупа представляет собой дробленый до определенной крупности пенсак. Но так как ячневая крупа обрабатывается менее интенсивно, чем перловая, пенсак перед дроблением дополнительно шлифуют в одной машине А1-ЗШН-3.

Пенсак дробят в вальцовых станках, просеивают продукты дробления в рассевах. Схема переработки пенсака в ячневую крупу включает четыре системы (рисунок 55). В вальцовых станках применяют рифленые вальцы с плотностью нарезки 3,5 рифли на 1 см на первой системе и 5,0 - на второй; уклон рифлей на первых двух системах 8 %, на остальных- 10 %; отношение скоростей 2,5:1; взаимное расположение «острие по острию».



1 - вальцовый станок; 2 - рассев; 3 - аспиратор; 4 - шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3.

Рисунок 55 -Схема переработки пенсака в ячневую крупу

С рассева каждой системы сходом сит № 2,5-2,8 отбирают сходовой продукт, направляемый на последующую систему дробления. Проходом сит 08 отбирают муку, направляемую на контроль. Проход сит № 2,8-2,5 и сход сита 08 представляет собой крупу, которую на ситах № 1,8-1,5 делят на два потока. Первый поток - это смесь крупы первого и частично второго номеров. Второй поток - смесь крупы третьего и частично второго номеров. Крупу каждого потока (иногда только первого) разделяют и шлифуют в машинах А1-ЗШН-3.

После шлифования полученную крупу сортируют по номерам на ситах с отверстиями Ø 2,5-2,0-1,5 мм и 056. Перед направлением в упаковочное отделение крупу каждого номера провеивают в аспираторах и контролируют в магнитных сепараторах.

Ассортимент и выход готовой продукции и отходов при переработке зерна базисных кондиций представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Ассортимент и нормы выхода готовой продукции и отходов

Продукты	Выход продукции, %, при выработке	
	перловой крупы	ячневой крупы
1	2	3
Крупа перловая:		
№ 1-2	28,0	-
№ 3-4	10,0	-
№ 5	2,0	-
Крупа ячневая:		
№ 1	-	15,0
№ 2	-	42,0
№ 3	-	5,0

Продолжение таблицы 13

1	2	3
Итого	40,0	62,0
Кормовая мука	40,0	19,3
Лузга	10,0	10,0
Мелкий ячмень	5,0	5,0
Отходы I и II категорий	2,3	2,3
Отходы III категории и механические потери	0,7	0,7
Усушка	2,0	0,7
Всего	100,0	100,0

1.20 Производство пшеничной крупы

Из пшеницы вырабатывают крупу пшеничную (полтавскую) и Артек. Полтавскую крупу делят на четыре номера (таблица 14).

Таблица 14 - Классификация крупы и размеры отверстий сит

Крупа	Проход	Сход	Крупа	Проход	Сход
	сита с отверстиями Ø,мм			сита с отверстиями Ø,мм	
№ 1	3,5	3,0	№ 3	2,5	2,0
№ 2	3,0	2,5	№ 4	2,0	1,5

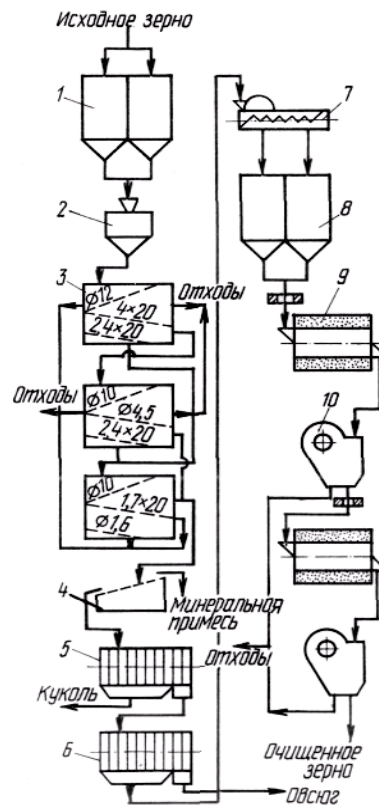
Крупу Артек получают проходом сита с отверстиями Ø 1,5 мм и сходом металлочанного сита № 063.

Крупа крупных номеров представляет собой целое или колотое зерно, освобожденное полностью от зародыша и частично от плодовых и семенных оболочек и зашлифованное; крупа мелких номеров - колотое зерно, полностью освобожденное от зародыша и частично от плодовых и семенных оболочек и зашлифованное. Пшеничную крупу вырабатывают из зерна твердой пшеницы II типа, в отдельных случаях также из высокостекловидной мягкой пшеницы.

Подготовка зерна к переработке. Зерно от примесей очищают трехкратным его пропуском через воздушно-ситовые сепараторы. Причем для лучшего выделения мелких примесей зерно в первом сепараторе делят на две фракции, из которых крупную направляют во второй, а мелкую - в третий сепаратор (рисунок 56).

Проходом сит с отверстиями размером 1,7x20 мм выделяют мелкое зерно, а остальное очищают от минеральных примесей в камнеотделительных машинах, от коротких и длинных примесей - в триерах. После выделения примесей зерно проходит гидротермическую обработку, которая заключается в его увлажнении теплой водой до влажности от 14,5 % до 15,0 % с последующим отволаживанием в течение 0,5-2,0 ч. Затем зерно подвергают двукратному шелушению в обоечных машинах. Окружная скорость бичей обоечных машин равна на первой и второй системах соответственно 16 и 14 м/с, уклон бичей - 10 и 8 %. В продуктах шелу-

шения не должно содержаться более 15 % дробленых зерен. На второй системе шелушения допускается применение шелушильно-шлифовальной машины А1-ЗШН-3.



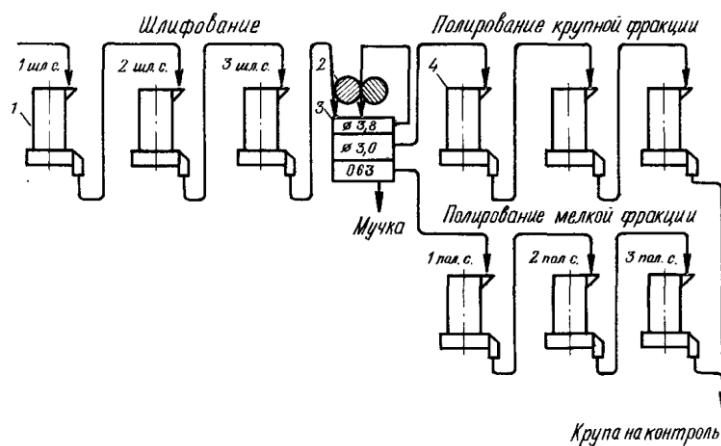
1 - бункера для неочищенного зерна; 2 - автоматические весы; 3 - воздушно-ситовой сепаратор; 4 - камнеотделительная машина; 5 - куколотборочная машина; 6 - овсюгоотборочная машина; 7 - увлажнительная машина; 8 - бункера для отволаживания; 9 - обоечная машина; 10 – аспиратор.

Рисунок 56 - Схема подготовки пшеницы к переработке

Для очистки зерна от примесей рекомендуется также устанавливать комплект машин шкафного типа: сепаратор А1-ЗСШ-20 и камнеотделительную машину А1-БОК. Перед сепаратором должны быть использованы скальператоры и аспираторы.

Переработка зерна в крупу. Переработка подготовленного зерна осуществляется путем трехкратного шлифования и трехкратного полирования в машинах А1-ЗШН-3 (рисунок 57). После 3-й шлифовальной системы продукты шелушения сортируют в расसेве на четыре фракции. Первую фракцию - самую крупную, получаемую сходом с сита с отверстиями Ø 3,8 мм, направляют в вальцовый станок для дополнительного измельчения.

Вторая фракция представляет собой частицы зерна (крупные), полученные сходом сита с отверстиями Ø 3,0 мм. Третья фракция - частицы зерна (мелкие) - сход сита № 063. Эти фракции отдельно направляют на три системы полирования крупной и три системы полирования мелкой фракций.



1, 4 - шелушильно-шлифовальные машины АІ-3ШН-3; 2 - вальцовый станок; 3 - рассев.

Рисунок 57 - Схема переработки пшеницы в крупу

Проход сита № 063 - четвертая фракция - мучка. Первая фракция дробится в вальцовом станке, вальцы которого имеют взаимно перпендикулярную нарезку: быстро вращающийся валец - кольцевую, медленно вращающийся - продольную; число рифлей на 1 см равно 3, отношение скоростей 1,25:1. Продукты дробления направляют в рассев, сортирующий продукты после третьего шлифования, или в самостоятельную машину.

После отдельного полирования крупной и мелкой фракций дробленого ядра всю крупу сортируют по крупности на крупу Полтавскую и Артек. Полученная крупа провеивается в аспираторах и после контроля в магнитных сепараторах направляется в упаковочное отделение.

Контроль мучки осуществляют в рассеве на ситах № 063, проход которых поступает в бункер для мучки, а сход с сит - на 2-ю систему полирования мелкой фракции.

Ассортимент и выход готовой продукции при переработке зерна базисных кондиций представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Ассортимент и выход готовой продукции при переработке зерна базисных кондиций

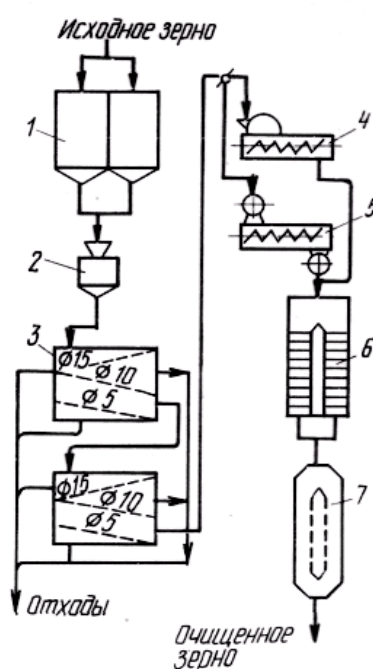
Продукты	Выход, %
Крупа Полтавская:	
№ 1 + № 2	8,0
№ 3 + № 4	43,0
Крупа Артек	12,0
Итого крупы	63,0
Мучка кормовая	30,0
Отходы I и II категорий	5,3
Отходы III категории и механические потери	0,7
Усушка	1,0
Всего	100,0

1.21 Производство крупы из гороха

При переработке гороха получают два вида крупы: горох целый полированный и горох колотый полированный. Семена гороха имеют шаровидную форму, желтый или зеленый цвет, причем семена желтого цвета ценятся выше.

Ограничивают в горохе содержание изъеденных гороховой зерновкой или плодовой жоркой, а также поврежденных семян. Наличие таких семян снижает выход целой и ухудшает качество колотой крупы.

Подготовка гороха к переработке. Схема очистки гороха от примесей очень проста (рисунок 58). Для этого применяют две системы сепарирования в воздушно-ситовых сепараторах и контроль мелких семян в буратах, на которые направляют проход сит сепараторов с отверстиями $\varnothing 5$ мм.



1 - бункера для неочищенного зерна; 2 - автоматические весы; 3 - воздушно-ситовой сепаратор; 4 - увлажнительная машина; 5 - пропариватель непрерывного действия; 6 - сушилка; 7 - охлаждающая колонка.

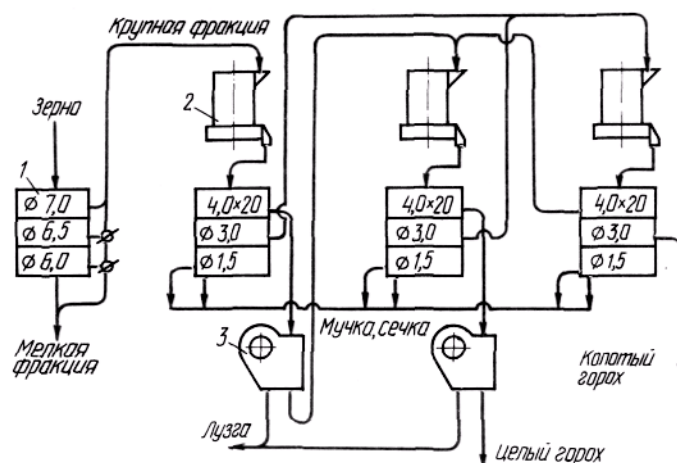
Рисунок 58 - Схема подготовки гороха к переработке

Гидротермическую обработку проводят путем пропаривания семян при давлении пара от 0,1 до 0,15 МПа в течение 2-2,5 мин с последующей сушкой до влажности 14 - 15 %. Допускается также проводить гидротермическую обработку увлажнением гороха теплой водой на 2,2 - 2,5 % с отволаживанием в течение 20-30 мин. Сушат горох до влажности 14 - 15 %. После сушки горох охлаждают и передают в шелушильное отделение.

Переработка гороха в крупу. Горох перерабатывают, разделив его предварительно на две фракции: крупную и мелкую. Так как крупность гороха колеблется в довольно широких пределах, для выравнивания количества семян в крупной и мелкой фракциях в расसेве устанавливают сита с отверстиями $\varnothing 6,0$ - $6,5$ - $7,0$ мм. Проход с сита с отверстиями $\varnothing 6,0$ мм относят к мелкой фракции, сход сита с отверстиями $\varnothing 7,0$ мм - к крупной.

Схода с сит с отверстиями $\varnothing 6,0$ и $6,5$ мм относят либо к крупной, либо к мелкой фракции в зависимости от крупности исходного гороха таким образом, чтобы количество семян в мелкой и крупной фракциях было примерно одинаковым.

Каждую фракцию подвергают двукратному шелушению и шлифованию в машинах А1-ЗШН-3. На рисунке 59 показана схема переработки только крупной фракции. После шелушильных машин продукты шелушения сортируют в рассевах. Целый горох от колотого отделяют сходом сит с отверстиями размером $4,0 \times 20$ мм для крупной и $3,0 \times 20$ мм для мелкой фракции. Проходом этих сит и сходом сит с отверстиями $\varnothing 3,0$ мм отбирают колотый горох. Сход сит с продолговатыми отверстиями со 2-й системы обработки крупной и мелкой фракций представляет собой целый горох, который после провеивания в аспираторах направляют в бункер для готовой продукции. Целый горох иногда полируют в щеточных машинах.



1 - рассев; 2 - шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3; 3 - аспиратор.

Рисунок 59 - Схема переработки гороха в крупу

Колотый горох с 1-й и 2-й систем шелушения и шлифования крупной и мелкой фракций объединяют и дополнительно шлифуют в машинах А1-ЗШН-3, где у семядолей округляются острые ребра. Затем крупу после провеивания и контроля в магнитных сепараторах направляют в бункера для готовой продукции. Относы аспираторов просеивают на сите с отверстиями $\varnothing 3,0$ мм. Сход сита провеивают в аспираторах. Относы представляют собой лущилку, которую после контроля в магнитных сепараторах направляют в бункера для лущилки.

Выделенное ядро после провеивания поступает на систему шлифования

колотой крупы.

Проход сита с отверстиями Ø 3,0 мм подают на контроль мучки, где проходом сита с отверстиями Ø 1,5 мм получают мучку, а сходом - отходы II и III категорий. Нормы выхода крупы, побочных продуктов и отходов при переработке гороха базисных кондиций представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Нормы выхода крупы, побочных продуктов и отходов при переработке гороха базисных кондиций

Продукты	Выход, %
Горох шелушенный полированный:	
целый	35,0
колотый	38,0
Итого крупы	73,0
Сечка и мучка	10,5
Лузга	6,0
Мелкий горох	5,0
Отходы I и II категорий	1,0
Отходы III категории и механические потери	0,5
Усушка	4,0
Всего	100,0

1.22 Производство кукурузной крупы

Из кукурузы вырабатывают три вида крупяных продуктов: шлифованную кукурузную крупу, крупную крупу для хлопьев и мелкую крупу для палочек. Кукурузную шлифованную крупу делят на пять номеров (таблица 17).

Таблица 17 - Классификация крупы и размеры отверстий сит Ø, мм

Крупа	Проход	Сход	Крупа	Проход	Сход
	сита с отверстиями Ø, мм			сита с отверстиями Ø, мм	
№ 1	4,0	3,0	№ 4	2,0	1,5
№ 2	3,0	2,5	№ 5	1,5	056(номер)
№ 3	2,5	2,0			

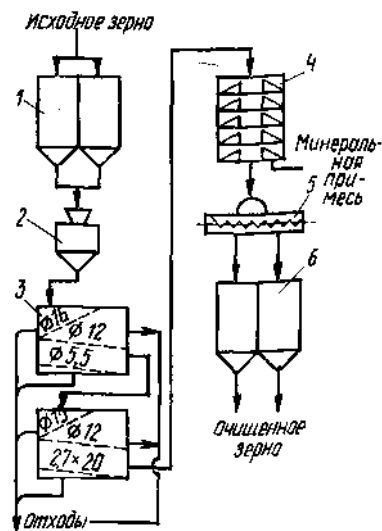
Крупа для хлопьев характеризуется проходом сита с отверстиями Ø 7,0 мм и сходом сита с отверстиями Ø 5,0 мм. Крупа для палочек представляет собой проход металлочанного сита № 1,2 и сход № 067. Выравненность крупы должна быть не менее 80 %.

В мелкой крупе и крупе шлифованной № 4 и 5 ограничивается зольность (не более 0,95 %), в шлифованной и крупной крупе - содержание свободного зародыша (соответственно 3,0 и 2,0 %).

Для производства шлифованной и крупной крупы применяют в основном кремнистую и полузубовидную кукурузу, мелкой крупы - зубовидную и полузубовидную. Зерно кукурузы отличается наличием крупного зародыша (от 8 % до 14 % от массы зерна), который содержит большое количество жира и белка. Дру-

гая особенность зерна кукурузы заключается в способности эндосперма растрескиваться при сушке с применением сушильного агента, имеющего высокую температуру.

Подготовка зерна к переработке. Схема очистки зерна от примесей довольно проста, включает две системы сепарирования в воздушно-ситовых сепараторах и камнеотделительную машину (рисунок 60). Зерно подвергают гидротермической обработке, которая способствует лучшему отделению плодовых оболочек и особенно зародыша.



1 - бункера для неочищенного зерна; 2 - автоматические весы; 3 - воздушно-ситовой сепаратор; 4 - камнеотделительная машина; 5 - увлажнительная машина; 6 - бункер для отволаживания.

Рисунок 60 - Схема подготовки кукурузы к переработке

Технология переработки зерна в крупу предусматривает обязательное отделение зародыша, так как в зародыше содержится много жира, он быстро портится, что снижает стойкость крупы при хранении.

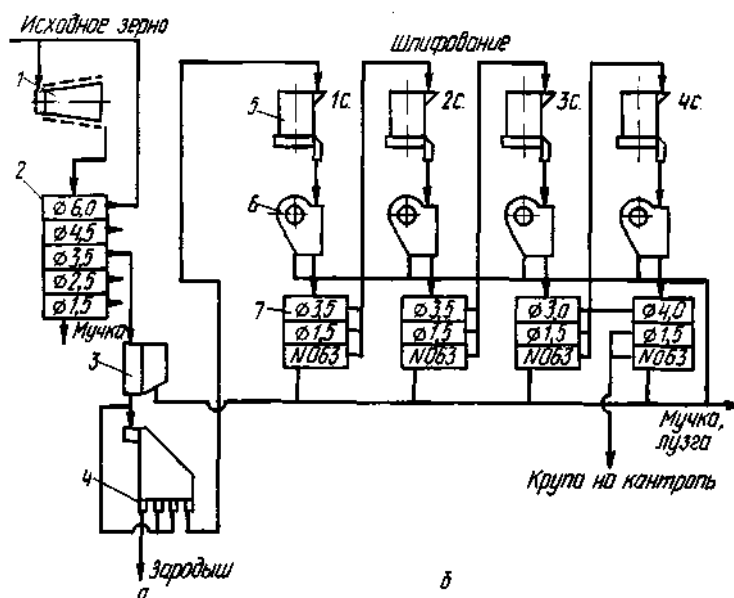
Кроме того, сам по себе зародышевый продукт является ценным сырьем для получения кукурузного масла, обладающего высокой пищевой ценностью.

При гидротермической обработке происходит более полное отделение оболочек, влажный зародыш более пластичен и меньше дробится.

Гидротермическая обработка проводится путем увлажнения зерна теплой водой температурой 40 °С до влажности от 15 % до 16 % при производстве шлифованной крупы и до влажности от 19 % до 22 % при производстве крупной и мелкой крупы с последующим отволаживанием в течение 2-3 ч.

При производстве шлифованной крупы увлажнение зерна может быть заменено пропариванием при давлении пара от 0,07 до 0,1 МПа в течение 3-5 мин.

Переработка зерна в крупу. Независимо от ассортимента вырабатываемой продукции первой стадией переработки является отделение зародыша. Схема отделения зародыша включает измельчение зерна, подсушивание продуктов размола (если влажность их выше 16 %), сортирование в просеивающих машинах по крупности на ряд фракций с последующим сепарированием каждой фракции в аспирационной колонке. На рисунке 61а показана схема сепарирования одной фракции.



1 - дежерминатор; 2, 7 - рассевы; 3 - аспирационная колонка; 4-пневмосортировальный стол; 5 - шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3; 6 - аспиратор.

Рисунок 61 - Схема переработки кукурузы в шлифованную крупу

Частицы оболочек и зародыша отличаются от частиц эндосперма меньшей плотностью и иными аэродинамическими свойствами. Частицы оболочек и зародыша, которые существенно отличаются от частиц эндосперма, выделяют в аспираторах; частицы, имеющие более близкие физические свойства, разделяют в пневмостолах. Выделенный в пневмостолах зародыш требуется подсушить до влажности не более 10 %, так как более влажный продукт очень быстро портится.

Зерно измельчают в специальных дробилках, например в дежерминаторах.

В дежерминаторе лучше измельчать сильно увлажненное зерно, так как при этом более полно отделяются оболочки и зародыш.

При производстве крупы для хлопьев дробление должно быть крупным. При производстве шлифованной крупы и крупы для палочек могут быть применены и другие дробилки. При отсутствии дробилок можно измельчать зерно в вальцовых станках, вальцы которых имеют взаимно перпендикулярную нарезку.

После выделения зародыша частицы эндосперма перерабатывают в разные продукты: шлифованную крупу, крупу для хлопьев и палочек, крупу для палочек.

Производство шлифованной крупы. Выделенные с пневмостолов дробленые частицы эндосперма размером от 6 до 1,5 мм подвергают четырехкратному шлифованию в машинах типа ЗШН, ситовые обечайки которых имеют отверстия размером 1,0x15 мм (рисунок 61б). После каждой системы шлифования продукты провеивают в аспираторах и просеивают в отсевах для отбора муки.

Полученную с последней системы смесь крупы различных номеров делят в отсевах или крупосортировках. Крупу каждого номера после провеивания и контроля в магнитных сепараторах направляют в бункера для готовой продукции. Мучку с отсевов, аспираторов контролируют в просеивающих машинах на ситах № 067.

Производство крупной крупы для хлопьев и мелкой для палочек. При производстве такой крупы продукты измельчения просеивают на ситах с отверстиями Ø 8 и 5 мм. Сход сита с отверстиями Ø 8 мм возвращается на повторное увлажнение и измельчение, проход сита с отверстиями Ø 8 мм и сход сита с отверстиями Ø 5 мм направляют на контрольное сортирование в крупосортировке или отсевах, где проходом сит с отверстиями Ø 7 мм и сходом сит с отверстиями Ø 5 мм получают крупную крупу для хлопьев. Эту крупку после отделения из нее зародыша в пневмостоле и контроля в магнитном сепараторе подают в бункер для готовой продукции. Сход с контрольного сита с отверстиями Ø 7 мм присоединяют к сходу сита с отверстиями Ø 8 мм на основной системе сортирования.

Проход сит с отверстиями Ø 5 мм с основной и контрольной систем сепарирования после извлечения из него зародышевого продукта в пневмостолах используют для получения мелкой крупы для палочек.

Линия для производства этой крупы включает четыре системы измельчения в вальцовых станках. Вальцы вальцовых станков имеют нарезку на 1, 2, 3 и 4-й системах с плотностью 5, 7, 8 и 9 на 1 см, уклон рифлей на 1-й системе 6 %, на 2-й и 3-й - 10 и на 4-й - 8 %. Отношение скоростей вальцов 2,5:1, расположение рифлей «острие по острию».

