

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

И.Т. КОВРИКОВ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ПО ХРАНЕНИЮ, ОБРАБОТКЕ И  
ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА  
(основы теории процессов  
и конструкция оборудования)**

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебника для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности «Машины и аппараты пищевых производств»

Оренбург 2009

УДК 664.71.05(075.8)

ББК 36.81-5я 73

К 69

**Рецензенты**

доктор технических наук, профессор **В.Ю. Полищук**;  
кандидат технических наук, доцент **Н.П. Владимиров**

**Ковриков, И.Т.**

**К69** Технологическое оборудование предприятий по хранению,  
обработке и переработке зерна: учебник / И.Т. Ковриков –  
Оренбург: ОГУ, 2009. – 250 с.

**ISBN**

Учебник написан в соответствии с программой курса «Машины и аппараты пищевых производств», «Хранение, обработка и переработка зерна». Представлены основы технологических процессов обработки и переработки зерна, обуславливающих возможность правильного подхода к проектированию оборудования и обоснованию основных его параметров, рассмотрены основные конструктивные схемы средств механизации обработки и переработки зерна, а также элементы их регулировок и эксплуатации.

Издание представлено для студентов пищевых вузов и факультетов в виде лекций по курсу

К 4001040000

ББК 36.81 - 5я 73

ISBN

© Ковриков И.Т., 2009  
© ГОУ ОГУ, 2009

# Содержание

## Введение

1	Машинно-аппаратурные схемы и технологии производства хлебопродуктов..	6
1.1	Основные стадии производственных процессов.....	6
1.1.1	Типы поточных процессов.....	6
1.1.2	Характеристики поточных процессов.....	9
1.2	Классификация технологического оборудования и основные направления его совершенствования.....	14
1.3	Высокопроизводительное комплектное технологическое оборудование, его технический уровень, преимущества, недостатки.....	17
2	Машины для выделения примесей из зерновой смеси по аэродинамическим свойствам (воздушные сепараторы) .....	30
2.1	Свойства и признаки зерновой смеси.....	30
2.2	Принципы воздушной сепарации.....	34
2.3	Классификация и область применения воздушных сепараторов (место в машинно-аппаратурной схеме).....	37
2.4	Воздушные сепараторы в цехах с механическим транспортом.....	38
2.5	Воздушные сепараторы в цехах с пневмотранспортом.....	41
2.6	Факторы, влияющие эффективность на очистки зерна.....	42
2.7	Типы (схемы) современных сепараторов и сепараторов на ближайшую перспективу.....	52
3	Ситовые (решетные) сепараторы.....	53
3.1	Назначение ситовых сепараторов, область их применения.....	53
3.2	Принципы действия ситовых сепараторов.....	54
3.3	Классификация ситовых сепараторов.....	55
3.4	Применяемые сита их характеристики.....	56
3.5	Основные конструктивные решения сепараторов.....	61
3.6	Обоснование предельной частоты колебаний сита.....	74
4	Воздушно-ситовые сепараторы.....	76

4.1	Назначение и классификация сепараторов.....	76
4.2	Воздушно-ситовые сепараторы первичной очистки (ворохоочистители).....	77
4.3	Воздушно-ситовые сепараторы вторичной очистки.....	79
5	Машины для разделения смеси по длине ее компонентов (триеры).....	101
5.1	Назначение триеров и принцип их действия.....	101
5.2	Классификация триеров и область их применения.....	104
5.3	Обоснование основных параметров и режимов работы триеров.....	105
5.4	Конструктивные решения и основные направления совершенствования триеров на ближайшую перспективу.....	109
5.5	Технологический расчет триеров.....	113
6	Магнитные сепараторы.....	125
6.1	Назначение и место в машинно-аппаратурной схеме.....	125
6.2	Принцип действия магнитных сепараторов.....	126
6.3	Классификация.....	128
6.4	Получение магнитных полей сепараторов.....	128
6.5	Основные технологические расчеты.....	130
6.6	Конструктивные решения магнитных сепараторов.....	134
6.7	Краткая характеристика магнитных сепараторов.....	138
7	Машины для выделения примесей по совокупным признакам и свойствам.....	140
7.1	Назначение, необходимость и область применения.....	140
7.2	Классификация машин.....	141
7.3	Вибропневматические камнеотделительные машины.....	141
7.4	Концентраторы.....	145
7.5	Пневмосортировочные столы.....	148
7.6	Фрикционные и спиральные сепараторы, горки.....	149
7.7	Электромагнитные семяочистительно-сортировочные машины типа	

ЭМС-1 и СМЩ-0,4.....	151
8 Машины для сухой, мокрой и тепловой обработки зерна.....	153
8.1 Машины для сухой обработки поверхности зерна.....	153
8.1 Машины для обработки зерна водой.....	166
9 Машины для измельчения зерна и промежуточных продуктов.....	173
9.1 Назначение и классификация измельчающих машин.....	173
9.2 Назначение, принцип действия, область применения, место в	
9.3технологической линии и классификация вальцовых станков.....	174
9.4 Конструктивные решения вальцовых станков, их регулировки и	
техническая характеристика.....	176
9.5 Ударно-центробежно-истирающие и вымольные машины.....	189
10 Средства механизации и автоматизации дозирования и смешивания	
продуктов переработки зерна.....	199
10.1 Название и место в машинно – аппаратурной схеме.....	199
10.2 Классификация дозаторов продуктов переработки зерна.....	200
10.3 Общие схемы и технологический расчет дозаторов.....	201
10.4 Автоматические дозаторы высоко производительных комплектных	
мукомольных заводов.....	209
10.5 Смесители сыпучих материалов пищевой и комбикормовой	
промышленности.....	215
11. Безопасность жизнедеятельности в производственных условиях.....	222
11.1 Пылевыделение и взрывоопасность на предприятиях	
по переработке зерна.....	222
11.2 Мероприятия по предотвращению и локализации пылевых взрывов.....	225
11.3 Общие требования безопасности жизнедеятельности.....	228
11.4 Ограждение основных зон средств механизации производства.....	230
11.5 Правила размещения оборудования в производственном помещении.....	232
11.6 Инструктаж персонала по БЖД.....	232
Список использованных источников.....	234

## Введение

Обеспечение населения продуктами сельскохозяйственного производства вообще и хлебными в частности, задача не только сельского хозяйства, но, не в меньшей степени, и элеваторного и зерноперерабатывающего производства.

В настоящее время технологический уровень машин и оборудования отраслей агропромышленного комплекса очень низкий. Требованиям мирового стандарта отвечают только 35...40 % всего оборудования, из которого третья часть импортного производства. Потребность в основных видах машин и оборудования в перерабатывающих отраслях АПК не превышает 75...85 %.

Основной задачей пищевой промышленности и пищевого машиностроения является разработка высокопроизводительного технологического оборудования, сокращающего отрицательное воздействие на экологию, обуславливающего экономию исходного сырья, энергетических средств, трудовых и материальных ресурсов.

Произвести зерно - огромная задача, много труда и средств, но не меньше требуется средств, труда и знания для его хранения и переработки, получения готового к употреблению хлеба и других изделий.

Одним из основных путей повышения производительности предприятие по хранению и переработке зерна является совершенствование технологии и средств их механизации, разработка автоматизированных систем непрерывного производства по обработке и переработке зерна.

В общем, эта задача сводится к созданию и эффективному использованию высокопроизводительного комплектного оборудования элеваторов, мельнично-крупяных и комбикормовых производств.

Кроме того, совершенствование элеваторной и мукомольно-крупяной промышленности состоит в оснащении комплекса контрольным оборудованием, средствами автоматики, микропроцессорной техникой.

Это позволит в ближайшей перспективе увеличить производство муки высшего сорта в 1,8...2,0 раза, повысить производительность в  $\approx$  1,5...2,0 раза

(за счет надежности, и технологического взаимодействия всех машин единого комплекса), повысить выход продукции на 15...25 %.

Из вышеизложенного следует, что научно-технический прогресс в основных отраслях АПК заключается в накоплении новых знаний в технологии и технике пищевого производства вообще и в хранении, обработке и переработке зерна в частности, в выработке новых направлений совершенствования МАПП, скорейшего внедрения их в производство.

Все это возможно при наличии высококомпетентных инженерных и высокоинтеллектуальных научных кадров, формирующихся в «недрах» технологических ВУЗов.

Молодые специалисты должны быть вооружены знаниями самых совершенных и современных технологий и комплексов машин для их осуществлений.

## Задачи и содержание курса

Общей задачей курса является освоение структуры производства предприятий элеваторной, мукомольно-крупяной и комбикормовой промышленности всех форм собственности с применением новых поколений эффективной техники, технологий, усиление связи учебного процесса, науки и производства.

В процессе изучения курса студент должен:

- *знать* технологическое оборудование, принцип его работы, системы регулирования и настройки на технологически рациональные режимы;
- *знать* элементы теории технологических процессов;
- *знать* основные расчетные параметры работы оборудования и методы их расчета;
- *знать* новое современное оборудование и перспективы оснащения предприятий;
- *уметь* правильно (логически последовательно) анализировать работу технологического оборудования;
- *уметь* анализировать функционально-конструктивные решения существующих и новых машин и аппаратов, их технико-экономические характеристики (при выборе, закупке и монтаже на производстве).



# **1 Машинно-аппаратурные схемы и технологии производства хлебопродуктов**

## **1.1 Основные стадии производственных процессов**

### **1.1.1 Типы поточных процессов**

### **1.1.2 Характеристики производственных процессов**

#### **1.1.2.1 Элеваторное производство**

#### **1.1.2.2 Мукомольное производство**

#### **1.1.2.3 Крупяное производство**

#### **1.1.2.4 Комбикормовое производство**

#### **1.1.2.5 Семяобработывающее производство**

**1.2 Классификация технологического оборудования и основные направления его совершенствования**

**1.3 Высокопроизводительное комплектное технологическое оборудование, его технический уровень, преимущества, недостатки.**

## **1.1 Основные стадии производственных процессов**

### **1.1.1 Типы поточных процессов**

#### **1.1.1.1 Непрерывно-поточное производство**

Основные признаки: непрерывность процессов, согласованность машин по технологии и производительности, безупречная надежность каждого элемента конвейера, т.к. выход из строя одного выводит из строя весь конвейер.

**1.1.1.2 Однолинейные потоки** - из определенного сырья вырабатывают один вид однородной продукции

Замкнутый цикл производства с непрерывным движением материала от машины к машине (от процесса к процессу) различных технологических назначений (пример, мукомольный завод односортного помола).

**1.1.1.3 Многолинейные потоки** - одна линия на определенном этапе разделяется на несколько самостоятельных потоков, в каждом из которых получают продукт (или полуфабрикат), необходимый для выработки готовой продукции (например, в комбикормовых заводах).

*Главная и вспомогательная линии:*

- *главная линия* - линия, включающая машины, превращающие сырье в главный продукт;

- *вспомогательная линия* - линия, на которой вырабатывают полуфабрикаты или выполняет вспомогательные операции, например, отделку готовой продукции и ее фасовку.

Многолинейные потоки состоят не только из сходящихся, но и из расходящихся потоков, например, когда из одного вида сырья вырабатывают несколько готовых продуктов (на мукомольном заводе многосортного помола и крупяных заводах).

**1.1.1.4 Смешанные потоки** - когда из нескольких видов сырья или полуфабрикатов вырабатывают ряд конечных продуктов.

Во всех видах производственных потоков имеет место различного типа транспортирующие и перегрузочные машины, устройства (гравитационные, механические, пневматические, гидравлические).

В однолинейных потоках машины подбираются по производительности ведущей машины, которая должна быть наибольшей производительности, наиболее совершенной, надежной, имеющей основное значение для данного производства.

В многолинейных потоках производительность и ритм всех вспомогательных линий должны быть согласованы с производительностью и ритмом главной линии.

### 1.1.1.5 Поточные линии с разным типом связи

*Поточные линии с жесткой связью* - между элементами потока - когда каждое звено непосредственно передает обрабатываемый материал с одной позиции на другую.

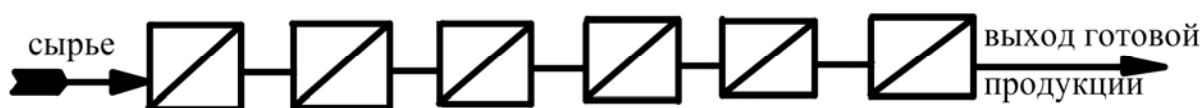


Рисунок 1.1 – Поточные линии с жесткой связью

*Поточные линии с гибкой связью* между всеми элементами потока представляют собой линию, где каждое звено представляет собой независимую машину по производительности и ритму, а гибкая связь представляет собой накопитель запаса полуфабрикатов (зерна, отрубей и т.д.) или межоперационную емкость.

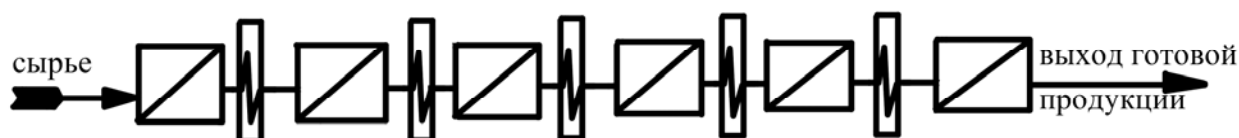


Рисунок 1.2 – Поточные линии с гибкой связью

*Поточные линии с полугибкими связями* являются линиями, у которых участки потока представляют собой жестко связанные звенья для непосредственной передачи объекта обработки от звена к звену, а эти участки связаны между собой гибко при помощи включенных в линию промежуточных приемников-накопителей и конвейеров-перегрузателей.

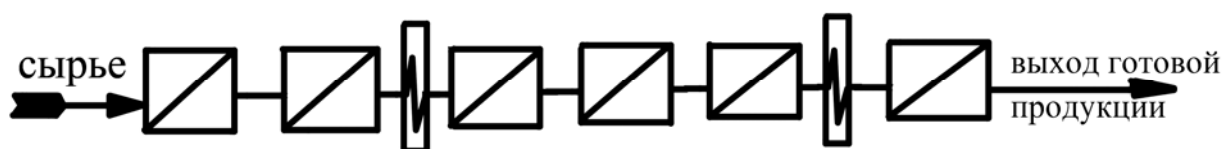


Рисунок 1.3 – Поточные линии с полугибкими связями

В зависимости от условий, поставленных задач и специализации производства на современных многолинейных предприятиях по переработке зерна в продовольственные и кормовые продукты с жесткой или гибкой связью могут быть организованы одно- или многолинейные потоки разной сложности с возможностью переналадки для выпуска разной продукции.

## 1.1.2 Характеристика производственных процессов

### 1.1.2.1 Элеваторное производство

Элеваторное производство состоит из нескольких процессов (рисунок 1.4):

- приемка зерна (1) и размещение его с помощью транспортеров (5) в силосах и других емкостях по сортам и признакам (по типовому составу, влажности, засоренности и общей стекловидности);

- тепловая сушка - мера, обеспечивающая его сохранность (2);

- предварительная очистка зерновой массы (3) от сорных примесей, отличающихся от основного зерна линейными размерами, аэродинамическими свойствами, состоянием поверхности;

- формирование партий зерна по определенным физическим и химико-физиологическим признакам (6,7,8,9), что обуславливает получение зерновых смесей с более высокими технологическими свойствами, для выработки муки и крупы, отвечающих требованиям стандартов;

- приемка, очистка и доведение до высших кондиций семенного материала (семян высших репродукции);

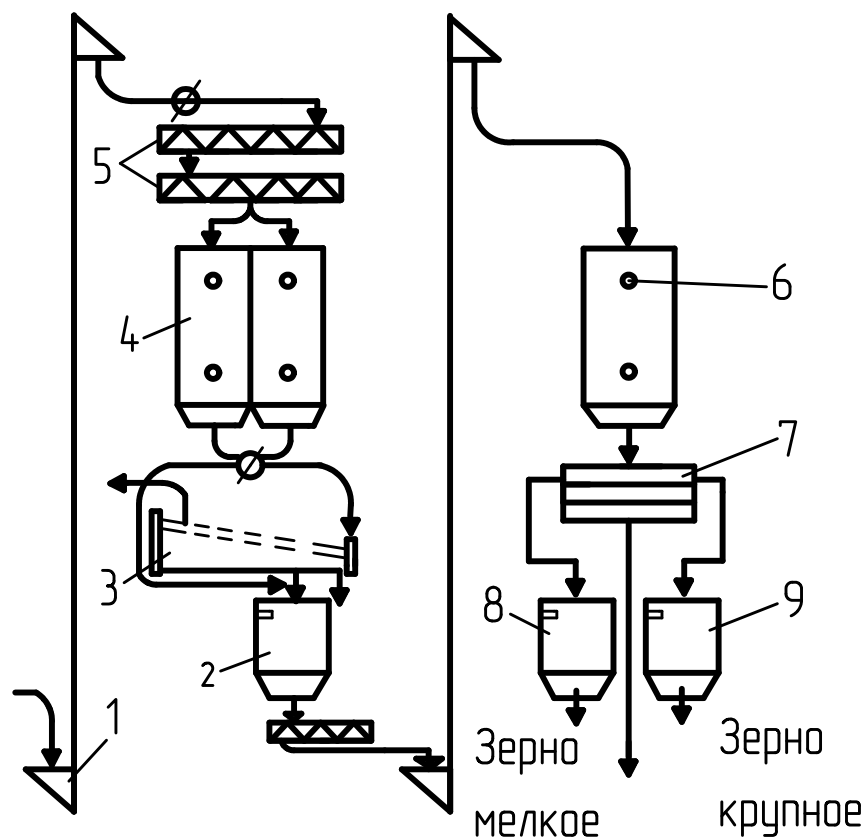


Рисунок 1.4 – Схема технологического процесса очистки зерна в элеваторном производстве

- приемка, очистка, обмолот и доведение до высших кондиций кукурузы продовольственной и семенной.

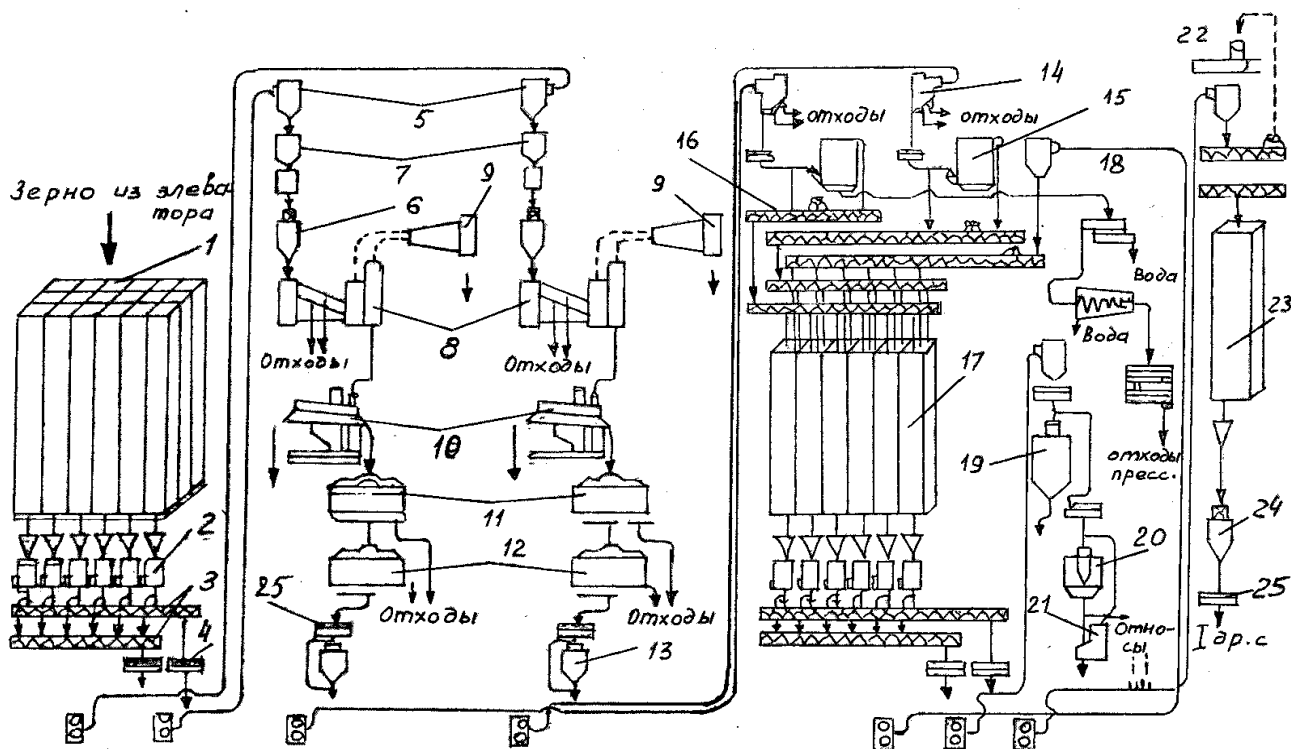
### 1.1.2.2 Мукомольное производство

*Два этапа производства*

*Первый этап - очистка зерна и подготовка его к помолу (подготовительное отделение) состоит из следующих технологических процессов:*

- приемка и размещение зерна в зерноочистительном отделении, партии, подготовленных в элеваторном производстве (рисунок 1.5);

- очистка зерна (все виды - по размерам, аэродинамическим свойствам, состоянию поверхности);
- сухая очистка покрова зерновок (от плотных пылевых отложений);
- мойка зерна (от пыли, плесени, микроорганических, тяжелых и легких засоренностей);



- 1 – Шлосы для неочищенного зерна; 2 – весовое устройство; 3 – винтовые транспортеры; 4 – магнитные сепараторы; 5 – разгрузители зерна; 6 – автоматические весы для зерна; 7 – подогреватели зерна; 8 – зерноочистительные сепараторы А1-БИС; 9 – горизонтальный циклон; 10 – камнеотборники типа РЗ-БКТ; 11 – триеры-куколеотборники типа А9-УТК; 12 – триеры-овсюгоотборники типа А9-УТО; 13 – обочные машины типа РЗ-БМО; 14 – воздушные сепараторы типа РЗ-БСД; 15 – машины для мокрого шелушения зерна типа А1-БМШ; 16 – винтовые транспортеры; 17 – емкость для отволаживания зерна; 18 – разрушитель; 19 - обочные машины типа РЗ-БМО; 20 – энтолейтор для обеззараживания зерна; 21 - воздушные сепараторы типа РЗ-БАБ; 22 – увлажнительный аппарат А1-БАЗ; 23 – промежуточная емкость перед первой драной системой; 24 – автоматические весы; 25 – магнитные сепараторы.