Продукты измельчения после каждого вальцового станка сортируют в отсевах, где установлены металлотканые сита № 1,2 и № 067. Сход с первых сит направляют на последующую систему дробления, проход сита № 067 представляет собой мучку либо кукурузную муку (со 2-4-й систем). Проход сит № 1,2 и сход сит № 067 со всех систем объединяют, повторно контролируют в отсевах, где установлены такие же сита.

После контрольного просеивания проход сит № 1,2 и 067 дважды обогащают в ситовечных машинах и затем контролируют в магнитном сепараторе. После этого направляют в бункера для готовой продукции.

Производство мелкой крупы для палочек. После предварительного измельчения продукты просеивают на наборе сит, причем сход с сит с отверстиями Ø 4,0 мм направляют на повторное измельчение, а остальные продукты - в пневмостолы, где выделяют из них зародышевый продукт и оболочки. Обогащенные частицы эндосперма измельчают на пяти системах вальцовых станков.

Вальцы в вальцовых станках имеют нарезку плотностью на 1-й системе 6 рифлей на 1 см, на 2-4-й - 6,5; а на 5-й - 8 рифлей на 1 см. Отношение скоростей

вальцов 2,5:1 (на 4-й системе 1,5:1), расположение рифлей «острие по острию», уклон их на 1-й системе 6 %, на последующих - 10 %.

Продукты измельчения сортируют в отсевах, где установлены сита № 1,2 и 067. Как и в предыдущей схеме, схода с сит № 1,2 поступают на последующие системы, проход сит № 056 - на контроль кукурузной муки.

Проходы сит № 1,2 и схода сит № 067 после контрольного просеивания на таких же ситах дважды обогащают в ситовечных машинах, после чего получают готовую крупу (таблица 18).

Таблица 18 - Ассортимент и нормы выхода готовой продукции и отходов

Продукты	Ассортимент и выход продукции, %		
	шлифованная крупа	крупа для хлопьев и палочек	крупа для палочек
Крупа шлифованная	40,0	-	-
Для хлопьев	-	30,0	-
палочек	-	10,0	40,0
Мука	15,0	15,0	15,0
Мучка	34,0	34,0	34,0
Зародыш	7,0	7,0	7,0
Отходы I и II категорий	3,0	3,0	3,0
Отходы III категории и механические потери	0,5	0,5	0,5
Усушка	0,5	0,5	0,5
Всего	100,0	100,0	100,0

2 Технология мукомольного производства

Производственный процесс переработки зерна в муку на мукомольных заводах зависит от следующих основных факторов: качества зерна, поступающего в переработку; степени совершенства технологического процесса; качества и состояния технологического оборудования. Решающее значение для оценки качества зерна как сырья для мукомольной промышленности имеют его технологические - мукомольные и хлебопекарные свойства. Технологические свойства зерна характеризуются количественными и качественными показателями и определяют эффективность его переработки.

Мукомольные свойства выявляются в процессе переработки зерна в муку и определяются следующими показателями: общим выходом муки и ее средневзвешенным качеством, выходом и качеством муки высоких сортов (муки высшего сорта с манной крупой и первого сорта), количеством извлеченных крупок и дунстов, степенью вымалываемости оболочек, расходом энергии на выработку 1 т муки. Эти показатели находятся в прямой зависимости от свойств самого зерна - стекловидности, влажности, зольности, прочности, твердости, выравненности, натурности и др.

2.1 Мукомольные свойства зерна пшеницы и ржи

Мукомольные свойства зерна в значительной степени характеризуются содержанием эндосперма, количество которого в пшенице колеблется от 74 % до 85 %, во ржи - от 75 % до 79 % (таблица 19). Мукомольные свойства зерна определяют опытными помолами, которые проводят в лабораторной мельнице.

Таблица 19 - Относительное содержание составных частей зерна пшеницы и ржи, %

Части зерна	Пшеница	Рожь
Эндосперм	74-85	75-79
Оболочки:		
плодовые	4,2-6,3	4,8-5,5
семенные	3,1-4,8	1,9-2,8
Алейроновый слой	6,0-10,5	10-13
Зародыш	1,43-3,14	3,4-4,0

Качество зерна, направляемого на переработку в муку, оценивают по следующим показателям:

1) обязательным общим - характеризуют свежесть, или здоровье, зерна (вкус, запах, цвет) и его состояние (зараженность вредителями хлебных запасов, влажность, содержание примесей). По этим показателям судят о стойкости зерна при хранении, возможности его использования, необходимости обработки и режимах. Такие показатели зерна определяют независимо от целевого назначения;

2) обязательным специфическим - характеризуют технологические достоинства зерна. Это типовой состав, натура, крупность и выравненность, стекловидность, количество и качество клейковины, зольность и др.;

3) дополнительным - определяют в случае необходимости или по особому указанию (плотность, прочность, полный химический состав или содержание отдельных веществ, например белков, активность ферментов, количественный и качественный состав микрофлоры, остаточное содержание фумигантов в зерне после его газации и др.).

Все методы определения показателей качества зерна стандартизированы. Качество зерна устанавливают в лабораторных условиях органолептически или с применением различных приборов и устройств. Органолептически определяют цвет, запах и вкус зерна.

В лабораторных условиях с применением приборов определяют зольность, стекловидность, влажность, крупность, выравненность, натура, плотность, прочность, зараженность вредителями хлебных запасов, количество и качество клейковины и др.

Зольность. Это количество золы, образовавшейся в результате сжигания навески зерна или муки, выраженное в процентах к массе навески. Зола образуется как из неорганических, так и из органических веществ зерна (белков, фосфатидов и др.). Она состоит из окислов и солей различных минеральных элементов, входящих в состав зерна: калия, фосфора, натрия, кальция, магния и др., причем на долю фосфора приходится около 60 %, а на долю калия - около 30 % золы.

Зольность зерна колеблется в зависимости от сортовых особенностей и

почвенно-климатических условий его произрастания, причем у различных анатомических частей зерна она неодинакова. Наибольшую зольность имеют оболочки и алейроновый слой, наименьшую - эндосперм (таблица 20), поэтому при прочих равных условиях зольность выполненного зерна всегда ниже, чем щуплого. Части зерна, имеющие высокое содержание минеральных веществ, содержат также наибольшее количество клетчатки и гемицеллюлоз, ухудшающих товарный вид муки.

Таблица 20 – Зольность зерна и его частей, % на сухое вещество*

Зерно и его части	Зольность, %		
	максимальная	минимальная	средняя
Зерно	2,03	1,81	1,95
Эндосперм	0,51	0,28	0,46
Оболочки с алейроновым слоем	9,83	7,54	8,49
Зародыш	6,08	5,11	5,98
* Данные по пятнадцати образцам мягкой пшеницы.			

Зольность является важным показателем мукомольных свойств зерна, так как по ее содержанию можно косвенно судить о качестве промежуточных и конечных продуктов переработки. Зольность имеет большое значение для контроля полноты отделения оболочки от эндосперма и оценки качества муки. Задача технолога так построить технологический процесс, чтобы из зерна получить муку по зольности не выше установленных норм, а средневзвешенную зольность всей муки приблизить к зольности эндосперма.

В низкозольном зерне хорошо развит эндосперм. Такое зерно в мукомольной промышленности ценится выше - при его переработке выход сортовой муки возрастает. Так как зольность муки зависит от зольности исходного сырья, зольность входит в группу показателей, используемых для расчета выходов готовой продукции.

Для зерна пшеницы и ржи базисная зольность 1,97 %. За каждую 0,01 % зольности зерна пшеницы выше базисной нормы при сортовых помолах выход муки уменьшается на 0,18 %, при обойных помолах пшеницы и ржи и сорговых помолах ржи - на 0,20 %. Одновременно на эту же величину увеличивается выход отрубей.

Однако, учитывая колебания зольности зерна и его частей в зависимости от различных факторов, можно сказать, что зольность лишь приблизительно отражает действительное соотношение эндосперма и оболочек и не дает полного представления о качестве зерна и муки. Поэтому расчеты выходов готовой продукции по зольности не являются точными. Правильнее было бы судить о соотношении частей зерна по содержанию крахмала, входящего только в состав эндосперма, или клетчатки и гемицеллюлоз, а также по цвету получаемой муки. Очевидно, если будут найдены быстрые и точные методы определения содержания этих веществ, показатель зольности потеряет свое значение. На некоторых мукомольных заводах уже применяют для контроля технологического процесса экспрессный и более объективный метод определения белизны и цвета муки на специальном приборе.

Зольность рассчитывают в процентах на сухое вещество по формуле

$$X = \frac{m_3 \cdot 100 \cdot 100}{m_n(100 - \omega)} \quad (15)$$

где m_3 - масса золы, г;

m_n - масса навески размолотого зерна, г;

ω - влажность размолотого зерна, %.

Стекловидность. Это важный показатель качества, с которым связаны технологические свойства зерна, режимы подготовки к помолу и измельчению. Зерно бывает стекловидным, полустекловидным и мучнистым.

Стекловидными называют такие зерна, которые слабо преломляют луч света и при просвечивании кажутся прозрачными. Мучнистые зерна при рассмотрении на свету непрозрачны, при просвечивании кажутся темными. В разрезе белые. Между этими двумя резко различными формами встречаются зерна частично стекловидные. Стекловидность характеризует определенные структурно-механические свойства зерна, и в первую очередь его твердость, что отражается на измельчении и формировании промежуточных продуктов, как по количеству, так и по качеству.

Стекловидность характеризует степень связи белковых веществ с крахмальными зёрнами. В стекловидной пшенице белок более тесно связан с крахмальными зёрнами (прикрепленный белок), его труднее отделить. В зерне с мучнистым эндоспермом больше промежуточного белка, который при размолу довольно легко высвобождается. Именно поэтому зерно со стекловидным эндоспермом обладает большей механической прочностью, что дает возможность лучше организовать процесс его переработки. Стекловидное зерно при определенных режимах подготовки легче вымалывается и дает больший выход крупок, чем мучнистое (таблица 21).

Группы стекловидности мягкой пшеницы учитывают при размещении зерна на хранение, а также при формировании помольных партий и определении режимов гидротермической обработки зерна. Стекловидность влияет также на удельный расход электроэнергии при измельчении зерна (таблица 22).

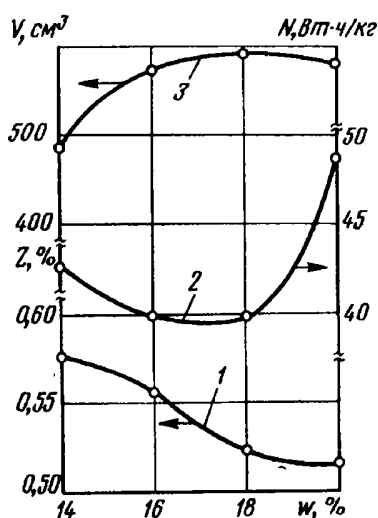
Влажность. Имеет большое значение как при хранении зерна, так и при его переработке. Количественное содержание, состояние и характер взаимодействия влаги с частями зерна оказывают существенное влияние на его технологические свойства (рисунок 62).

Таблица 21 - Ориентировочные показатели извлечения крупок, дунстов и муки

Продукты, получаемые в драном процессе	Группа стекловидности пшеницы, %		
	свыше 60	40-60	ниже 40
Крупки (крупные, средние, мелкие) первого качества	54,0	50,0	46,0
Дунст (I-IV драные системы)	12,0	14,0	16,0
Итого крупок и дунста	66,0	64,0	62,5
Мука	11,0	13,0	15,0
Итого извлечение продуктов с трех драных систем	77,0	77,0	77,0

Таблица 22 - Зависимость энергетических показателей предприятия от стекловидности пшеницы (по Л.Е. Айзиковичу)

Показатель	Стекловидность		
	25	33	56
Производительность мукомольного завода (трехсортный помол), т/сут	119	112	109
Потребная мощность на измельчение продуктов вальцовыми станками (без учета холостого хода), кВт	24,8	27,6	31,8
Расход электроэнергии на выработку 1 т продукции, кВт·ч	57,6	59,5	64,5



1 - зольность муки 70 %-ного выхода; 2 - удельный расход энергии; 3 - объемный выход хлеба.

Рисунок 62 - Влияние влажности пшеницы на ее технологические свойства (по Г.А. Егорову)

С учетом стойкости при хранении, а также возможности переработки уста-

новлено четыре состояния зерна по влажности (таблица 23).

Таблица 23 - Состояние зерна по влажности

Состояние зерна	Влажность	Состояние зерна	Влажность
Сухое	До 14 % включительно	Влажное	Свыше 15,5 % до 17 % включительно
Средней сухости	Свыше 14 % до 15,5 % включительно	Сырое	Свыше 17 %

Влажность зерновой смеси обуславливает и ее гигроскопичность, т.е. способность поглощения и отдачи влаги, зависящую от физических, технологических свойств и химического состава зерна, а также от термодинамических условий окружающей среды. Существенное влияние на влажность зерна пшеницы оказывают относительная влажность воздуха и его температура. Так, при относительной влажности воздуха 40 % равновесная влажность, например, пшеницы при температуре - 10 °С составляет 11,6 %, а при 80 % при той же температуре - 17,1 %. При гидротермической обработке зерна пшеницы вода в оболочках с развитой капиллярной системой выступает как пластификатор, способствуя нарастанию пластических деформаций и, следовательно, усилению прочности и вязкости оболочек. Проникание воды в эндосперм снижает его прочность.

При переработке зерна повышенной влажности (от 15,5 % до 16,5 %) значительно улучшается качество муки, но снижается производительность мукомольного оборудования и увеличивается расход электроэнергии на выработку муки. Зерно влажностью свыше 18 % практически размолоть в муку невозможно. При переработке зерна влажностью менее 15 % его оболочки легко деформируются, дробятся и, попадая вместе с частицами эндосперма в муку, резко ухудшают ее качество. Поэтому увлажнению зерна в мукомольном производстве уделяют большое внимание. Особенно важное значение в технологии мукомольного производства имеет создание дифференцированной влажности частей зерна, т.е. создание таких условий, когда влажность оболочек значительно превышает влажность эндосперма, что создает предпосылки для более полного их отделения с целью улучшения ассортимента и качества продукции.[5]

Крупность. О крупности зерна дают представление его линейные размеры (таблица 24).

Таблица 24 - Размеры (мм) зерна пшеницы и ржи

Культура	Толщина	Ширина	Длина
Пшеница	1,6-3,8	1,8-4,0	4,8-8,6
Рожь	1,0-3,4	1,4-3,4	5,0-9,8

Из трех линейных размеров мукомольные свойства в наибольшей степени характеризует толщина зерна. Чем больше эта величина, тем лучше его мукомольные свойства. Зерно округлой формы и выполненное при прочих равных

условиях имеет лучшие мукомольные свойства, чем зерно граненой формы с заостренными краями. Определение крупности зерна и содержания отдельных фракций по величине в партии зерна необходимо для подбора сит и размера ячеек в зерноочистительных машинах.

Пшеницу делят на крупную, среднюю и мелкую фракции, полученные сходом, на ситах с отверстиями следующих размеров (мм): 2,8x20 - крупная фракция; 2,2x20 - средняя; 1,7x20 - мелкая.

Если количество зерен крупной и средней фракций в зерновой массе составляет не менее 85 %, то зерно считается однородным. Проход через сито с отверстиями размером 1,7x20 мм показывает наличие в зерновой массе неполноценных зерен (щуплых, недоразвитых и т.д.), характеризующихся высоким содержанием оболочек и, следовательно, пониженным содержанием эндосперма. Поэтому при увеличении прохода через это сито на 1 % расчетный выход муки уменьшают на 0,5 % при сортовых помолах и 0,3 % при обойном помоле.

Выравненность. Под выравненностью зерна понимают однородность партии зерна по крупности. Выравненное зерно легче очистить от примесей, так как нетрудно подобрать сита с отверстиями соответствующих размеров в сепарирующих машинах, размер ячеек в триерах, скорость воздушного потока в аспирационных машинах и отрегулировать рабочие зазоры в измельчающих машинах. Выравненность зерна имеет большое значение при измельчении пшеницы и продуктов размола в вальцовых станках. Выравненность зерна значительно влияет на выход и качество продуктов измельчения пшеницы и ржи. Для достижения выравненности зерновой массы на мукомольных заводах зерно сортируют по крупности с выделением фракции мелких зерен, которые используют на кормовые цели.

Содержание мелких зерен определяют по стандарту, просеивая навески зерна массой 50 г на сите для пшеницы с отверстиями размером 1,7x20 мм, для ржи - 1,4x20 мм.

Натура и плотность. Натура - это один из наиболее важных показателей качества зерна. Под натурой понимают массу 1 л зерна, выраженную в граммах. Чем выше этот показатель, тем лучше мукомольные свойства зерна, тем меньше в зерне содержится оболочек и больше эндосперма. Однако на величину натуры влияют форма зерна, характер поверхности, влажность, характер и количество примесей, выравненность и температура. Зерна округлой формы укладываются плотнее, чем удлиненные. Плотность укладки зерен с гладкой поверхностью выше, чем зерен шероховатых или морщинистых. При повышении влажности натура зерна уменьшается.

Крупные органические примеси уменьшают натуру, а минеральные увеличивают. Натура зерна после сушки и очистки обычно повышается. Поэтому перед ее определением рекомендуется очистить зерно, пропустив его через сепаратор. При расчете натуры принимают во внимание влажность зерна. Если она превышает базисную норму, то за каждый процент влажности выше базисной нормы окончательный результат увеличивают на 5 г/л для пшеницы I, II и III типов и на 3 г/л для пшеницы IV типа. Чем выше плотность зерна, тем выше его натура.

Натура зерна различных культур приведена в таблице 25

Таблица 25 - Натура зерна различных культур

Культура	Натура, г/л
Пшеница	620-870
Рожь	670-735
Овес	530-640
Ячмень	440-570

Плотность зерна пшеницы колеблется от 1,33 до 1,53 г/см³ и зависит от химического состава и анатомического строения зерновки. Наибольшую плотность у зерновок злаковых культур имеет эндосперм, богатый крахмалом, наименьшую - оболочки, состоящие из клетчатки. Разную плотность эндосперма и оболочек используют при размоле зерна в процессе обогащения. Мелкое и щуплое зерно, содержащее относительно больше оболочек и зародыша, имеет меньшую плотность, чем крупное, хорошо выполненное.

Прочность. Это способность зерна сопротивляться механическому разрушению. Прочность целого зерна пшеницы несколько меньше, чем у ржи. В таблице 26 приведены усилия для разрушения зерен пшеницы, в таблице 27 - для оболочек, в таблице 28 - для эндосперма.

Таблица 26 - Усилия для разрушения зерна, 10⁻³ Па

Пшеница	Вид деформации		
	сжатие	скалывание	срез
Твердая	118	87	75
Мягкая:			
стекловидная	74	67	46
мучнистая	62	55	38

Таблица 27 - Усилия для разрыва оболочек, 10³ Па

Пшеница	Направление воздействия	
	вдоль	поперек
Мягкая	242	135
Твердая	316	216

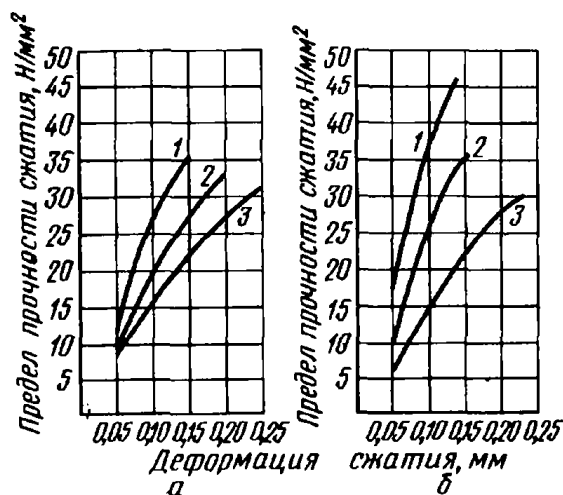
Таблица 28 - Усилия для разрыва эндосперма, 10³ Па

Пшеница	Вид деформации			
	сжатие	сдвиг	растяжение	срез
Мягкая мучнистая	14	6	13	3
Твердая	58	13	23	9,5

Прочность зерна колеблется в зависимости от района произрастания, культуры, влажности, стекловидности зерновки (рисунок 63) и других показателей.

С увеличением крупности и стекловидности зерно становится более хруп-

ким, а с их уменьшением повышаются пластические свойства.



а - стекловидность 50 % (1 - влажность 15 %; 2 - влажность 15,8 %; 3 - влажность 16,7 %); б - влажность от 15 % до 15,3 % (1 - стекловидность 71 %; 2 - стекловидность 50 %; 3- стекловидность 32 %).

Рисунок 63 - Изменение прочности зерна (по И.Т. Мерко)

При сжатии зерна зародыш плющится (не разрушается) и алейроновый слой незначительно деформируется.

Прочность характеризует структурно-механические свойства зерна, которые влияют на подготовку его к размолу и в большей степени на размол. Структурно-механические свойства обусловлены различным строением зерна и его основных частей (эндосперма и оболочек), степенью их сопротивляемости при измельчении, а также твердостью или микротвердостью (сопротивление, оказываемое зерном при различных видах деформации), упругостью (свойство восстанавливать первоначальные размеры) и пластичностью (свойство сохранять форму).

Особенности мукомольных свойств зерна ржи. Зерновка ржи по своему строению и соотношению анатомических частей в целом близка к зерновке пшеницы, однако существуют некоторые особенности. Рожь используют в основном для выработки обойной и обдирной муки, при производстве которой не требуется тщательного отделения оболочек от эндосперма. К основным показателям, характеризующим мукомольные свойства зерна ржи, относят зольность, стекловидность, натуру, массу 1000 зерен, выравненность и влажность.

Общая стекловидность ржи невысока и составляет от 15 % до 49 %, эндосперм преимущественно мучнистый и полустекловидный, редко - стекловидный, хотя для некоторых сортов характерно высокое содержание стекловидных зерен. Наибольшую стекловидность обычно имеют крупные зерна.

Натура ржи меньше, чем пшеницы и составляет от 670 до 735 г/л. Это связано с особенностями формы и поверхности зерновки - она удлинённая и морщинистая, что приводит к более рыхлой укладке зерна в измерительном цилиндре пурки. Масса 1000 зерен колеблется от 8 до 27 г в зависимости от сорта и района произрастания.

По структурно-механическим свойствам зерно ржи значительно отличается от зерна пшеницы. При размоле зерно ржи ведет себя как пластичное, а не как хрупкое тело. Применять однако, соответствующую подготовку перед помолем, можно получить из зерна ржи хорошую светлую муку с низкой зольностью.

Зерна ржи имеют различную окраску и соответственно мукомольные свойства. Зеленые зерна обладают наибольшим количеством эндосперма и более тонкими оболочками, т. е. способны дать больший выход муки. Они обычно крупнее желтых и коричневых и более стекловидны. Показатели, определяющие мукомольные свойства зерна ржи, зависят от сорта и района произрастания (таблица 29).

Таблица 29 - Качество товарной ржи различных районов произрастания

Показатели	Поволжье	Центрально-черноземный район	Украина	Северный Кавказ
Натура, г/л	699	710	726	752
Зольность, %	1,98	2,00	1,90	1,85
Стекловидность, %	22	25	33	28
Содержание белка, %	12,21	11,49	12,15	11,16

Количество белка в зерне ржи ниже, чем в зерне пшеницы, из-за большего содержания углеводов. Технологические свойства ржи связаны с резко выраженными особенностями ее белкового, углеводного, липидного и ферментативного комплексов. Выявлены важная роль азотистых веществ при переработке зерна в муку, влияние слизи на микротвердость и работу разрушения зерновки ржи. Расход электроэнергии на измельчение возрастает с увеличением вязкости слизистых веществ.

2.2 Хлебопекарные свойства зерна пшеницы и ржи

Хлебопекарные свойства пшеницы. Главными показателями, характеризующими хлебопекарные свойства муки, являются количество и качество клейковины, газообразующая и водопоглотительная способность. Хлебопекарные свойства муки проверяют пробной выпечкой. Эти свойства характеризуются физическими свойствами теста, объемным выходом хлеба, цветом и пористостью мякиша, отношением высоты подового хлеба к его диаметру.

Зерновка пшеницы содержит белки, способные образовывать при замесе теста клейковину, которая представляет собой белковый комплекс, остающийся в виде студня после промывания теста водой и удаления из него крахмала, клетчатки и водорастворимых веществ. Отмытая сырая клейковина содержит до 70 % воды. Содержание сырой клейковины в зерне пшеницы от 12 % до 50 %. Содержание клейковины в пшенице свыше 32 % считается высоким, от 23 % до 28 % - средним, менее 23 % - низким. Белки, образующие клейковину, сосредоточены только в эндосперме зерна, главным образом в его периферийных частях, поэтому

мука высшего сорта содержит клейковины меньше, чем первого и второго. Количество и качество клейковины определяют по стандарту.

Качество сырой клейковины зерна пшеницы оценивают по упругим и эластичным свойствам на приборе ИДК-1. Результаты измерения выражают в условных единицах прибора и в зависимости от этого относят ее к соответствующей группе качества (таблица 30).

Таблица 30 - Градация шкалы прибора ИДК-1 для характеристики клейковины зерна пшеницы

Показания прибора в условных единицах	Группа	Характеристика
0-20	III	Неудовлетворительная крепкая
25-35	II	Удовлетворительная крепкая
40-70	I	Хорошая
75-105	II	Удовлетворительная слабая
110-120	III	Неудовлетворительная слабая

Клейковина муки по цвету бывает светлая или темная. Темный цвет имеет клейковина, полученная из зерна проросшего, испорченного самосогреванием, поврежденного морозом или клопом-черепашкой. Различается клейковина также по эластичности и растяжимости. По способности оказывать сопротивление при растяжении клейковину при оценке ее качества делят на три группы:

первая - клейковина с хорошей эластичностью и длинная или средняя по растяжимости;

вторая - клейковина с хорошей эластичностью и короткая по растяжимости, а также с удовлетворительной упругостью и короткая, средняя или длинная по растяжимости;

третья - клейковина малоэластичная, сильно тянущаяся, провисающая при растяжении, разрывающаяся на весу под собственной тяжестью, плывущая, а также неупругая, не поддающаяся отмыванию, характеризующаяся термином «неотмывающаяся».

Хлебопекарные свойства теста связаны как с количеством клейковины, так и с ее качеством. Качество клейковины, т.е. упругость P , растяжимость и энергию теста W (удельную работу, затраченную на растяжение теста), определяют на альвеографе. Чем меньше площадь альвеограммы, тем хуже хлебопекарные свойства теста (рисунок 64).



а - лучшая упругость; б - средняя упругость; в - худшая упругость.

Рисунок 64 - Зависимость упругости от растяжимости клейковины

Качество муки характеризуется коэффициентом

$$k = P/l \quad (16)$$

где P - упругость;
 l - растяжение.

Если коэффициент равен 1,6-5,0, то мука имеет высокую упругость и недостаточную растяжимость, если 0,8-1,4 - хорошие упругость и растяжимость, если 0,15-0,70 - пониженную упругость и высокую растяжимость. Желательно получить такую муку, которая характеризуется коэффициентом 0,8-1,4.

Физические свойства теста характеризуются газообразующей и газодерживающей способностью муки. Газообразующая способность теста зависит от состояния углеводно-амилазного комплекса, наличия в нем сбраживающих сахаров и способности к образованию последних в тесте. Газообразующую способность теста определяют прибором ферментографом (в миллилитрах диоксид углерода выделенной из образца теста массой 400 г за 5 ч брожения). Если содержание диоксида углерода составляет от 1600 до 1900 мл, хлеб имеет удовлетворительное качество, если меньше 1600 мл - неудовлетворительное качество.

Газодерживающая способность теста зависит от белково-протеиназного комплекса муки, от количества и качества клейковинных белков.

По хлебопекарным свойствам мягкую пшеницу делят на три группы: первая - сильная, т.е. пшеница, дающая хлеб отличного качества и пригодная для использования как самостоятельно, так и в качестве улучшителя (при смешивании она передает свои сильные свойства пшенице со слабой клейковиной); вторая - пшеница, пригодная для самостоятельного использования, но не может быть использована как улучшитель; третья - слабая пшеница, нуждается в добавлении улучшителя для повышения хлебопекарных свойств.

Хлебопекарные свойства ржи. По коллоидным свойствам тесто из ржаной муки сильно отличается от теста из пшеничной муки. В последнем основную роль играет упругий и вместе с тем растяжимый белковый комплекс клейковины. Из зерна ржи клейковина при замесе теста в обычных условиях не отмывается. Это происходит потому, что свойства ржаного теста определяются растворимыми в воде коллоидными веществами в основном углеводного происхождения, среди которых особую роль играют слизи, препятствующие формированию связной клейковины ржи. Ржаной хлеб получается меньшего объема (по сравнению с пшеничным) и имеет более плотный мякиш в связи с тем, что в ржаном тесте не формируется связная упругая клейковина, как это происходит в пшеничном хлебе.

Независимо от сорта и места выращивания ржи белок зерна имеет повышенное по сравнению с пшеничным содержание лизина и некоторых других незаменимых аминокислот. Зерно ржи, богатое белками с хорошим аминокислотным составом, отличается высокими пищевыми достоинствами. Сортные особенности зерна ржи проявляются слабо, решающее значение оказывают условия возделывания.

Таким образом, зерно ржи и ржаной хлеб по сравнению с зерном пшеницы и пшеничным хлебом имеют некоторые преимущества. Биологическая ценность

его выше, так как белок зерна ржи лучше сбалансирован по содержанию незаменимых аминокислот. В смешанном ржано-пшеничном и пшенично-ржаном хлебе белки обеих культур удачно дополняют друг друга. При одинаковом выходе муки ржаной хлеб содержит более высокое количество некоторых витаминов (рибофлавина, токоферола) и минеральных веществ. Ржаной хлеб имеет высокую пищевую ценность и вкусовые достоинства; содержит вещества, придающие ему специфический вкус и аромат; медленно черствеет.

Для оценки хлебопекарного достоинства зерна ржи решающее значение имеет состояние углеводно-амилазного комплекса, о котором судят по диастатической активности и общей автолитической активности. Диастатическая активность (осахаривающая способность) - активность амилазного комплекса, выраженная в миллиграммах мальтозы, образовавшейся при определенных условиях автолиза из определенного количества муки или размолотого зерна в болтушке.

Немаловажное значение для оценки качества муки имеет определение ее автолитической активности, т.е. способности в процессе прогрева в мучной болтушке образовывать водорастворимые вещества. Повышение автолитической активности быстро делает зерно дефектным по хлебопекарным свойствам (объемному выходу, пористости, расплываемости) в результате изменения физических и химических свойств белков и углеводов. Чаще всего это связано с проращением зерна, которое может начаться уже в колосе во время созревания в фазе молочной спелости. Лишь при благоприятных погодных условиях можно получить зерно ржи хорошего качества без заметных признаков проращения.

2.3 Стандарты на зерно, поступающее на мукомольные заводы

Для обеспечения продажи государству доброкачественного зерна и поставки его перерабатывающим предприятиям разработаны государственные стандарты, в которых предусмотрены нормы качества. В стандартах указаны базисные и ограничительные кондиции.

Базисными кондициями для зерна, поступающего на мукомольные предприятия, являются нормы качества, обеспечивающие его сохранность и получение стандартной продукции. Эти нормы устанавливают по влажности, зольности, натуре, засоренности, содержанию клейковины и по другим показателям. Базисные кондиции являются основанием для расчета выходов готовой продукции. Базисное качество зерна пшеницы и ржи, поступающего на мукомольный завод для переработки в муку, определено следующими нормами: влажность 14,5 %; зольность в чистом зерне (без сорной примеси) 1,97 %; содержание сорной примеси 1 %, в том числе минеральной 0,1, вредной 0,1 (в числе вредной горчака или вязеля 0,05 %); содержание зерновой примеси 1 %; натура при сортовых помолах пшеницы 750, ржи 700 г/л; стекловидность 55 % для мягкой пшеницы, для твердой - 75 %.

На основе этих базисных показателей качества зерна определены базисные показатели выхода вырабатываемой продукции (муки - по общему выходу и по сортам, отрубей, отходов), которые закладываются в расчеты. При отклонении показателей качества от приведенных выше базисных кондиций производится соответствующая скидка (при пониженном качестве) или надбавка (при более высо-

ком качестве) на выходе продукции.[6]

Нормы для расчета выходов продукции в зависимости от качества перерабатываемого зерна приведены в Правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах.

На предприятии зерно подвергают предварительной подготовке - сушке (при необходимости), очистке от примесей. В результате такой подготовки зерно, передаваемое из зернохранилищ на мукомольный завод, должно отвечать определенным требованиям (таблица 31).

2.4 Засоренность зерна

Общие сведения. Партии зерна, поступающие на хлебоприемные или зерноперерабатывающие предприятия, состоят не только из зерна основной культуры (например, пшеницы), но и включают зерна других культур, а также семена сорных растений, минеральную, органическую, металломагнитную и другие примеси. Партию зерна вместе с примесями принято называть зерновой массой или просто зерном. Основную часть зерновой массы составляет зерно той культуры, по которой она названа (например, партия пшеницы).

Содержание примесей в зерне на продовольственные цели нормируется. Присутствие примесей в зерновой массе ухудшает семенные и продовольственные достоинства зерна, снижает его стойкость при хранении. Примеси являются балластом, загромождающим транспорт. Присутствие примесей, и особенно трудноотделимых, вызывает необходимость сложной и многоступенчатой очистки зерна, что удорожает стоимость его переработки.

В основу классификации примесей в товарном зерне положен один принцип - степень влияния данного вида примеси на качество зерна, его сохранность, а также на выход и качество продуктов переработки. Примесь может быть сорной и зерновой.

Засоренностью зерна называют отношение массы содержащихся примесей к массе навески зерна, выраженное в процентах. Этот показатель определяют на всех этапах работы с зерном. Для этого навеску зерна разбирают на три фракции: основное зерно, сорную и зерновую примеси. Состав каждой фракции приведен в стандарте на соответствующую культуру. К основному зерну относят полноценные, т.е. созревшие и выполненные зерна основной культуры, имеющие нормальный внешний вид.

В практике очистки зерна в зерновой смеси встречаются примеси, которые настолько близки к зерну основной культуры по размерам и аэродинамическим свойствам, что не могут быть выделены на ситах, триерах и воздушным потоком. Такие примеси считаются трудноотделимыми.

Кроме сорной и зерновой примесей, в зерновой массе могут находиться металломагнитные примеси, которые должны быть обязательно удалены. На элеваторах и в зерноочистительных отделениях мукомольных заводов для выделения металломагнитных примесей устанавливают специальные устройства.

Таблица 31 - Ограничительные кондиции для зерна*, поступающего на зерноперерабатывающие предприятия

Показатели качества	Зерно, направляемое			
	в хранилище		в зерноочистительное отделение мукомольного завода	
	пшеница	рожь	пшеница	рожь
Влажность (не более), %				
с применением мойки:	15,5	15,5	-	-
при сортовых помолах для пшеницы I-III типов	-	-	12,5	-
для пшеницы других типов	-	-	13,5	-
при отсутствии мойки независимо от типа зерна	-	-	14,0	-
при обойных помолах	-	-	15,0	-
Сорная примесь (не более), %	2,0	2,0	2,0	2,0
на мукомольных заводах с комплектным оборудованием	-	-	1,0	-
в том числе вредной примеси	2,0	2,0	2,0	2,0
в числе вредной примеси:				
а) горчака, вязеля (вместе или отдельно)	0,1	0,1	0,04**	0,04**
б) головни, спорыньи (вместе или отдельно)**	0,15	0,15	0,05	0,05
куколя	0,5	0,5	-	-
Зерновая примесь (не более), %	5,0	4,0	5,0	4,0
в том числе проросших зерен	3,0	3,0	3,0	3,0
Клейковина количество (не менее), %				
сортовой помол	25,0	-	Должна обеспечиваться выработка стандартной муки	
обойный	20,0	-		
качество (не ниже группы)	2-й	-		
*Зерно должно быть с нормальными запахом и вкусом. При приемке на элеватор зараженность клещом выше II степени не допускается. Зерно, зараженное долгоносиком в I степени или другими вредителями хлебных запасов (кроме клеща), можно отгружать для переработки только на специально выделенные предприятия.				
**Зерно, содержащее головневые мешочки, мараные или синегузочные зерна, необходимо обрабатывать в моечных машинах.				

В лабораториях мукомольных заводов, кроме анализа на засоренность, определяют примеси, которые необходимо удалить из зерна. Для этого его просе-

ивают на двух ситах - верхнем, соответствующем верхнему сити сепаратора, и нижнем, на котором нормальное зерно задерживается полностью. Сход с нижнего сита пропускают через сито с ячейми, соответствующими ячейм куколеотборочной машины, и выделяют более короткие примеси, чем зерно (семена куколя, вьюнка и т.д.). Оставшуюся часть зерна разбирают вручную, причем отдельно учитывают длинные примеси (овес, овсюг), которые могут быть удалены на овсюгоотборочной машине, легкие и трудноотделимые примеси.

Таким образом, примеси классифицируют по следующей схеме (таблица 32).

Таблица 32 - Классификация примесей

Примеси	Рабочие элементы зерноочистительных машин
Крупные	Сита
Мелкие	То же
Легкие	Воздушный поток
Короткие	Ячеистая поверхность
Длинные	То же
Трудноотделимые	Камнеотделители
Металломагнитные	Магнитное поле

Анализ примесей по такой схеме позволяет технологу подобрать соответствующие способы очистки и добиться необходимой эффективности при обработке зерна в зерноочистительном отделении мукомольного завода.

Сорная примесь. К сорной относятся примеси, которые по своим свойствам и составу не могут быть использованы вместе с зерном основной культуры. Сорная примесь отрицательно влияет на качество и выход готовой продукции, поэтому ее необходимо полностью (или почти полностью) удалить из помольной партии перед переработкой. Содержание сорной примеси нормируется. В пшенице продовольственной, отгружаемой для переработки в муку, содержание сорной примеси ограничивается 2 %.

Сорная примесь в пшенице и ржи включает следующее:

1) весь проход, полученный при просеивании через сито с отверстиями Ø 1 мм. Эта фракция может состоять из мелких частиц минеральной и органической примесей, мелких семян сорняков, кусочков семян и т.д. и является благоприятной средой для развития микроорганизмов и вредителей хлебных запасов. Кроме того, мелкие частицы минеральной примеси вызывают в готовой продукции ощущение хруста, поэтому эта фракция должна быть полностью удалена из партии зерна, подлежащей переработке;

2) минеральную примесь - землю, песок, гальку. Появление ее в зерновой массе связано с механизированной уборкой, когда комбайн захватывает комочки почвы. Возможно, также попадание минеральной примеси в зерновую массу при перевозке в загрязненных транспортных средствах и при хранении без соблюдения санитарного режима в хранилищах. Эта фракция также может являться при-

чиной хруста в готовой продукции (муке, хлебе), что приводит к признанию ее нестандартной. Поэтому при очистке зерна она подлежит полному удалению. В зерне, отгружаемом на элеваторы мукомольных заводов, содержание минеральной примеси более 0,3 % не допускается (в том числе гальки до 0,10 %, шлака и руды до 0,05 %). Зерно, содержащее более 0,10 % минеральной примеси, можно поставлять только в количествах, обусловленных специальными нарядами. Минеральная примесь в зерне, направляемом на размол, не допускается;

3) семена сорных растений - попадают в зерновую массу при обмолоте зерна. Одни из них распространены повсеместно, другие характерны только для определенных районов или засоряют посеvy только определенных культур. В большинстве случаев они созревают позднее семян основной культуры, поэтому в период уборки содержат влаги на 10-20 % больше, чем зерно основной культуры, и являются благоприятной средой для развития микроорганизмов, самосогревания, порчи зерна. В эту же группу включают и семена всех культурных растений (кроме ржи, ячменя и полбы), которые не могут быть использованы вместе с основным зерном и, так же как и семена сорных растений, ухудшают качество партии. Семена дикорастущих и культурных растений, относимые к этой фракции, могут быть близки по размерам и плотности к зерну засоряемой культуры, поэтому при очистке они трудно удаляются. Для пшеницы такими трудноотделимыми семенами являются головчатка сирийская, синеглазка, татарская гречиха и др. Во фракции семян сорных растений отдельно учитывают куколю, его семена ядовиты. Примесь куколя уменьшает объем и структуру хлеба, придает ему голубоватый оттенок, вызывает во рту неприятную сухость и горький привкус. В процессе очистки семена куколя необходимо удалять. Содержание куколя строго нормируется: при поступлении на элеватор не должно превышать 0,5 %. Особо учитываются также семена донника, так как они содержат кумарин - вещество с сильным запахом, который передается зерну и зерно продуктам;

4) органическую примесь - пленки, части листьев, стержней и стеблей колоса, полосу и т. д. На этой примеси скапливается много пыли и микроорганизмов. Она относится к мертвому сору и по химическому составу является в основном одревесневшей клетчаткой, поэтому перед помолом подлежит удалению;

5) целиком испорченные зерна пшеницы, полбы, ржи и ячменя (проплевневшие, прогнившие, обуглившиеся, поджаренные), все с явно испорченным эндоспермом от коричневого до черного цвета. У таких зерен полностью обеднен эндосперм, кроме того, в них могут содержаться вещества с неприятным запахом и вкусом, а также вещества, вредные для человека и животных. Наличие таких зерен может быть причиной порчи зерна при хранении, снижает мукомольные качества зерна, качество и пищевую ценность готовой продукции;

б) вредную примесь - семена некоторых растений и паразитов растительного и животного происхождения. Они резко снижают пищевые и кормовые достоинства зерна, иногда делая невозможным его использование. Вредную примесь в зависимости от происхождения делят на группы:

а) грибки - паразиты (микозы), к которым относятся склероции спорыньи, мешочки и споры головни. Употребление в пищу хлеба, полученного из зерна со значительной примесью спорыньи, вызывает заболевание - эрготизм. Проявляется оно в головокружениях, слабости и судорогах, может привести к смерти в резуль-

тате паралича дыхательного центра. При отравлении ядовитыми веществами спорыньи может развиваться гангрена конечностей. Алкалоиды спорыньи ядовиты также для животных и птиц. Содержание спорыньи и головни строго нормируется: вместе или в отдельности не должно превышать 0,15 %. Зерна, в бородке которых скапливается много спор головни, называются синегузочными (бородка приобретает синий оттенок). Споры головни могут прилипать также к сырым зернам. Такие зерна называют мараными. Мука из головневых (мараных и синегузочных) зерен имеет неприятные запах, вкус и синеватый оттенок. Хлеб из муки, содержащей споры головни, также имеет сероватый или синеватый оттенок. При заражении зерна вонючей головней мука и хлеб приобретают неприятный запах триметиламина (запах селедочного рассола).

В зерне, направляемом на мукомольные заводы, примесь мараных и синегузочных зерен не должна превышать 10 %. Пшеницу, содержащую свыше 10 % мараных или синегузочных зерен, с влажностью не более 15,5 % можно завозить на мукомольные заводы, имеющие мойки и сушилки, а на мукомольные заводы, имеющие мойки, но не имеющие сушилок, влажностью не более 13,5 % - в установленных количествах;

б) примеси животного происхождения (галлы пшеничной нематоды - угрицы). Галлы ухудшают цвет муки и снижают ее качество;

в) ядовитые семена сорняков: вязеля разноцветного, горчака ползучего, софоры лисохвостной, плевела опьяняющего, термопсиса ланцетного. Их учитывают отдельно. Семена софоры лисохвостной содержат ядовитые алкалоиды, которые придают муке горький привкус. Плоды плевела также ядовиты.

К особо вредной примеси относят гелиотроп опушенноплодный, плоды которого содержат ядовитые алкалоиды, которые не разрушаются высокой температурой при выпечке хлеба. Поэтому даже небольшое содержание плодов гелиотропа опушенноплодного в зерне, поставляемом на продовольственные и кормовые цели, не допускается. Орешки триходесмы седой содержат алкалоиды триходесмин, инканин, вызывающие тяжелое заболевание - триходесмотоксикоз. Происходит поражение центральной нервной системы и кровеносных органов. Поэтому семена триходесмы седой относятся к особо ядовитой примеси и содержание их в зерне, заготавливаемом и поставляемом на переработку, не допускается.

В пшенице продовольственной заготавливаемой допускается содержание вредной примеси не более 1 %, в числе вредной примеси спорыньи не более 0,5 %, горчака ползучего, софоры лисохвостной, термопсиса ланцетного (по совокупности) не более 0,1 %, вязеля разноцветного не более 0,1 %, гелиотропа опушенноплодного не более 0,1 %, триходесма седая не допускается.

К пшенице, отгружаемой для переработки в муку и направляемой из элеватора или складов в зерноочистительное отделение мукомольного завода, предъявляются еще более высокие требования. Так как вредная примесь может быть трудноотделимой, в правилах организации и ведения технологического процесса на мельницах это положение оговорено: содержание вредной примеси не должно быть более 0,2 %, в том числе горчака или вязеля вместе или в отдельности до 0,1 %.

В зерне, направляемом в размольное отделение мукомольного завода, содержание вредной примеси не должно быть более 0,05 %, в том числе горчака или

вязеля (отдельно или вместе) не более 0,04 %, куколя не более 0,1 %, примесь семян гелиотропа и триходесмы седой не допускается.

Зерновая примесь. К зерновой примеси относят: зерна основной культуры, имеющие дефекты, но сохранившие эндосперм; нормальные и частично поврежденные зерна других культурных растений, которые по своей ценности близки к основному зерну. Зерновая примесь в меньшей степени отражается на качестве зерна, чем сорная, и имеет некоторую пищевую и кормовую ценность.

В зерновой примеси пшеницы выделяют следующие фракции:

- зерна битые и изъеденные вредителями, независимо от характера и размера повреждения, в количестве 50 % от их массы (остальные 50 % относят к основному зерну). В этих зернах еще осталась часть эндосперма. Они пригодны для выработки муки, но нестойки при хранении, так как легко увлажняются, легче доступны вредителям хлебных запасов, на них быстро развиваются микроорганизмы;

- сильно недоразвитые зерна (щуплые). Появляются в результате неблагоприятных условий при созревании, например при суховеях. Характеризуются небольшим размером, резко складчатой поверхностью, сильно развитыми оболочками и почти полным отсутствием эндосперма. Наличие таких зерен снижает выход продукции;

- проросшие зерна с вышедшими наружу или утраченными корешком или ростком, деформированные, с явно измененным цветом оболочек вследствие прорастания зерна. Эти зерна могут появиться при неблагоприятных погодных условиях при уборке или хранении. Зерна нестойки при хранении, имеют пониженные мукомольные свойства и ухудшают хлебопекарные качества полученной из него муки;

- зерна, поврежденные самосогреванием в процессе хранения или при неправильном режиме сушки. Характеризуются явно измененным цветом оболочек и затронутым цветом эндосперма от кремового до светло-коричневого;

- зерна, раздутые при сушке, характеризуются увеличенными размерами, изменением структуры оболочек и эндосперма, появлением в последнем трещин и полостей. В эту фракцию входят и зерна, заплесневевшие при хранении;

- зеленые зерна пшеницы с незаконченным процессом созревания. Появляются в результате неоднородности развития растений в посевах, а также при ранней уборке урожая. В оболочках таких зерен еще имеется хлорофилл. Химический состав их отличается большим количеством водорастворимых веществ, ферменты находятся в очень активном состоянии, поэтому зеленые зерна нестойки при хранении. При переработке они снижают мукомольные свойства зерна и отрицательно влияют на хлебопекарные достоинства муки;

- зерна, захваченные морозом, - деформированные, зеленые или белесоватые, сморщенные и сильно потемневшие. На поверхности имеется резкая морщинистость, переходящая в складчатость. Верхние оболочки можно отделить, перетирая зерно между пальцами. Зерно характеризуется незавершенностью процесса созревания, поэтому оно нестойко при хранении. Переработка такого зерна также снижает выход и ухудшает качество продукции;

- зерна давленные появляются при уборке и транспортировании. Являются

благоприятной средой для развития микроорганизмов и легкодоступной пищей для вредителей;

- зерна ржи, ячменя и полбы в пшенице и зерна пшеницы, полбы и ячменя во ржи как целые, так и поврежденные, но не причисляемые стандартом к сорной примеси. По химическому составу и возможности использования близки к основному зерну, после пропуска через зерноочистительные машины в большинстве случаев остаются в полноценном зерне. Поэтому такие зерна, хотя они и менее ценные, относят к основному зерну.