Рисунок 1.5 - Схема технологического процесса в подготовительном отделении

- обработка увлажненного зерна теплом для целенаправленного изменения физико-технологических и химико-биологических свойств эндосперма и оболочек;

- дозирование и смешивание зерна с различными физико-механическими свойствами для получения смеси, обладающей лучшими технологическими и пищевыми качествами;

- доувлажнение и кратковременное отволаживание зерна перед помолом для дифференциального распределения влаги между эндоспермом и оболочкой.

*Второй этап - размол зерна в муку:*

- измельчение зерна и промежуточных продуктов;

- сортирование смеси промежуточного продукта размола зерна по крупности, аэродинамическим и фрикционным свойствам для последовательного образования потоков концентратов с преобладающим содержанием эндосперма или оболочек;

- вымол отрубянистых продуктов для отделения оставшихся частичек эндосперма от оболочек (отделить от отрубей остатки эндосперма);

- контроль крупности муки (сорта), манной крупы и отрубей;

- (на ряде заводов) витаминизация муки - введение в нее тонкоизмельченных и дозированных витаминов В<sub>1</sub> (тиамина), В<sub>2</sub> (рибофламина) и РР (никотиновой кислоты): - приготовление витаминной смеси; микродозирование витаминной смеси и смешивание ее с мукой.

### **1.1.2.3 Крупяное производство**

Производственные процессы на крупяных заводах подобны мукомольным.

*Первый этап - очистка крупяного зерна и подготовка его к шелушению:*

- очистка зерна от примесей;

- водно-тепловая обработка зерна для повышения выхода крупы высших сортов;

- сортирование зерновой смеси по крупности, что повышает технологическую эффективность процесса шелушения и увеличивает выход крупы высших сортов.

*Второй этап - шелушение крупяного зерна:*

- механическое отделение оболочек от ядра, под действием импульса ударной силы или путем приложения нормальных и касательных усилий к зерну;

- сортирование продуктов шелушения для выделения дробленых частиц, лузги и муки, а также для разделения смеси шелушенных и не шелушенных зерен на составные части;

- шлифование и полирование шелушенного зерна для удаления остатков оболочек и зародыша при выработке цельных круп;

- измельчение шелушенных зерен для получения некоторых видов резаных или дробленых круп (перловая, ячневая, пшеничная, кукурузная, овсяная);

- сортирование ядра по крупности в соответствии со стандартом.

#### **1.1.2.4 Комбикормовое производство**

Оно состоит из следующих процессов:

- очистка исходного материала от комков и металломагнитных включений;

- шелушение фуражного зерна;

- измельчение крупнокускового, волокнистого и зернистого сырья;

- дозирование и смешивание сыпучих и жидких компонентов в соответствии с зоотехническими требованиями к комбикорму, обогащение комбикормов микроэлементами, антибиотиками и витаминами;

- прессование и гранулирование комбикорма для повышения его сохранности и транспортабельности.



### **1.1.2.5 Семяобработывающее производство**

Это производство состоит из двух подразделений для зерновых колосовых культур и для кукурузы.

В подразделении зерновых колосовых культур выполняются следующие операции:

- прием и распределение по силосам;
- очистка от разного типа примесей;
- сортирование и доведение до разного вида посевных кондиций.

В подразделении кукурузы выполняются следующие операции:

- прием и временное хранение;
- удаление оберток с початков;
- отделение дефектных початков;
- сушка початков;
- обмолот;
- очистка зерна кукурузы от всех видов примесей;
- калибровка;
- протравливание от вредителей и болезней;
- фасовка и прочие дополнительные производственные операции.

## **1.2 Классификация технологического оборудования и основные направления его совершенствования**

### **1.2.1 Техничко-технологические и экономико-эксплуатационные требования к машинам**

Машины и аппараты должны отвечать следующим требованиям:

- возможность оптимального выполнения прогрессивной технологии (оптимальное воздействие на обрабатываемый продукт с максимальным выходом конечной продукции, с минимальными потерями);

- высокая технико-экономическая эффективность (размер занимаемой площади, расход энергии, воды, пара, прямые затраты на производство единицы продукции, стоимость монтажа, ремонта, эксплуатации...);

- высокая износостойкость рабочих органов (из условий высокой надежности машин и из условий непопадания в обрабатываемый материал продуктов износа);

- индивидуальный или малогрупповой электропривод;

- герметизация и аспирация машин (невыделение и нескопление пыли в производственных помещениях - зерновая, крахмальная, сахарная и мучная пыль взрывоопасны и вредны для здоровья);

- отвечать требованиям правил БЖД;

- автоматизация контроля и регулирования технологического процесса.

Последние два пункта должны обеспечить:

- невключение линии, если хоть одна машина линии не готова к работе;

- остановку любой машины при выключении любой последующей машины;

- остановку всей линии при прекращении подачи продукта или, тары;

- статическое и динамическое уравнивание вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс машины.

### **1.2.2 Классификация машин поточных технологических линий**

Оборудование классифицируется по следующим общим признакам:

- *по характеру воздействия на обрабатываемый материал:*

механического воздействия на продукт (при этом продукт меняет только форму, размеры); физико-химического; биохимического; теплового; электрического воздействия, при этом изменяется свойство и состояние (химическое и физическое) материала; комбинированного воздействия (присуще машинам реакционным пространством которых, является камера, где проходит, например, химическая реакция);

- по структуре рабочего процесса:

периодического действия, когда продукт подвергается воздействию определенный период времени, после выводится, после процесс повторяется; непрерывного действия (загрузка исходного продукта и выгрузка готовой продукции происходит одновременно и непрерывно);

- по степени автоматизации:

неавтоматизированные; полуавтоматизированные;

автоматизированные (в настоящее время в процессе совершенствования потоков все машины заменяются на автоматические или полуавтоматические);

- по принципу сочетания машин и отделенных их элементов:

отдельные; агрегатные (комплексные); комбинированные; автоматические системы машин.

- по функциональному признаку:

1) машины для выделения примесей по ширине и толщине;

2) машины для выделения примесей по аэродинамическим признакам;

3) машины для выделения примесей по ширине, толщине, аэродинамическим признакам;

4) машины для выделения примесей по длине;

5) машины для выделения примесей по совокупности различных свойств

6) магнитные сепараторы;

7) машины для сухой обработки поверхности зерна;

8) машины для обработки зерна водой (или мокрая);

9) аппараты для обработки зерна теплом;

10) для дозирования и смешивания зерновых и жидких продуктов;

11) машины для измельчения зерна;

12) машины для сортирования продуктов измельчения;

13) машины для сортирования (обогащения) промежуточных продуктов измельчения зерна;

14) машины для отделения оставшихся частиц эндосперма от оболочек;

15) машины для шелушения зерна крупяных культур, шлифования и полирования ядра;

16) машины для сортирования продуктов шелушения зерна крупяных культур;

17) машины для прессования и гранулирования комбикормов;

18) весоизмерительные установки;

19) фасовочные аппараты.

Место каждой из групп, входящих в последний класс «по функциональному признаку» зернообрабатывающего и перерабатывающего производства представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Группы машин и аппаратов применяемых в пищевой промышленности

Промышленность	Номер группы машин и аппаратов, применяемых в пищевой промышленности (см. номер в списке выше)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Элеваторная	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Мукомольная	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Крупяная	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Комбикормовая	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+
Семяобрабатывающая	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+

### 1.2.3 Основные направления совершенствования МАПП

Рациональное совершенствование МАПП должно идти в следующих направлениях:

- минимизация цены машины;
- материалоемкость машины (метод снижения материалоемкости);
- унификация и нормализация (стандартизация) деталей и узлов;
- прогрессивные методы упрочения поверхностей деталей (наклеп, накатка роликами, термообработка, наплавка, напыление и т.д.);
- применение полимерных материалов;

- машины и аппараты должны состоять из блоков, облегчающих и удешевляющих ТО, ремонт и монтаж;
- строгое соответствие допусков в машинах стандартам;
- улучшение технологического процесса, направленного на повышение качества, количества продукции и снижение затрат труда и средств на единицу продукции;
- автоматизация машин;
- повышение БЖД на производстве;
- создание типовых комбинатов хлебопродуктов, в который входят элеватор, мукомольно-крупяной и комбикормовый завод;
- создание полнокомплектного высокопроизводительного оборудования мукомольно-крупяных заводов.

### **1.3 Высокопроизводительное комплектное технологическое оборудование, его технический уровень, преимущества, недостатки**

*Сырье, полуфабрикаты, продукция, особенности технологии их производства.*

Мука - продукт помола зерна. Её свойства, прежде всего, зависят от химического состава и строения эндосперма зерна — места отложения питательных веществ. Основную массу эндосперма составляют крахмал и белки, их общее содержание в зерне пшеницы составляет около 85 %. Существует три вида пшеницы: мягкая, мягкая стекловидная и твердая. Ткани эндосперма мягкой пшеницы имеют мучнистую прозрачную структуру, состоящую из мелких зерен крахмала, заключенных в тонкие прослойки белковых веществ. Из такого зерна вырабатывают хлебопекарную муку. Клетки эндосперма стекловидных, твердых видов пшеницы окружены толстыми аморфными прослойками белков, придающих им прозрачность. Стекловидные зерна по сравнению с мучнистыми имеют большую плотность, абсолютную

массу и прочность. Из них вырабатывают муку (в виде крупки или полукрупки) для макаронных изделий.

Хорошие хлебопекарные и вкусовые качества хлеба достигаются путем оптимального смешивания (сочетания) мягких и твердых сортов пшеницы. Муку подразделяют на обойную, высшего, первого или второго сорта, а также на крупчатку. Обойная мука вырабатывается из несеяной муки и содержит в своем составе измельченные частицы эндосперма зерна и наружной оболочки (отрубей). Сортную муку производят из сеяной муки. Каждый из видов сорта муки регламентирован соответствующими характеристиками свойств муки: цветом, зольностью, крупностью помола и количеством сырой клейковины. Также качество муки существенно зависит от содержания в ней частиц оболочки — отрубей. Основными структурными компонентами оболочки являются клетчатка и зольные элементы (кремний, фосфор, калий и др.). Поэтому величина зольности муки является косвенной характеристикой количества отрубей. В общем случае считается, чем ниже зольность муки, тем меньше она содержит отрубей и имеет более высокое качество.

Промежуточными продуктами помола зерна являются крупки различных размеров. Крупка чистого эндосперма зерна является высококачественным продуктом: крупчатка хлебопекарной муки, крупка и полукрупка макаронной муки или манная крупа. Крупка, на поверхности которой имеется оболочка, при сортовых помолах подлежит дальнейшей обработке с целью удаления оболочки.

Сущность мукомольного производства заключается в измельчении зерна и разделении его составных частей: *оболочек, эндосперма и зародыша*.

Зерно хлебных злаков имеет сложную твердую, плотную и прочную аморфно-кристаллическую структуру с различными прочностными характеристиками составных частей. Поэтому для переработки зерна применяют различные машины и аппараты, оказывающие механические и гидротермические воздействия на зерно и продукты его разрушения.

Поверхность зерна очищают от приставшей пыли, отделяют бородки и частично снимают плодовые оболочки и зародыши на обочных и щеточных машинах. В энтоленторах зерно и продукты его измельчения подвергают стерилизации путем ударных воздействий. В результате живые вредители уничтожаются, зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном уничтожаются.

В процессе сортовых помолов зерна качество муки повышают путем его гидротермической обработки. В результате такого воздействия ослабляются связи между эндоспермом и оболочками; структура оболочек из хрупкого состояния переходит в пластично-вязкое. Все это в совокупности облегчает отделение плодовых и семенных оболочек зерна с минимальными потерями эндосперма. Кроме того, улучшаются хлебопекарные качества муки вследствие воздействия тепла на белковый комплекс увлажненного зерна. На многих этапах мукомольного производства из зерна и продуктов его измельчения удаляют металломагнитные примеси.

Измельчение зерна выполняется двумя параллельными цилиндрическими вальцами, вращающимися навстречу один другому с различными скоростями. Обычно применяют нарезные мелющие вальцы, на поверхности которых нанесены рифли. Профиль, уклон, количество и взаимное расположение рифлей выбирают в зависимости от требуемой крупности помола и прочностных характеристик измельчаемого зерна. Они должны обеспечивать максимальное количество крупок различных размеров при минимальном выходе порошкообразной муки. Частицы крупки, на поверхности которых сохранилась оболочка, дополнительно подвергают шлифованию — многократному механическому воздействию рабочих органов шлифовальных машин на продукт путем интенсивного трения частиц друг о друга и о рабочие поверхности машины. При шлифовании с поверхности крупок удаляют частицы оболочки.

Процессы разделения продуктов измельчения зерна заключаются в следующем. С начала их просеивают на отсевах и разделяют на несколько

фракций, отличающихся крупностью частиц. Затем производят сортирование фракций по качеству, т.е. разделяют на частицы, состоящие из чистого эндосперма, и частицы в виде сростков эндосперма с оболочкой. Такую операцию называют обогащением крупок и дунстов (промежуточные по крупности продукты между крупой и мукой). Для обогащения применяются ситовые машины, сортирующие сыпучие смеси по геометрическим и аэродинамическим характеристикам частиц. В этих машинах для сортирования по геометрическим признакам (крупности) служат сита, а по аэродинамическим (главным образом, по парусности) — потоки воздуха.

Крупки и дунсты подвергают дальнейшему измельчению на размольных вальцовых станках. Параметры рабочих органов станков и режимы их работы зависят от размеров измельчаемых частиц.

Прочность оболочки зерна значительно превышает прочность эндосперма, поэтому при сортовых помолах для разделения продуктов измельчения применяют ударные воздействия. Продукты размола дополнительно измельчают в быстровращающихся штифтовых и бичевых роторах энтолейторов и деташеров. На последних стадиях драного и размольного процессов осуществляют вымол в бичевых и щеточных машинах. В них исходный продукт подвергают удару и истиранию, в результате чего нарушаются молекулярные силы сцепления между эндоспермом и оболочкой. Происходит отделение эндосперма (в виде муки) от отрубянистых частиц при минимальном их дроблении.

Разделение муки по сортам осуществляется путем весового дозирования и смешивания продуктовых потоков с отдельных этапов технологического процесса. Продукцию упаковывают в транспортную тару - тканевые мешки или в потребительскую тару - бумажные пакеты.

Переработку хлебных злаков в муку можно разделить на следующие стадии:



- очистка зерна от примесей и выделение побочного продукта - кормовых зернопродуктов;
- обработка поверхности зерна сухим или мокрым способами;
- гидротермическая обработка (холодное или скоростное тепловое кондиционирование) зерна при сортовых помолах;
- драное (крупобразующее) измельчение зерна;
- шлифование крупных и средних крупок;
- размол продуктов крупобразования и шлифования;
- вымол сходовых продуктов крупобразования и размола;
- формирование и контроль готовой продукции.

*Краткая характеристика комплексов оборудования.* Линия начинается с комплекса оборудования для подготовки зерна к помолу, в состав которого входят силосы, регулирующие и транспортные устройства для хранения и формирования помольных партий зерна; машины и аппараты для отделения примесей, отличающихся от зерна геометрическими размерами, формой, плотностью, магнитными и другими свойствами; машины и аппараты для гидротермической и механической обработки поверхности зерна; устройства для дозирования и контроля качества - зерна.

В состав линии входят 4...5 крупобразующих (драных) комплексов оборудования, каждый из которых содержит магнитные сепараторы, вальцовые станки, отсева и ситовые машины. По ходу технологического процесса от первого до последнего комплекса крупность обрабатываемых частиц уменьшается. Мелкие фракции продуктов измельчения подвергают вымолу в бичевых и щеточных машинах. Ведущими являются 9...12 размольных комплексов оборудования, включающих магнитные сепараторы, вальцовые станки, деташеры (или энтолейторы) и отсева. Первый, второй и третий комплексы по ходу технологического процесса предназначены для получения муки высшего сорта. В комплексах с четвертого по шестой получают муку высшего и первого сорта. Последующие комплексы размольного оборудования обеспечивают получение муки первого и второго сорта.

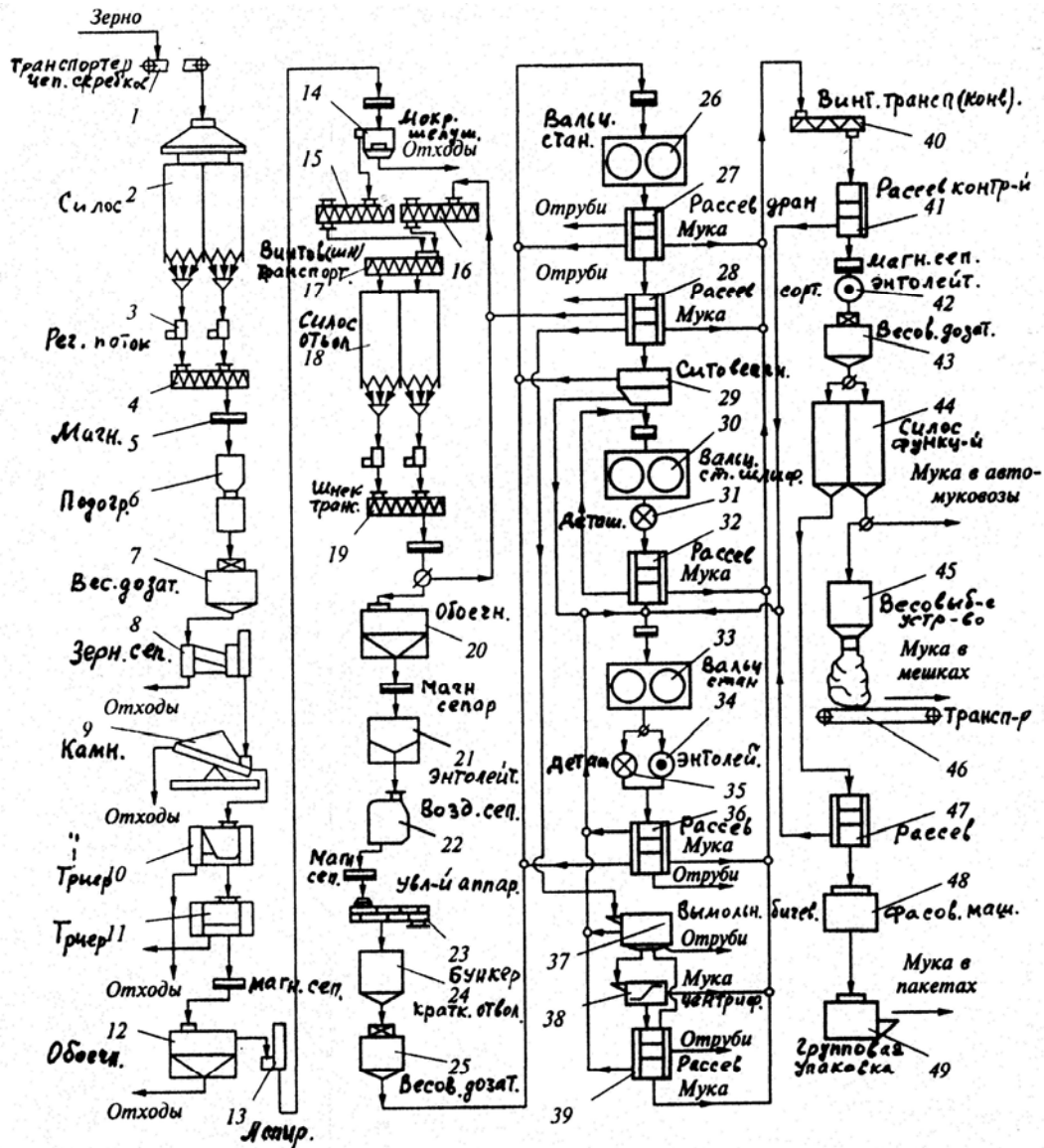


Рисунок 1.6 – Машинно-аппаратурная схема линии мукомольного производства

Завершающий комплекс включает оборудование для весового дозирования и смешивания групповых потоков (компонентов сортов муки), емкости для хранения готовой продукции, весовыбойные устройства и фасовочные машины.

На рисунке 1.6 показан один из вариантов машинно-аппаратурной схемы линии мукомольного производства при сортовом помоле пшеницы.

*Устройство и принцип действия линии.* Предварительно очищенное зерно подают из элеватора на мукомольный завод цепными конвейерами 1 и

загружают в силосы 2. Силосы оборудованы датчиками верхнего и нижнего уровней, которые связаны с центральным пунктом управления. Зерно из каждого силоса выпускают через самотечные трубы, снабженные электропневматическими регуляторами потока зерна 3. С помощью регуляторов и винтового конвейера 4 в соответствии с заданной рецептурой и производительностью формируют помольные партии зерна.

Каждый поток зерна проходит магнитные сепараторы 5, подогреватель зерна 6 (в холодное время года) и весовой автоматический дозатор 7. Далее зерно подвергают многостадийной очистке от примесей. В зерноочистительном сепараторе 8 отделяют крупные, мелкие и легкие примеси. В камнеотделительной машине 9 выделяют минеральные примеси. Затем зерно очищается в дисковых триерах: куколеотборнике 10 и овсюгоотборнике 11, а также в магнитном сепараторе. Наружную поверхность зерна очищают в вертикальной обоечной машине 12, а с помощью воздушного сепаратора 13 отделяют аспирационные отходы.