Зерновая примесь влияет на стойкость зерна при хранении и его технологические свойства. Содержание ее нормируется при продаже зерна государству, отгрузке на перерабатывающие предприятия и переработке в муку.

2.5 Составление помольных смесей зерна

Требования, предъявляемые к составлению помольных смесей. На мукомольные заводы поступают партии зерна из разных районов произрастания, различных типов и сортов, качество и технологические свойства которых (зольность, влажность, стекловидность, содержание клейковины и др.) значительно могут колебаться. Раздельная переработка каждой партии пшеницы привела бы к выработке муки с различным качеством, что не позволило бы обеспечить стабильную работу предприятия и выпускать однородную по качеству продукцию. Поэтому важнейшей задачей является создание стабильных помольных смесей по типовому составу, количеству и качеству клейковины, стекловидности и другим показателям.

Формирование помольных смесей позволяет обеспечить устойчивую работу мукомольного завода, увеличение выработки муки высоких сортов, улучшение ее качества, правильно и равномерно использовать имеющееся зерно, в том числе и партии зерна с пониженными технологическими свойствами. Кроме того, при смешивании проявляется смесительная ценность зерна, т. е. способность его сделать качество смеси выше ее средневзвешенной величины. Это связано с тем, что не все технологические показатели подчиняются закону аддитивности. Так, при составлении смеси муки из 50 % сильной пшеницы и 50 % слабой эффект получается наибольший (рисунок 65).

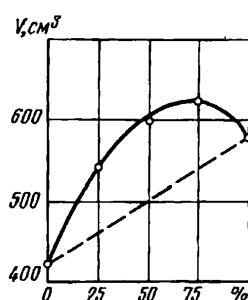


Рисунок 65 - Отход от аддитивности удельного объема хлеба при смешивании муки из сильной и слабой пшеницы (по П.М. Конькову)

Для выпуска продукции высокого и стабильного качества рекомендуется определять рецептуру помольных смесей на возможно большие сроки работы мукомольного завода, но не менее чем на 10 дней. Рецептуру помольной смеси зерна составляют на основе имеющихся данных о количестве и качестве зерна, находящегося на предприятии и подлежащего переработке. Разрабатывают рецептуру главный крупчатник (главный технолог, начальник цеха) и начальник производственно технологической лаборатории (ПТЛ) при участии начальника элеватора (зернохранилища).

Конечное соотношение составляющих компонентов помольной смеси рекомендуется проверять помолами на лабораторной мельнице и данными лабораторных анализов образцов зерна. Рецептуру утверждает главный инженер предприятия, после чего она является обязательной для работников элеваторов и размольного цеха. На основе качества составленной рецептуры помольной смеси начальник ПТЛ рассчитывает выхода продукции и сообщает их крупчатнику.

При разработке рецептов помольной смеси необходимо учитывать равномерное использование имеющегося на предприятии зерна разных районов произрастания, типов и качества. Важное значение имеет обеспечение в помольной смеси необходимого количества и качества клейковины, позволяющих выработать муку в соответствии с требованиями действующей нормативно-технической документации. При поступлении зерна нового урожая в течение первых двух-трех месяцев его необходимо использовать в смеси с зерном урожая прошлых лет, постепенно увеличивая подсортировку.

В зернохранилищах рекомендуется выделять отдельные силосы для формирования партий зерна, передаваемых мукомольному заводу (если помольная смесь формируется в элеваторе).

Порядок подачи зерна и дозирования перед смешиванием устанавливает начальник производственно-технологической лаборатории с участием главного технолога и начальника зернохранилища.

При составлении смеси разных сортов пшеницы следует не только соблюдать определенные технологические требования, но и проводить необходимые организационные мероприятия. Можно определить пять этапов процесса смешивания зерна: размещение зерна в зернохранилищах по определенным признакам; формирование на элеваторах и в складах первичных исходных партий как компонентов смеси с одновременным отбором мелкой фракции; составление на зерноперерабатывающем предприятии рецептуры смеси по мукомольным и хлебопекарным свойствам; отдельная подготовка в зерноочистительных отделениях компонентов смеси; смешивание предварительно подготовленных партий зерна перед поступлением смеси в размольное отделение (или в зерноочистительное отделение для мукомольных заводов на комплектном оборудовании).

Составлению эффективных и стабильных по показателям качества помольных смесей должно предшествовать правильное размещение поступающих на элеватор партий зерна. Размещение и хранение зерна в элеваторах и складах зерноперерабатывающих предприятий должно обеспечивать сохранение количества и качества принятого зерна до направления его в переработку. Партии зерна

с разными технологическими свойствами следует хранить отдельно.

План размещения зерна в зернохранилищах зерноперерабатывающего предприятия должен предусматривать раздельное хранение:

- пшеницы продовольственной и непродовольственной;
- пшеницы мягкой продовольственной по классам, а в пределах класса по зонам произрастания, типовой или сортовой принадлежности, влажности, стекловидности, натуре, засоренности, зольности;
- ржи по зонам произрастания, типовой или сортовой принадлежности, влажности, натуре, засоренности, зольности;
- пшеницы твердой по классам, а в пределах класса по типовой или сортовой принадлежности, влажности, натуре, засоренности, стекловидности, зольности;
- неклассной твердой пшеницы по количеству и качеству клейковины, влажности, засоренности, стекловидности, зольности.

Градацию по приведенным показателям устанавливают в соответствии с диапазоном их различий в каждом конкретном случае с учетом фактического качества зерна, наличия зернохранилищ и возможностей оперативной работы элеваторов при формировании помольных смесей.

В элеваторе из зерна, предназначенного для переработки на мукомольном заводе, следует выделять мелкую фракцию. Мелкой фракцией в пшенице считают зерно, прошедшее через сито с отверстиями размером № 2а - 2,0х20 или № 2а - 2,2х20 и полученное сходом с сита с отверстиями размером № 2а - 1,7х20. Рекомендуется отбирать не менее 40 % мелкой фракции от ее содержания в исходном зерне. Отобранную мелкую фракцию зерна используют при производстве комбикормов.

На элеваторах зерно, входящее в состав помольной смеси, смешивают на подсилосных конвейерах с компонентами смеси в заданной пропорции. Смесь после конвейера поступает в оперативные силосы, из которых ее по мере необходимости передают в зерноочистительное отделение.

При отсутствии на предприятии элеватора зерно, подлежащее переработке, подают в зерноочистительное отделение из склада в бункера для неочищенного зерна. При этом зерно размещают в зависимости от его технологических свойств и качества. Отдельные потоки смеси по заданной рецептуре регулируют после бункеров для неочищенного зерна, которые должны иметь на выпуске дозаторы для подачи определенного количества зерна.

В процессе подготовки помольной смеси смешивают: зерно, различное по влажности, если расхождение по этому показателю исходных партий не превышает 1,0 %; зерно высокозольное с низкозольным так, чтобы получить смесь зольностью не более 1,85 %; зерно различной стекловидности для получения оптимальной стекловидности около 55 %; зерно, имеющее различные показатели клейковины, с тем чтобы получить муку, соответствующую действующим нормам качества.

Лучший эффект смешивания получается, когда партии зерна с различными технологическими свойствами подготавливают в зерноочистительном отделении мукомольного завода раздельно. Для этого на ряде заводов организованы два-три потока подготовки зерна и для каждого потока устанавливают оптимальный режим. На заводах с комплектным оборудованием организовано четыре потока. На

предприятиях с небольшой суточной производительностью может быть рекомендована последовательная подготовка различных партий. Зерно смешивают в процессе подготовки его к помолу после бункеров для отволаживания. Твердую и высокостекловидную пшеницу рекомендуется смешивать с другими партиями после увлажнения и отволаживания. [7]

Методы составления помольных смесей. Составление помольных смесей методом обратных связей. К аддитивным показателям качества зерна, подчиняющимся правилам смешивания, относят общую стекловидность, влажность, зольность и содержание сырой клейковины. Первые три показателя будут основными и при расчете выхода продукции.

При составлении помольных смесей зерна нередко предпочтение отдают методу, основанному на личном опыте технолога и информации о количестве и качестве зерна, хранящегося в элеваторе. Однако этот метод субъективен.

Наиболее распространенный прием расчета помольной смеси зерна - метод обратной пропорции, в этом случае количество зерна каждого компонента смеси должно быть обратно пропорционально разности рассматриваемого показателя в данном компоненте и рассчитываемой смеси. Расчет проводят только по одному показателю, подчиняющемуся правилу смешивания (по стекловидности, выходу клейковины, зольности).

Рассмотрим примеры расчета смешивания трех компонентов зерна по показателю стекловидности, который очень важен для технологической и энергетической характеристики зерновой массы, является решающим при определении режимов гидротермической обработки зерна.

При формировании помольной смеси по стекловидности необходимо, чтобы компоненты, из которых формируют смесь, находились в одной технологической группе, установленной на основе многолетнего опыта работы технологов.

В ряде случаев к составлению помольных смесей по стекловидности подходят механически, устанавливая расчетным путем соотношение компонентов помольной партии, с учетом только средневзвешенного показателя стекловидности помольной смеси. Так, например, можно составить помольную смесь зерна средневзвешенной стекловидностью 52 % из двух компонентов, относящихся к разным группам по стекловидности: компонент № 1 стекловидностью 26 % и компонент № 2 стекловидностью 75 %. Тогда согласно расчету для составления такой помольной смеси необходимо на каждые 100 т зерна стекловидностью 26 % подготовить примерно 113,2 т зерна стекловидностью 75 %.

Однако полученная расчетным путем такая помольная партия будет представлять собой неоднородную смесь, состоящую из двух компонентов, обладающих резко различающимися технологическими свойствами. В результате не представляется возможным подобрать оптимальные режимы кондиционирования и измельчения для такой партии зерна, эффективность помола снижается.

Опыт показал, что следует компоновать отдельные помольные смеси по стекловидности из партий пшеницы, имеющих стекловидность до 20 %, от 20 % до 40 %, от 40 % до 60 %, 60 % и выше. Подготовку к помолу указанных партий нужно проводить отдельно, а смешивать после завершения первого или последнего этапа кондиционирования.

На хлебоприемные и зерноперерабатывающие предприятия, кроме зерна,

отвечающего нормам качества стандарта, поступает зерно пониженного качества (поврежденное клопом-черепашкой, морозобойное, проросшее и др.), которое также подлежит использованию для продовольственных целей.

Зерно, поврежденное клопом-черепашкой. Одним из серьезных факторов, ухудшающих качество зерна пшеницы (особенно твердой и сильной), является ее повреждение клопом-черепашкой. Зерна пшеницы, поврежденные в период формирования и созревания, изменяют не только внешний вид, но и строение. Зерно становится сморщенным и щуплым. Поврежденные спелые зерна полностью сохраняют форму и размер, но дают муку с низкими хлебопекарными свойствами.

Зерно, поврежденное клопом-черепашкой, в складах размещают отдельно в зависимости от количества поврежденных зерен до 5 %, от 5 % до 10 %, свыше 10 %. До переработки такое зерно предварительно интенсивно очищают, удаляя щуплые и мелкие зерна, которые в наибольшей степени повреждены клопом-черепашкой.

Отбор мелкого и щуплого зерна улучшает технологические свойства партии. Такое зерно выделяют на сепараторе проходом через сито с отверстиями размером 2x20 мм при усиленном аспирационном режиме. Зерно пшеницы в зоне прокола имеет рыхлое строение, и при обработке в обоечных машинах с абразивной поверхностью эти части могут разрушаться и отделяться. Такое зерно увлажняют не более чем до 14,5 % и сокращают время отволаживания.

При размоле поврежденного зерна режим измельчения в вальцовом станке 1 драной системы устанавливают таким, чтобы количество муки было не более 1,5 %. Муку формируют отдельно, так как она имеет клейковину низкого качества. На следующих системах режим измельчения обычный, предусматриваемый Правилами. Зерно, поврежденное клопом-черепашкой, можно подсортировать на мукомольных заводах к нормальному зерну в количестве, обеспечивающем выработку стандартной продукции. Процентное соотношение зерна - нормального и поврежденного клопом-черепашкой, определяют лабораторным помолом.

Морозобойное зерно. В некоторых климатических зонах, в частности в Сибири, наблюдается повреждение зерна (в основном пшеницы) в поле морозом. Морозобойным считается зерно, физиологически созревшее и бывшее в колосе при наступлении заморозков сырым или влажным или недозревшее зерно, захваченное морозом. Клейковина морозобойного зерна имеет пониженное качество (крошащаяся, липкая, слабая). Хлеб из такой муки имеет низкое качество.

Различают три степени повреждения зерна морозом: первая - зерно с тусклым блеском, но выполненное, нормальной величины и формы, слегка морщинистое; вторая - зерно нормально выполненное, но без блеска, слабо потемневшее, с мелкой поперечной морщинистостью; третья - форма зерна резко изменена, зерно недоразвитое, деформированное, щуплое, окраска измененная - белесоватая или потемневшая, поверхность резко морщинистая.

Зерно первой и второй степени повреждения объединяют и относят к основному зерну, а третьей - к зерновой примеси. Подсортировку такого зерна к нормальному можно проводить, используя лабораторные помолы и учитывая возможность выработки доброкачественной продукции. Расчетные методы под-

сортировки в этом случае применять нецелесообразно.

Проросшее зерно. Для проросшего зерна характерна повышенная активность ферментов, которая отрицательно проявляется в процессе тестоведения на хлебозаводах. В зависимости от количества примеси проросшего зерна и степени его прорастания меняется качество клейковины муки, мякиш выпеченного хлеба может получиться глинистым, липким, мокрым. Зерна, начавшие прорастать, т. е. только что наклюнувшиеся с лопнувшей над зародышем оболочкой, из которой корешок еще не вышел, относят к основному зерну.

К зерновой примеси относятся проросшее зерно с корешком или ростком, вышедшим за пределы лопнувшей оболочки, а также зерна, утратившие ростки, но деформированные, с явно изменившимся цветом оболочки. Содержание проросших зерен в помольной смеси не должно превышать 3 %. В зависимости от степени повреждения зерно пониженного качества используют для подсортировки к нормальному зерну в количествах, устанавливаемых опытным путем или лабораторным помолом.

Зерно с полынным запахом и горьким вкусом на мукомольных заводах тщательно очищают в зерноочистительных машинах, включая в обязательном порядке моечную машину, а затем подсортировывают к нормальному зерну в количестве, обеспечивающем выработку доброкачественной продукции по запаху.

Определение мукомольных свойств зерна. Наиболее объективным методом оценки технологических свойств зерна, включая в это понятие структурно-механические, мукомольные и хлебопекарные свойства, служат лабораторные помолы. На современных мукомольных заводах лабораторные помолы используют для выбора оптимальных параметров построения и ведения технологического процесса, выбора параметров кондиционирования и режимов измельчения зерна для оценки мукомольных и хлебопекарных свойств различных партий пшеницы. Практика проведения лабораторных помолов на московских и других мукомольных заводах показывает, что данные указанных помолов сопоставимы с результатами производственной переработки зерна. В таблице 33 приведены показатели общего выхода муки и ее средневзвешенной зольности, полученные при трехсортном помолу пшеницы в лабораторных и производственных условиях.[8]

Таблица 33 - Выход муки, % от массы зерна на приемном устройстве (числитель), и ее средневзвешенная зольность (знаменатель)

Помолы	Нагрузка на вальцовую линию, кг/ (см·сут)		
	55	75	95
Производственные	$\frac{77,98}{0,71}$	$\frac{77,39}{0,72}$	$\frac{78,42}{0,73}$
Лабораторные	$\frac{77,3}{0,72}$	$\frac{77,2}{0,73}$	$\frac{77,0}{0,74}$

Из данных таблицы видно, что в производственных и лабораторных условиях получена мука, очень близкая по средневзвешенной зольности. Несколько меньший (на 0,7-1,4 %) общий выход муки, полученный в лабораторных услови-

ях, объясняется применением менее развитой схемы помола.

При лабораторных помолах удается более полно выявить потенциальные возможности зерна по выходу и качеству муки, так как в этом случае исключается влияние возмущающих параметров (нестабильность подготовки зерна, затупленности вальцов, снижение севкости рассевов, ослабление натяжения приводных ремней, изменение микроклимата в помещении и др.) и управляемых параметров (преднамеренное изменение условий подготовки зерна, изменение режима измельчения в вальцовом станке, изменение положения различных заслонок и клапанов). Различают три направления лабораторных сортовых помолов пшеницы и ржи:

1) первое - помолы, при которых из зерна получают определенный выход муки (обычно 72-75-78 %);

2) второе - помолы, при которых из зерна получают муку определенного качества по белизне, зольности;

3) третье - помолы, которые ведут для сравнения мукомольных свойств исследуемых партий зерна при постоянных режимах работы вальцовых станков (постоянные величины нагрузок и извлечений по системам).

На предприятиях необходимо шире распространять метод определения выхода продукции при помощи лабораторных помолов. Существуют три способа определения выхода продукции при лабораторном помоле:

1) первый - исходя из массы образца сухого неочищенного зерна;

2) второй - исходя из массы зерна, поступившего на I драную (крупочную) систему;

3) третий - на основе сумм общего количества полученной продукции (муки и отрубей).

При лабораторном помоле обязательным условием является выполнение основных требований и рекомендаций для производственных помолов, приведенных в Правилах. Схема лабораторного помола может приближаться к технологической схеме процесса на данном мукомольном заводе, но методика проведения лабораторных помолов должна сохраняться.

2.6 Назначение и структура процесса измельчения

Измельчением называют процесс разделения твердых тел на части при разрушении их под действием внешних сил. Различают два вида измельчения: простое и избирательное. При простом - все составляющие твердое тело части разрушаются равномерно для получения однородной смеси; при избирательном - твердые тела, неоднородные по составу, разрушаются для извлечения частиц определенного размера. Такой процесс производят многократно, чтобы достигнуть более полного извлечения частиц требуемого размера.

В мукомольном производстве при простых помолах зерна пшеницы и ржи, например в обойную муку, используют простое измельчение, при сложных помолах для получения сортовой муки высокого качества - избирательное. Избирательность измельчения связана с необходимостью выделения максимального количества наиболее ценной части зерновки эндосперма.

Основные требования, предъявляемые к процессу измельчения при сорто-

вых помолах зерна пшеницы и ржи, сводятся к получению максимального количества промежуточных продуктов в виде крупок и дунстов высокого качества, их шлифованию и последующему тонкому измельчению в муку. В соответствии с этим процесс измельчения зерна пшеницы при сортовых помолах состоит из трех этапов: крупобразования с вымолом оболочек (драной процесс), шлифовочного и размольного, тоже с вымолом оставшихся оболочек. Эти этапы имеют определенное назначение и взаимосвязь в последовательном измельчении зерновых продуктов. Измельчение зерна и зерновых продуктов на мукомольных заводах - основной процесс, резко изменяющий физические и технологические свойства продуктов.

От эффективного измельчения зависят рациональное использование перерабатываемого зерна, качество вырабатываемой муки, расход электроэнергии на поручение муки, производительность измельчающих машин и технико-экономические показатели работы мукомольного завода.

Рассматривая измельчение зерна как основу технологического процесса производства муки, не следует забывать, что оно органически связано с предыдущими и последующими этапами переработки зерна, и в первую очередь с сортированием, без которого невозможно получить муку.[9]

2.7 Технологическая оценка процесса измельчения

При сортовых помолах зерна пшеницы и ржи стремятся получить максимальный выход наиболее ценной части зерновки - эндосперма, поэтому технологическую оценку эффективности процесса измельчения проводят одновременно по количественным и качественным показателям.

К количественным показателям относят общее (суммарное) извлечение, частное извлечение и коэффициент извлечения, характеризующий степень измельчения продукта. Коэффициент извлечения определяют по формуле.

Количественные показатели процесса измельчения применяют для оценки различных этапов технологического процесса. Так, показатель общего извлечения обычно используют при оценке эффективности измельчения зерновых продуктов на крупобразующих системах (I-IV драных), где образуются частицы эндосперма и частично оболочек различной крупности. На других этапах технологического процесса (шлифовочный и размольный) для оценки процесса измельчения удобно воспользоваться показателем частного извлечения, например муки.

К качественным показателям процесса измельчения относят зольность различных продуктов измельчения, цвет муки, количество клетчатки в муке и отрубях и количество крахмала в отрубях. Наиболее часто используют показатель зольности различных промежуточных продуктов (крупок, дунстов) и готовой продукции (муки, манной крупы, отрубей). Однако зольность является лишь относительным показателем качества зерновых продуктов. В последние годы широкое применение получил показатель белизны муки по цветомеру, что повысило оперативность в оценке ее качества.[10]

2.8 Классификация измельчающих машин

На предприятиях мукомольной промышленности измельчающие машины являются основным и наиболее энергоемким видом технологического оборудования.

На рисунке 66 показана классификация измельчающих машин. В вальцовом станке (рисунок 66а) зерна измельчаются между двумя цилиндрическими вальцами, строго параллельными между собой и вращающимися навстречу друг другу с разной скоростью. Разрушение зерен (и их частей) происходит в результате воздействия на них усилий сжатия и сдвига. При одинаковых скоростях вальцов (рисунок 66б) происходит сжатие или плющение, которое можно использовать непосредственно перед измельчением.

В энтолейторе (рисунок 66в) осуществляется ударное воздействие на промежуточные продукты размола. Быстровращающийся ротор с втулками обеспечивает интенсивное измельчение высококачественных продуктов за счет многократного ударного воздействия.

Деташер (рисунок 66г) имеет ротор с четырьмя продольными бичами и производит мягкое ударное воздействие на продукты. В результате происходит в основном не измельчение, а разрыхление - разрушение комков, лепешек, что снижает возврат продукта в вальцовые станки (оборот).

В бичевых машинах (рисунок 66д) ротор вращается в неподвижной сетчатой обечайке. Задача этих машин отделить частицы эндосперма от оболочек и раздельно вывести их из машины. Здесь происходит одновременно интенсивное ударное и истирающее воздействие.

		Вальцовые станки		Роторные машины		
		а	б	Энтолейтор в	Деташер г	Бичевые д
Рабочий орган						
	Виды воздействия	Сжатие и сдвиг	Сжатие (плющение)	удар	удар и истирание	Удар и истирание
Вращательная скорость, %	Вывертающийся вальца 4...6, медленно вращающийся вальца 2,4...4,0	4...6	65...70	10...12	20	

Рисунок 66 - Классификация измельчающих машин[11]

3 Технология элеваторной промышленности

3.1 Понятие о сыпучем теле

Сыпучее тело представляет собой дискретную замкнутую систему контактирующих между собой твердых частиц, случайная ориентация которых в пространстве определена гравитационными, фрикционными и расклинивающими силами. Размеры частиц весьма малы по сравнению с общим объемом тела, а прочность контактов между ними значительно меньше прочности самих частиц.

Для сыпучих тел наиболее характерна дискретность – прерывистость строения. Другие их физико-механические свойства находятся где-то между свойствами твердого тела и жидкости. В отличие от твердого, сыпучее тело не оказывает сопротивления растяжению; в отличие от жидкого, между частицами сыпучего тела существуют значительные силы «сухого» трения.

Считая сыпучее тело твердой средой, можно приближенно описать его статическое состояние; но как только частицы придут в движение, отличие от твердого тела проявляется достаточно резко. Не учитывая дискретности сыпучих тел, нельзя объяснить закономерности процессов, возникающих при движении частиц. Движение сыпучего тела напоминает движение жидкости, но законы движения сыпучих тел и жидкостей принципиально отличаются способом передачи усилий в этих материалах.

Прочность контактов между частицами разных сыпучих тел различна.