Далее зерно через магнитный сепаратор попадает в машину мокрого шелушения 14 и после гидрообработки системой винтовых конвейеров 15, 17 зерно распределяется по силосам 18 для отволаживания. Силосы оборудованы датчиками уровня зерна, которые связаны с центральным пунктом управления. Система распределения зерна по отлежным силосам обеспечивает необходимые режимы отволаживания с различной продолжительностью и делением потоков в зависимости от стекловидности и исходной влажности зерна. После основного увлажнения и отволаживания предусмотрена возможность повторения этих операций через увлажнительный аппарат 16 и винтовой конвейер 17.

После отволаживания зерно через регулятор расхода, винтовой конвейер 19 и магнитный аппарат поступает в обоечную машину 20 для обработки поверхности. Из этой машины зерно через магнитный аппарат попадает в энтолейтор-стерилизатор 21, а затем в воздушный сепаратор 22 для выделения легких примесей. Далее через магнитный аппарат его подают в

увлажнительный аппарат 23 и бункер 24 для кратковременного отволаживания. Затем зерно взвешивают на автоматическом весовом дозаторе 25 и через магнитный аппарат направляют на измельчение в первую драную систему.

В каждую драную систему входят вальцовые станки 26, сита драных систем 27, сита сортировочные 28 и ситовые машины 29. Сортирование продуктов измельчения драных систем осуществляют последовательно в два этапа с получением на первом этапе крупной и частично средней крупки, а на втором - средней и мелкой крупки, дунстов и муки. В ситовых машинах 29 обогащают крупки и дунсты I, II и III драных систем и крупку шлифовочного процесса.

Обработке в шлифовальных вальцовых станках 30 подвергают крупную и среднюю крупку I, II и III драных систем после ее обогащения в ситовых машинах 29. Верхние сита с ситами ситовых систем III и IV драных систем направляют в бичевые вымольные машины 37, проход последних обрабатывают в центрифугах 38. В размольном процессе применяют двухэтапное измельчение. После вальцовых станков 30 и 33 установлены деташеры 31 и 35 для разрушения конгломератов промежуточных продуктов измельчения зерна и энтолейторы 34 для стерилизации этих продуктов путем ударных воздействий.

В ситах 32, 36 и 39 из продуктов измельчения высевают муку, которая поступает в винтовой конвейер 40. Из него муку подают в сита 41 на контроль, чтобы обеспечить отделение посторонних частиц и требуемую крупность помола. Далее муку через магнитный аппарат, энтолейтор 42 и весовой дозатор 43 распределяют в функциональные силосы 44. Из них обеспечивается бестарный отпуск готовой муки на автомобильный и железнодорожный транспорт либо с помощью весового устройства 45 муку фасуют в мешки, которые конвейером 46 также передают на транспорт для отгрузки на предприятия-потребители муки. Перед упаковыванием в потребительскую тару муку предварительно просеивают на сите 47, упаковывают в бумажные пакеты на фасовочной машине 48. Пакеты с мукой

28

группируют в блоки, которые заворачивают в полимерную пленку на машине для групповой упаковки 49. Полученные блоки из пакетов с мукой передают на транспортирование в торговую сеть.

Таким образом, можно отметить следующие достоинства ВКТО.

**1.3.1 В элеваторном отделении сепараторная очистка предусматривает выделение мелкого зерна, т.е. на размол отдельно поступает мелкое и крупное зерно**

**1.3.2 В подготовительном отделении отличительной особенностью является следующее:**

- применение высокоточных автоматических дозаторов, обеспечивающих точность подачи и расхода зерна, что обуславливает повышение качества размола;

- подготовка зерна к помолу готовится дифференцированно с учетом его качества;

- отсутствует мойка зерна и хорошо развита сухая очистка его;

- применен нагнетательный пневмотранспорт с индивидуальными воздуходувками;

- имеется возможность осуществлять трехэтапное увлажнение с дифференцированным временем отволаживания зерна в каждом этапе;

- проводится механическая дезинсекция зерна и муки на машинах ударного действия - энтолейторах.

**1.3.3 В размольном отделении следующие особенности**

- является наличие двух секции А и В для размола партий зерна, отличающихся стекловидностью;

- потоки муки разделяются по качеству в три промежуточных потока, из которых (в цехе формирования сортов) получают (путем пропорционального смешивания) любые готовые товарные сорта;

- на вальцовых станках применено высокоэффективное охлаждение вальцов.

#### *Основное оборудование*

В элеваторном отделении:

- предварительная очистка на сепараторах А1-БИС-100 с последующим выделением мелкого зерна на А1-БСФ-50 или на сепараторе шкафного типа А1-БСШ. Эффективность элеваторной очистки: сорной примеси не более 0,4 %, зерновой примеси не более 1,75 %.

В подготовительном отделении:

- на первом этапе проводится очистка зерна на сепараторах А1-БИС-12, камнеотборнике РЗ-БКТ, куколе А9-УТК-6 и овсюгоотборнике А9-УТО-6, вертикальных обоечных машинах РЗ-БМО-6 или горизонтальных обоечных машинах РЗ-БГО-6;

- отделение продуктов шелушения производится в вертикальном пневмосепараторе РЗ-БСД;

- первое увлажнение на машине мокрого шелушения А1-БМШ или аппарате интенсивного увлажнения А1-БШУ-2. Применение машин мокрого шелушения обусловило необходимость применения машин для обработки продуктов шелушения: отделение воды (влаги) на сепараторах А1-БСТ и прессе для отжимки мокрых отходов Б6-БПО, а так же последующая сушка в сушилке ДСШ;

- после увлажнения в А1-БМШ зерно дополнительно увлажняется в аппарате А1-БУЗ и затем отволаживается в бункере;

- последующая обработка зерна проводится в вертикальной обоечной машине РЗ-БМО-12, энтолейторе-стерилизаторе РЗ-БЭЗ, аспираторе РЗ-БАБ;

- доувлажнение (добавление 0,15...0,3 % воды) проводят в аппарате А1-БАЗ или в шнеке интенсивного увлажнения А1-БШУ-1;

- в схеме подготовительного отделения обеспечена надежная пятиступенчатая магнитная защита магнитными сепараторами У1-БМП.

В размольном отделении установлены вальцевые станки высокоэффективным охлаждением вальцов.

При проектировании и эксплуатации высокопроизводительного комплексного оборудования производства хлебопродуктов должны быть учтены основные требования правил безопасности жизнедеятельности.

В значительной мере должно быть предусмотрено снижение шума и вибрации машин и вредных выбросов в атмосферу.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звуковых давлений

$$L = 20 \lg \left( \frac{P}{P_0} \right), \quad (1.1)$$

где  $L$  - уровень звукового давления, дБ;

$P$  - среднеквадратическая величина звукового давления, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  - пороговая величина среднеквадратического звукового давления, Па.

Промышленный шум и вибрация поражает, прежде всего, нервную систему, что обуславливает снижение производительности.

Вибрация кроме вредного воздействия на обслуживающий персонал, оказывает разрушающее действие, как на машину, так и на окружающее оборудование, здание, а так же отрицательно влияет на качество и количество производимой продукции.

*Методы снижения шума и вибрации:*

- замена ударных действий безударными;
- замена возвратно-поступательных движений равномерно-вращательными;

- демпфирование вибрации соударяющихся деталей путем сочленения их с материалами, имеющими большое внутреннее трение (резина, пробка, картон, войлок, асбест и т.д.);

- уменьшение интенсивности вибраций деталей путем облицовки их мягким материалом, заполнения спецёмкостей демпфирующими материалами, установкой гибких связей (пружин) и т.д.;

- замена металлических деталей пластмассовыми;

- уменьшение зазоров в сочленениях деталей узлов;

- применение вязких смазок;

- в некоторых случаях замена подшипников качения подшипниками скольжения;

- включение устройств изолирующих шум и вибрацию.

*Вредные выбросы в окружающую среду.*

Суммарная мощность выбросов, вычисляется по формуле (1.2):

$$M = \sum_{i=1}^n K_i \cdot M_i, \quad (1.2)$$

где  $M$  - суммарная мощность выбросов пыли всеми участками, г/с;

$M_i$  - единичная мощность выбросов пыли одной  $i$ -й машиной, установкой, г/с;

$n$  - суммарное количество аспирационных и пневмотранспортных установок;

$K_i$  - коэффициент одновременности работы аспирационных или пневмотранспортных установок.

Единичная мощность выбросов пыли одной  $i$ -й машиной, установкой, вычисляется по формуле (1.3):

$$M_i = Z_i Q_i, \quad (1.3)$$



где  $Z_i$  - запыленность воздуха в выхлопном воздуховоде  $i$ -й аспирационной установки, г/м<sup>3</sup>;

$Q_i$  - расход воздуха  $i$ -й аспирационной установки, м<sup>3</sup>/с.

Коэффициент одновременности работы аспирационных или пневмотранспортных установок, вычисляется по формуле (1.4):

$$K_i = \frac{T_i}{T_n}, \quad (1.4)$$

где  $T_i$  - длительность работы  $i$ -й аспирационной установки в сутки, ч.;

$T_n$  - длительность работы предприятия в сутки, ч.

Исходя из этих условий разрабатываются, проектируются и устанавливаются очистные сооружения, обеспечивающие то, чтобы концентрация пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, не превышала допустимую концентрацию пыли в воздухе рабочих зон более чем в 15 раз, т.е. не более 60 мг/м<sup>3</sup> для зерновой пыли и 100 мг/м<sup>3</sup> - мучной.

## **2 Машины для выделения примесей из зерновой смеси по аэродинамическим свойствам (воздушные сепараторы)**

2.1 Свойства и признаки зерновой смеси

2.2 Принцип воздушной сепарации

2.3 Классификация и область применения воздушных сепараторов (место в машинно-аппаратной схеме)

2.4 Воздушные сепараторы в цехах с механическим транспортом

Воздушные сепараторы с разомкнутым циклом воздуха

Воздушные сепараторы с замкнутым циклом

2.5 Воздушные сепараторы в цехах с пневматическим транспортом зерна

2.6 Факторы, влияющие на эффективность очистки зерна воздушными сепараторами

2.7 Типы (схемы) современных сепараторов (примеры) и на ближайшую перспективу

### **2.1 Свойства и признаки зерновой смеси**

#### *Общая характеристика зерновой смеси*

Зерновая смесь – смесь зерна с примесями. Примесями являются органические и неорганические включения.

К органическим относятся дольки соломы, колосьев, полова, семена сорных трав, стебли и листья сорных трав, а также к сорным примесям относится битое вдоль и поперек зерно основной культуры.

К неорганическим примесям относятся мелкие комья почвы, камешки, песок, металлические включения.

*Зерновая смесь обладает свойствами и признаками*

### *Признаки*

1. Линейные размеры элементов зерновой смеси (зерновки) (рисунок 2.1):

- длина  $a$  – наибольший размер;
- ширина  $b$  – средний размер;
- толщина  $c$  – наименьший размер частицы (элемента смеси).

2. Цвет частицы (зерна).

3. Форма частицы. Самая различная форма – наиболее распространенная: овальная (пшеница, рожь, ячмень, овес и др.) шаровидная – просо, горох и т.д., трехгранная – гречиха, вьюнок полевой и т.д.

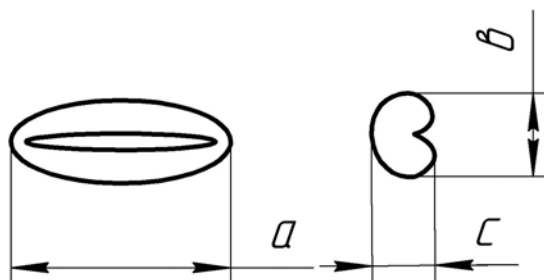


Рисунок 2.1 – Линейные размеры элементов зерновой смеси (зерновки)

### *Свойства*

1. Аэродинамические свойства – свойства частиц зерновой смеси, проявляющиеся в воздушном потоке.

2. Скорость витания – критическая скорость – скорость воздуха, при которой частица находится во взвешенном состоянии, т.е. когда сила сопротивления воздушного потока  $R$  падению частицы равна силе веса  $G_r$  частицы:

- при  $R_1 < G_1$  - частица опускается вниз;
- при  $R_2 > G_2$  - частица поднимается вверх;
- при  $R_3 = G_3$  - частица витает (рисунок 2.2).

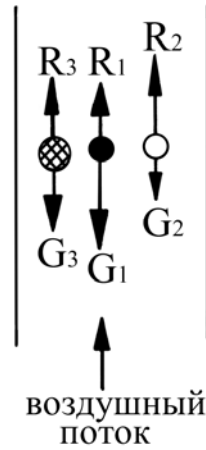


Рисунок 2.2 – Схема сил, действующих на частицу в пневмоканале сепаратора

Сила сопротивления, вычисляется по формуле (2.1):

$$R = \frac{C_R \rho}{2} F_m (v_r - v_e)^2, \quad (2.1)$$

где  $C_R$  - коэффициент полной аэродинамической силы;

$\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$F_m$  - Миделево сечение – сечение, перпендикулярное направлению потока, м<sup>2</sup>;

$v_r$  - скорость (абсолютная) частицы, м/с;

$v_e$  - скорость воздушного потока, м/с;

$(v_r - v_e)$  - относительная скорость частицы, м/с.

Условие витания частицы в потоке запишется так:

$$R = G \text{ или } C_R \rho F_m v_{e,кр}^2 / 2 = G = mg, \quad (2.2)$$

где  $m$  - масса частицы, кг.

Здесь  $(v_r = 0, v_e = v_{e,кр})$ ,

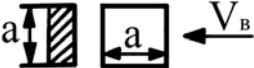
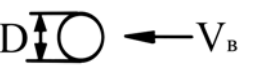
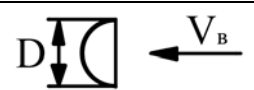
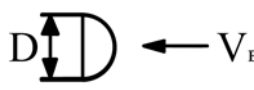

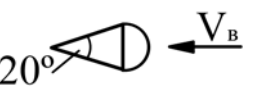
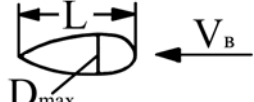
Когда частица находится во взвешенном состоянии, скорость воздуха называется скоростью витания (критической).

Из формулы (2.2) находим величину  $v_{в.кр}$ , по формуле (2.3):

$$v_{в.кр} = \sqrt{\frac{2mg}{C_R \rho F_m}}, \quad (2.3)$$

где  $C_R$  - коэффициент полной аэродинамической силы, зависящий от формы обтекаемой частицы, (значения представлены в таблице 2.1).

Таблица 2.1 – Значение  $C_R$  зависит от формы тела и  $F_m$

Форма	Схема и размеры	$F_m$	$C_R$
Плоская пластина		$a^2$	1,28
Цилиндр		$DH$	0,68
Шар		$\frac{\pi D^2}{4}$	0,48
Полусфера – чашей от $v_в$		$\frac{\pi D^2}{4}$	1,42
Полусфера – чашей от $v_в$		$\frac{\pi D^2}{4}$	0,34
Конус – полусфера		$\frac{\pi D^2}{4}$	0,16
Полусфера – конус		$\frac{\pi D^2}{4}$	0,088
Тело вращения обтекаемой формы		$\frac{\pi D^2}{4}$	0,05

Миделево сечение - сечение перпендикулярное потоку воздуха, обтекающего частицу. У одной и той же зерновки  $F_m$  может быть разным  $F_{m1}$ ;  $F_{m2}$ ;  $F_{m3}$  и т.д. (рисунок 2.3).

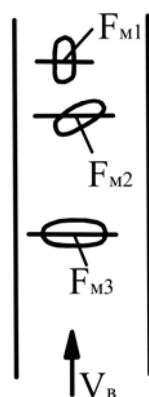


Рисунок 2.3 – Миделево сечение  $F_M$  зерновок

Коэффициент парусности, вычисляется по формуле (2.4):

$$K_n = \frac{C_R \rho F_M}{m}, \quad (2.4)$$

где  $K_n$  - коэффициент парусности;

$C_R$  - коэффициент полной аэродинамической силы, зависящий от формы обтекаемой частицы;

$\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$F_M$  - миделево сечение - сечение, перпендикулярное направлению потока, м<sup>2</sup>;

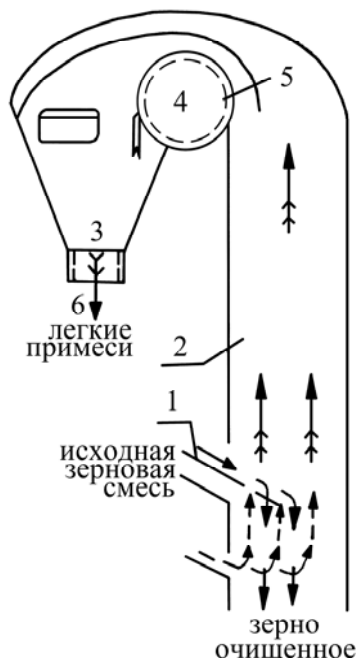
$m$  - масса частицы, кг.

Он характеризует способность частиц оказывать сопротивление воздушному потоку заданной скорости (через отношение площади миделевого сечения частицы к его массе при постоянных заданных условиях  $C_R \rho$ ).

## 2.2 Принцип воздушной сепарации

Принцип воздушной сепарации основан на аэродинамических свойствах элементов зерновой смеси, т.е. на различии сопротивлений оказываемых отдельными частицами воздушному потоку.

Поэтому основным элементом воздушного сепаратора является воздушный канал, по которому направляется воздушный поток определенной скорости (рисунок 2.4).



1 – приемораспределительное устройство (поступление исходного материала – зерновой смеси); 2 – воздушный канал; 3 – осадочная камера; 4 – вентилятор; 5 – сетка для выделения из потока крупных примесей; 6 – легкие мелкие примеси.

Рисунок 2.4 – Пневмосепарирующий канал

Воздушный поток создается вторым по важности элементом сепаратора – вентилятором 4, (рисунок 2.4).

В воздушный поток подается зерновая смесь для выделения сорных примесей, частицы зерновой смеси имеют разные аэродинамические свойства (скорость витания, миделево сечение, коэффициент парусности и др.), а потому в воздушном потоке, имеющем, определенную скорость, часть частиц, имеющих меньшую критическую скорость и больший коэффициент парусности, будут уноситься воздушным потоком, частицы более тяжелые, имеющие большую критическую скорость и меньший коэффициент

парусности, будут падать вниз, в направлении, противоположном воздушному потоку.

Для разделения зерновой смеси воздушным потоком необходимо, чтобы значение скорости воздуха  $v_g$  находилось в пределах между критическими скоростями разделяемых частиц, согласно формуле (2.5):

$$v_{з.кр} > v_g > v_{с.кр}, \quad (2.5)$$

где  $v_g$  - скорость воздушного потока, м/с;

$v_{з.кр}$  - критическая (витание) скорость зерна, м/с;

$v_{с.кр}$  - критическая скорость (витание) сорной примеси, м/с.

Иллюстрацию смотри в таблице (2.2).

Таблица 2.2 – Скорость витания зерна основных культур и некоторых примесей

Культура, примеси	$v_{вит}, \text{ м/с}$															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Пшеница { нормальная битая колотая щуплая																
Рожь																
Ячмень																
Овес																
Гречиха																
Просо																
Горох																
Подсолнечник																
Овсяг																
Легкие сорняки																
Мякина																

↑  
рабочая скорость воздушного потока



## 2.3 Классификация и область применения воздушных сепараторов

### Классификация

По способу создания воздушного напора сепараторы бывают:

- аспирационные - путем отсасывания воздуха (вентилятор находится перед подачей исходной зерносмеси);
- пневмосепараторы - путем нагнетания воздуха (вентилятор находится сзади ниже подачи исходной зерносмеси).

По виду транспортирования зерна в цехе сепараторы подразделяются на:

- используемые в цехах с механическим транспортированием зерна;
- используемые в цехах с пневматическим транспортированием зерна.

По виду циркуляции воздуха в цехе с механическим транспортированием зерна сепараторы классифицируются следующим образом:

- с разомкнутой циркуляцией воздуха;
- с замкнутой циркуляцией воздуха.

По оснащённости вентиляторами сепараторы:

- с индивидуальными вентиляторами;
- без вентилятора (присоединяется к системе, обслуживаемой групповым вентилятором).

### *Область применения*

Воздушные сепараторы главным образом применяются на элеваторах, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах для очистки зерна от органических и неорганических примесей, кроме того, на крупяных заводах - для выделения лузги из продуктов шелушения пленчатых культур (рис, гречиха, овес, ячмень), а также для контроля крупы и отходов.

Воздушные сепараторы в самостоятельном исполнении применяются в двух вариантах:

- на заключительном этапе процесса очистки зерна после обработки его в обоечных машинах или энтолейторе (машины РЗ-БАБ). Они также могут быть

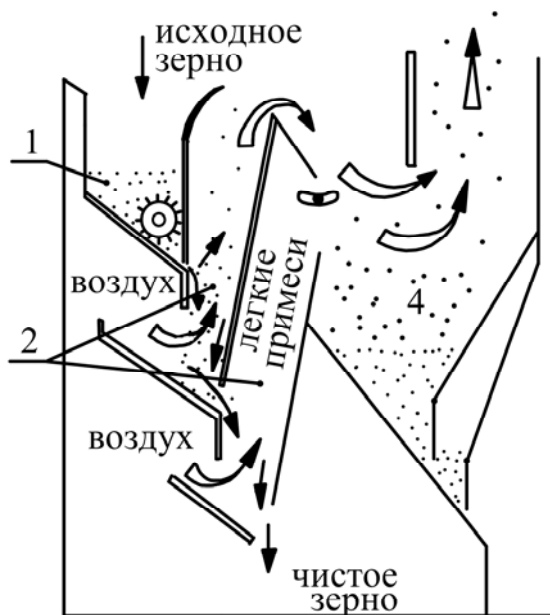
использованы в блоке с сепараторами типа А1-БИС и А1-БАС, а также с горизонтальной обочной машиной РЗ-БГО-6.

- в сети нагнетающего пневмотранспорта как разгрузитель и в технологическом процессе - как сепарирующая машина для выделения отходов после обработки зерна в обочной машине (РЗ-БСД).

## 2.4 Воздушные сепараторы в цехах с механическим транспортом зерна

### *Сепараторы с разомкнутым циклом*

Наиболее простая конструкция сепаратора с разомкнутым циклом воздуха является *аспирационная колонка А1-БКА* (рисунок 2.5).



1 - питающее устройство; 2 - пневмосепарирующие каналы; 4- осадочная камера.

Рисунок 2.5 - Аспирационная колонка типа А1-БКА

Питающее устройство 1 дозирует зерновую смесь и подает равномерным потоком в пневмосепарирующие каналы 2. Воздушный поток уносит легкие

примеси по каналам вверх в осадочную камеру 4. Чистое зерно подается по каналам вниз. Зерно многократно (столько, сколько каналов) обрабатывается воздухом. В осадочной камере внизу имеются герметизирующие клапаны. По накоплению примесей с помощью их массы клапан, преодолевая присасывание, открывается и выбрасывает примеси. Применяется колонка также для отделения от примесей зерна и продуктов шелушения, а также для контроля крупы и лузги.

Производительность, кг/с - 0,9..1,4 (3,0...4,0 т/ч); масса - 100 кг;  
электродвигатель - 0,4 кВт.

К этому типу можно отнести и воздушный сепаратор типа РЗ-БАБ (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Воздушный сепаратор РЗ-БАБ (с разомкнутым циклом)

Исходная смесь поступает на вибралоток 1, которым "вспенивается" слой зерна, и примеси "всплывают", что облегчает их дальнейшее отделение в воздушных каналах.

Производительность - 9,0...12,0 т/ч;

частота колебания вибратора- 1420 об/мин;

амплитуда - 1,5...3,5 мм;

мощность электровибратора - 0,12 кВт, масса - 270 кг.

Машина стационарная для предварительной очистки зернового вороха МПО-50.

Производительность её - 50 т/ч. Рассчитана для работы на комплексе КЗС-50 и ЗАВ-50.

*Воздушные сепараторы с замкнутым циклом воздуха А1-БДА; А1-БВЗ; А1-БДЗ (рисунок 2.7)*

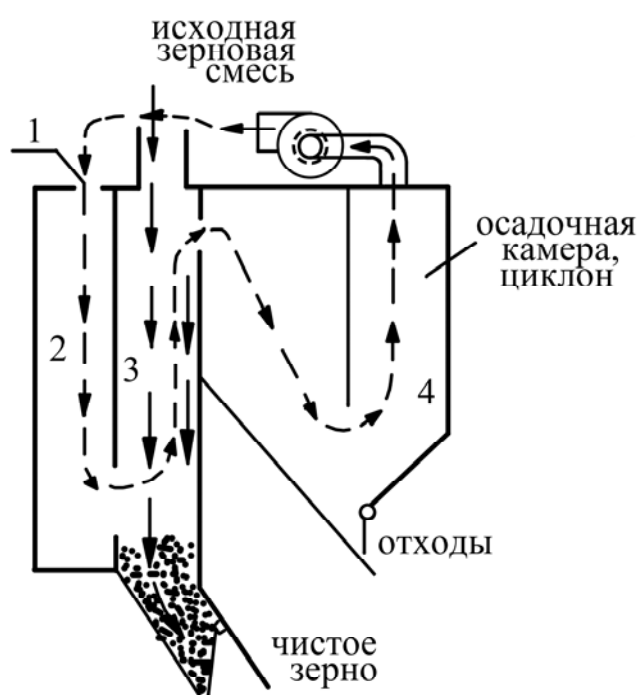


Рисунок 2.7 - Схема воздушного сепаратора с замкнутым циклом (А1-БДА)

Воздух подается вентилятором через отверстие 1, вследствие встречного потока (воздух – восходящий поток, зерно – нисходящий поток) пыль и легкие примеси отделяются и подаются в осадочную камеру 4. Пыль и примеси осаживаются вследствие резкого увеличения пространства (сечение канала против сечения камеры, эффект циклона), очищенный (до определенной степени) воздух вентилятором повторно подается в рабочую камеру (в канал 3 через канал 2). Цикл движения (работы) воздуха замкнут.

Установлено, что запыленность зерна при очистке в сепараторах с замкнутым циклом воздуха снижается на 10...20 %. За один проход зерна должно быть выделено не менее 80 % примесей (пыли, шелухи, лузги).

Для надежной эксплуатации и хороших показателей работы, сепаратор должен отвечать *следующим требованиям*:

- для хорошей герметичности в приемной трубе над клапаном должен быть необходимый "столб" зерна - зерновой затвор;

- должны быть шлюзовые затворы в отверстиях для выпуска зерна и отходов (открывающиеся от массы зерна и отходов);

- угол наклона стенок всех рабочих камер, в том числе и осадочной, не менее  $70^{\circ}$  (он должен быть более угла естественного откоса и внешнего трения);

- технологические люки (для доступа к питающему клапану, отражательному щитку, шлюзовым затворам, клапанам воздуха и т.д.) должны обеспечить необходимую герметичность;

- толщина стали не менее 1,5...2,0 мм.

## **2.5 Воздушные сепараторы для цехов с пневматическим транспортированием зерна**

Сепараторы этого типа применяют для *отделения зерна от транспортирующего воздуха* (это основная их задача), а также (попутно) для *отделения примесей от зерна*. Это позволяет один и тот же объем воздуха (а значит и затраты энергии и средств) использовать для перемещения и очистки зерна. Это основное достоинство и преимущество такого типа сепараторов над другими типами сепараторов.

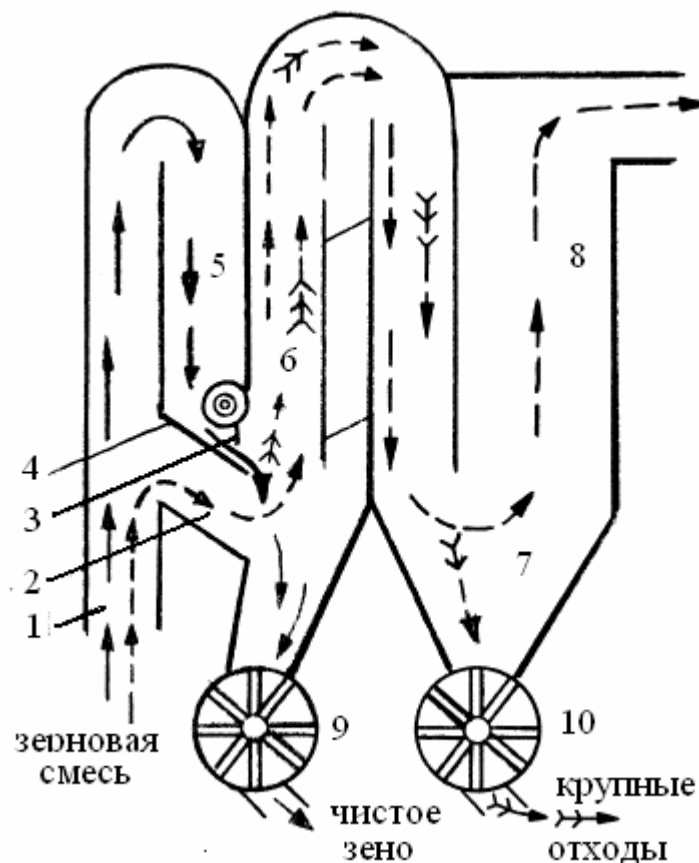
Зерно-воздушный поток поступает в канал 1, при этом зерно, имея большую массу, по инерции прижимаясь к верхней стенке, разворачивается и поступает в канал 5, накапливается на наклонной плоскости 4 и, преодолев сопротивление клапана 3, зерно поступает к шлюзу 9, затем выводится,

предварительно продувается потоком воздуха, выделяются примеси. Воздух с легкими примесями по каналам 2 и 6 выводится в осадочную камеру 7, где примеси оседают и поступают к шлюзу 10 и выводятся. Воздух выводится по каналу 8.

Сепараторы типа ЗПА-5 и ЗПА-10. Их производительность соответственно - 1,4 и 2,8 кг/с (5 и 10 т/ч).

Сепараторы типа БПС-2, БПС-5, БПС-10. Их производительность соответственно - 0,7; 1,4; 2,8 кг/с или 2,5; 5 и 10 т/ч.

Схема сепаратора типа ЗПА для цехов с пневмотранспортированием зерна представлена на рисунке 2.8.



1 - вертикальный канал поступления зерно-воздушного потока; 2, 4 - наклонные плоскости; 3 - клапан; 5, 6 - вертикальные каналы для пылевоздушного потока и зерна; 7 - осадочная камера; 8 - канал отвода воздуха; 9, 10 - шлюзовые затворы для отвода зерна и примесей.

Рисунок 2.8 - Воздушные сепараторы с пневматическим транспортированием зерна

## 2.6 Факторы, влияющие на эффективность очистки зерна воздушными сепараторами

Параметры пневмосепарирующего канала (рисунок 2.9):

- ширина сечения канала  $B$ ;
- длина сечения канала  $L$ ;
- высота от уровня поступления зерна в канал до поворота в осадочную камеру  $H_1$ ;
- высота от уровня поступления зерна до уровня поступления воздуха в канал  $H_2$ ;
- угол ввода зерна в канал  $\alpha$ ;
- скорость воздушного потока  $v$ .

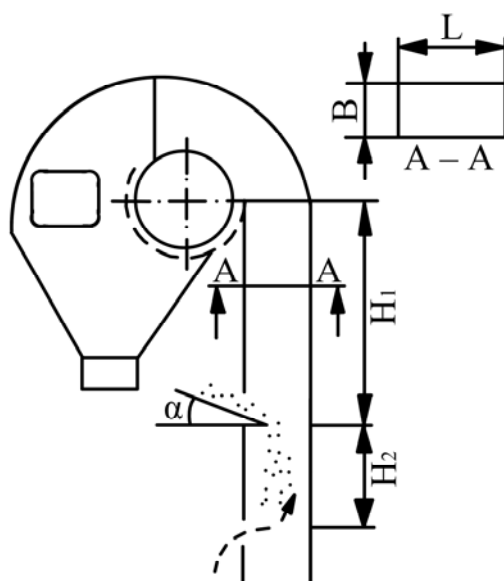


Рисунок 2.9 – Основные параметры пневмосепарирующего канала

Эффективность очистки - отношение массы примесей, выделенных из зерновой смеси, к массе примесей содержащихся в исходной смеси, вычисляется по формуле (2.6):

$$E = \frac{A}{B} \cdot 100, \quad (2.6)$$

где  $E$  - эффективность очистки %;

$A$  - выделенные примеси;

$B$  - примеси, содержащиеся в исходной смеси.

Практически определяют  $E$  несколько другим путем (т.к. в отходах есть качественное зерно). Получают отходы, которые состоят из примеси  $A'$  и части полноценного зерна  $a$ , тогда  $E$  вычисляется по формуле (2.7):

$$E = \frac{A' - a}{B}, \quad (A = A' - a), \text{ кг}, \quad (2.7)$$

где  $E$  - эффективность очистки;

$A'$  - масса отходов ( $A + a$ ), кг;

$a$  - масса зерна в отходах, кг.

На современных мукомольных заводах  $a$  не должно быть выше 2 % от отходов, а  $E$  - не менее 90 % (суммарная по подготовительному отделению).

На эффективность очистки влияет *удельная зерновая нагрузка на канал*  $q$  - масса зерна, поступающая в канал в единицу времени на единицу длины сечения канала.

*Удельная зерновая нагрузка*  $q$  - колеблется в широких пределах. Она зависит от вида зерна, его засоренности, конструкции канала, и не должна превышать 200...220 кг/(ч.см) при максимальной ширине  $B$  сечения канала 200 мм. При расчетах в процессе проектирования или эксплуатации не следует принимать  $q$  более 150...160 кг/(ч.см), т.е.  $q \leq 150...160$  кг/(ч.см).

Эффективность очистки так же зависит от  $B$ , см (рисунок 16), а также от  $L$ , которая вычисляется по формуле (2.8):



$$L = \frac{Q}{q}, \quad (2.8)$$

где  $L$  - длина сечения канала, мм;

$Q$  - заданная производительность, т/ч;

$q$  - оптимальная удельная зерновая нагрузка, кг/(ч.см).

$H_1$  - оказывает существенное влияние на  $E$ : чем меньше  $H_1$  - меньше потери напора воздуха, но зато при малых  $H_1$ , происходит заброс чистого зерна в осадочную камеру (необходима оптимизация величины  $H_1$ ).

$H_2$  - влияет на выравненность потока: варьированием  $H_2$  - лучше выравнивать поток, но зато увеличиваются габариты машины. Вытекает необходимость оптимизации параметра  $H_2$ .

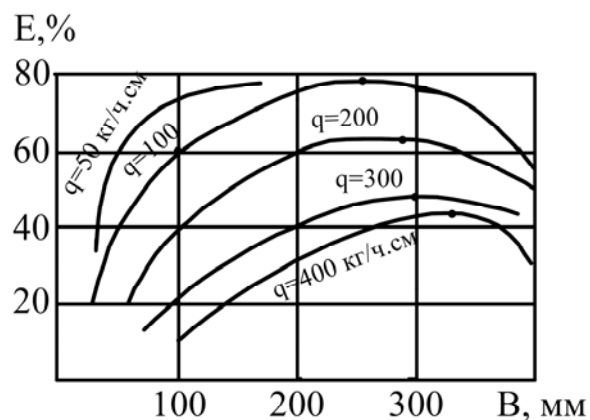


Рисунок 2.10 - Зависимость  $E$  от  $B$

С увеличением скорости воздушного потока с 4,4 до 4,9 м/с эффективность очистки увеличивается с 25,3 % до 44,8 %, но зато содержание зерна в отходах увеличивается с 0,54 % до 1,56 %. В связи с тем, что содержание зерна в отходах не допускается более 2 %, скорость воздушного потока должна быть 4,5-5 м/с.

*Равномерность распределения зерновой смеси по длине сечения канала.* Она оценивается коэффициентом неравномерности  $K_n$  (коэффициент вариации, но не в %, а в долях единицы!), который является фактически коэффициентом

вариации значения  $q$  по длине сечения канала.  $K_n$  находится в пределах 0,05...1,0. Это можно записать в виде формулы (2.9):

$$E = f(K_n), \quad (2.9)$$

где  $E$  - эффективность очистки;

$K_n$  - коэффициентом неравномерности.

С увеличением коэффициента неравномерности удельной нагрузки (подачи) зерна эффективность уменьшается, (рисунок 2.11).

Потери давления в пневмосепараторе характеризуются сопротивлением  $\Delta H$ , Па, которое вычисляется по следующей зависимости:

$$\Delta H = KQ^2, \quad (2.10)$$

где  $\Delta H$  - сопротивление, Па;

$K$  - коэффициент сопротивления, н.с<sup>2</sup>/м<sup>11</sup>;

$Q$  - расход воздуха, м<sup>3</sup>/с.

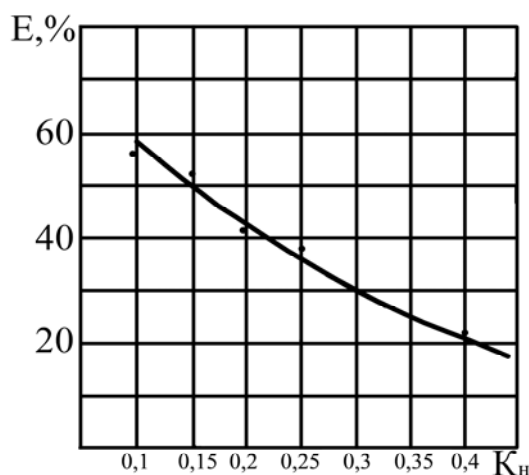


Рисунок 2.11 - Зависимость  $E = f(K_n)$

Из анализа этого выражения и (рисунка 2.11) следует, что, чем меньше потери давления  $\Delta H$  (сопротивление), тем выше эффективность очистки  $E$ .

Расчет пневмосепаратора выполняется в следующей последовательности.

Суммарные потери напора в пневмоканале и циклоне сепаратора, вычисляются по формуле (2.11):

$$P = P_k + P_o + P_e + P_{o.ц}, \quad (2.11)$$

где  $P$  – суммарные потери напора, Па;

$P_k$  - потери в аспирационных каналах сепаратора, Па;

$P_o$  - потери в осадочной камере, Па;

$P_e$  - потери в воздуховодах, Па;

$P_{o.ц}$  - потери в батарее циклонов, Па.

Потери в аспирационных каналах  $P_k$ , Па, вычисляются по формуле (2.12):

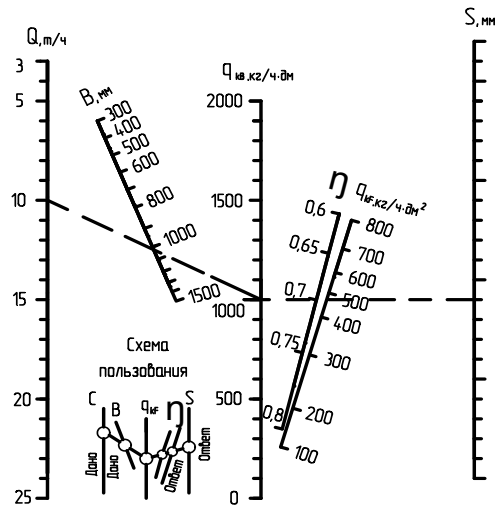
$$P_k = (0,1 + 0,00013 q_F) v_{ak}^2, \quad (2.12)$$

где  $P_k$  - потери в аспирационных каналах, Па;

$q_F$  - удельная производительность решет, отнесенная к единице их площади, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$v_{ak}$  - скорость воздуха в аспирационном канале, м/с (примерно равной  $v_{ak} = 10$  м/с).

Зная производительность  $Q$  и, выбрав ширину канала  $B$ , м, и эффективность сепарации  $\eta$ , по номограмме (рисунок 12.12) находим глубину канала  $S$ , м; загрузку единицы ширины канала  $q_{k \cdot B}$ , кг/(с·м) и загрузку площади сечения канала  $q_{k \cdot F}$ , кг/(с·м<sup>2</sup>).



$Q$  - производительность, т/ч;  $q_{kB}$  - загрузка единицы ширины канала, кг/(ч·дм);  $B$  - ширина канала, мм;  $S$  - глубина канала, мм;  $\eta$  - эффективность сепарации;  $q_{kF}$  - загрузка единицы площади сечения канала, кг/(ч·дм<sup>2</sup>).

Рисунок 2.12 - Номограмма для расчета размеров сечения и нагрузок аспирационных каналов

Расход воздуха  $V$ , вычисляем по формуле (2.13):

$$V = v_{ak} B \cdot S, \quad (2.13)$$

где  $V$  - расход воздуха, м<sup>3</sup>/с;

$v_{ak}$  - скорость воздуха в аспирационном канале, м/с;

$B$  и  $S$  - соответственно ширина и глубина канала, м.

Потери в осадочных камерах и воздуховодах рассчитываются по формуле (2.14), применяемой для определения местных сопротивлений при расчете аспирационных систем и пневмотранспорта:

$$P_M = \sum \xi \frac{v_{60K}^2 \rho_v}{2g}, \quad (2.14)$$

где  $P_M$  - потери в осадочных камерах;

$\xi$  - коэффициент местных сопротивлений (берется из соответствующих справочников, в расчете применяется  $\sum \xi = 0,5$  для осадочной камеры и  $\xi_2 = 0,06$  - коэффициент потерь на 1 м воздуховода):

$v_{\text{вок}}$  - скорость воздуха в осадочной камере, м/с (в расчете применяется  $v_{\text{вок}} = 10$  м/с);

$\rho_{\text{в}}$  - плотность воздуха, кг/м ( $\rho_{\text{в}} - 1,2$  кг/м<sup>3</sup>);

$g$  - ускорение свободного падения ( $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>).

Потери в воздуховодах при их длине  $l = 5$  м и  $v_{\text{в}} = 14$  м/с, вычисляется по формуле (2.15):

$$P_{\text{в}} = \xi_2 \cdot l \frac{v_{\text{в}}^2 \cdot \rho_{\text{в}}}{2 \cdot g}, \quad (2.15)$$

где  $P_{\text{в}}$  - потери в воздуховодах;

$l$  - длина, м., ( $l = 5$  м);

$v_{\text{в}}$  - скорость воздуха, м/с., ( $v_{\text{в}} = 14$  м/с);

$\rho_{\text{в}}$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, ( $\rho_{\text{в}} - 1,2$  кг/м<sup>3</sup>);

$g$  - ускорение свободного падения м/с<sup>2</sup>, ( $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>).

При подсчитанном по формуле расходе воздуха в воздухоочистительных частях сепаратора одиночные циклоны получаются очень громоздкими. Поэтому, как правило, проектируются батарейные циклоны, состоящие из шести элементов.

Производительность каждого элемента с учетом производительности конвейера принимается равной  $V_{\text{ц}} = 1600$  м<sup>3</sup>/ч = 0,45 м<sup>3</sup>/с, что дает

возможность спроектировать унифицированные элементы батарей (рисунок 2.13).

Определяем размеры элементов: диаметр  $D$  по формуле (2.16), высоту  $H_0$ , м, по формуле (2.17):

$$D = K \cdot \sqrt{\frac{V_{ц}}{u}}, \quad (2.16)$$

где  $D$  – диаметр, м.;

$K$  - эмпирический коэффициент (смотри таблицу 2.3);

$u$  - скорость воздуха при входе в циклон, м/с., ( $u = 12... 18$  м/с)  
(таблица 2.3);

$V_{ц}$  - производительность каждого элемента, м<sup>3</sup>/ч.

$$H_0 = 4.18 \cdot D, \quad (2.17)$$

где  $H_0$  - высота, м.;

$D$  – диаметр, м.