По этому важнейшему признаку сыпучие материалы можно подразделить на два принципиально различных типа: несвязные или идеально сыпучие (песок, зерно, гранулы минеральных удобрений), у которых действие сжимающих сил приводит к относительному перемещению частиц, и «связанные» (связные; например, мука), у которых форма и свойства поверхности частиц таковы, что сжимающие усилия не могут привести к их относительному движению. Такой материал при сжатии подобен твердому деформируемому телу.

Границу между связными и несвязными материалами можно установить математически. Комплексный математический показатель границы рассчитывается в зависимости от механических параметров частиц.

Все изложенное далее относится к идеальным сыпучим телам, механические свойства которых достаточно близки к действительным свойствам такого реального тела, как сухое зерно.

3.2 Физическая модель зерновой массы

Реальные свойства физических тел сложны и противоречивы. Некоторые из них в определенных условиях являются главными, другие - второстепенными. Поэтому изучение какого-либо объекта или разработка теории определенного физического явления обычно начинается со схематизации, упрощения. Создается модель, сохраняющая лишь главные свойства объекта.

Модель сыпучего тела должна быть дискретной. Для ее построения необходимо принять ряд допущений относительно свойств частиц: их формы, размеров, физико-механических характеристик поверхности и взаимного расположе-

ния. Профессор Л.В. Гячев в качестве механической модели идеального сыпучего материала предложил совокупность абсолютно твердых и абсолютно гладких шаров одинакового диаметра, уложенных правильными слоями, перпендикулярными к продольной оси емкости. Такая модель (так называемое «простейшее сыпучее тело») позволяет объяснить многие явления, наблюдаемые в реальных сыпучих телах. На основе модели Л.В. Гячевым разработана теория движения сыпучего материала, отдельные положения которой будут в дальнейшем использованы.

Вместе с тем разница между свойствами такой модели и свойствами зерновой массы существенна, так как зерно является смесью различных твердых тел, механические свойства которых неоднородны. Большое число комплексных физических параметров, их непостоянство по высоте слоя и во времени чрезвычайно усложняют исследование сыпучих тел и использование полученных результатов.

3.3 Физические параметры зерновой массы как сыпучего тела

У сыпучего тела гораздо больше физико-механических характеристик и они сложнее, чем у сплошной среды.

Дискретность зерновой массы делает ее сыпучей. Сыпучесть, способность зерен скользить и скатываться вниз по наклонной плоскости, служит основной технологической характеристикой зерна.

Свойства зерновой массы как совокупности отдельных зерен определяются свойствами зерен и плотностью их укладки. Основные параметры зерновой массы определяют сыпучесть (подвижность частиц), статические и динамические свойства зерновой массы, а также конструктивные особенности оборудования для обработки и переработки зерна.

Рассмотрим эти параметры

1) величина и форма частиц;

Сыпучие тела, различающиеся только размером и формой частиц, оказывают разное давление на стены емкостей, вытекают из отверстий с разной скоростью. Зерна гороха, проса и особенно пшеницы по форме напоминают трехосный эллипсоид, в качестве условного диаметра зерновки можно принять среднее геометрическое трех ее измерений:

$$d = \sqrt[3]{abc} \quad (16)$$

Средняя величина d для пшеницы - порядка 4 мм.

В отличие от всех остальных параметров, характеристика крупности частиц одним числом математически некорректна; фактор размеров частиц пока не имеет аналитического или экспериментального определения;

2) объемная масса частиц (твердой фазы) ρ зависит от химического состава зерна, его анатомического строения и влажности. Для сухого зерна пшеницы $\rho = 1,30-1,45$, ржи $1,30-1,35$ г/см³;

3) упругость зерен, как и любого другого физического объекта, характеризуется модулем Юнга, и коэффициентом Пуассона. В математических уравнениях, описывающих основные свойства сыпучих тел, характеристики упругости ча-

стиц пока не используются;

4) характер поверхности зерен определяется физико-химической природой вещества оболочек зерновок и шероховатостью оболочек. Параметры частиц определяют фрикционные параметры зерновой массы, от которых непосредственно зависят ее сыпучесть и другие основные свойства, в частности давление на дно и стены емкости.

К параметрам трения относятся углы естественного откоса, внутреннего и внешнего трения. Производными двух последних являются коэффициенты внутреннего и внешнего трения, которые имеют вполне определенный физический смысл.

Трение, препятствие относительному перемещению тел, возникает на границе взаимодействующих поверхностей в чрезвычайно тонком слое вещества толщиной не более нескольких атомных диаметров. Установлено, что в момент трения вещество скачкообразно, за $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-4}$ с, переходит в необычное, экстремальное состояние и затем сравнительно медленно «входит в норму». Скачок сопровождается разнообразными явлениями - вылетом электронов, люминесценцией, электрическими разрядами, механическими колебаниями, которые стимулируют многочисленные химические реакции с участием веществ трущихся тел, продуктов разложения их окружающей среды. Комплексный процесс трения описывается существующими уравнениями весьма приближенно.

Величина силы трения скольжения пропорциональна силе нормального давления между поверхностями трущихся тел (закон Амонтона).

$$F = \mu N; \quad (17)$$

где N - нормальное давление;

μ - коэффициент пропорциональности (коэффициент трения).

Более точный двучленный закон трения учитывает силы межмолекулярного взаимодействия между трущимися телами:

$$F = \mu (N + S_{p_1}); \quad (18)$$

где S - общая площадь контакта между трущимися телами;

p_1 - добавочное давление, вызванное силами молекулярного взаимодействия трущихся поверхностей.

Помимо сил трения, между частицами сыпучего материала действуют силы сцепления. В зерновой массе влияние сил сцепления ничтожно; нередко ими пренебрегают, считая, что в плоскости элементарных площадок контакта зерен действуют только силы трения и сжатия;

5) угол естественного откоса φ (угол ската зерновой массы или угол предельного равновесия) - это изображенный на рисунке 67 угол между диаметром основания и образующей конуса, который получается при свободном падении зерна на горизонтальную плоскость.

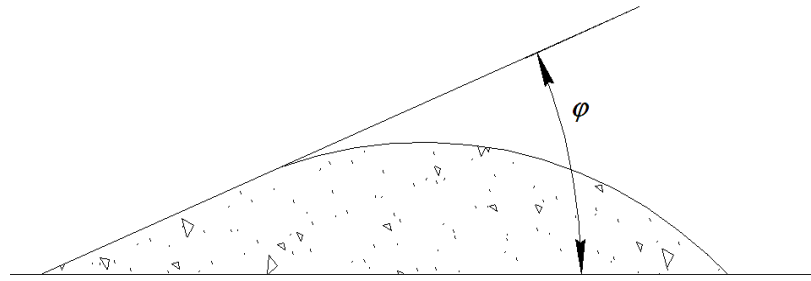


Рисунок 67 – Угол естественного откоса

При падении даже у шарообразных зерен вращения не наблюдается - зерна скользят вниз по образованной наклонной поверхности и перекатываются друг по другу. Угол φ , многократно определенный опытно в одном образце зерна, получается различным - на результат определения влияет, по-видимому, соотношение времени качения и времени скольжения зерен, зависящее от случайных обстоятельств опыта. Поэтому величина φ является среднестатистической.

Угол φ различен не только для разных сыпучих материалов, но и для разных состояний одного материала. Например, у пшеницы влажностью 15 % $\varphi = 32^\circ$, влажностью 30 % $\varphi = 44^\circ$.

Частицы, составляющие поверхность естественного откоса, находятся в состоянии предельного равновесия и удерживаются благодаря внутреннему трению, трению частицы по частице. Чем больше трение, тем больше откос, в котором могут удерживаться частицы, тем больше угол внутреннего трения и меньше сыпучесть материала;

б) угол внутреннего трения для частиц, лежащих на поверхности естественного откоса, численно равен углу естественного откоса.

Угол внутреннего трения увеличивается с увеличением глубины, на которой находится слой зерна в насыпи, что связано с увеличением плотности укладки частиц и, соответственно, уменьшением их подвижности.

Величина трения зависит от степени шероховатости взаимодействующих поверхностей и от их формы. Если бы поверхность скольжения частиц по частицам была плоской, угол внутреннего трения был бы значительно меньше фактического. В действительности при движении зерновой массы трение частиц увеличивается за счет того, что подвижные частицы попадают в углубления между неподвижными.

Определим значение коэффициента внутреннего трения μ .

Допустим, что на поверхности естественного откоса (рисунок 68) лежит частица весом (массой) G . Разложим вес на составляющие: N – нормальную и T – касательную к поверхности $N = G \cos l$; $T = G \sin l$. Силе T , стремящейся переместить частицу вниз по откосу, препятствует сила внутреннего трения F . В состоянии предельного равновесия $F = T$;

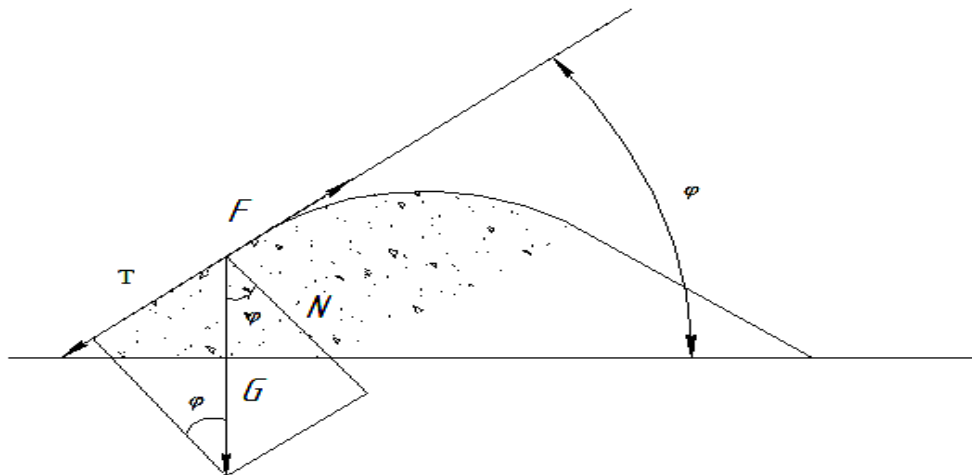


Рисунок 68 – Схема для определения коэффициента внутреннего трения

7) коэффициент внутреннего трения из приближенного уравнения силы трения численно равен тангенсу угла внутреннего трения.

$$F = \mu N \quad (19)$$

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{T}{N} = \frac{G \sin \varphi}{G \cos \varphi} = \operatorname{tg} \varphi;$$

Трение частиц сыпучего материала по ограждающей поверхности называется внешним;

8) углом внешнего трения является наименьший угол φ_0 (рисунок 69), при котором сыпучий материал (зерно) под влиянием силы тяжести начинает самопроизвольно двигаться по наклонной поверхности пластины, изготовленной из того же материала, что и стена. Зерновая масса передвигается под действием небольших сдвигающих усилий (одной из составляющих силы тяжести), которые не могут преодолеть внутреннего трения. Так как частицы одна по отношению к другой не смещаются и трение сдвига зерна по ограждающей поверхности меньше, чем зерна по зерну, то угол внешнего трения меньше угла внутреннего трения ($\varphi_0 < \varphi$);

9) Коэффициент внешнего трения f_0 , аналогично предыдущему, равен тангенсу угла внешнего трения

$$f_0 = \operatorname{tg} \varphi_0; \varphi_0 < \mu \quad (20)$$

Для сухого зерна пшеницы, сдвигаемого по бетону или стали, среднее значение $\varphi_0 = 22^\circ$, $f_0 = 0,4$;

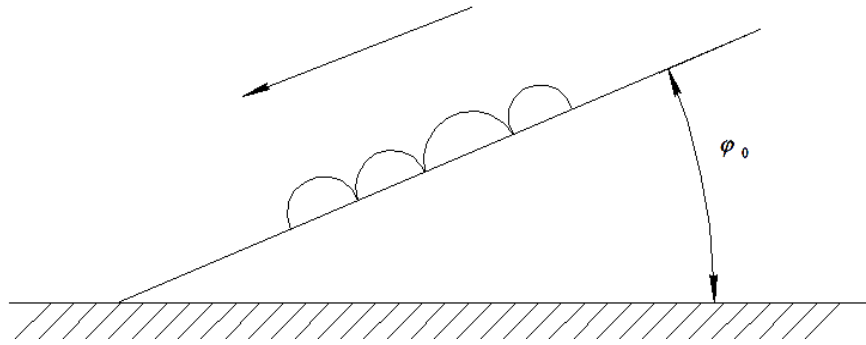


Рисунок 69 - Схема для определения коэффициента внешнего трения

10) угол давления, или угол укладки. Модель сыпучего тела из абсолютно твердых шаров, уложенных правильными слоями, перпендикулярными к оси емкости, в силовом отношении аналогична шарнирно-рычажному или клинчатому механизму.

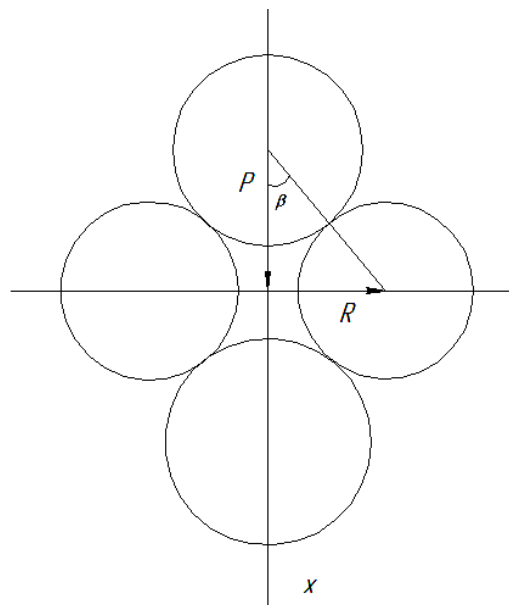


Рисунок 70 - Модель сыпучего тела

Положение звеньев механизма - способ укладки шаров - характеризуется углом укладки, или углом давления β , шаров друг на друга (углом между осью X , емкости и общей нормалью к шарам в точке их соприкосновения). Из силового треугольника на рисунке 70 вертикальному усилию P соответствует определенное горизонтальное усилие R .

$$R = P \operatorname{tg} \beta \quad (21)$$

Угол β определяет соотношение между вертикальным и горизонтальным давлением зерновой массы на дно стены емкости; изменяя β , можно получить разные соотношения, в том числе и такое, которое есть в зерновой массе в дей-

ствительности при беспорядочном расположении ее частиц

Среднее значение угла β для пшеницы 23-24°; $tg \beta = 0,44$;

11) плотность укладки. Сыпучесть, подвижность частиц сыпучего материала во многом зависит от плотности, их укладки, т.е. от объема твердых частиц, приходящихся на единицу объема, материала.

Плотность укладки зерновой массы выражают или в виде коэффициента

$$K_n = \frac{V_t}{V} \quad (22)$$

или в процентах

$$t = \frac{V_t}{V} \cdot 100 \% \quad (23)$$

где V_t - объем твердых частиц;

V - общий объем зерновой массы.

Опытное определение V_t сравнительно сложно, поэтому, пренебрегая массой воздуха, K_n часто рассчитывают из соотношения

$$K_n = \frac{V_t}{V} = \frac{\gamma}{\rho} \quad (24)$$

где γ - объемная масса зерна;

ρ - объемная масса твердой фазы (зерен).

Плотность укладка зерновой массы зависит:

- от физических параметров зерен и примесей - их формы, состояния поверхности, упругости;
- от характеристик емкости, заключающей, зерновую массу - от ее формы, размеров, материала и степени шероховатости стен;
- от количества и вида сорных примесей;
- от способа формирования зерновой насыпи - от метода заполнения хранилища (струей или «дождем»), от высоты падения зерна и инерционных усилий.

При воздействии этих причин плотность укладки может носить и локальный (местный) характер, не распространяясь на весь объем зерновой насыпи.

Плотность укладки зерновой массы увеличивается во времени за счет вибрации и явления слеживания.

Порывы ветра, сотрясающие здания хранилищ, вибрация работающих машин передаются и частицам зерновой массы. Нормальные усилия и силы сухого трения, за счет которых сохраняется взаимное расположение частиц, в отдельные моменты цикла колебаний становятся меньше сил собственного веса и давления вышележающих слоев, стремящихся сместить частицы. Зерновая масса уплотняет-

ся, расположение ее частиц становится более упорядоченным. Влияет и явление слеживания, когда под давлением вышележащих слоев часть упругих деформаций зерен со временем переходит в остаточные.

При влажности 12,5 - 13,5 % коэффициент плотности укладки пшеницы и ржи находится в пределах 0,55 - 0,65; кукурузы (зерна) 0,55 - 0,62.

Плотность укладки, которая непосредственно определяет прочность связей между зернами, растет с глубиной засыпки. С увеличением плотности укладки за счет деформации зерен увеличивается число площадок контакта между соседними зернами, растет величина каждой площадки и их суммарная площадь S . В соответствии с этим растут силы внутреннего и внешнего трения, пропорциональные величине трущихся поверхностей; подвижность зерен соответственно уменьшается;

12) объемная масса зерна так же, как и плотность укладки, характеризует структурные свойства зерновой массы. В практике она называется также сыпным, натурным весом, или натурой. Это – вес (масса) 1 литра зерна в граммах, гектолитра в килограммах или кубометра (зерна) в тоннах.

Объемная масса зерна является функцией двух предыдущих параметров

$$\gamma = K_n \rho \quad (25)$$

Зависимость γ от ρ прямолинейна - объемная масса зерна определяется объемной массой его твердой фазы, так как плотность укладки колеблется в сравнительно узких пределах. Влияет и коэффициент плотности укладки K_n поэтому γ зависит от тех же факторов, которые определяют плотность укладки зерновой массы.

Экстремальные значения всех рассмотренных параметров определяет влажность зерновой массы.

3.4 Характеристика хлебоприемных предприятий

Производственная база хлебоприемных предприятий. Работу хлебоприемных предприятий обеспечивает их материальная основа - техническая база, которая включает производственные, вспомогательные, жилые и культурно - бытовые здания и сооружения с относящимся к ним оборудованием и инвентарем.

Производственные здания и сооружения предназначены для осуществления производственного процесса, для работы с зерном. К ним относятся элеваторы, зерновые оклады, навесы сушильно-очистительные башни, молотильно-очистительные башни (для обработки кукурузы), очистительные башни, заводы и цехи для обработки семян, зерносушилки, силовые установки, лаборатории; устройства для приема и отпуска зерна, железнодорожные и автомобильные весы, подъездные железнодорожные и автомобильные пути.

Вспомогательные здания и сооружения предназначены для обслуживания производственных объектов, что обеспечивает нормальную работу предприятия. Сюда относятся конторы, проходные и контрольные пункты, хранилища горюче – смазочных материалов, насосные станции, трансформаторные подстанции, ре-

монтные мастерские, помещения для хранения инвентаря и машин.

Размещают хлебоприемные предприятия вблизи железнодорожных станций или водных причалов, глубинные - у автомобильных дорог и поселков. Зернохранилища предприятий располагают непосредственно у транспортных магистралей, они имеют механизированную связь между собой и с сушильным цехом. Приемно-отпускные устройства для различных видов транспорта располагаются на разных площадках. Силовую установку помещают примерно в центре основных потребителей энергии; склады топлива, тары и материалов размещают с учетом удобства использования и обслуживания, а также требований пожарной безопасности.

Операции производственного процесса хлебоприемных предприятий. Хлебоприемные предприятия принимают зерно от колхозов и совхозов, производят его послеуборочную обработку, формируют и отгружают в районы потребления крупные однородные партии зерна. Самой продолжительной и очень ответственной операцией является хранение, в ходе которого зерно обрабатывается для повышения качества и стойкости. Предприятия готовят к посеву семена зерновых и масличных культур, семена трав и реализуют их хозяйствам.

При наличии специального цеха или завода по обработке или по переработке зерна предприятие именуется комбинатом.

Основой деятельности любого промышленного предприятия является производственный процесс, особенности которого в значительной мере определяют лицо предприятия. Характерно, что в элеваторно-складском хозяйстве сырье, которое не перерабатывается, а обрабатывается, диктует свои требования производственному процессу. Между сырьем в его самом первоначальном виде (зерновым ворохом) и готовой продукцией (зерном, доведенным до установленных кондиций) принципиальной качественной, разницы нет. Это позволяет считать распространенный термин «элеваторная промышленность» в значительной мере условным.

В любом производстве применяются процессы, наиболее выгодные экономически, осуществление которых требует минимальной затраты энергии, времени и средств. Сделать процесс более экономичным можно, зная его сущность, четко представляя результат взаимного влияния отдельных его операций и этапов.

Производственный процесс хлебоприемного (как и любого другого) предприятия состоит из технологических, транспортных и погрузо-разгрузочных операций.

Технологической называют операцию, в ходе которой обрабатываемый материал подвергается каким-либо изменениям. Тесная взаимосвязь технологических и транспортных операций характерна для хлебоприемных предприятий. Технологические операции обработки зерна невозможны без его перемещения (например, из силоса к сепаратору и обратно), а прием и отпуск зерна - это, по существу, его транспортирование.

Возможна и еще более тесная связь - например, технологическая операция освежения зерна в то же время является и транспортной, если она осуществляется перемещением зерна в тонком слое с помощью ленточного транспортера (освежение зерна таким способом малоэффективно).

Перемещение зерна внутри предприятия осуществляется с помощью транспортирующих машин непрерывного действия: удельный вес транспортных операций в производственном процессе хлебоприемного предприятия весьма значителен. Помимо приема и отпуска, необходимость в перемещении зерна может вызвать следующее:

- 1) потребность в дополнительной очистке и сушке зерна в период хранения;
- 2) формирование партий зерна для отпуска;
- 3) обеззараживание отдельных партий зерна (зерно для газации направляется в специальные силосы, откуда перемещается в силосы для хранения);
- 4) освежение, охлаждение, промораживание зерна для ликвидации очагов самосогревания или понижения температуры перед закладкой на длительное хранение (операция осуществляется или в специальных силосах, оборудованных установками для активного вентилирования, или продувкой холодным воздухом в сепараторах и зерносушилках - так называемая холодная сушка в какой-то мере зерно можно освежить и перемещением его ленточным транспортером);
- 5) при подготовке помольных партий в мельничных элеваторах на подсилосный транспортер подается зерно из нескольких силосов одновременно в определенной пропорции;
- 6) определение веса зерна при инвентаризации;
- 7) необходимость освобождения емкостей для приема новых партий зерна также требует его перемещения.

Объем погрузочно-разгрузочных работ в производственном процессе хлебоприемного предприятия значителен: по данным государственной отчетности за ряд лет, на 1 физическую тонну закупленного зерна с момента его выгрузки из автотранспорта до отпуска потребителям приходится от 7 до 9 т погрузочно-разгрузочных работ - при обработке в хранении зерно «поднимают» и «опускают» от 7 до 9 раз. Это особенно заметно в годы больших урожаев, когда из-за недостатка емкостей для хранения часть зерна размещают на временных площадках и в короткие сроки перевозят в другие районы.

Основной объем погрузочно-разгрузочных работ осуществляется с помощью средств механизации, но в некоторых случаях, например при разгрузке барж и вагонов, все ещё используют ручной труд.

В практике производственные операции хлебоприемных предприятий подразделяют территориально - различают работу внутреннюю и внешнюю.

Внутренней работой являются технологические операции, которые обеспечивают улучшение качества зерна и повышение его стойкости при хранении: связаны с перемещением зерна внутри предприятия (из одной емкости в другую).

Внешняя работа осуществляется в приемных или отпускных устройствах - разгрузка или погрузка подвижного состава. Включает взвешивание зерна на автомобильных или железнодорожных весах и маневры транспортных средств, состоит в основном из транспортных операций.

При такой классификации технологические операции являются внутренней работой, прием и отпуск зерна и внешней, и внутренней (так как в размещении принятого зерна или в его отпуске участвуют и емкости, расположенные внутри предприятия).

Организация производственного процесса хлебоприемного предприятия. С точки зрения организации производственные процессы могут быть периодическими, непрерывными (или поточными) и комбинированными.

Особенности поточных процессов состоят в следующем:

- продукт получается непрерывно, в каждый момент времени;
- обработка материала производится с помощью комплекса машин и аппаратов;
- в каждое мгновение в аппаратах есть все состояния материала – от начального до конечного;
- при установившемся процессе материал определенного состояния находится в строго определенном участке агрегата.