Сопротивление батарейных циклонов  $P_{б.ц.}$ , вычисляем по формуле (2.18):

$$P_{б.ц.} = 1,2 \cdot \xi \rho_{в} u^2 / 2g, \quad (2.18)$$

где  $P_{б.ц.}$  - сопротивление батарейных циклонов, Па;

$\xi$  - коэффициент сопротивления (таблица 2.3);

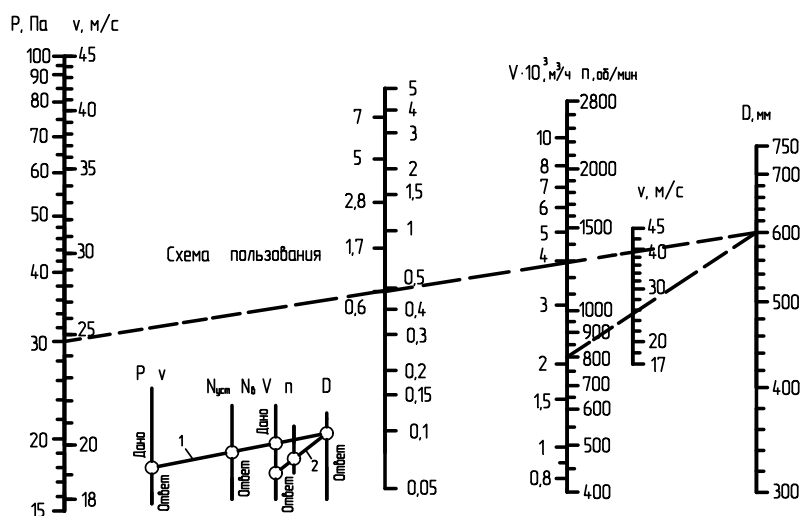
$\rho_{в}$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_{в} = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>);

$u$  - скорость воздуха при входе в циклон, м/с (таблица 2.3).

Вентилятор к машинам выбираем из серии ВРН по номограмме (рисунок 2.13).

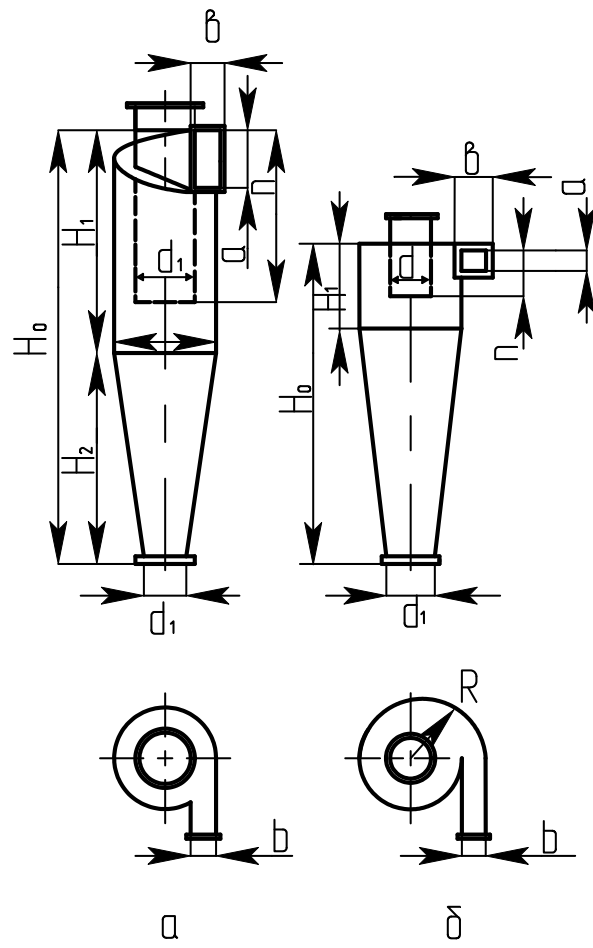
Таблица 2.3 - Основные параметры циклонов

Параметры	Циклоны		
	ВНИИЗ-НИОГАЗ	УЦ-38	УЦ-45
$d$ ,	0,60 D	0,38 D	0,45 D
$d_1$ ,	0,40 D	0,15	0.15 D
$H_0$ ,	4,18 D	3,10 D	2,8 D
$H_1$ ,	2,18 D	0,80 D	0.8 D
$H_2$ ,	2,00 D	2,80 D	2.0 D
$h$ ,	1,65 D	0,50 D	0.5 D
$a$ , м	0,58 D	0,25 D	0.35 D
$b$ , м	0,20 D	0,25 D	0.30 D
$R$ , м	-	0,625 D	0.65 D
$u$ , м/с	12...18	12	12
$\zeta$	4	20	25
$K$	2,94	4	3.1
$\Psi$	75	256	92



$P$  - полное давление, Па;  $v_k$  - окружная скорость колеса, м/с;  $N_{уст}$  - установочная мощность, кВт;  $N_R$  - мощность на валу вентилятора, кВт;  $V$  - объемная подача вентилятора, м<sup>3</sup>/ч;  $n$  - частота оборотов колеса, об/мин;  $D$  - диаметр колеса, мм.

Рисунок 2.13 - Номограмма для подбора и определения основных параметров вентиляторов серии ВРН



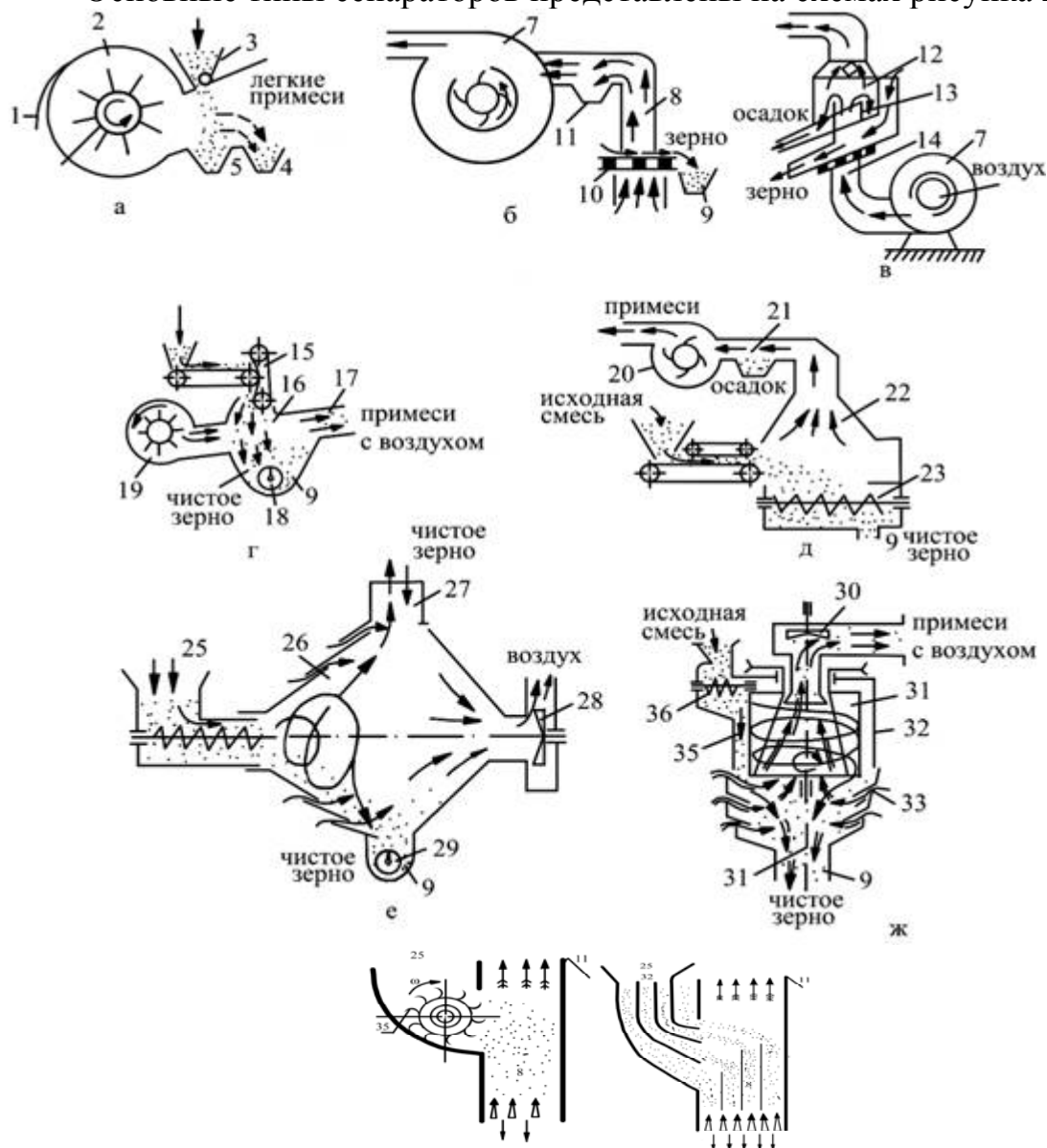
а– ВНИИЗ-НИОГАЗ; б – УЦ-38 и УЦ – 45.

Рисунок 2.14 – Размеры циклонов



## 2.7 Типы (схемы) современных и на ближайшую перспективу пневмосепараторов

Основные типы сепараторов представлены на схемах рисунка 2.15



а, б, в, - пневмогравитационные; г, д - пневмоимпульсные; е, ж - пневмоцентробежные; з - с многоканальной подачей; и - с брахистохронной подачей. 1 - кожух вентилятора; 2 - лопасти вентилятора; 3-12 - бункер исходной смеси; 4, 5, 9 - приемники чистого зерна; 6 - крылач вентилятора; 7, 19, 20, 28, 30 - вентиляторы; 8, 17 - воздушные каналы; 10, 14 - решета; 11, 13, 21 - осадочные камеры; 15, 24 - метатели зерна (подача в воздушный потоке); 16, 22, 26, 33 - делительные камеры; 18, 23, 29 - шнеки выгрузки чистого зерна; 25, 36 - загрузочные устройства; 31 - распределитель; 32 - корпус камеры разгона зерна; 34 - горловина; 35 - лопасть.

Рисунок 2.15 - Схемы современных пневмосепараторов и сепараторов ближайшей перспективы

### **3 Ситовые (решетные) сепараторы**

(Машины для выделения примесей, отличающихся от зерен основной культуры шириной и толщиной)

3.1 Назначение ситовых сепараторов, область их применения

3.2 Принцип действия ситовых сепараторов

3.3 Классификация

3.4 Применяемые сита и их характеристики

3.5 Основные конструктивные решения

3.6 Обоснование предельной частоты колебания сита.

#### **3.1 Назначение ситовых сепараторов и область их применения**

Ситовые сепараторы предназначены для выделения примесей из зерновой смеси, отличающихся от зерен основной культуры по толщине и ширине, а также для сортирования зерна на отдельные классы и фракции по крупности при подготовке зерна к высококачественному помолу, шелушению и подготовке и доведению семенного зерна до высоких заданных кондиций, а также для сортирования продуктов помола и шелушения зерна.

Сита (решета) со штампованными продолговатыми отверстиями осуществляют разделение семян только по толщине, ибо через отверстие-щель пройдет только то зерно, толщина которого меньше ширины щели, а так как ширина, зерна больше толщины, следовательно, по ширине, тем более не пройдет.

Сита с круглыми отверстиями предназначены для выделения зерен (частиц), отличающихся по ширине, так как длина и толщина не препятствуют его прохождению.

Ситовые сепараторы используются для предварительной очистки вороха (зерновой смеси из-под комбайна) (сита класса А), для очистки зерна на

элеваторах, мельницах, крупозаводах, а также на комбикормовых заводах для просеивания мела, соли, рыбной, костной и мясной муки, продуктов измельчения жмыха и шрота.

На семяобработывающих заводах ситовые сепараторы применяются в качестве калибровщиков по форме и размеру.

Эти сепараторы также применяются для оценки гранулометрического состава различных сыпучих пищевых продуктов.

### **3.2 Принцип действия ситовых сепараторов**

Основной принцип - сквозь решето (сито) проходит элемент зерновой смеси, размеры которого меньше размеров отверстий сит.

Элементы зерновой смеси, прошедшие сквозь сито (решето) называются проходом.

Та часть (крупяная), которая не прошла сквозь решето - сходит с него - она называется сходом.

Фракции зерна, полученные при разделении смеси, называются выходом.

Выделенные засорители - отходом.

В зерноочистительных машинах применяют сита (решета) пробивные с круглыми или продолговатыми, как правило, прямоугольными или треугольными отверстиями. Сита с пробивными отверстиями называются решетками, а так же жалюзийные и сетчатые с отверстиями более 2,5...3 мм.

Сита устанавливаются в стане (ситовой кузов, рамка), который с помощью кривошипно-шатунного или эксцентрикового механизма приводится в возвратно-поступательное движение. Поверхность решета должна быть ровной, чтобы зерно (частицы) сходило с выпуклостей и не задерживалось во впадинах.

Режим работы решета должен быть такой, чтобы зерно многократно в различных положениях встречалось с отверстиями, для чего зерновая смесь должна равномерно перемещаться по сити тонким слоем.

Угол наклона сита подбирается так, чтобы с неподвижного решета смесь не сходила, а во время его работы она должна перемещаться по нему.

Таким образом, технологический процесс работы сепаратора заключается в следующем: зерновая смесь поступает выровненным слоем на решето, где более мелкая часть смеси проходит проходом, а более крупная - сходом.

Частоту колебаний ситового стана выбирают в зависимости от следующих факторов:

- амплитуды колебания стана;
- угла установки ситового (решетного) стана;
- коэффициента трения смеси о сито;
- внутреннего коэффициента трения в смеси.

При недостаточной частоте движение смеси замедляется, интенсивность сепарации уменьшается, производительность уменьшается.

При большой частоте зерновая смесь движется по решету быстро, часть зерна не успевает пройти сквозь отверстия, качество разделения смеси снижается.

### **3.3 Классификация сепараторов**

#### **3.3.1 По виду сит сепараторы бывают:**

- с плоскими ситами;
- с цилиндрическими вращающимися ситами;
- с призматическими вращающимися ситами.

#### **3.3.2 По виду движения сит сепараторы классифицируются следующим образом:**

- с возвратно-поступательным движением;
- со сложным вращательно-поступательным движением;

- с вращательным движением.

### **3.3.3 По назначению сита (решета) бывают:**

- для очистки зерна (зерновой смеси);
- для разделения продуктов переработки зерна.

## **3.4 Применяемые сита и их характеристики**

### **3.4.1 По виду исполнения применяются следующие решета (сита):**

- роликовые;
- жалюзийные;
- штампованные (пробивные);
- сетчатые металлические;
- шелковые или капроновые.

### **3.4.2 Штампованные решета бывают:**

- с круглыми отверстиями;
- с продолговатыми отверстиями (прямоугольными.);
- с круглыми воронкообразными отверстиями;
- желобчатые с прямоугольными отверстиями в желобках.

Одним из основных оценочных параметров штампованных сит является "живое сечение сита" - площадь отверстий (суммарная) на решете ( $F_o$ ).

Следующим параметром, характеризующим сито, является коэффициент живого сечения - отношение (в %) суммарной площади отверстий (т. е. живого сечения сита) к площади сита, который вычисляется по формуле (3.1):

$$K_F = \frac{F_o}{F} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

где  $K_F$  - коэффициент живого сечения, %;

$F_o$  - живое сечение сита (решета), м<sup>2</sup>;

$F$  - площадь сита (решета), м<sup>2</sup>.

Таблица 3.1 - Сортамент штампованных сит

Тип 1 (круг. отверстия)			Тип 2 (прямоугольные отверстия)			
$d$ , мм	$\Delta d$ , мм	$K_F$ , %	$b$ , мм	$\Delta b$ , мм	$l$ , мм	$K_F$ , %
0,7-2,6	0,1	17-30	0,5-0,6	0,1	8	17-20
2,8-5,2	0,2	30-34	0,7-1,0	0,1	10	23-29
5,5-12,0	0,5	38-40	1,1-1,6	0,1	12	28-33
13-26	1,0	47-53	1,7-2,2	0,1	16	36-40
			2,4-3,0	0,1; 0,2	20	43-46
28-42	2,0	61-69	3,2-4,2	0,2	25	44-50

В таблице (3.1):

$\Delta d$  и  $\Delta b$  - интервалы рабочих размеров отверстий (от одного номера сита до другого);

$K_F$  - коэффициент живого сечения решета;

$l$  - длина отверстия;

$b$  - ширина отверстия.

Номер штампованного сита - представляет собой увеличенную в 10 раз величину диаметра или ширины отверстия

### 3.4.4 Характеристика проволочных сетчатых сит (металлотканые)

Таблица 3.2 - Характеристика проволочных сетчатых сит (металлотканые)

Показатели	Сито			
	общего назначения	для мукомольной промышленности	саржевого переплетения	нормальной точности из сплавов цветных металлов
Диапазон размеров отверстий, мм	0,4-20	0,4-5	0,25-1	0,04-2,5
Коэффициент живого сечения, %	38-86	45-65	30-43	28-70

Номер металлотканой (проволочной) сетки с квадратными отверстиями определяется размером отверстия в мм, например, сетки № 0,8 имеет размер отверстия 0,8 мм, с прямоугольным - в виде дроби, например сетка № 16/2 - длина, отверстия 16 мм, ширина - 2 мм.

### 3.4.5 Характеристика шелковых сит (рисунок 3.1):

- с ажурным переплетением;
- со смешанным переплетением.

Сита со смешанным переплетением дешевле, но менее прочны.

Подразделяются также сита по массе:

- облегченные (основа и уток тоньше);
- утяжеленные (основа и уток толще).

Номер сита определяется по числу отверстий (нитей) на единице длины сита, например облегченные с ажурным переплетением имеют следующие номера - №№ 7, 9, 11, 15, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 32, облеченные со смешанным переплетением - №№ 35, 38, 43, 46, 55, 61, 67, 73, 76.

Сита утяжеленные имеют следующие номера - №№ 71, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 190, 200, 230, 250, 280 (ажурное переплетение).

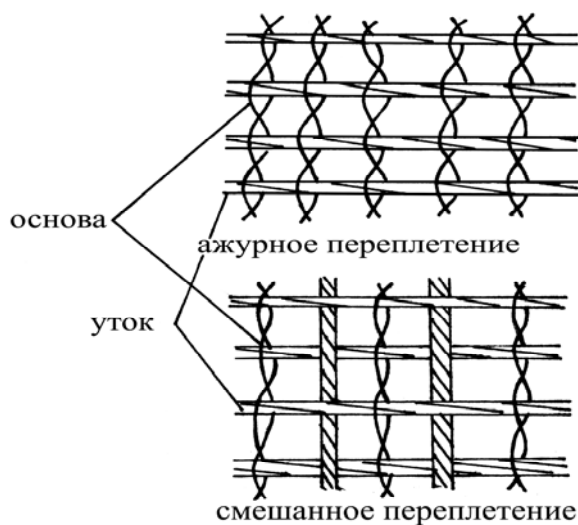


Рисунок 3.1 – Шелковые сита

Номер выше указанных сит облегченного типа определяется по числу нитей (отверстий), приходящихся на каждые 10 мм, деленных на 2 (или по числу нитей, приходящихся на каждые 100 мм, деленных на 20).

Например в сите №1 на каждые 10 мм приходится 14 нитей (или наоборот, сито содержащее 14 нитей на каждых 10 мм имеет номер:  $140 : 20 =$  №7; 29-й номер сита содержит на каждых 10,0 мм 58,0 нитей (отверстий) размером 220 мкм).

Число отверстий на единице длины сита (например, на 1 см) определяется числом нитей утка.

Номер облегченного сита определяется числом отверстий или нитей утка на 1 см (10 мм) например, №7 имеет 7 нитей на 1 см.

Номер утяжеленного сита определяется числом нитей утка, приходящихся на 10 см (100 мм) например, №71 имеет 71 нить утка на каждых 100 мм.

Недостатком шелковых сит является:

- малая износостойчивость;



- под воздействием сепарируемого материала шелк становится ворсинистым и отверстия уменьшаются;
- шелковое сито высокогигроскопично, что обуславливает набухание нитей и уменьшение отверстий;
- в связи с вышеуказанным средний срок эксплуатации шелковых сит всего 6 месяцев.

### **3.4.6 Характеристика капроновых сит**

Капрон относится к группе термопластов, поэтому сита из капрона в меньшей степени изменяют свойства под действием сил и тепла - они лишены многих недостатков, присущих шелковым ситам, в 3-4 раза дешевле шелковых, служат в 3 раза дольше.

Плотность капрона 1130...1150 кг/м<sup>3</sup>, прочность на разрыв 65 мПа, температура плавления равна 209...218 °С, капрон малогироскопичен, на много прочнее и износоустойчивее. Номер сита так же, как и у шелкового определяется количеством нитей утка (отверстий) на 1 см длины сита.

На сепараторах сита шелковые, капроновые и металлотканые сетки взаимозаменяемые. Основой взаимозаменяемости является равенство отверстий. Существует таблица взаимозаменяемости, где указаны номера разных сит с одинаковыми характеристиками.

### 3.4.7 Область применения сит

Таблица 3.3 – Область применения сит

Сита	Вид продукции
Металлические штампованные	очистка и сортирования зерна
Металлические жалюзийные	очистка вороха
Капроновые, шелковые и металлотканые в зависимости от номера: - облегченные шелковые и капроновые с 7 по 9 номер, металлотканые №№ 1,25...0,85 и утяжеленные шелковые №№ 71...90	крупная крупка
- облегченные шелковые и капроновые с 10 по 14 номер, металлотканые №№ 0,8...0,53 и утяжеленные шелковые №№ 100...140	средняя крупка
- облегченные шелковые и капроновые с 15 по 19 номер, металлотканые №№ 0,5...0,4 и утяжеленные шелковые №№ 150...170	мелкая крупка
- облегченные шелковые и капроновые с 20 по 25 номер, металлотканые №№ 0,355...0,28 и утяжеленные шелковые №№ 190...230	жесткий дунст
- облегченные шелковые и капроновые с 27 по 36 номер, металлотканые №№ 0,25...0,2 и утяжеленные шелковые №№ 250...280	мягкий дунст
- облегченные шелковые и капроновые с 43 по 76 номер, металлотканые №№ 0,18...0,071 и утяжеленные шелковые	мука

## 3.5 Основные конструктивные решения ситовых сепараторов

### 3.5.1 Конструктивное решение ситовых (решетных) сепараторов.

Оно основано на разделении зерновой смеси на потоки проходом через сита (решета) и сходом с них.

Сходом отделяется более крупная составляющая зерновой смеси, проходом - более мелкая.

По международной классификации места сит в технологической схеме обозначены символами А, Б, В и Г (на западе - ABCD - на латыни.). Эти места в производстве называются для простоты - решетами (ситами), т.е. сито А, Б, В, Г.

В зависимости от задач, поставленных перед очисткой или сортировкой (а задачи в свою очередь зависят от ситуаций - влажности, засоренности, вида примесей, основного зерна и т.д.) существует много разновидностей технологий и схем расстановки сит.

Кроме того, необходимо заметить, что очень редко применяются ситовые сепараторы в частном виде без совместного использования воздушной системы.

Одно из основных конструктивных решений ситовых сепараторов для обработки (разделения) зерновой смеси представлено на рисунке 3.2

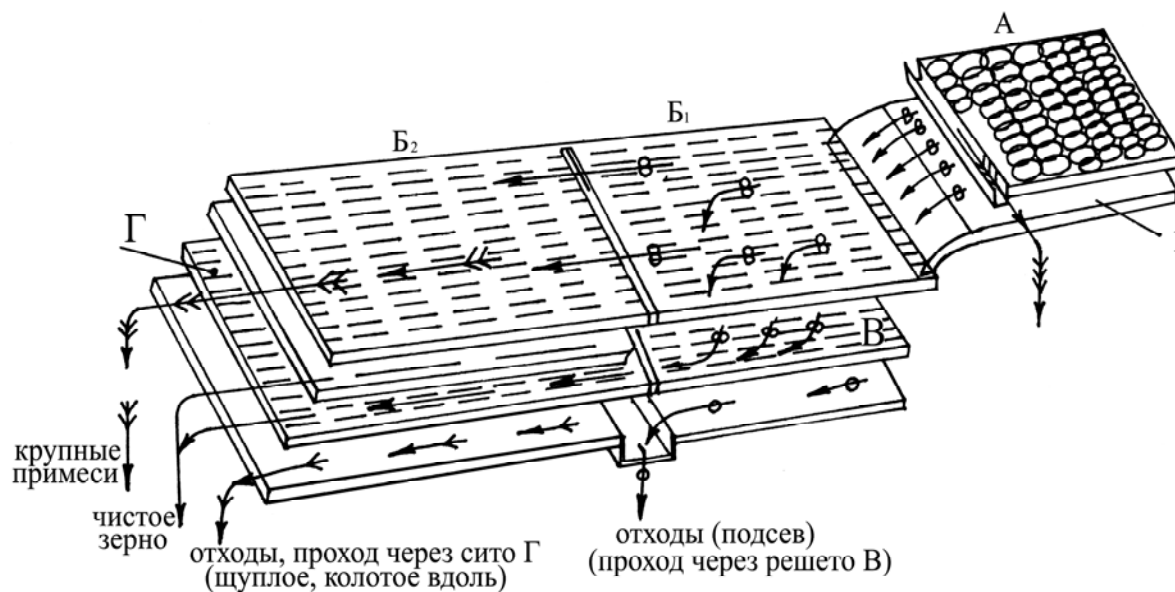


Рисунок 3.2 - Типичное и наиболее эффективное технологическое и конструктивное решение ситового сепаратора

В большинстве зерноочистительных ситовых сепараторов каждое место (сито) имеет свою задачу и ее выполняет, как-то (рисунок 3.2):

- решето А выделяет сходом грубые примеси (колосья, крупные частицы соломы и т.д.);

- сито Б в общем и целом выделяет также сходом крупные примеси (более мелкие части колоса, полосу, более крупные сорняки и т.д.).

Однако для увеличения пропускной способности ситового блока (решетного стана), сито Б подразделено на две части с разными задачами, сито  $B_1$  и  $B_2$ :

- сито  $B_1$  предназначено для разделения всей поступающей на него с сита А зерновой смеси по массе на две равные части - половина проходом (более мелкие примеси и более мелкое, но качественное зерно), половина - сходом (более крупные примеси и более крупное зерно - разделительное сито);

- сито  $B_2$  выделяет сходом крупные примеси, а проходом крупное высококачественное зерно;

- сито В - сепарирует вторую половину (поступившую проходом через сито  $B_1$ ) зерновой смеси и выделяет проходом мелкие примеси в виде подсева (просянка, другие мелкие семена сорняков, поперечный бой щуплого зерна и другие мелкие примеси);

- сито Г выделяет проходом мелкие тонкие примеси в виде щуплого зерна и щуплых примесей сорняков, продольного кола зерна, сходом - чистое зерно.

Технологический процесс такой схемы ситового сепаратора заключается в следующем: зерновая смесь (ворох) поступает на решето А, где выделяются сходом грубые примеси  $\gg\rightarrow$ , проходом - зерновая смесь без грубых примесей на поддон 1, с поддона смесь попадает на сито  $B_1$ , где оно разделяется на две равные по массе части - половина проходом (менее крупное зерно и менее крупные примеси), половина - сходом (более крупное зерно и примеси).

Сходом с решета (сита)  $B_1$ , поступает зерновая смесь на решето (сито)  $B_2$ , где сходом выделяются крупные примеси ( $\gg\rightarrow$ ), а проходом - чистое крупное зерно ( $\rightarrow$ ). Проходом с сита  $B_1$  смесь поступает на сито В, где проходом выделяется мелкие примеси в виде подсева ( $\ominus\rightarrow$ ), сходом зерновая смесь поступает на сито Г, где проходом выделяются мелкие щуплые примеси, сходом - чистое зерно ( $\rightarrow$ ).

Такая схема применена почти во всех ситовых сепараторах, а особенно в воздушно-ситовых.

Эта схема имеет много вариантов, в зависимости от ситуации, например, в сепараторе ЗСП-10 их 4 варианта. Сепараторы типа А1-БСФ-50 и А1-БСШ - в комплектном оборудовании на заключительной операции элеваторов.

Ширина решетного стана  $B_{ш}$ , м, определяется по формуле (3.2):

$$B_{ш} = \frac{Q}{q_B}, \quad (3.2)$$

где  $B_{ш}$ , - ширина решетного стана, м;

$Q$  - производительность сепаратора, кг/с;

$q_B$  - удельная производительность, отнесенная к единице ширины решета, кг/(с·м<sup>2</sup>).

Значение оптимального ускорения решетного стана  $j_o$ , м/с<sup>2</sup>, определяется по таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Оптимальные значения ускорения решетного стана,  $j_o$ , м/с<sup>2</sup>

$\gamma = \alpha + \beta$ , град	Оптимальные значения ускорения решетного стана, $j_o$ , м/с <sup>2</sup> при $q_B$ кг/(с·м <sup>2</sup> )				
	0,5555	1,1111	1,6666	2,2222	2,7777
10	19,0	26,0	-	-	-
15	15,0	22,0	27,0	-	-
20	13,5	19,0	23,0	27,0	-
25	12,0	17,0	21,0	24,0	27,0
30	11,0	16,0	19,0	22,0	24,0
35	10,0	14,5	17,5	20,0	22,0
40	9,5	13,5	16,5	19,0	21,0

или по формуле (3.3):

$$j_O = 4,2\sqrt{360q_B / \gamma}, \quad (3.3)$$

где  $j_O$  - оптимальные значения ускорения решетного стана, м/с<sup>2</sup>;

$q_B$  - удельная производительность по ширины решета, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$\gamma$  - угол между направлением колебаний и плоскостью решета, градус ( $\gamma = \alpha + \beta$ ), принимаем для решет угол наклона к горизонту  $\alpha = 5^\circ$ , угол колебаний  $\beta = 15^\circ$ ).

Удельная производительность решета  $q_F$ , кг/(с·м<sup>2</sup>), отнесенная к единице его площади вычисляется по формуле (3.4):

$$q_F = 0,0528(0,95 - \varepsilon)(105 - \beta), \quad (3.4)$$

где  $q_F$  - удельная производительность решета, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$\varepsilon$  - полнота разделения;

$\beta$  - угол колебания, градус.

Частоту колебаний  $n$ , кол./с, определяют по формуле (3.5):

$$n = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{10j_0}{A}}, \quad (3.5)$$

где  $n$  - частоту колебаний, кол./с;

$A$  - амплитуда колебаний, м.

Амплитуду колебаний вычисляют по формуле (3.6):

$$A = e \cdot \kappa, \quad (3.6)$$

где  $A$  - амплитуда колебаний, м;

$e$  - эксцентриситет, м ( $e = 0,005 \dots 0,010$  м);

$\kappa$  - коэффициент, учитывающий колебания рамы машины, он зависит от величины оптимального ускорения решетного стана,  $j$  м/с<sup>2</sup>. определяется по таблице (3.4).

Таблица 3.5 – Зависимость коэффициента  $\kappa$  от величины оптимального ускорения решетного стана,  $j$  м/с<sup>2</sup>

Обозначение показателей	Значение				
	15	20	25	30	>30
$j_0$ м/с <sup>2</sup>	15	20	25	30	>30
$\kappa$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Длина решета  $l$ , м, в каждом стане вычисляется по формуле (3.7):

$$l = \frac{Q}{B_{ш} \cdot q_F} = \frac{q_B}{q_F}, \quad (3.7)$$

где  $B_{ш}$  - ширина решетного стана, м;

$Q$  - производительность сепаратора, кг/с;

$q_F$  - удельная производительность решета, кг/(с·м<sup>2</sup>);

$q_B$  - удельная производительность по ширины решета, кг/(с·м<sup>2</sup>).

*Уравновешивание решетных станов.* Уравновешивание качающихся масс решетных станов в зерноочистительных сепараторах осуществляется путем сообщения (от эксцентриков, расположенных на двух эксцентриковых валах) решетным станам движений в противоположных направлениях. Уравновешивание решетного стана осуществляется вращающимися грузами на двух параллельных валах. На каждом валу располагается по два диска с грузами (рисунок 3.3)

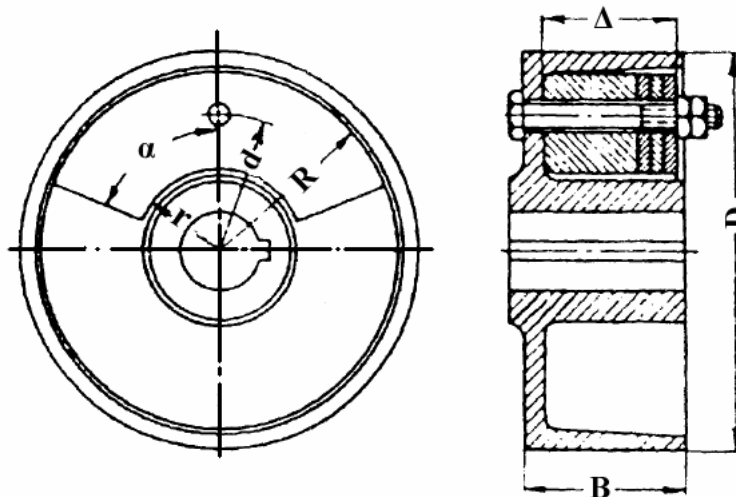


Рисунок 3.3 – Диск с грузом для уравнивания решетных станов

Толщина груза  $\Delta$ , м определяется по формуле (3.8):

$$\Delta = \frac{M_{gp}}{\frac{2}{3} \sin \alpha (R^3 - r^3) \rho}, \quad (3.8)$$

где  $\Delta$  - толщина груза, м;

$\rho$  - плотность материала груза, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho=7800$  кг/м<sup>3</sup>);

$M_{gp}$  - масса груза, кг.

Массу груза вычисляется по формуле (3.9):

$$M_{gp} = G \cdot A / R_y, \quad (3.9)$$

где  $M_{gp}$  - масса груза, кг;

$G$  - масса решетного стана, кг ( $G=120$  кг);

$R_y$  - радиус вращения центра тяжести груза, м ( $R_y \approx (r + R) / 2$ ).



Мощность  $N$ , кВт, потребная для работы решетного стана, определяется по формуле(3.10):

$$N = \frac{G \cdot j_0^2}{460 \cdot n}, \quad (3.10)$$

где  $N$  - мощность, кВт;

$n$  - частота вращения (колебания) решетного стана,  $\text{с}^{-1}$ ;

$G$  - масса решетного стана, кг.

### **Машины для сортирования путем просеивания продуктов измельчения зерна**

Для получения хороших результатов измельчение зерна выполняется в несколько этапов, в результате чего образуется смесь частиц различных по размерам, форме и плотности. Разделение, сортирование промежуточных продуктов размола зерна по размерам производится (подобно зерну) путем просеивания на так называемых *рассевах*.

Существуют шестиприемные рассевы типа РЗ-БРБ и четырехприемные типа РЗ-БРВ. На заводах более раннего проектирования с некомплектным оборудованием применяются двухкорпусные и четырехприемные пакетные рассевы типа ЗРМ и ЗРМ-2М, а также шкафного типа ЗРШ-4М и ЗРШ-6М.

Эффективность сортирования в рассевах на всех промежуточных стадиях производства муки влияет не только на степень использования зерна, но определяет нагрузку и эффективность последующего оборудования.

В шестиприемные рассевы РЗ-БРБ поступают продукты, измельченные в вальцовых станках, и после ситового сепарирования пофракционно направляются в вальцовые станки последующих систем на повторное сортирование в рассевы, на обогащение в ситовые машины или для обработки на вспомогательном оборудовании размольного отделения. Четырехприемные же рассевы РЗ-БРВ предназначены в основном для контроля муки, чтобы выделить случайно попавшие крупные фракции.

Основными рабочими органами являются плоские сита из различных материалов с отверстиями соответствующих размеров и формы (смотри разделы 3.2, 3.3, 3.4).

На современных заводах с комплектным технологическим оборудованием (на типовых заводах) используются 21 технологическая схема. Эти схемы подразделяются на три типа. Первые два типа, включающие 19 схем применены в главном процессе производства муки в отсевах РЗ-БРБ, две же схемы, входящие в третий тип, используются для контроля муки на отсевах РЗ-БРВ.

Все эти три типа представлены на рисунке 3.4. Схема первого типа (рисунок 3.4, а) - для сортирования продуктов, полученных после вальцовых станков, настроенных на 1-ю дранную систему, схема второго типа (рисунок 3.4 б) - после станков, настроенных на 1-ю размольную систему, схема третьего типа (рисунок 3.4 в) для контроля муки.

Технологических схем первого типа шесть. Они включают четыре группы сит и предназначены для получения 3...4 сходовых и 1...2 проходных фракций. Первая группа в этих схемах включает шесть сит, а три из них являются, как правило, приемными. Схемы такого типа применяют для сортирования продуктов на I, II, III, IV (крупной) драных и 4-й размольной системах.

Технологических схем второго типа 13, они включают три группы сит, с которых получают две сходовые и две проходные фракции. Большинство схем этого типа имеет по два приемных сита. Они применяются в отсевах IV драной системы мелкой, всех сортировочных, шлифовочных и размольных (кроме 4-й размольной) систем.

Технологических схем третьего типа две. Они содержат две группы сит и предназначены для получения двух проходных и одной сходовой фракции. В этих схемах по три приемных сита. Такие схемы применяют в отсевах для контроля муки. Структура технологических схем строго соответствует той операции, которую выполняет данный отсев.

Расसेвы, поставляемые комплектно для новых мукомольных заводов, имеют различные сочетания технологических схем (формы исполнения). В каждой секции мукомольного завода производительностью 500 т/сут установлено по шесть рассевов РЗ-БРБ и по одному расसेву РЗ-БРВ. Различия в формах исполнения рассевов по секциям завода обусловлены специфическими особенностями переработки зерна с различной стекловидностью.

Это обусловлено тем, что производительность одной секции рассева 1-ой драной системы составляет 75...80 т/сут, 1-й размольной системы - 40...50 т/сут, на контроле муки производительность 65...115 т/сут, что соответствует удельной нагрузке рассевов на 1-ой драной системе 15...20 т/(м<sup>2</sup>·сут), 1-ой размольной - 8...10 т/(м<sup>2</sup>·сут), на контроле муки 15...25 т/(м<sup>2</sup>·сут).

Основной показатель качества работы рассевов является коэффициент недосева, характеризующий относительное содержание проходových частиц, оставшихся в сходовой фракции:

$$\eta_{\text{нед}} = \frac{P_{\text{пр.сх.}}}{P_{\text{пр.исх}}} \cdot 100, \%,$$

где  $P_{\text{пр.сх.}}$  - содержание проходových частиц в сходах, кг;

$P_{\text{пр.исх}}$  - содержание проходových частиц в исходной смеси, кг.

Тогда коэффициент извлечения

$$\eta_{\text{изв}} = 100 - \eta_{\text{нед}}, \%$$

Повышенные недосевы увеличивают нагрузки на системы, снижают эффективность работы последующих машин, а также ухудшает качество продукции. Например, недосев мелких фракций в крупках и дунстах затрудняет установку оптимального воздушного режима в ситовеечных машинах, а недосев муки в продуктах, направляемых на размол, приводит к перегрузке вальцового станка и снижению качества муки.

Коэффициент недосева на каждой из систем регламентируется соответствующими правилами.

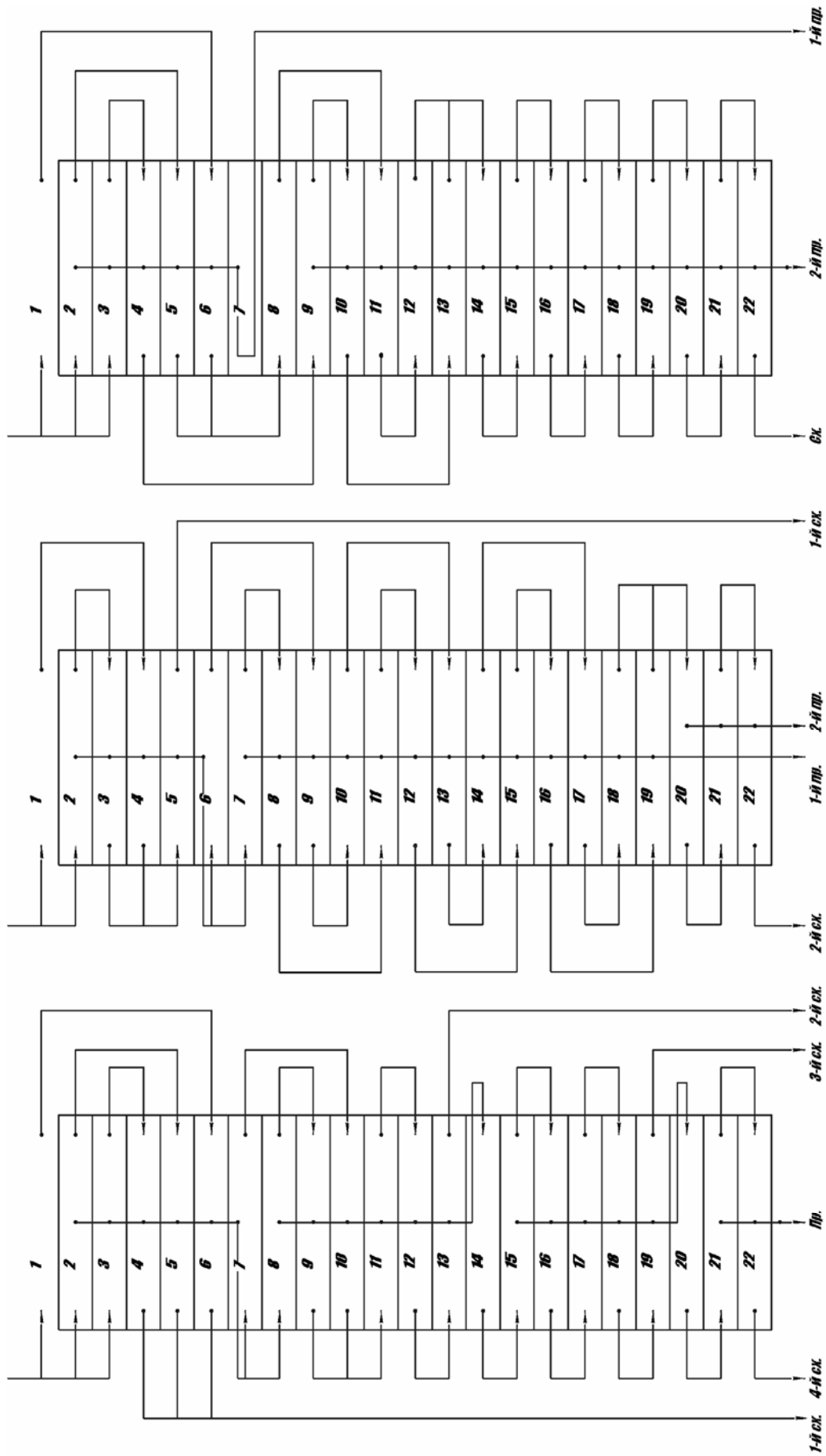
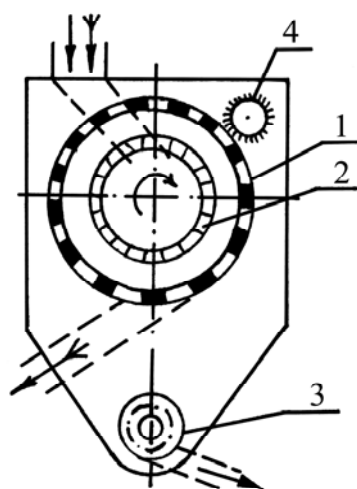


Рисунок 3.4 - Типы технологических схем работы расфасов: а - для I драной системы; б - для 1-ой размольной системы; в - для контроля муки.

### 3.5.2 Сепараторы с вращающимися ситами (центрифугалы)

#### Сепараторы с цилиндрическим ситом

Сепараторы с вращающимися ситами в основном применяются для сепарации муки, отрубей и некоторых видов сырья на комбикормовых заводах (рисунок 3.5).



1 - ситовой барабан; 2- бичевой барабан; 3 – шнек; 4 - цилиндрическая щетка.