Поточные процессы наиболее прогрессивны и экономичны: лучше используется оборудование, сокращаются затраты, повышается качество обработки. Организация их проще: количество, состояние обрабатываемого материала и расход энергии постоянны, что позволяет полностью механизировать и автоматизировать процесс, облегчает управление и контроль.

Производственный процесс различных хлебоприемных предприятий организован по-разному: организация определяется производственной схемой предприятия (т.е. порядком, в котором расположено основное технологическое и транспортное оборудование) и степенью использования этого оборудования - его фактической производительностью.

Например, очистка и сушка, которые составляют основной объем обработки зерна, при достаточной мощности зерноочистительного и зерносушильного оборудования могут осуществляться в потоке, одновременно с приемом зерна от хозяйств. Совмещение по времени выгрузки зерна из транспортных средств с полной обработкой его до размещения на длительное хранение исключает транспортировку зерна сначала в хранилища, затем к машинам и агрегатам для очистки и сушки и погрузо-разгрузочные работы при этом. Поточная обработка принятого от хозяйств зерна позволяет выиграть не только в затратах, но и в качестве зерна.

В современных проектах заготовительных предприятий предусмотрена поточная обработка принятого зерна: реконструкция действующих предприятий, увеличение их зерноочистительных и зерносушильных мощностей позволяют перевести на поток важнейшие операции обработки, которые раньше имели периодический характер.

Характерной особенностью организации производственного процесса хлебоприемных предприятий является ее лабильность (неустойчивость). В наиболее напряженный период массовых, заготовок зерна обычно не бывает во всем сходных смен или суток. Видовое, количественное и качественное разнообразие поступающих и отпускаемых партий зерна, неравномерность их поступления, различная занятость емкостей предприятия создают самые разнообразные картины каждой смены и суток.

В таких условиях даже поточный процесс производства не может быть ритмичным. Настоятельно требуется перед началом каждой смены и в ходе ее спланировать наиболее целесообразную последовательность самых различных операций приема, обработки, отпуска зерна и их оптимальное сочетание.

Это составляет основную трудность планирования и организации произ-

водственного процесса. В большинстве случаев его творцами и организаторами являются начальник смены, диспетчер и лаборант. Диспетчер в непрерывно меняющейся рабочей обстановке, руководствуясь своим производственным опытом, принимает и осуществляет оперативные решения. От распоряжений начальника смены и действий диспетчера зависит очень многое - чем рациональнее обработано и размешено принятое зерно, тем лучше результаты обработки и хранения, тем меньше затраты труда и материальных средств при хранении и отпуске зерна, тем более рациональным и экономичным является производственный процесс в целом. На пути к научной организации производственного процесса элеваторно-складского хозяйства предстоит сделать очень многое.

В целом производственный процесс хлебоприемного предприятия является комбинированным - поточные технологические операции обработки зерна прерывает или хранение зерна, или операции, имеющие периодический характер (активное вентилирование, газация). Производственные системы хлебоприемного предприятия однокомпонентны (обрабатывается единственный компонент сырья - зерно) и многопоточны - с многочисленными и разветвленными маршрутами. Основной количественной характеристикой производственного процесса является его интенсивность (производительность), которая определяется количеством продукта, полученным за единицу времени, или количеством переработанного за это время сырья. Готовым продуктом хлебоприемных предприятий следует считать зерно определенных кондиций: интенсивность его получения очень высока, что обеспечивается сравнительной простотой процесса и значительной энерговооруженностью предприятий: установленная мощность электродвигателей на элеваторах превышает 20 кВт на одного рабочего. На лучших элеваторах страны количество обрабатываемого зерна достигает 500 т на одного рабочего в сутки. По этим важнейшим показателям элеваторно-складское хозяйство занимает видное место в системе народного хозяйства страны.

Производственный процесс хлебоприемного предприятия складывается из следующих основных этапов: прием, обработка (послеуборочная и повышение качества), размещение, хранение и отпуск зерна.

Количественный и качественный учет и контроль зерна осуществляется на всем протяжении производственного цикла.

Наиболее ответственным является период массового поступления зерна нового урожая. В это время вся подготовленная техника должна быть эффективно использована для обеспечения своевременного приема, размещения и обработки поступающего зерна. От правильной организации этих работ зависит не только сохранность зерна, но и величина трудовых и материальных затрат.

3.5 Прием зерна

Прием зерна состоит из четырех основных операций:

- 1) определения качества зерна;
- 2) определения веса;
- 3) разгрузки транспортных средств;
- 4) транспортировки зерна в рабочее помещение предприятия.

Хлебоприемные предприятия принимают зерно с автомобильного, железнодорожного и водного транспорта.

Прием с автомобильного транспорта. Зерно с автомобильного транспорта принимают главным образом от колхозов и совхозов в порядке заготовок (закуп). В этом участвует огромное количество автомобилей: следует быстро разгрузить их и правильно разместить зерно по качественным признакам, что не менее важно, чем уборка урожая. Комплекс операции вывоза зерна, разгрузки транспортных средств и размещения принятого зерна называется хлебозаготовительной компанией. С начала поставок зерна начинается наиболее ответственный период в работе хлебоприемных предприятий.

Основные операции приема: лаборант осматривает зерно и отбирает образец для анализа, который вместе с одним экземпляром сопроводительной накладной передается в лабораторию. Затем лаборант отмечает на накладной номер зернового склада или проезда приемного устройства, где должен быть разгружен автомобиль: автомобиль взвешивается на автовесах, установленных у въезда на территорию (вначале брутто, затем тара). Обычно одни весы выделяют для взвешивания груженых автомобилей, другие - для порожних.

Зерно из бункеров приемного устройства транспортером направляют в производственное помещение.

Прием зерна с железнодорожного транспорта. О поступлении вагонов с зерном предприятию сообщают не позже чем за два часа. Вагоны на подъездных путях осматривают представители предприятия и железной дороги: проверяют исправность вагонов и пломб, плотность прилегания хлебных щитов, заделку люков в щитах. Лаборанты отбирают образцы зерна и устанавливают соответствие фактического качества зерна с указанием в документах: в случае расхождений поставщику направляется рекламация.

После расцепки вагоны взвешивают на весах, приписанных к железной дороге, вскрывают, осматривают в присутствии приемника предприятия и приступают к выгрузке. Приемщик должен убедиться в полной выгрузке всего доставленного зерна.

Прием с водного транспорта. Не позже чем за шесть часов предприятие извещается о подходе судов к пристани выгрузки. Судно (баржа) подается к причалу средствами водного транспорта, пришвартовывается: лаборант отбирает образцы зерна. В ходе выгрузки зерно взвешивается. Документы на качество и вес прибывшего зерна оформляют так же, как и при приеме зерна с железной дороги.

После окончания разгрузки ответственный работник предприятия проверяет, полностью ли разгружено судно и убраны ли механизмы, инвентарь, мостки и другие приспособления для разгрузки.

3.6 Послеуборочная обработка зерна

Схема послеуборочной обработки. Послеуборочная обработка принятого от хозяйств зерна составляет значительную часть производственного процесса хлебоприемных предприятий.

Общая схема послеуборочной обработки:

- все зерно очистить;
- сырое зерно (с влажностью более 17 %) просушить: принятое сверх производительности сушилок сырое зерно временно разместить в вентилируемой емкости;
- зерно с повышенной температурой или самосогревающееся, которое по содержанию влаги удовлетворяет условиям хранения, охладить.

Количество операций обработки, иногда и вид применяемого оборудования зависят в основном от содержания влаги и вида сорных примесей в зерне.

Вне очереди очищают самосогревающееся зерно или засоренное примесями, придающими несвойственный зерну запах (полыни, чеснока, донника и т.д.). И при небольшом количестве сорных примесей рекомендуется профилактическая очистка для удаления зеленых зерен и влажных семян сорняков.

В первую очередь сушат зерно, имеющее наибольшую влажность, температуру и зараженность, размещенное в емкостях, не оборудованных установками для активного вентилирования.

Очистка и сушка зерна освобождают от необходимости хранить и перевозить сор и воду, улучшают использование хранилищ и транспортных средств.

Показатели (кондиции) зерна по содержанию влаги и примесей бывают ограничительными, производственными и базисными.

Минимальные требования - ограничительные кондиции (19,0 % влаги, 5 % сорных примесей) относятся к зерну, поставляемому хозяйствами.

Производственные кондиции относятся к зерну, которое передается для переработки: достигаются они обработкой зерна в зернохранилищах мельниц и крупозаводов, частично и в зерноочистительных отделениях этих предприятий.

Базисные кондиции (влаги 14,5 %, сорных примесей 1 %) служат категорией учета, единым измерителем хлебопоставок и их оплаты.

Влажность зерна, поступающего от других предприятий по железной дороге или водным путем, не должна превышать 17 %.

Очистка зерна. Поступающая на хлебоприемное предприятие свежесобранная зерновая масса состоит из зерен основной культуры и примесей: зерен другой культуры, дефектных зерен основной культуры, семян сорняков, частиц колоса и стебля, комочков земли и т.д. Зерно от примесей очищают, очищенное разделяют на фракции по размерам зерен.

Чтобы определить потребное для очистки оборудование, оптимальный режим его работы и маршрут перемещения зерна внутри предприятия, перед очисткой устанавливают, какими примесями и в какой мере зерно засорено.

В элеваторно-складском хозяйстве применяются машины, отделяющие примеси, отличные от зерен основной культуры размерами и аэродинамическими свойствами. Первичную очистку зерна ведут на основных очистительных маши-

нах – воздушно - ситовых сепараторах. Дальнейшая очистка зависит от культуры, примесей и требуемых кондиций зерна.

Для этого применяются триеры, пневмосортировальные столы и другое оборудование. Для извлечения зерен основной культуры отходы обрабатывают на контрольных сепараторах и триерах.

Сушка зерна. Сушка доводит зерно до установленной влажности, уничтожает вредителей, обеспечивает стойкость зерна при хранении, ускоряет послеуборочное дозревание.

При благоприятной погоде возможна воздушно - солнечная сушка зерна на подготовленных площадках. Но сушка нагретым воздухом в шахтных и рециркуляционных сушилках является основной, наиболее простой и эффективной.

В шахтных сушилках перемешивание зерна недостаточно, просушивание неравномерно, перед сушкой приходится формировать относительно однородные по содержанию влаги партии зерна.

Сушилки с рециркуляцией зерна обеспечивают высушивание за один пропуск через сушилку, равномерное просушивание и автоматизацию процесса сушки: влажность зерна можно уменьшить от 10 % до 12 % и более при сохранении качества: можно сушить неочищенное зерно, различные по влажности партии одновременно. Охлаждение зерна после рециркуляционной сушки не всегда эффективно.

После сушки, если это необходимо, зерно очищают дополнительно.[12]

Обработка зерна для повышения качества. Зерно полностью обеспечивает питательными веществами целую группу насекомых, известных под названием амбарных вредителей. В благоприятных условиях они могут быстро понизить качество и питательную ценность хранящегося зерна.

Безопасность хранения обеспечивается обработкой технической базы и проверкой поступающего зерна на зараженность.

При подготовке к приему зерна нового урожая производят уничтожение насекомых - дезинсекцию всех сооружений, устройств, оборудования и инвентаря, остатков зараженного зерна и годных отходов (негодные сжигают). Герметичные зернохранилища обеззараживают газами - хлорпикрином, смесью хлорпикрина и дихлорэтаном или бромистым метилом. Негерметичные склады обрабатывают минерально-масляной эмульсией ДДТ, алодана, едкого натра с помощью опрыскивателей.

Все поступающее зерно проверяют на зараженность, особенно тщательно – зерно от хозяйств и с глубинных пунктов. При обнаружении долгоносиков партию зерна изолируют и подвергают газации.

Газовая дезинсекция (фумигация) состоит в обработке зерновой насыпи ядовитыми газами или парами, в выдержке (экспозиции) зерна в атмосфере газа и проветривании.

Газация зерна в складах, поддающихся герметизации, проводится с помощью аппарата, который состоит из компрессора, ресивера и испарителя, смонтированных на специальном автомобильном прицепе.

В определенном участке зерновой насыпи устанавливают газораспреде-

тельные металлические трубы - в шахматном порядке, на расстоянии 2,5 м, и от стены не более 1,25 м. На поверхность зерна укладывают газопроводы. По этой системе в зерновую насыпь подается газовоздушная смесь. После обработки одного участка зерновой насыпи трубы и газопроводы переносят на следующий участок. Если склад снабжен установкой для активного вентилирования, газовоздушная смесь в насыпи зерна распределяется через боковые отверстия щитов воздухоподводящих каналов: процесс газации ускоряется, облегчается работа производственного персонала. Газировать зерно в складах можно и путем распыления бромистого метила на поверхность насыпи непосредственно из баллонов.

В силосных корпусах элеваторов для газации зерна оборудуются рециркуляционными установками 2-3 «лечебных» силоса (рисунок 71).

Кроме них, комплекс включает газовую камеру 1 для обработки инвентаря и мелких партий зерна и оборудование для подачи газовоздушной смеси. Фумигант (газовоздушная смесь) поступает в лечебный силос, проходит через зерновую массу и возвращается к вентилятору 2: система работает по замкнутому циклу.

Чтобы газ равномерно распределялся по всей толще зерна в силосе и не образовывались неомываемые углы, силосы оставляют незаполненными на высоту 1 м. Газацию в камере проводят так же, как и в силосах. Лечебные силосы используются как для обработки зерна холодным наружным воздухом, так и для перевода зерна на зимнее хранение.

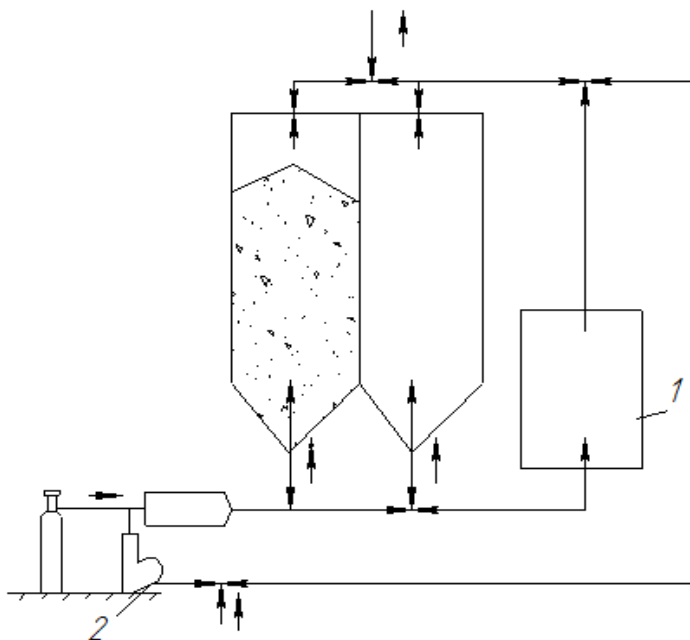


Рисунок 71 – Схема рециркуляционной установки для газации зерна

При отсутствии рециркуляционных установок или при зараженности вредителями большей части зерна в силосах обеззараживание можно проводить в обычных силосах, подавая бромистый метил сверху непосредственно из баллона (температура кипения $\text{CH}_3\text{Br} + 3,6^\circ\text{C}$).

Разрешается обеззараживать не более 10 % силосов одновременно. Во избежание утечки газа через неплотности в стенах смежные негазируемые силосы

заполняют зерном.

Помимо газации, для борьбы с вредителями применяется тепловая сушка и активное вентилирование зерна нагретым воздухом. Используют и различные зерноочистительные машины. Это не освобождает полностью зерно от вредителей, но условия для их развития с уменьшением количества сорных примесей ухудшаются. Очистка зерна эффективнее, если производительность зерноочистительной машины снизить от 15 % до 20 %.

Освежают и охлаждают хранящееся зерно на установках для активного вентилирования и специальным пропуском через зерноочистительные машины.

Крупные однородные партии формируют для более рационального использования зерна (например, помольные партии на мельничных элеваторах).

Размещение зерна. Размещают зерно на хранение в хорошо очищенных и обезвреженных хранилищах с учетом его состояния и качества.

Правила размещения предусматривают отдельное хранение зерна по культурам, типам, подтипам, натурному весу, влажности и засоренности, а также урожаю разных лет (зерно нового урожая нельзя смешивать с зерном урожая прошлых лет). Отдельно хранятся зерно морозобойное, головневое: нельзя смешивать зараженное и незараженное зерно, гревшееся и нагретое.

Качество поступающего зерна значительно колеблется.

Сохранять индивидуальность отдельных принятых партий технически сложно и экономически невыгодно: поступившее на хлебоприемный пункт зерно объединяют и более крупные партии в соответствии с принятой системой классификации. Так, можно объединять сильную пшеницу с содержанием клейковины от 28 % до 31 %; 32 % и выше. Сорты сильной и продовольственной мягкой пшеницы можно объединять в пределах одного типа и подтипа.

Однородная пшеница размещается в соответствии с натурным весом (объемной массой), влажностью и засоренностью.

По влажности: зерно сухое и средней сухости - вместе; отдельно влажное; сырое до 22 % включительно; сырое свыше 22 %.

По сорной примеси отдельно: чистое (до 1 % сорных примесей); средней чистоты и сорное до 5 % примесей; сорное свыше 5 % примесей.

Зерно с высоким содержанием влаги и засоренное размещают на специально подготовленные площадки с интервалами по влажности и засоренности от 3 % до 4 %, немедленно очищают, сушат и только после этого направляют в хранилища. Если зерно быстро просушить нельзя, его направляют в склады, в крайнем случае на площадки, оборудованные установками для активного вентилирования.

На каждом предприятии перед началом хлебозаготовительной кампании составляют план размещения зерна. При этом учитывают:

- 1) остатки зерна старого урожая;
- 2) емкость зернохранилищ и ожидаемое поступление зерна нового урожая по культурам и качеству.

На основании этого устанавливается количество однородных партий, которые можно получить в результате объединения более мелких и обрабатывать в потоке.

План размещения должен предусматривать:

- 1) резервную площадь в количестве 10 % в складах для проведения внутрискладских работ, в элеваторах - не менее одного свободного силоса на каждый надсилосный транспортер;
- 2) минимум внутренних перемещений зерна;
- 3) обеспечение возможности формирования крупных партий однородного зерна.

Если предусматривается отпуск зерна на месте для продовольственных, фуражных целей или в порядке обмена для посева, зерно для этих нужд размещают в складах, не связанных с железнодорожными и водными путями. Партии зерна, намеченные к отгрузке, размещают в элеваторе и прирельсовых складах.

Хранение зерна. Зерно можно хранить только в исправных зернохранилищах, отвечающих техническим и санитарно-гигиеническим требованиям.

Исправными должны быть все машина, оборудование, самотечные трубы и аспирационные сети рабочих помещений и зернохранилищ. Соблюдение правил и условий хранения гарантирует сохранность зерна. В период приема зерна в хранилище, при перемещениях его, отпуске и передаче хранилища от одного лица другому зерно обязательно взвешивают.

3.7 Способы и основные правила хранения зерна

Существует два основных вида емкостей для хранения зерна - склады и силосы. В зависимости от этого хранение зерна может быть напольным или силосным.

В первом случае зерно размещается на полах складов вплотную к стенам при сравнительно небольшой высоте насыпи (до 9 м). При этом поверхность соприкосновения зерна с наружным воздухом значительна, воздух в период проветривания склада может проникать в толщу зерновой насыпи и забирать часть тепла и влаги. В тонком слое можно хранить зерно повышенной влажности: напольным способом хранят и затаренные продукты переработки зерна - муку, крупу и пр. Высоту насыпи зерна в складах, не имеющих установок для активного вентилирования, устанавливают в зависимости от влажности зерна. Влажное зерно, при тщательном за ним наблюдении, размещают слоем до 2 м; с влажностью до 19 % - не выше 1,5 м; свыше 19 % - не более 1 м, хранение кратковременное. Высота насыпи контролируется по отметкам, нанесенным краской на стенах и внутренних опорах склада. При наличии активного вентилирования высота насыпи зерна устанавливается по специальным таблицам в зависимости от культуры, содержания влаги и удельной подачи воздуха. В таких складах обычно хранят партии сырого зерна до сушки, обрабатывая зерновую насыпь воздухом с первого дня хранения, не ожидая заполнения всего склада.

Для зерна сухого и средней сухости высота насыпи зависит от технического состояния складов. Скапливающийся при загрузке складов вследствие самосортирования легкий сор необходимо сметать с поверхности насыпи.

При напольном хранении коэффициент использования кубатуры склада мал; по этой причине сравнительно дешевое здание склада из местных материа-

лов не всегда дает экономический выигрыш по сравнению с силосной емкостью. Механизация перемещения зерна в складах сложна, горизонтальные, «распластанные» по земле хранилища занимают большую площадь, что усложняет и удорожает работу предприятия.

Силосное хранение (высота насыпи зерна 30 и более метров) значительно лучше использует кубатуру хранилища, дешевле и проще; производственные операции полностью механизированы. Несколько большая по сравнению со складами стоимость хранилищ компенсируется за счет уменьшения издержек эксплуатации и увеличения производительности труда.

Зерно с повышенной влажностью хранить в силосах можно только временно: допускается временная загрузка в силос зерна с влажностью не более 19 % в количествах, не превышающих трехсуточную производительность зерносушилок элеватора. В этом случае полезна «подушка» из сухого зерна той же партии, предохраняющая сырое зерно от «зависания» в силосе. Температуру и качество такого зерна в силосах ежедневно контролируют. Зерно с содержанием влаги до 17 % можно хранить в силосах до просушки, но обязательно в охлажденном состоянии.

Освобожденные от зерна силосы необходимо очистить и проветрить, открыв люк в надсилосном помещении и задвижку в подсилосном этаже.

Перед заполнением силосов следует проверить установки дистанционного контроля температуры и убедиться в отсутствии остатков ранее хранившегося зерна. Неполные силосы загружают зерном такого же качества. Зерно после сушки, направленное в силосы, должно быть охлаждено - температура его не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 10 °С. Если этого не обеспечивают охладительные устройства зерносушилок, зерно дополнительно охлаждается в зерноочистительных машинах.

С наступлением осени, оставшееся на предприятии зерно переводят на зимнее хранение - в сухую и холодную погоду зерно охлаждают и промораживают. Перед наступлением весеннего потепления принимают меры к сохранению низкой температуры зерна: окна и двери складов без особой надобности не открывают, наблюдают за зерном утром или вечером.

Требования к зернохранилищам. Любое хранилище должно отвечать требованиям, которые вытекают из природы и свойств хранимого продукта. У зерна как у объекта хранения особенности следующие:

1) зерновая масса - сыпучее тело, которое оказывает давление не только на дно, но и на стены хранилищ;

2) зерно не только органический продукт, но и живой организм, жизнедеятельность которого, нежелательная в период хранения, определяется условиями хранения;

3) объемная масса зерна сравнительно невелика, поступление зерна неравномерно, длительность периодов поступления (25 дней - 3 месяца) и расхода (12 месяцев) различна;

4) качество зерна сохраняется, если оно свободно от примесей органического и неорганического происхождения;

5) обработка и перемещение зерна сопровождается значительными пылевыделениями, что создает неблагоприятные санитарные условия, а также пожаро-

и взрывоопасность;

б) зерно - ценный продукт (имеется в виду и потребительная, и денежная его стоимость).

Эти особенности зерна определяют строительные, экономические и технологические требования к зернохранилищам, продиктованные стремлением не только сохранить зерно при минимальных затратах труда и материальных средств, но и улучшить его качество в период хранения.

Требования к зернохранилищам сводятся к следующему.

Здания хранилищ должны быть прочными, т.е. выдерживать без опасных деформаций давление зерновой массы: долговечными и вместе с тем дешевыми, с минимальными эксплуатационными расходами (взаимно исключаящие требования обязывают искать оптимальное решение).

Стены и потолки зданий должны иметь плохую теплопроводность и хорошую гигроскопичность, должны быть водо- и газонепроницаемыми.

Это обеспечивает защиту зерна от проникновения влаги в любой форме, защиту от ветра, от нежелательных запахов и от действия прямых солнечных лучей.

Емкость зернохранилищ, их производственная площадь и обеспеченность оборудованием (в том числе зерноочистительным) должны быть достаточными.