Рисунок 3.5 - Сепаратор с вращающимся ситом

Сепаратор состоит в основном из быстро вращающегося бичевого барабана 2, расположенного внутри медленно вращающегося ситового барабана 1. Сепарируемый продукт ( $\Rightarrow$ ) поступает внутрь ситового цилиндра, под воздействием медленно вращающегося ситового цилиндра поднимается и сбрасывается на бичи бичевого барабана. Бичами отбрасывается на ситовой цилиндр и просеивается. Сходом идут примеси ( $\rightarrow$ ), проходом очищенный продукт ( $\rightarrow$ ).

Продукт перемещается вдоль цилиндра за счет конусности или угла его наклона. Очищенный продукт проходом через ситовой барабан поступает вниз

на шнек 3, с помощью которого выгружается за пределы сепаратора, а в верхней части на горизонтальной оси расположена цилиндрическая щетка 4, которая очищает ситовой цилиндр.

Одним из основных условий выполнения технологического процесса - относительное вращение (со смещением) ситового цилиндра и бичевого барабана. Ситовой цилиндр должен вращаться с предельной скоростью, которая вычисляется по формуле (3.11):

$$n_{\max} = 3 \sqrt{\frac{1}{fr}}, \quad (3.11)$$

где  $n_{\max}$  - предельная скорость, м/с;

$f$  - коэффициент трения материала о стан (сито);

$r$  - радиус ситового цилиндра, м;

или с окружной скоростью, которая вычисляется по формуле (3.12):

$$v = \pi \sqrt{\frac{r}{f}}, \quad (3.12)$$

где  $v$  - окружная скорость, м/с

$f$  - коэффициент трения материала о стан (сито);

$r$  - радиус ситового цилиндра, м.

Это справедливо для слоя сепарируемого материала толщиной равной одной частице. Однако в практике так бывает редко, а потому для определенной толщины сепарируемого материала в ситовом цилиндре окружная скорость последнего

$$v = 1,2\pi \sqrt{\frac{r}{f}}, \quad (3.13)$$

где  $v$  - окружная скорость, м/с.

Практически используют ситовые сепараторы со скоростью сита  $v = 1,2 \dots 1,6$  м/с,  $D = 800 \dots 900$  мм, длина цилиндра  $L = 2,5 - 3$  м.

У современных сепараторов ситовой цилиндр устанавливается горизонтально,

Есть конструкции сепараторов с коническими ситовыми барабанами (рисунок 3.6) и с барабанами в виде шестигранной призмы (рисунок 3.7).



Рисунок 3.6 – Конический ситовой барабан

На рисунке (3.7) изображен барабан в виде вписанной в окружность шестигранной призмы. В шестигранном барабане просеивание более интенсивное, что объясняется ударами частиц при падении с грани на грань и неравными скоростями разных точек барабана. Эти сита очищаются механизмами ударного действия.

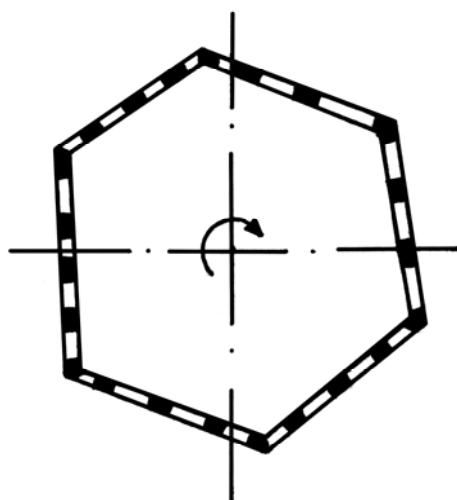


Рисунок 3.7 - Схема барабана ситового сепаратора в виде шестигранник

### 3.6 Обоснование предельной частоты колебания сита

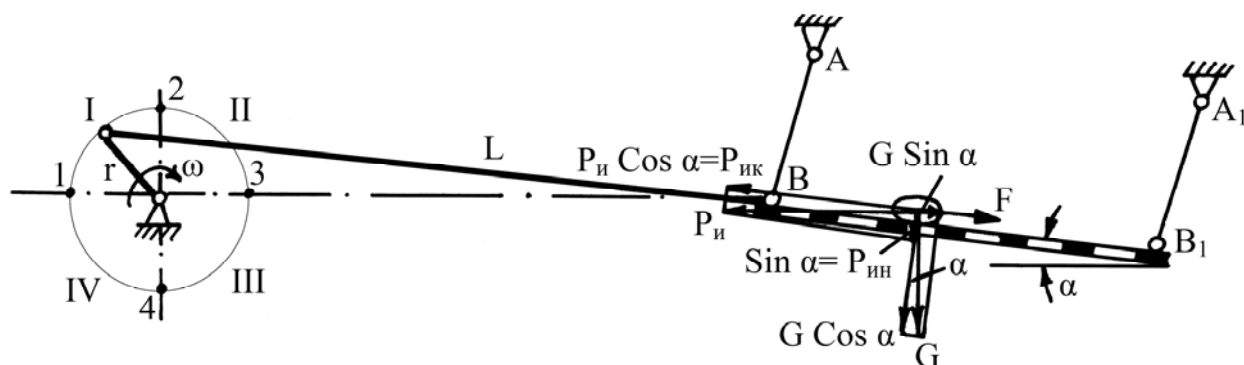


Рисунок 3.8 - Схема привода ситового блока сепаратора и условие движения частицы по ситову вверх и неподпрыгивания ее на сите

При работе ситового стана (кривошипно-шатунного привода) сито движется с ускорением  $a$ , направленным вправо в соответствии с рисунком (3.8) и возникает сила инерции  $P_u$  частиц, направленная влево. Кроме того, частица (A) находится под действием силы тяжести  $G$  (рисунок 3.8). Сила инерции частицы  $P_u$  действует по линии горизонта. Сила  $P_u$  разложена на  $P_{u_{нн}}$  - перпендикулярную ситову ( $P_{u_{нн}} = P_u \sin \alpha$ ) и  $P_{u_{к}} = P_u \cos \alpha$  - вдоль сита (рисунок 3.8).

Частица (зерновка) будет перемещаться вверх влево (по наклону) по ситову, если движущая сила ( $P_u \cos \alpha - G \sin \alpha$ ) больше силы трения  $F = f(G \cos \alpha + P_u \sin \alpha)$ .

Частоту колебания сита, определим из условия движения частицы вверх по ситову:  $(P_u \cos \alpha - G \sin \alpha) > f(G \cos \alpha + P_u \sin \alpha)$ , для чего напием дифференциальное уравнение движения частицы по ситову:

$$m \frac{dv}{dt} = (P_u \cos \alpha - G \sin \alpha) - f(G \cos \alpha + P_u \sin \alpha), \quad (3.14)$$

$$m \frac{dv}{dt} = P_u (\cos \alpha - f \sin \alpha) - G (f \cos \alpha - \sin \alpha). \quad (3.15)$$



Совершив в уравнениях (3.14, 3.15) подстановки:  $P_u = ma$ ;  $G = mg$ ;  $a = \omega^2 r \cos \omega t$ ;  $\omega = \frac{\pi n}{30}$  и поделив на  $m$ , на  $(\cos \alpha - f \sin \alpha)$  и решив систему уравнений относительно  $n$ , получим:

$$n_{кр} = 30 \sqrt{\frac{tg(\varphi + \alpha)}{r}}, \quad (3.16)$$

где  $\varphi$  - угол трения частицы о сито, градус;

$\alpha$  - угол наклона сита, градус;

$r$  - радиус кривошипа, м;

$n_{кр}$  - критическая частота колебания сита,  $c^{-1}$ .

Вторым условием сепарации зерновой массы является неотрыв (неподпрыгивание) частицы от сита под воздействием силы шатуна и ускорения сита, это условие запишется так:

$$P_{u_n} < G \cos \alpha; \quad P_u \sin \alpha < G \cos \alpha. \quad (3.17)$$

Заменив в (3.17)  $P_u = ma$ ;  $G = mg$ ;  $a = \omega^2 r$ ;  $\omega = \frac{\pi n}{30}$  и сделав несложные преобразования, получим:

$$n_n = \frac{30}{\sqrt{r \cdot tg \alpha}}. \quad (3.18)$$

Таким образом, с учетом (3.18) условие эффективной работы ситового сепаратора выглядит в следующем виде:

$$n_{кр} = 30 \sqrt{\frac{tg(\varphi + \alpha)}{r}} \quad \text{и} \quad n_n = \frac{30}{\sqrt{r \cdot tg \alpha}}. \quad (3.19)$$

Анализируя эти два условия можно заключить, что всегда  $n_{кр} < n_n$ .

Следовательно, критической частотой колебания решета считаем  $n_{кр}$ .

## **4 Воздушно-ситовые сепараторы**

### **4.1 Назначение и классификация**

Для очистки зерна от примесей, отличающихся от него шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами, применяются воздушно-ситовые сепараторы.

Зерновая масса в этих машинах очищается на ситах (решетах), на которых отделяются примеси, отличающиеся от зерна шириной и толщиной, и воздушным потоком, который выделяет примеси, отличающиеся от зерна аэродинамическими свойствами.

Все воздушно-ситовые сепараторы разделяются на две группы:

- для первичной (начальной) очистки свежесобранного зерна от крупных и легких примесей, в которые входят стебли, солома, пыль и т.д. (ворохоочистители);

- для вторичной очистки (дальнейшей, окончательной), которые используются на хлебоприемных и перерабатывающих предприятиях.

Кроме того, этого типа машины классифицируются по следующим признакам.

По комбинационным признакам подразделяются на одинарные и спаренные из двух одинаковых секций.

По виду механизмов, придающим рабочим органам колебательные движения, воздушно-ситовые сепараторы бывают с инерционными колебателями и эксцентриковыми механизмами.

По созданию воздушного потока в машинах воздушно-решетные сепараторы бывают с вентиляторами для аспирации и без вентиляторов (получающие поток воздуха из общей воздушной цеховой системы).

По мобильности воздушно-ситовые сепараторы разделяются на стационарные и мобильные.

## **4.2 Воздушно-ситовые машины первичной очистки (ворохоочистители)**

Ворохоочистители предназначены для первичной очистки свежееубранного зерна от крупных и легких примесей, в которые входят: стебли, солома, ости, пыль и т. д. Промышленность выпускает несколько марок ворохоочистителей, некоторые из них используют на хлебоприемных предприятиях, например ворохоочиститель типа ЗВ (например, ЗВ-50).

Приемно-распределительное устройство ворохоочистителя (рисунок 4.1) состоит из камеры 4, вибрлотка и грузовых клапанов (на рисунке не показаны). Здесь осуществляется первая продувка поступающего зерна воздухом.

Верхний ситовой кузов состоит из приемного листа и комбинированного сита. Он разделен по длине на три зоны: подготовительную, рабочую и контрольно-сходовую. В подготовительной зоне зерно самосортируется и расслаивается, в рабочей - выделяется проходом, в контрольно-сходовой - крупные примеси идут сходом, а оставшееся зерно выделяется проходом.

Зерно, очищенное от крупных примесей в верхнем кузове, направляют в нижний кузов 13, в котором с помощью лотков ступенчатой формы равномерно распределяется по всей ширине кузова, и поступает в пневмосепарирующий канал 16 аспирационного устройства, где второй раз продувается восходящим воздушным потоком. Скорость воздуха в пневмосепарирующем канале 7 м/с.

Ситовые кузова подвешены к станине с помощью плоских стальных пружин. Число колебаний кузовов 460 в минуту, амплитуда колебаний 10 мм. Возвратно-поступательное движение кузовов получает от эксцентрикового колебателя 3. Сита очищаются инерционным очистительным механизмом.

Аспирационное устройство состоит из пневмосепарирующего канала, аспирационной осадочной камеры 5 и осевого вентилятора 6. В пневмосепарирующем канале воздушным потоком из зерна выделяются легкие примеси, которые уносятся в осадочную камеру, где они осаждаются, а затем шнеком удаляются из машины через патрубок 9. Зерно из

пневмосепарирующего канала попадает в разгрузочный шнек (на рисунке не показан), который подает его к выпускному отверстию машины. Отработавший воздух дополнительно очищается в циклоне, установленном отдельно от ворохоочистителя на расстоянии не более 10 м и соединенном с ним воздуховодом, диаметр которого равен диаметру трубы вентилятора.

Производительность ворохоочистителя ЗВ-50 50 т/ч, удельная нагрузка на 1 см ширины сита 500 кг/ч, расход воздуха 10 800 м<sup>3</sup>/ч.

#### **4.3.1 Стационарные зерноочистительные машины**

К этой группе относятся машины типа А1-БСФ, А1-ЗСШ, А1-БРС, А1-БИС, А1-БЛС, А1-БЦС и др., описание части из которых представлены ниже.

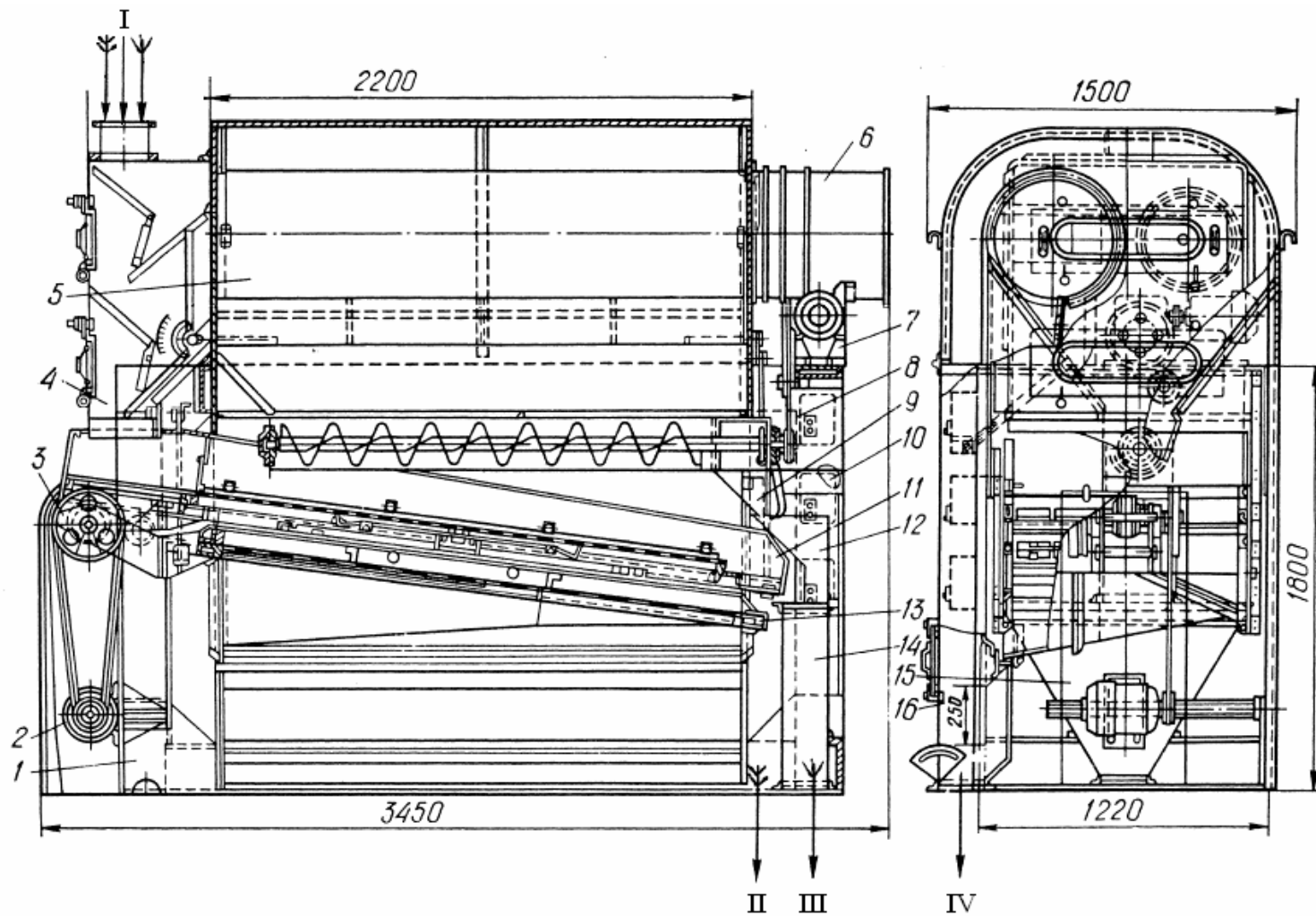
##### **Сепаратор А1-БИС-100**

Сепаратор А1-БИС-100 (рисунок 4.2) предназначен для очистки зерна от примесей, отличающихся от него шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами.

Двухсекционный ситовой корпус 1 подвешен к станине 2 на гибких подвесках 26. В двух его параллельно работающих секциях установлены сортировочные 5 и подсевные 6 сита. Сортировочное сито 5 металлоштампованное, имеет отверстия размером 8х8 мм, подсевное сито 6 - треугольное с размерами сторон 3,5 мм. Сита очищаются резиновыми шариками 9 Ш 35 мм.

#### **4.3 Воздушно-ситовые сепараторы вторичной очистки**

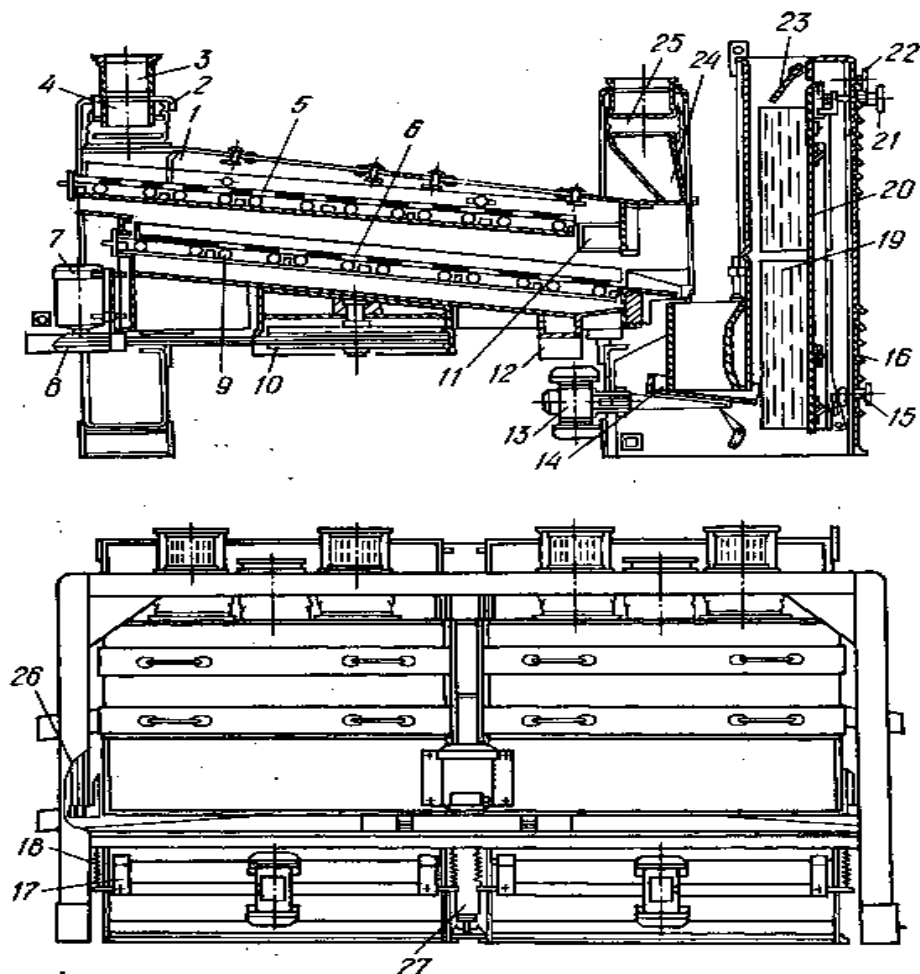
На станине ситового корпуса расположен электродвигатель 7, который через клиноременную передачу передает вращение шкиву 10. На шкиве закреплены неуравновешенные грузы, которые при вращении шкива создают дисбаланс и сообщают ситовому корпусу круговое поступательное движение.



1 - станина; 2 - привод колебателя; 3 - эксцентриковый колебатель; 4 - приемная камера; 5 - осадочная камера; 6 - вентилятор; 7 - привод шнека; 8, 15 - ограждения; 9 - патрубок шнека; 10 - щит управления; 11 - верхний ситовой кузов; 12 - переходник; 13 - нижний ситовой кузов; 14 - бункер; 16 - пневмосепарирующий канал;  $\Rightarrow$  неочищенное зерно;  $\rightarrow$  крупные примеси;  $\rightarrow$  легкие примеси;  $\rightarrow$  очищенное зерно.

85 Рисунок 4.1 - Ворохоочиститель 3В-50

Приемное устройство сепаратора состоит из приемного 4 и смотрового 3 патрубков, соединенных гибким рукавом 25 с ситовым корпусом и аспирационными патрубками 24.



1 - ситовой корпус; 2 - станина; 3 - смотровой патрубок; 4 - приемный патрубок; 5 - сортировочное сито; 6 - подсевное сито; 7 - электродвигатель; 8 - клиноременная передача; 9 - резиновый шарик; 10 - шкив; 11 - лоток для крупных примесей; 12 - лоток для мелких примесей; 13 - вибратор; 14 - питатель; 15, 21 - штурвалы; 16 - жалюзи; 17 - резиновая подвеска; 18 - пружина; 19 - пневмосепарирующий канал; 20 - подвижная стенка; 22 - ручка; 23 - клапан; 24 - аспирационный патрубок; 25 - гибкий рукав; 26 - гибкая подвеска; 27 - светильник.

Рисунок 4.2 – Сепаратор А-1-БИС-100

Для очистки зерна от легких примесей в сепараторе установлены два пневмосепарирующих канала 19. Воздух в них поступает через жалюзи 16. Внутри пневмосепарирующих каналов сделана подвижная стенка 20, положение которой можно регулировать штурвалами 15 и 21. При этом

изменяется скорость воздушного потока в канале и можно добиться лучшего выделения легких примесей. Расход воздуха в пневмосепарирующем канале регулируют клапаном 23 при помощи ручки 22. Для наблюдения за работой пневмосепарирующих каналов между ними установлен светильник 27.