Зернохранилища должны располагать устройствами, обеспечивающими нормальные санитарно-гигиенические условия для работы производственного персонала и для хранения зернопродуктов.

Компоновка здания и его технологическое оборудование должны обеспечивать точный весовой учет зерна при выполнении всех операций производственного процесса. В зернохранилищах должна быть исключена возможность смешивания зерна различных партий, должны быть условия для отбора образцов хранящегося зерна.

Снижение качества зерна под влиянием насекомых и микроорганизмов. Наряду с микроорганизмами, к питанию и жизни в зерне приспособились более десятка видов насекомых (в пшенице - два, всего пять видов долгоносиков, зерновая моль, кожеед зерновой и т.д.) и несколько видов клещей.

Долгоносики чрезвычайно вредны, так как уничтожают здоровое зерно; другие насекомые питаются главным образом зерновой пылью и битым зерном. Присутствие любого из вредителей в больших количествах вызывает самосогревание зерна.

Заражение обычно происходит в хранилище: случаи заражения зерна в поле (например, зерновой молью) сравнительно редки.

Насекомые размножаются в зерне в период хранения: время от одного урожая до другого они переживают в деревянных частях оборудования и хранилищ. Иногда насекомые перелетают, или переползают на зерно из соседних хранилищ или других близлежащих источников.

Борьба с вредителями заключается в надлежащей организации хранения, системе защитных и санитарных мер и в активном уничтожении вредителей.

Для развития амбарных вредителей и микробов сухое чистое зерно, которое хранится при постоянной температуре в пределах от 10 °С до 15 °С, неблагоприятно. Насекомые - вредители и микробы для развития нуждаются в известном

минимуме влаги и температуры: при оптимальном значении этих двух важнейших факторов жизнедеятельности развитие насекомых и микробов в зерне приобретает экспоненциальный, лавинный характер.

Содержание влаги в зерне для развития насекомых и клещей оптимально. При влажности 9 % большинство амбарных вредителей не могут долго существовать: если влажность зерна меньше 11 %, размножение их происходит очень слабо, за исключением тех случаев, когда температура достигает от 29 °С до 32 °С. Избыток влаги для насекомых - вредителей также вреден.

Микробы, за исключением плесеней, развиваются при наличии свободной (капельно-жидкой) влаги. Если относительная влажность воздуха зернохранилища не превышает 70 %, соответствующая ей влажность зерна пшеницы не выше критической (от 14,0 % до 14,6 %), свободной влаги в зерне нет, то большинство микробов развиваться не могут. Избыток влаги (более 18 %), вредный для насекомых - вредителей, активизирует развитие микробов, прежде всего плесневых грибов, и развитие самого зародыша зерновки, в результате чего влажное зерно согревается.

Микробы, вызывающие самосогревание зерна, уничтожают всех повреждающих его насекомых.

Температура зерна является весьма важным фактором жизнедеятельности в зерновой массе микробов и насекомых – вредителей. Насекомые, клещи и микроорганизмы не имеют постоянной температуры тела: активность физиологических процессов у них непосредственно определяется температурой окружающей среды: температура - важнейший фактор их обмена веществ, роста, развития, общего поведения и распространения.

Температурный оптимум микробов от 25 °С до 30 °С, насекомых и клещей – от 18 °С до 32 °С.

Снижение температуры до +10° (и ниже) замедляет и приостанавливает развитие большинства микробных видов и насекомых. Если в зерне содержится мучная пыль и битые зерна и температура зерна +21° или выше, насекомые - вредители будут размножаться даже при низком содержании влаги. При повышенной влажности и температуре долгоносики свободно размножаются и в чистом зерне; при температуре ниже нуля градусов они через несколько дней погибают.

Контроль состояния хранящегося зерна. Для обеспечения сохранности зерна с момента поступления его на хлебоприемный пункт и в течение всего периода хранения за качеством и состоянием зерна организуется систематическое наблюдение. Наблюдают за температурой и влажностью зерна, запахом и цветом, зараженностью амбарными вредителями.

Температуру зерна нового урожая в течение первых трех месяцев с момента приема, в зависимости от состояния зерна по влажности, определяют в сухом и средней сухости - два раза в декаду, во влажном исыром - ежедневно.

Влажность зерна сухого, средней сухости и охлажденного определяют один раз в месяц, влажного и сырого - один раз в 15 дней, а также после каждого перемещения и активного вентилирования.

На каждую хранящуюся партию зерна заводят ярлык с характеристикой партии: в нем указывается дата поступления, количество зерна, культура, сорт,

тип, подтип, натуральный вес, влажность, засоренность. Ярлыки помещают на специальную доску. На элеваторах ярлыки ведут по каждому силосу отдельно.

Отпуск зерна. Отпуск зерна на месте и отгрузка его за пределы пункта выполняются в строгом соответствии с нарядами вышестоящей организации.

Хлебоприемные предприятия не имеют права отпускать зерно с отклонениями от показателей качества или количества, указанных в наряде, и по просроченным нарядам.

Каждая отгрузка зерна оформляется накладной, удостоверением о качестве: отпуск на месте - и пропуском для выезда транспорта с территории предприятия.

При отгрузке железнодорожным или водным транспортом предприятия дают заявки органам транспорта на подачу вагонов или судов и обеспечивают их загрузку в установленные сроки.

На месте зерно, отпускается в присутствии получателя: хлебоприемный пункт обеспечивает своевременную выдачу зерна, не допуская простоя автомашин сверх установленного срока.

Предприятие несет ответственность за погрузку зерна в вагоны или баржи, состояние которых не обеспечивает сохранности зерна: представители предприятия тщательно осматривают транспортные средства перед их загрузкой. Предприятие имеет право требовать от органов транспорта исправления замеченных недостатков или замены подвижного состава.

Работы, связанные с погрузкой зерна, выполняет хлебоприемный пункт. Гарантией бесперебойной отгрузки зерна служит исправное состояние всех частей отпускного фронта, который должен быть постоянно готов к работе.

3.8 Производственные схемы хлебоприемных предприятий

Производственной схемой предприятия называется порядок размещения технологического оборудования. Технологическое оборудование хлебоприемных предприятий размещается так, чтобы обеспечить непрерывное выполнение операций с зерном и их целесообразную очередность, свести к минимуму транспортные операции и погрузо-разгрузочные работы с зерном, исключить возможность смешивания разнородных партий зерна.

В зависимости от степени детализации, представленная графически производственная схема предприятия может быть принципиальной или рабочей.

Принципиальная схема предприятия. В принципиальной схеме указывается порядок размещения технологического оборудования, оперативных емкостей, зернохранилищ и их транспортные связи. Вместо нескольких единиц одинакового оборудования или емкостей показывается одна.

Принципиальная схема предопределяет общую увязку основных операций, их место и очередность в производственном процессе, и тип применяемого оборудования.

С составления принципиальной схемы начинается проектирование хлебоприемных предприятий. Анализ схемы действующего предприятия позволяет

определить возможности машин, устройств и емкостей и вероятную степень их использования.

Например, принципиальная схема, показанная на рисунке 72, предопределяет такую увязку и последовательность операций.

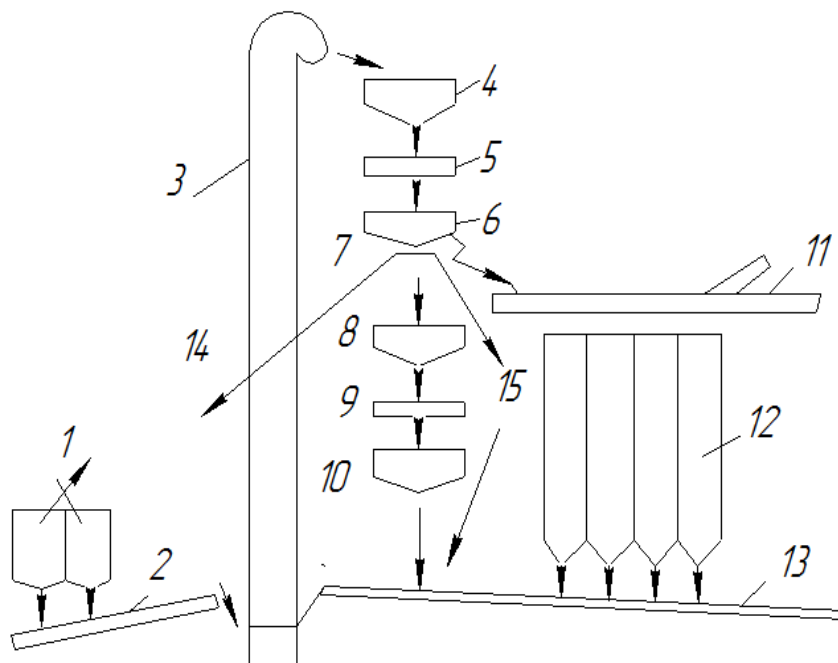


Рисунок 72 - Принципиальная схема хлебоприемного предприятия

Зерно, доставленное автотранспортом, после определения его качества и взвешивания разгружается в приемные бункеры 1, откуда с помощью транспортера 2 и нории 3 подается в навесовую емкость 4 в весы 5. Взвешенное зерно из емкости 6 через распределительное устройство 7 может быть направлено на очистку (надсепараторный бункер 8 - сепаратор 9 – подсепараторный бункер 10) в сушилку 15 или через транспортер 11 – на хранение в силосы 12. Очистку и сушку можно осуществить и последовательно - по маршруту с 1 по 10, затем 13-3-4-5-6-7-15; высушенное зерно можно направить на хранение по маршруту 15-13-3-4-5-6-7-11-12. Подать зерно из силосов 12 на вторичную очистку можно по маршруту 12-13-3-4-5-6-7-8-9-10 и в силосы 10-13-3-4-5-6-7-11-12.

Поток зерна можно разделить: часть принятого зерна направить на сушку, часть в силосы, заполнив предварительно бункер над сушилкой 15.

Операции можно осуществить и параллельно: гибкость схемы сказывается в возможности перестройки маршрутов и в способности одновременно проводить несколько операций с минимальным количеством оборудования - нория здесь одна. Количественный и качественный учет зерна обеспечивается включением в схему весов и устройством точек отбора образцов зерна для его анализа.

Для количественного учета узаконено взвешивание зерна: остальные способы (линейные обмеры, объемная мерная тара, и т.п.) запрещены. Все перемещаемое зерно обязательно взвешивается.

Основная нория участвует во всех перемещениях зерна; расположение весов у ее головки (рисунок 72) позволяет взвешивать зерно попутно. Весы распо-

ложены выше надсилосного транспортера 11, что позволяет за один подъем норий направить взвешенное зерно на хранение в силосы или на очистку (сушку). Перед весами и после весов, перед сепаратором и после сепаратора установлены емкости 4,6,8,10, называемые оперативными.

Такая схема достаточно рациональна, но требует значительной высоты рабочего помещения.

Принципиальные схемы различных предприятий различаются несущественно - количеством подъемов зерна, наличием или отсутствием отдельных оперативных емкостей. У однородных предприятий схемы обычно одинаковые (типовые).

Рабочая схема предприятия. Принципиальная схема служит основанием для дальнейших расчетов количества и производительности машин, количества и величины потребных емкостей. Результаты расчетов позволяют установить окончательное число машин и их параметры, особенности их транспортных связей для данного предприятия. Это позволяет построить рабочую схему, которую часто называют схемой движения зерна и отходов.

Составление рабочей схемы - один из основных этапов проектирования. Анализ рабочей схемы действующего предприятия позволяет установить его «узкие места», определить степень использования оборудования и наметить меры к ее улучшению.

На рабочей схеме (рисунок 73) в условных обозначениях показывают все отдельные сооружения, все технологическое и транспортное оборудование.

Однородные машины и емкости нумеруются, и на схеме указываются их основные характеристики (марка, производительность или емкость).

Показывают все возможные направления движения зерна от машины к машине или емкости; начало движения обозначают точкой, окончание - стрелкой. Путь зерна указывается сплошными жирными линиями: отходов, пыли и воздуха - тонкими, штриховыми или штрихпунктирными.

Рабочая схема является пособием для составления маршрутов перемещения зерна. Маршрутом называют временно связанную совокупность машин, устройств и емкостей, которая обеспечивает непрерывное перемещение зерна: иначе, маршрут - это определенная операция с зерном или строгая последовательность операций, если их на маршруте осуществляется несколько. После окончания операция с данной партией зерна маршрут перестраивается.

Формально производственный процесс предприятия складывается из перемещений зерна по определенным маршрутам, качество которых во многом зависит от целесообразности и гибкости рабочей схемы.

Таблица ходов в рабочей схеме помогает быстро и правильно выбрать норию, через которую должен пройти маршрут для осуществления данной операции. Возможность подачи зерна на нории или приема его с норий различными транспортерами обозначается условным знаком X в клетках, лежащих на пересечении соответствующих граф. Чтобы установить возможность построения маршрута с помощью определенной нории, допустим, перемещения зерна из приемного устройства в силосный корпус, в правой и левой частях таблицы находят транспортеры, между которыми намечают перемещение (№1 и 9). Если против

них и проверяемой нории (в данном случае 2) стоят знаки X , перемещение с помощью намеченной нории возможно: если хотя бы одного знака нет, то нельзя.

Чем больше знаков X , тем больше может быть вариантов маршрутов, тем более гибка рабочая схема элеватора, но при очень большом количестве связей X усложняются коммуникации, увеличивается высота этажей рабочего помещения, поэтому необходим оптимум.

Принято, что каждый приемный и подсилосный транспортер должен подавать зерно не менее чем на две нории: каждый надсилосный транспортер - принимать зерно не менее чем из двух распределительных устройств (от двух норий).

В таблице емкостей (силосов) указана емкость отдельных хранилищ в расчете на тяжелое зерно ($0,75 \text{ т/м}^3$). Таблица позволяет решить вопрос о возможности размещения определенной партии зерна в данном силосе.

Совершенство схемы движения зерна и степень ее фактического использования определяет уровень организации производственного процесса хлебоприемного предприятия.

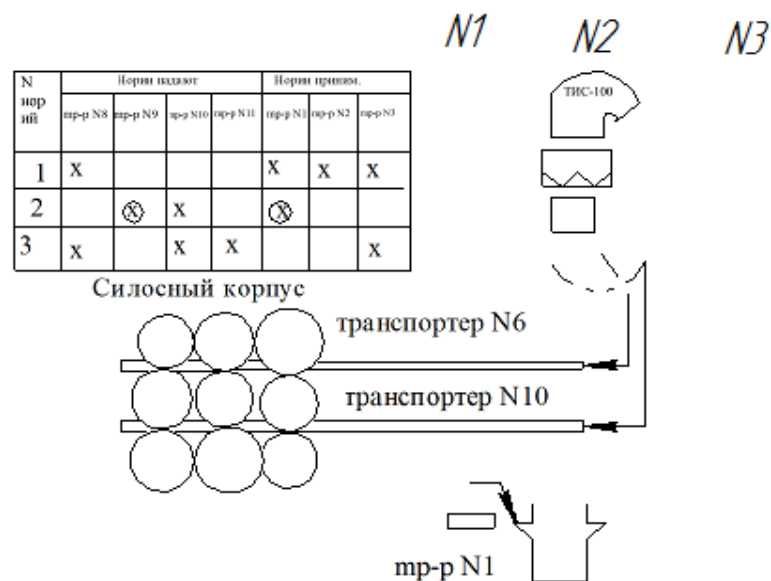


Рисунок 73 - Рабочая схема элеватора

3.9 Поточные линии хлебоприемных предприятий

Система машин и аппаратов хлебоприемного предприятия состоит из отдельных поточных линий.

Если обрабатываемый материал по ходу производственного процесса последовательно перемещается с одной машины на другую транспортными механизмами непрерывного действия, а рабочий только контролирует и регулирует их работу, эту систему называют поточной механизированной технологической линией.

В состав поточных линии хлебоприемных предприятий входят: визировочные площадки, приемные устройства, оперативные, накопительные емкости и зернохранилища, технологическое оборудование для обработки зерна, отпускные устройства.

Технологическое оборудование и оперативные емкости поточных линий располагаются в рабочих, башнях элеваторов или в башнях механизации зерновых - складов.

Поточная обработка зерна предполагает выравненность производительностей устройств, механизмов и машин линии. Если связь жесткая т.е. обрабатываемое зерно передается с машины на машину непосредственно, производительность всех машин линии должна быть, строго одинаковой, иначе производительность линии в целом снизится до уровня наименее производительного оборудования – «узкого места» линии. Связь между элементами линии является гибкой, если передача зерна осуществляется через промежуточную (оперативную) емкость.

И в этом случае согласование элементов линии по производительности необходимо, так как величина оперативной емкости ограничена.

Количество и производительность поточных линий проектируемого предприятия на основании – методик, приведенных в специальной литературе, устанавливаются расчетно. Для основных культур, одновременно поступающих в больших количествах, создаются отдельные линии, которые используются для обработки других культур, поступающих позднее.

На одном предприятии может быть от одной до десяти поточных линий.

Расчеты делают и на действующих предприятиях, готовясь к приему зерна нового урожая: определяют потребную производительность линий, необходимое количество оборудования и емкостей, так как объем заготовок, количество культур и качество зерна из года в год меняются.

Рассчитанную производительность линий увеличивают до ближайшей фактической, которая определяется параметрическими рядами выпускаемого сушильного и зерноочистительного оборудования:

- 1) для сырого зерна пшеницы 16, 24, 32, 50 (64, 96) т/ч;
- 2) для сухого зерна 50, 100 (200) т/ч.

Машины и емкости поточной линии не всегда используются одновременно, так как маршрут перемещения зерна нередко охватывает часть линии.

3.10 Емкости хлебоприемных предприятий

Наиболее распространенным видом емкостей в элеваторно-складском хозяйстве являются бункеры - круглые или прямоугольные в плане саморазгружающиеся хранилища малой глубины (не более 1,5 размера в плане). Угол наклона нижней части стен (выпускной воронки) бункера больше, чем угол естественного откоса зерна. Конструкция, размеры и форма бункеров зависят от компоновки помещений, типа несущих конструкций и требуемого запаса зерна. Бункеры изготавливаются из листовой стали или железобетона (монолитные, реже сборные).

В поточную линию можно включить и установку периодического действия (например, весы) с помощью специальной емкости перед ними; такая емкость называется оперативной, а также межоперационной или буферной. Оперативные емкости увеличивают гибкость линии, обеспечивают равномерную загрузку технологического оборудования, делают его работу независимой от транспортирующего, позволяют регулировать производительность оборудования. Помимо включения установки периодического действия, оперативные емкости при-

меняются в следующих случаях:

1) если в поток необходимо включить оборудование непрерывного действия, но меньшей производительности (рисунок 74). Производительность предшествующих машин линии не уменьшается, но линия сможет работать ограниченное время, продолжительность которого определяется величиной оперативной емкости;

2) если число норий меньше числа операций, которые следует выполнить одновременно, или при разветвлениях маршрута, когда одна нория последовательно участвует в нескольких операциях (рисунок 75);

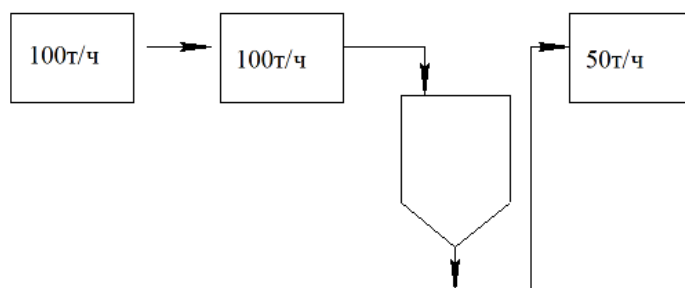


Рисунок 74 – Схема потока с оперативной емкостью

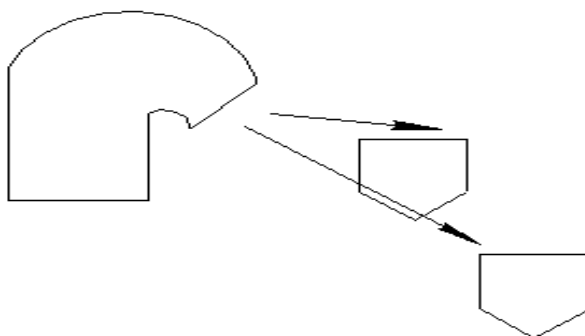


Рисунок 75 – Схема разветвленного маршрута

3) в приемных и отпусковых устройствах, производительность которых непостоянна во времени. Приемные оперативные бункеры обеспечивают равномерную загрузку транспортирующего оборудования, сглаживают часовую неравномерность поступления зерна для нормальной работы технологических машин. Подача зерна на технологические машины не должна быть чрезмерной и вместе с тем должна быть бесперебойной и по количеству достаточной. Отпускные оперативные бункеры ускоряют заполнение зерном подвижного состава.

Для кратковременного хранения принятого зерна перед его очисткой или сушкой в поточную технологическую линию включаются накопительные емкости, оборудованные установками для активного вентилирования. Обычно - это специально выделенные склады, отдельные силосы элеваторов или специальные бункеры. Емкость каждого из них определяют специальным расчетом, общая величина накопительных емкостей – не менее 6 % суммарной емкости хранилищ

хлебоприемного предприятия.

Накопительные емкости, используются и для формирования крупных партий однородного зерна перед его обработкой, так как направлять на очистку и сушку небольшие партии только что принятого зерна нецелесообразно (иначе машины слишком часто переключаются на разные режимы работы, отчего усложняется организации процесса обработки).

Помимо этого, в накопительных емкостях размещают зерно, принятое в дни наибольшего его поступления, когда с обработкой всего принятого зерна предприятие не справляется.

В итоге хлебоприемное предприятие располагает тремя видами емкостей: оперативные обеспечивают нормальную работу определенных видов оборудования и максимальную их загрузку; то же самое обеспечивают накопительные емкости в масштабах всего предприятия, а не отдельных машин. Основными в количественном отношении являются емкости хранения - зернохранилища (зерновые склады и силосы), предназначенные для длительного хранения зерна.

3.11 Общая характеристика элеваторов

Наиболее совершенный тип зернохранилища, элеватор обеспечивает полную механизацию и автоматизацию производственного процесса, создает наилучшие условия для повышения качества и сохранности зерна.

Элеваторы характеризуются следующими особенностями: хранилищами зерна служат силосы: для подъема зерна в силосы служат стационарные устройства; элеватор представляет собой самостоятельную производственную единицу.

В зависимости от способа подачи зерна из силосов к нориям и обратно, элеваторы подразделяют на самотечные (старого типа) и транспортерные: здания элеваторов могут быть одно - и двухкрылыми, одно - двухбашенными и безбашенными.

Стоимость элеваторов выше стоимости зерновых складов соответствующей емкости, но эксплуатация их дешевле, и, что особенно важно, меньше потребность в рабочей силе.

Современный зерновой элеватор является главной составной частью (производственным центром) хлебоприемного предприятия, к которому при помощи стационарных транспортеров привязывают зерновые склады. Элеватор осуществляет все технологические операции по обработке зерна и основной объем его приема и отпуска.

Элеватор включает:

1) зернохранилище - силосный корпус для хранения зерна: рабочую башню (рабочее здание) с нориями, оперативными емкостями, весами, распределительными устройствами и зерноочистительными машинами;

2) зерносушильный цех;

3) сооружения для приема и отпуска зерна на различные вида транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный), помещения для сортировки и хранения отходов.

Кроме этого, элеватор оборудован устройствами для наблюдения за хранением зерна, вентиляционными и энергетическими установками.

3.12 Компоновка и взаимная увязка основных сооружений элеватора

Здания, сооружения и устройства элеватора очень тесно связаны и должны быть пропорционально развиты.

Производственным центром элеватора, к которому привязывают силосные корпуса и все приемно-отпускные устройства, служит рабочая башня. В оперативном отношении рабочая башня и силосные корпуса представляют единое целое: емкость хранилищ определяет количество и производительность установленных в рабочей башне технологического оборудования и норий, это, в свою очередь, определяет размеры рабочей башни. От числа рядов силосов в корпусе зависит число надсилосных и подсилосных транспортеров, что обуславливает ширину рабочей башни.

Взаимное расположение рабочей башни и силосных корпусов в плане различно. Наиболее прост однокрылый элеватор, в котором количество над- и подсилосных транспортеров наименьшее, но при увеличении числа корпусов очень длинные (иногда свыше 150 м) транспортеры вызывают значительные потери времени на перемещение разгрузочных тележек.

Силосных корпусов и один ряд возводят не более трех, поэтому по двухкрылой схеме к рабочей башне можно привязать их шесть. Заготовительные элеваторы в настоящее время сооружаются по двухкрылой схеме, элеваторы второго и третьего звена - по однокрылой.

При большом количестве силосных корпусов применяется схема привязке их к рабочей башне. На рисунке 76 компоновка сооружений наиболее плотная с высоким коэффициентом застройки территории. Такой же принцип расположения по нескольким параллельным линиям применяется и в случае привязки к элеватору зерновых складов.

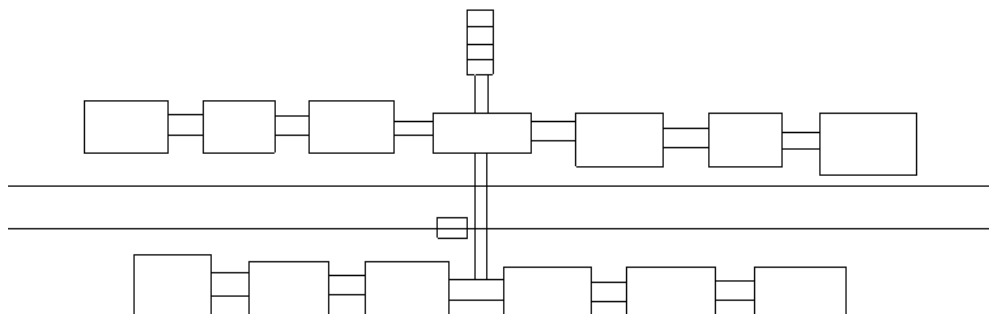


Рисунок 76 – Схема компоновки сооружений элеватора

Увязка по вертикали состоит в том, что пол подсилосного этажа силосного корпуса и распределительного этажа рабочей башни располагают на одном уровне (на одной отметке).

Расстояние между рабочей башней и силосным корпусом (или между ра-

бочей башней и приемным устройством, желательное минимальное), определяется длиной плавного подъема подсилосных или приемных транспортеров на высоту, обеспечивающую спад в нории (для пшеницы угол подъема наклонной части транспортера не более 16° , для проса и гороха - не более 10°).

Приемное устройство с автотранспорта и отпусковое на железную дорогу располагают по разные стороны элеватора. Положение устройств для водного транспорта зависит от размещения элеватора относительно берега.

Расположение приемных и отпусковых устройств увязывают с элеватором так, чтобы подъезды к ним были самыми короткими и удобными, не пересекающимися в производственной зоне. В зависимости от конкретных местных условий размещение может быть самым разнообразным. Железнодорожные подъездные пути чаще располагают между причалами и элеватором, нередко – по разные стороны элеватора.

3.13 Рабочая башня элеватора

Назначение и принципиальная схема рабочей башни. В рабочей башне - многоэтажном здании высотой 45 - 70 м - сосредоточено все основное оборудование элеватора (кроме транспортеров и зерносушилок) и оперативные емкости.

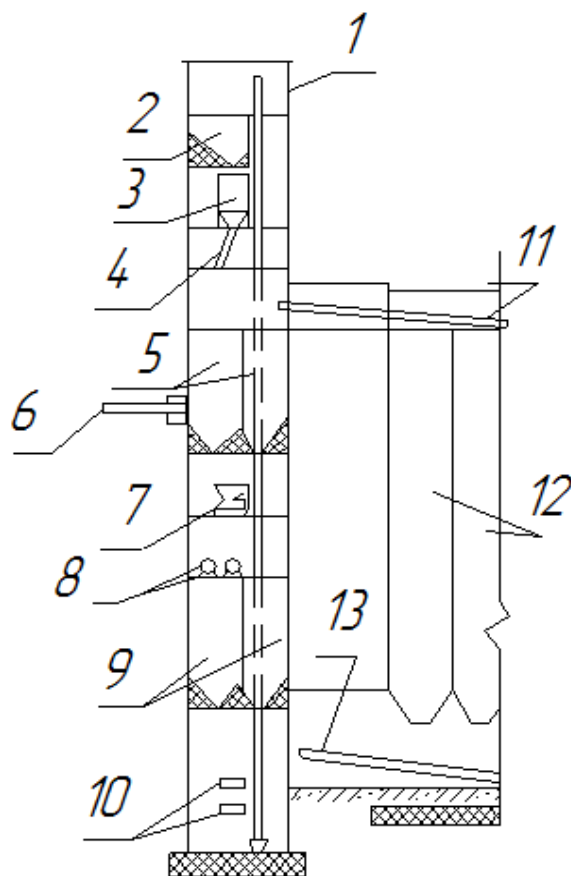
В рабочую башню поступает зерно из приемных устройств, из сушилки, силосного корпуса или складов: оно поднимается норией, взвешивается и распределяется на очистку, сушку, хранение и на отпуск.

Оборудование обычно устанавливают в указанной на рисунке 77 последовательности; машины одинакового назначения располагают по возможности на одном этаже.

В советских элеваторах основные нории универсальны, то есть каждая из них способна выполнить все или почти все операции с зерном: нории используются лучше, число их обеспечивает минимальные размеры и стоимость рабочей башни. На американских элеваторах, напротив, нории специализированы, то есть установлены таким образом, что любая из них выполняет только одну или очень ограниченное число операций. Это, в свою очередь, облегчает и упрощает организацию производственного процесса, так как делает излишней перестройку многих маршрутов и создает резерв производственных мощностей на случай вынужденной остановки норий. Преимущества и недостатки каждой из этих двух схем в итоге не создают заметного преимущества какой-либо из них.

Принципиальные схемы рабочих башен различаются количеством подъемов зерна, что определяется местом установки весов. Схемы чаще одноступенчатые, в которых вертикальные перемещения зерна осуществляются одним подъемом норией; весы помещаются выше надсилосного этажа. Схема проста, но высота рабочей башни должна быть на 10 - 12 м больше высоты силосного корпуса (58-70 м).

Необходимость ограничения высоты башни при строительстве ее из сборного железобетона вначале заставила установить весы ниже надсилосного этажа, применить двухступенчатую схему, в которой зерно после взвешивания для загрузки в силосы вторично поднимается другой норией.



1 - нория; 2 - навесовой бункер; 3 - весы; 4 – поворотная труба; 5 - оперативные емкости; 6 - транспортер для отпуска на водный транспорт; 7 - сепаратор; 8 - триеры; 9 - оперативные емкости; 10 – приемные транспортеры; 11- надсилосный транспортер; 12 – силосы; 13 – подсилосный транспортер.

Рисунок 77 – Схема поэтажного размещения оборудования в рабочей башне

Двухступенчатая схема увеличивает число норий, зерно дополнительно травмируется; усложняется и удорожается схема движения зерна и ее использование, увеличивается площадь поперечного сечения рабочей башни, что вызывает дополнительное удорожание.

Размещение оборудования в рабочей башне. Размещая оборудование в рабочей башне, учитывают компактность, удобство монтажа, обслуживания и ремонта оборудования, обеспечение самотека с вышерасположенных машин, требования техники безопасности и технической эстетики.

В плане рабочая башня обычно прямоугольна (круглая или овальная неэкономична). Размеры башни в плане определяются диктующим этажом, где размещается крупногабаритное оборудование, обычно этажом сепараторов или ковшовых весов (габариты полуавтоматических весов меньше).

Расположение норий. Нории в рабочей башне располагаются в один ряд; каждая нория подает зерно в «свою» навесовую емкость.

Головки норий с приводными устройствами и электродвигателями располагаются на верхнем этаже, норийные трубы проходят через бункеры и рабочие помещения всех этажей и заканчиваются внизу башмаками, которые опираются на пол подвального этажа непосредственно или помещаются в специальный водонепроницаемый колодец ниже уровня пола.

Головки норий располагают параллельно (схема 1) или перпендикулярно (схема 2) продольным стенам рабочей башни (рисунок 78).

Первая схема лучше использует производственную площадь, норийные трубы на остальных этажах меньше загромождают помещения. Зато во второй схеме навесовые бункеры заполняются по прямым самотекам, а в первой схеме поток зерна при выходе из норий отклоняют на 90° , что ускоряет износ самотечной трубы и требует для заполнения навесового бункера более высокого положения головки нории.

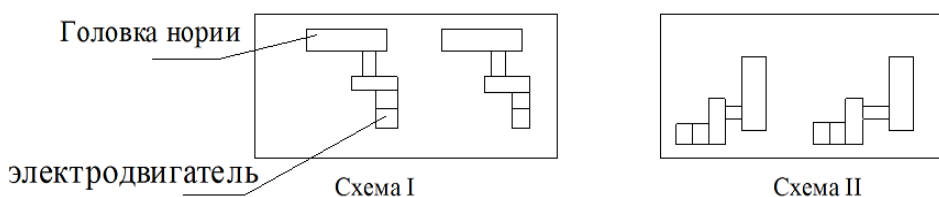


Рисунок 78 – Схемы расположения головок норий

Расположение башмаков норий должно быть удобно также и для подачи в них зерна из ленточных транспортеров и подсепараторных бункеров.

Схема размещения норий, выбранная при проектировании, во многом определяет всю компоновку рабочей башни.

Размещение весов. Ковшовые весы снабжаются навесовыми, иногда и подвесовыми емкостями; емкость навесового бункера обычно составляет 1,5, подвесового - 0,5-0,7 грузоподъемности весов. Более рационально вместо подвесовой емкости устанавливать самотеки и транспортеры большей производительности.

Ковшовые весы располагаются в один ряд и обращаются коромыслами либо в одну сторону, либо навстречу друг другу. Оба варианта (рисунок 79) равноценны, обеспечивают минимальные размеры рабочей башни в плане, удобны в работе; перед коромыслами имеется проход, управление задвижками расположено около правой руки весовщика, шкала весов освещена. Помещение весовщика 1 зимой обогревается.

Полуавтоматические (порционные) весы на элеваторах применяются реже. Существовало мнение, что взвешивание на них небольших партий зерна снижает степень использования норий. В последнее десятилетие у нас наметился поворот к порционным весам - появились весы большей грузоподъемности, оборудованные устройствами для полного дистанционного управления. Навесовой бункер полуавтоматических весов вмещает не менее трех порций зерна для взвешивания.

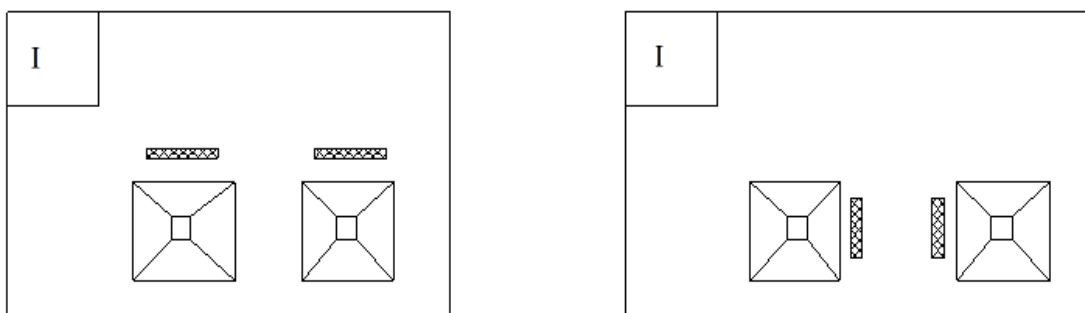


Рисунок 79 – Схемы расположения весов

Размещение распределительных устройств, самотеков и транспортеров. Поворотная труба или патрубков размещается под весами так, чтобы ось вращения их совпадала с центром выпускного отверстия весов. Из распределительных устройств зерно подается к месту назначения системой самотечных труб. Самотеки просты и надежны, применение их не требует затрат энергии. Угол наклона самотеков зависит от влажности зерна (до 20 % - 36°, свыше 20 % - 45°), для отходов и пыли - 54° к горизонту.

Для перемещения зерна в горизонтальном или слегка наклонном направлении чаще применяют ленточные транспортеры, а также цепные и винтовые (шнековые). Обычно в рабочей башне размещают приемные и сбрасывающие устройства и, соответственно, приводные и натяжные станции транспортеров. В многонорийных рабочих башнях для увеличения гибкости схемы на распределительном этаже и этаже башмаков норий размещают поперечные, чаще реверсивные транспортеры.

Размещение зерноочистительных машин. Сепараторы размещают на уровне средней части силосов (этаж зерноочистки), этажом ниже - контрольные сепараторы и триеры.

Размещение однородного зерноочистительного оборудования на одном этаже облегчает его обслуживание; при большом количестве оборудования оно размещается на двух этажах.

Над и под зерноочистительными этажами располагаются оперативные емкости. Емкости над зерноочистительными машинами вмещают зерна не менее чем на два часа их работы; над одной машиной устанавливают обычно не менее двух бункеров, чтобы можно было быстро переключаться от очистки одной партии зерна на другую. Объем нижних бункеров (подсепараторами и триерами) обычно на 10-15 % больше объема верхних.

На контрольные сепараторы направляют смесь отходов из подсеивных сит и аспирационных камер; выделенное годное зерно присоединяется к основной партии.

Отходы и пыль с помощью пневмотранспорта удаляются либо в цех отходов, либо в отдельно расположенные бункеры, приспособленные для отгрузки на автотранспорт.

Производительность сушилок невелика и переменна. Для лучшего использования сушилку стараются обособить - сделать менее зависимой от работы элеватора. Это достигается установкой над и подсушильных бункеров значительной емкости – минимум на одну, желательнее – на две смены работы сушилки. Располагая сушилку, стараются обеспечить наиболее удобную передачу зерна на элеватор и обратно. Размещение сушилки в рабочей башне полностью решает эту задачу, так как зерно из весов в надсушильный бункер и просушенное зерно в норию направляется самотеком, но это значительно усложняет конструкцию рабочей башни.

4 Технология глубокой переработки зерна

4.1 Рациональное использование побочных продуктов мукомольного и крупяного производства

При производстве муки и крупы образуются побочные продукты - отруби, мучка, лузга, рациональное использование которых в народном хозяйстве имеет важное значение.

Отруби применяют в комбикормовом производстве в качестве одного из компонентов комбикормов, в производстве премиксов в качестве наполнителя, в микробиологической промышленности как питательный субстрат. Мучка также один из компонентов комбикормов. Лузгу рисовую, гречневую, просяную используют в химическом производстве, а также в качестве топлива.

Однако анализ химического состава этих продуктов показывает, что они могут служить сырьем для производства ценных продуктов питания или же биологически активных веществ. К этому следует добавить, что на мукомольных и крупяных заводах зародыш зерна не отбирают, а направляют в отруби.

В таблице 34 приведено содержание, некоторых важных веществ в этих продуктах. Анализ этих данных показывает, что в побочных продуктах присутствует много биологически важных веществ, необходимых для полноценного питания. В зародыше содержится много жира и белка. Белок зародыша отличается хорошей усвояемостью и биологической полноценностью, а жир более чем на 80 % состоит из непредельных жирных кислот и содержит значительное количество (до 2 %) фосфолипидов.

В таблице 35 приведено содержание незаменимых аминокислот в отрубях, мучке и зародыше, полученных при сортовом помоле пшеницы. Из данных таблицы видно, что в этих продуктах присутствуют все восемь незаменимых аминокислот, не синтезируемых в человеческом организме; в особенности много их в белке зародыша. Богаты побочные продукты мукомольного и крупяного производства и различными витаминами (таблица 36).

Таблица 34 - Химический состав побочных продуктов мукомольного и крупяного производства, %

Продукты	Белок	Крахмал и другие углеводы	Клетчатка	Жир	Зольность
Отруби					
пшеничные	15-18	30-45	8-12	3-4	4-7
ржаные	15-17	50-55	9-13	3-4	5-7
Мучка					
пшеничная	14-16	60-65	4-5	3-4	2-3
ржаная	19-21	55-60	10-13	5-7	2-3
гречневая	9-11	60-63	7-9	2-3	3-4
рисовая	8-16	45-55	5-10	10-18	10-13
овсяная	10-13	60-65	10-12	4-6	5-6
ячменная	15-18	55-65	5-8	2-4	3-5
гороховая	20-25	45-55	7-9	3-5	3-4
кукурузная	9-11	65-70	3-5	4-8	2-3
просьяная	12-15	45-55	10-15	8-10	4-6
Зародыш					
пшеничный	25-30	33-45	2-4	8-12	4-6
кукурузный	12-18	45-50	4-7	25-30	3-5
Лузга					
просьяная	4-5	30-35	45-55	1-2	12-14
гречневая	4-6	50-60	20-25	1-2	6-8
овсяная	3-5	20-25	50-55	1-2	15-18
ячменная	3-6	20-25	60-70	1-2	7-9
рисовая	2-3	10-15	35-45	1-2	18-22
гороховая	3-7	15-20	55-65	0,5-1	2-3

Таблица 35 - Содержание незаменимых аминокислот в побочных продуктах мукомольного производства, мг/100 г

Продукты	Лизин	Треонин	Валин	Лейцин	Изолейцин	Метионин	Фенилаланин	Триптофан
Отруби пшеничные	790	680	920	1210	620	310	770	230
Мука пшеничная	650	560	800	1160	580	290	750	270
Зародыш пшеничный	1910	1120	1340	1840	1060	580	1210	310

Таблица 36 - Содержание витаминов в побочных продуктах мукомольного производства, мг%

Продукты	Тиамин	Рибо- бо- фла- вин	Ниа- цин	Пири- доксин	Токо- ферол	Бе- таин	Хо- лин	Пантоте- новая кислота	Фолиевая кислота
Отруби пшеничные	2,29	0,56	34,6	0,97	6,8	559	246	3,7	0,18
Мучка пшеничная	2,70	0,29	5,0	0,56	3,6	412	186	1,5	0,10
Зародыш	2,54	0,69	8,7	1,36	16,9	562	349	2,5	0.24

Подобные результаты получаются и при анализе мучки рисовой, гороховой, ячменной и других продуктов. Практически все побочные продукты имеют ценный минеральный состав. Например, пшеничные отруби содержат около 10 мг/кг фосфора, 40 - 50 мг/кг марганца, более 80 мг/кг цинка, более 10 мг/кг калия, 5-10 мг/кг меди, а также более 15 других микроэлементов (кобальт, фтор, железо и т.д.), необходимых для нормального протекания различных биохимических и физиологических процессов в человеческом организме. В ржаных отрубях содержание железа достигает 40 мг/кг, марганца 15 мг/кг и т.д.

Зародыш содержит более 20 макро- и микроэлементов. При этом содержание фосфора достигает 1 % и более, калия также более 3 %, свыше 50 мг/кг натрия, около 100 мг/кг железа, в значительном количестве присутствуют также медь, цинк, кобальт и другие микроэлементы.

Все это указывает на высокую пищевую ценность побочных продуктов мукомольного и крупяного производства. В связи с этим во всех развитых странах в настоящее время уделяют особое внимание их рациональному использованию. Разработаны способы применения зародыша, отрубей и мучки при производстве диетических продуктов питания, обогащения пищевых продуктов витаминами, микроэлементами и другими биологически важными веществами путем добавки к ним зародышевого продукта или тонко измельченных отрубей. Зародыш является хорошим сырьем для производства растительного масла (кукурузного, рисового, пшеничного).

В ряде стран пшеничный зародыш добавляют к хлебу в количестве от 3 % до 5 %. В результате хлеб получается полноценным по незаменимым аминокислотам, витаминам и микроэлементам.

Хорошие результаты получают также при производстве сахарного печенья с добавкой до 10 % пшеничных зародышей. Применяют зародыш и в производстве специальной муки для кондитерской промышленности, которая идет на выработку шоколадных конфет, тортов, пирожных, кремов и другой продукции.

Используют зародыш и в фармацевтической и микробиологической промышленности в связи с высоким содержанием в нем комплекса витаминов и незаменимых жирных кислот. Особенно рекомендуется зародыш для диетического питания при болезнях кровеносной системы, дерматозах, нервных расстройствах, для профилактики атеросклероза, для укрепления организма при физическом переутомлении. Употребление в пищу 50 г зародыша удовлетворяет суточную по-

требность взрослого человека в витаминах.

Оставшийся после экстракции масла из зародыша продукт отличается высоким содержанием белка -более 30 %, ценным аминокислотным и минеральным составом. Его используют в виде обогатителя при изготовлении хлебобулочных изделий, сухих завтраков и диетических кулинарных блюд.

Кукурузный зародыш, получаемый при производстве крупы, используют для производства пищевого кукурузного масла. Хорошим сырьем для масложировой, фармацевтической и микробиологической промышленности является также мучка, особенно рисовая.

Однако широкое использование зародыша и мучки для производства продуктов питания сдерживается их нестойкостью из-за высокого содержания жира, богатого ненасыщенными жирными кислотами. Они быстро окисляются, что вызывает прогоркание масла и придает неприятный вкус и запах зародышу и мучке. Для предотвращения этого нежелательного явления разработаны и применяются различные методы их стабилизации, в частности сушка или даже поджаривание. При этом биологически активные вещества должны сохраняться. В зависимости от способа обработки стабилизированный зародыш может храниться от одного месяца до двух лет.

Зародыш используют и в качестве компонента специальных рецептов комбикормов для пушных зверей. В результате интенсифицируется их размножение, заметно повышается качество меха.

Таким образом, имеются все основания считать, что зародыш необходимо выделять на всех мукомольных заводах сортового помола пшеницы.

Важно также рационально использовать мучку, отруби и другие побочные продукты мукомольного и крупяного производства на основе имеющихся рекомендаций.

Список использованных источников

1. Егоров, Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов: Учеб.для вузов/ Г.А. Егоров, Е.М. Мельников, Б.М. Максимчук. - М.: Колос, 1984.- 376 с.
2. Бутковский, В.А. Технологии зерноперерабатывающих производств: Учеб.для вузов / В.А. Бутковский, А.И. Мерко, Е.М. Мельников. - М.: Интеграф сервис, 1999.- 472с.
3. Бутковский, В.А.Современная техника и технология производства муки: учеб. пособие для доп. проф. образования / В.А. Бутковский, Л.С. Галкина, Г.Е. Птушкина. - М.: ДеЛи принт, 2006. - 319 с.
4. Бутковский, В.А.Технологическое оборудование мукомольного производства: учеб. пособие для вузов / В.А. Бутковский, Г.Е. Птушкина. - М.: ГП «Журнал Хлебопродукты», 1999. - 208 с.
5. Егоров, Г.А. Управление технологическими свойствами зерна: учебник / Г. А. Егоров. – Воронеж: ВГУ, 2000. - 348 с.
6. Казаков, Е.Д. Основные сведения о зерне: учебник / Е.Д. Казаков. - М.:Зерновой Союз, 1997. - 144 с.
7. Кретович, В.Л. Биохимия растений: учебник/ В.Л. Кретович. - М.: Высшая школа, 1980. - 445 с.
8. Сажин, С.Г. Приборы контроля состава и качества технологических сред: учеб. пособие для вузов / С.Г. Сажин. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/4134/>.
9. Вашкевич, В.В. Технология производства муки на промышленных и малых мельзаводах: учебник / В.В.Вашкевич, О.Б. Горнец, Г.Н. Ильичев. - Барнаул, 1999. - 215 с.
10. Егоров, Г.А. Технология муки и крупы: учебник / Г.А. Егоров, Т.П. Петренко. - М.: Издательский комплекс МГУПП, 1999. - 366 с.
11. Нилова, Л.П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров: Учебник / Л.П. Нилова. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. Режим доступа: <http://www.znaniium.com/>
12. Вобликов, Е.М. Технология элеваторной промышленности: учеб. для вузов / Е.М. Вобликов. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/4133/>.

Учебное пособие

Тамара Алексеевна Никифорова

Евгений Викторович Волошин

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И
ПЕРЕРАБОТКИ ЗЛАКОВЫХ, БОБОВЫХ КУЛЬТУР,
КРУПЯНЫХ ПРОДУКТОВ, ПЛОДООВОЩНОЙ
ПРОДУКЦИИ И ВИНОГРАДАРСТВА**

Часть 1

ISBN 978-5-7410-1720-3