Вибролотковый питатель 14 подвешен к станкам пневмосепарирующих каналов на резиновых подвесках 17 и пружинах 18. Питатель 14 приводится в движение от вибратора 13.

Зерно в сепараторе очищается следующим образом. Оно двумя параллельными потоками поступает через патрубки 4 в секции ситового корпуса. В каждой секции зерно попадает на верхнее сортировочное сито 5, где сходом идут крупные примеси и по лотку 11 выводятся из машины, а проход (основное зерно и оставшиеся примеси) поступает на нижнее, подсевное сито 6. Проход через подсевное сито (мелкие примеси) выводится по лотку 12, а сход (очищенное от крупных и мелких примесей зерна) поступает на вибролотковый питатель 14 и подается им в пневмосепарирующий канал, где и отделяются легкие примеси.

При поступлении зерна в пневмосепарирующий канал вибролоток распределяет его по всей ширине канала, разрыхляет зерновой слой, что существенно повышает эффективность отделения легких примесей. Эффективность очистки зерна в сепараторе составляет: от крупных примесей до 100 %, от мелких 70...71, от легких 76 %.

Производительность А1-БИС-100 (при очистке пшеницы влажностью до 15 %, засоренностью до 3 %) 100 т/ч; частота круговых колебаний ситового корпуса в минуту  $360 \pm 24$ ; радиус колебаний ситового корпуса  $(9 \pm 2)$  мм; угол наклона ситовых рам к горизонту, градус: сортировочных 7, подсевных 8; мощность электродвигателя 1,37 кВт; габариты, мм: длина 2550, ширина 2525, высота 1510; масса 1650 кг.

## **Сепаратор А1-БРС шкафного типа**

Сепаратор А1-БРС предназначен для очистки зерна риса от примесей, отличающихся от него шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами. Кроме того, на нем происходит сортирование риса на крупную и мелкую фракции.

Сепаратор представляет собой комплектную установку, состоящую из двух скальператоров производительностью 10 т/ч каждый, двух воздушных сепараторов А1-БВЗ производительностью 10 т/ч каждый и ситового сепаратора шкафного типа (шкафа) с четырьмя пневмоканалами производительностью 20 т/ч.

Скальператор предназначен для выделения из зерна наиболее крупных примесей. Он состоит из корпуса, внутри которого размещен, вращающийся ситовой барабан. Барабан очищают от примесей вращающейся цилиндрической щеткой. Для зерна в скальператоре предусмотрено приемное устройство с питающим лотком. Скальператоры во время работы аспирируют.

Воздушный сепаратор А1-БВЗ имеет сварной корпус, в котором размещены приемный канал с грузовым клапаном, пневмосепарирующий канал, осадочная камера, вентилятор и шнек для вывода примесей. Он предназначен для выделения из зерна легких примесей.

Ситовой сепаратор состоит из шкафа и пневмоканалов. Шкаф - это четыре самостоятельные секции, в каждой из которых размещены 14 ситовых рам и два сборника. С торца секции закрывают дверцами. Шкаф при помощи стальных канатов подвешивают к потолочной раме, при работе он совершает круговые поступательные колебания, которые сообщает ему балансирный механизм.

Балансирный механизм состоит из вала, установленного в двух подшипниковых узлах, которые вмонтированы в несущую конструкцию шкафа. На концах вала закреплены балансиры, а на верхнем конце, кроме того,



расположен приводной шкив, который через клиноременную передачу получает вращение от электродвигателя, установленного на крыше шкафа.

Сита очищаются резиновыми шариками Ш 25 мм, помещенными между ситом и поддоном, имеющим лункообразные отверстия. Пневмоканалы установлены попарно с боковых сторон шкафа. Каждый канал разделен на две части: аспирационную и пневмосепарирующую. Расход воздуха на аспирацию и пневмо-сепарирование регулируют клапанами, расположенными в верхней части пневмоканалов. Ширину пневмоканала регулируют при помощи перемещающейся задней стенки. Для распределения зерна по длине канала установлен вибрлоток с индивидуальным электроприводом. В боковых стенках пневмоканалов предусмотрены смотровые окна, а между каналами установлены лампы подсветки.

Рис в сепараторе А1-БРС очищают следующим образом. Зерновая смесь поступает в приемные устройства скальператоров, а затем на вращающийся ситовой барабан. Крупный сор 7, а также недомолоченный рис идут сходом с барабана, легкие примеси 8 уносятся воздушным потоком, а очищенное зерно проходит через барабаны поступает в два параллельно работающих воздушных сепаратора А1-БВЗ (рисунок 4.3). В них происходит первая очистка зерновой смеси от недоразвитых зерен риса и легкой примеси 9.

Далее смесь по трубам поступает в четыре секции шкафа сепаратора, где сходом с приемных сит идут оставшиеся в зерне крупные органические и минеральные примеси, частично недомолот и небольшое количество зерна (до 20 % от выхода фракции). Выход этой фракции 1 составляет 2...5 % от нагрузки на сепаратор.

Фракцию 1 направляют в отходы, а затем из нее извлекают годное зерно риса.

Сходом с двух групп сортировочных сит от зерна отделяются мелкие и крупные примеси, сходом с подсевных сит идет мелкая фракция риса 4, 5 в количестве 5 ... 10 % от нагрузки, которая содержит ошелушенный рис, битый, часть мелкого зерна (до 40 % от выхода фракции). Проходом подсевных сит

выделяют подсев 6, содержащий курмак, мелкие кусочки битого риса, мелкую минеральную и органическую примеси. Содержание нормального риса в них не превышает 1...2 %.

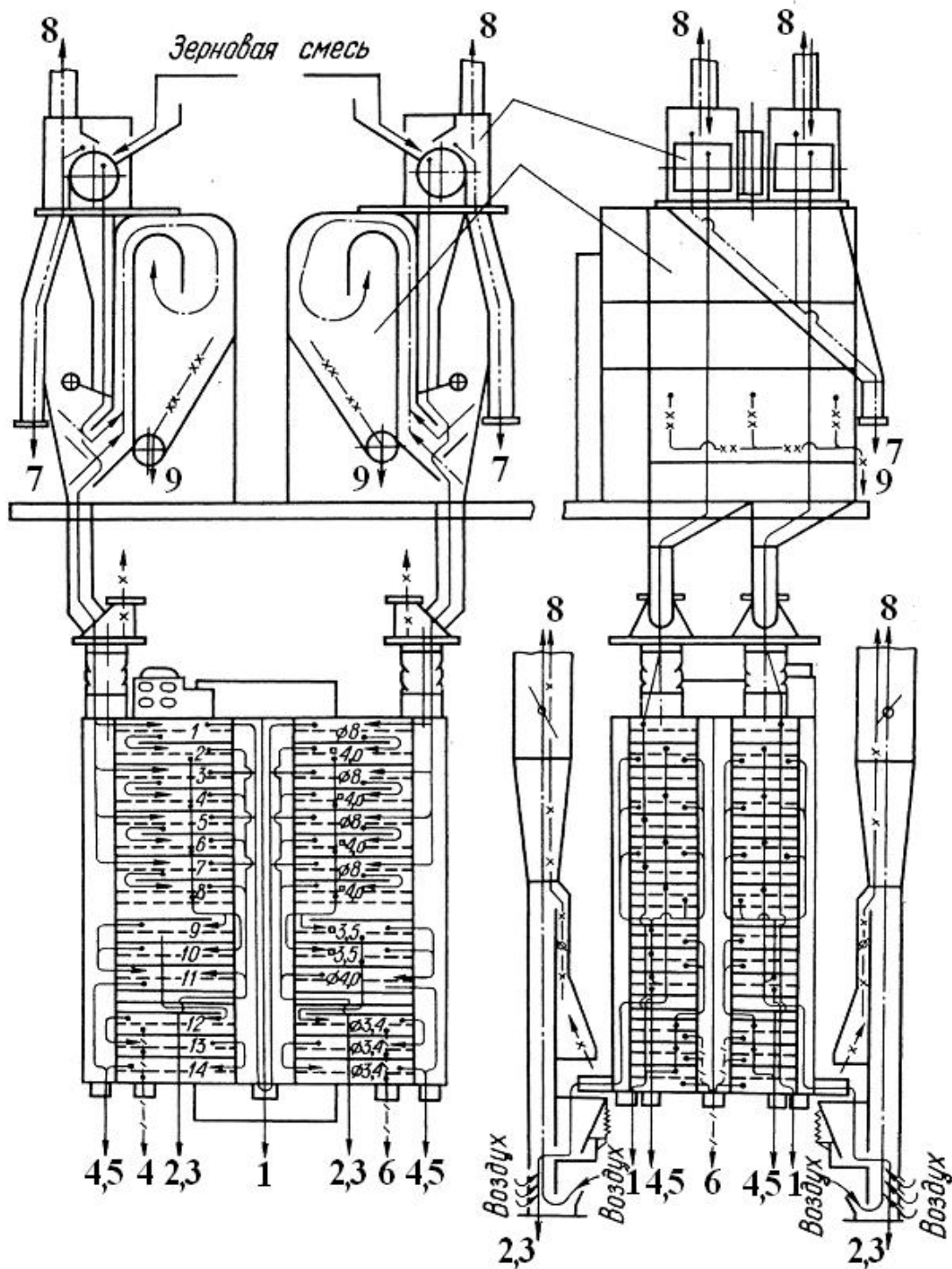
Очищенный на ситах каждой секции рис (2, 3) через лотки попадает в пневмоканалы, где происходит вторая воздушная очистка смеси от органических примесей и недоразвитых зерен риса, после чего полностью очищенное зерно выводится из машины.

Производительность А1-БРС М 20 т/ч; мощность электродвигателей 12,2 кВт; эффективность очистки зерна, %: от сорной примеси 50... 60, от зерновой 40...60; извлечение очищенного зерна 80...85 %; частота вращения ситового барабана скальператора 15 об/ мин; частота колебаний ситового кузова 190... 210 в минуту; амплитуда колебаний ситового кузова 25...35 мм; габариты скальператоров и воздушно-ситовых сепараторов, мм: длина 3850, ширина 2100, высота 2600; габариты шкафа с пневмоканалами, мм: длина 2400, ширина 2550, высота 2700; масса 5500 кг.

### **Сепараторы типа А1-БЛС**

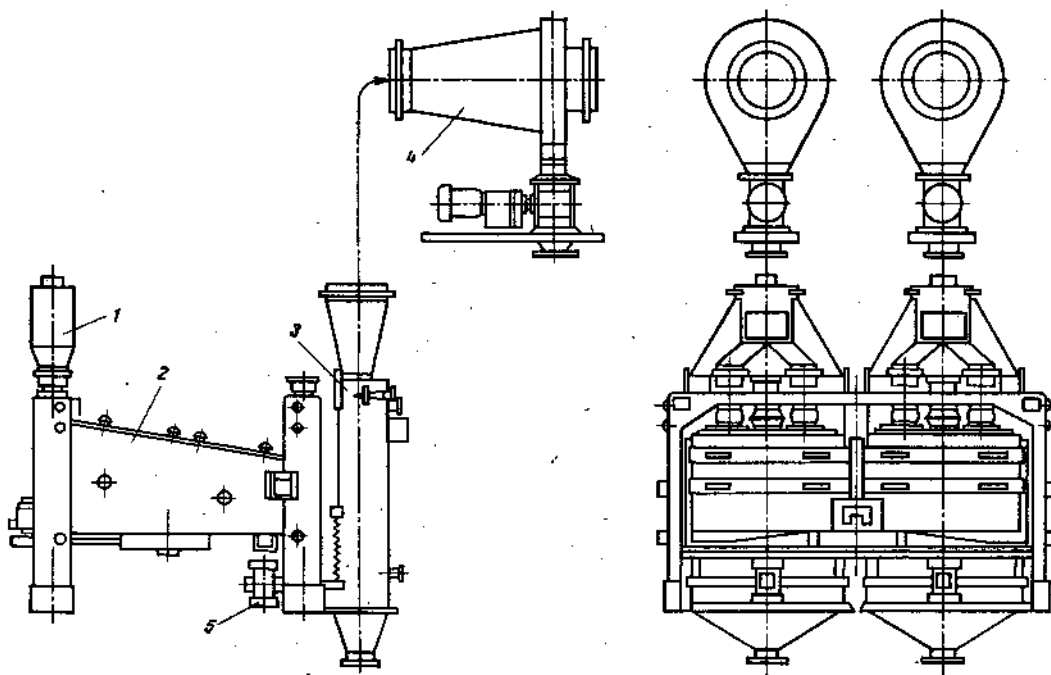
Зерноочистительные сепараторы типа А1-БЛС предназначены для очистки зерна от примесей, отличающихся от него шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами. На элеваторах применяют сепараторы А1-БЛС-100 и А1-БЛС-150.

Сепаратор состоит из двух распределителей потока зерна (рисунок 4.4), двух пневмосепарирующих каналов 3, двух горизонтальных циклонов 4 и ситового корпуса 2. Все узлы смонтированы на станине, выполненной из стального гнутого профиля. К ней на гибких подвесках подвешен ситовой корпус, который состоит из двух параллельно работающих секций. В каждой секции в два яруса установлены сита - сортировочные и подсевные. Сита от застрявших частиц очищаются резиновыми шариками Ш 35 мм. Сортировочные сита имеют круглые отверстия Ш 8 мм, а подсевные - треугольные с размерами сторон 3,5 мм.



1 - промежуточная фракция зерна; 2, 3 – очищенное зерно; 4,5 – мелкая фракция зерна; 6 – подсев; 7 – крупный сор; 8,9 – легкие примеси.

Рисунок 4.3 – Технологическая схема сепаратора А1-БРС



1 - распределитель; 2 – ситовой корпус; 3 – пневмосепарирующий канал  
4 – горизонтальный циклон; 5 – вибратор.

Рисунок 4.4 – Сепаратор А1-БЛС-100

Привод сепаратора состоит из электродвигателя, установленного на станине ситового кузова, шкива с дисбалансным грузом и клиноременной передачи, которая передает вращение от электродвигателя шкиву, при этом неуравновешенные грузы при вращении шкива создают дисбаланс и сообщают ситовому корпусу круговое поступательное движение.

Распределитель потока зерна состоит из корпуса, впускного и двух выпускных патрубков. Внутри корпуса установлены перегородка и грузовой клапан, предназначенные для уменьшения скорости зерна и равномерного его распределения по двум выпускным патрубкам.

Пневмосепарирующие каналы предназначены для очистки зерна от легких примесей. Они состоят из вибрационных питателей и подвижных стенок, положение которых можно регулировать штурвалами, при этом изменяется скорость воздушного потока в канале и можно добиваться

наибольшего отделения легких примесей. Для наблюдения за работой пневмосепарирующих каналов вверху его установлен светильник и сделаны смотровые окна.

Перед входом в пневмосепарирующий канал установлен вибрлоток с вибратором 5. Этот вибрлоток способствует более равномерному распределению зерна по всей ширине пневмосепарирующего канала, его разрыхлению и предотвращению подсоса воздуха в канал.

Горизонтальный циклон предназначен для предварительной очистки отработавшего воздушного потока от выделенных легких примесей. Циклон состоит из конического корпуса с рассекателем внутри, отражателя, сборника отходов, шлюзового затвора, выпускного патрубка, муфты и мотор-редуктора.

Зерно в сепараторе очищают следующим образом. Оно поступает в распределитель, где разделяется на четыре потока, далее зерно с помощью приемных патрубков разделяется на четыре потока, далее зерно с помощью приемных патрубков направляется на днища, где оно с помощью клапанов распределяется равномерно по всей ширине сортировочных сит. Сход с них (крупные примеси) выводятся из машины по лотку, а проход (зерно, мелкие и легкие примеси) поступает на подсевные сита, где сходом идет очищенное зерно, а проходом – мелкие примеси, которые по днищу кузова поступают в лоток и выводятся из машины. Очищенное зерно из пневмосепарирующего канала через патрубок поступает на дальнейшую обработку.

Очищенное на ситах от крупных и мелких примесей зерно идет в приемную коробку пневмосепарирующего канала, распределяется вибрлотком и поступает в пневмосепарирующий канал, где продувается восходящим потоком воздуха. Здесь отделяются легкие примеси, которые уносятся в горизонтальный циклон, где осаждаются, и через шлюзовой затвор удаляются.

Таблица 4.1 – Техническая характеристика сепараторов типа А1-БЛС

Показатели	А1-БЛС-100	А1-БЛС-150
Производительность, т/ч	100	150
Эффективность очистки от примесей, %:		
крупных	60...70	60...70
мелких	20...40	20...40
Частота круговых колебаний ситового кузова в минуту	375	340
Радиус круговых колебаний ситового кузова, мм	11	11
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	8500	12600
Установленная мощность, кВт	1,78	1,82
Габариты, мм:		
длина	2590	2630
ширина	2510	3590
высота	2150	2260
Масса, кг	1820	2140

### Сепаратор А1-БСФ-50

Сепаратор А1-БСФ-50 предназначен для разделения предварительно очищенного зерна на две фракции (крупную и мелкую) и очистки мелкой фракции зерна от мелких примесей.

Сепаратор представляет собой машину пакетного типа разборной конструкции. Он состоит из четырех секций (по десять ситовых рам в каждой). Две пакетные рамы 7 (рисунок 4.5) присоединены болтами к центральной раме 14 и вместе с ней образуют несущую конструкцию.

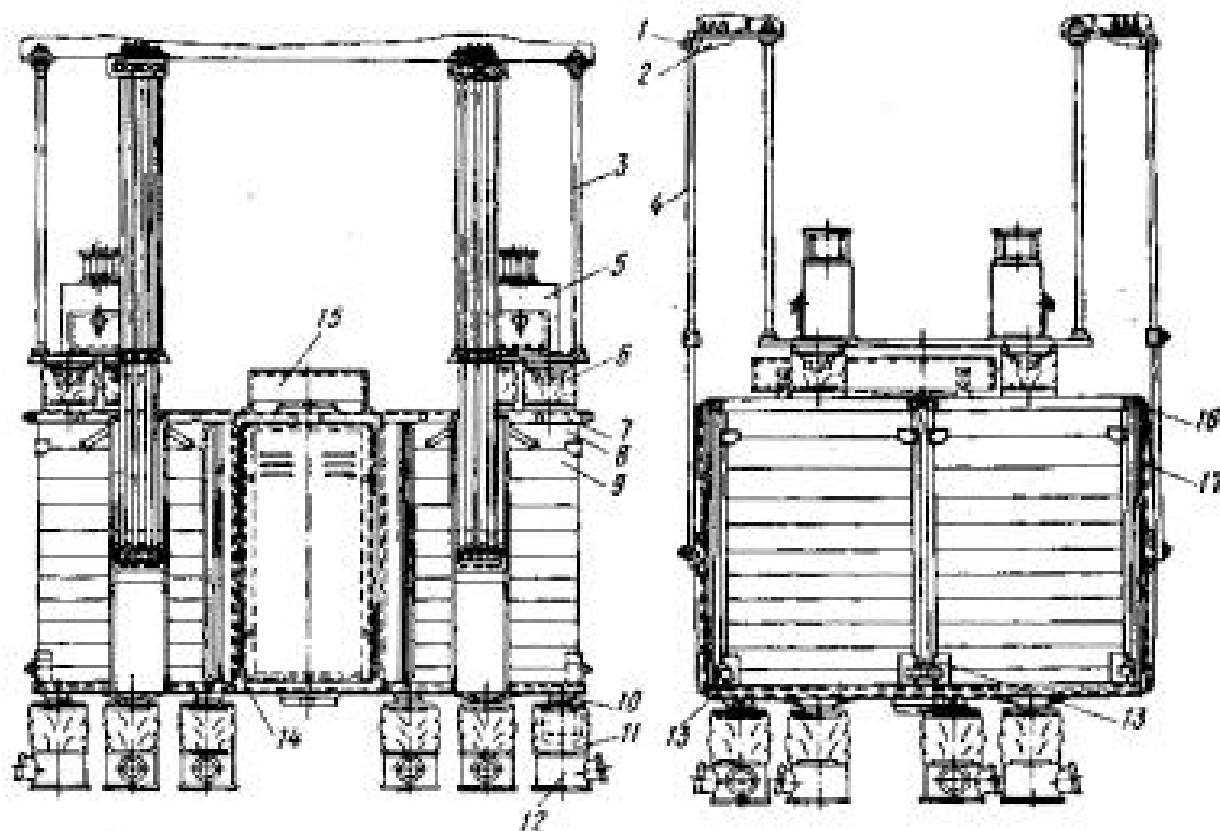
Ситовой кузов подвешен на упругих подвесках к потолочной раме. На штангах 3, соединенных с потолочной рамой, смонтированы два приемных устройства 5 с коробами 8 для равномерного распределения зерна на два потока. Приемные устройства соединены с коробами 8 матерчатыми рукавами 6. Корпус сепаратора приводится в круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости от привода с балансирным механизмом 15.

Пакетная рама 7 представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из двух частей, в которые вложено по два пакета ситовых рам 9. Пакеты двумя устройствами 13 прижимаются к внутренней стенке рамы в горизонтальной плоскости. Верхний пояс пакетной рамы и днище соединены вертикальными балками 17, к которым крепят упругие подвески.

Ситовая рама состоит из двух частей: основной и вкладной. Основная квадратная рама изготовлена из дерева, имеет поддон и перепускные каналы. В верхней части вкладной деревянной рамы установлено рабочее металлоштампованное сито, а в нижней - металлотканая сетка с отверстиями размером 10x10 мм. Между ситом и сеткой находятся шесть инерционных пластинчатых очистителей трехгранной формы.

Все рамы зажимаются в пакет винтовым устройством 16 в вертикальной плоскости. При вращении винта с левой и правой нарезкой установленные на нем ползунки перемещаются в противоположных направлениях. Ползунки имеют кулачки, выступы которых находятся в наклонных пазах приемной коробки. Перемещаясь по винту, кулачки с выступами соответственно сжимают или разжимают пакеты рам в вертикальной плоскости в зависимости от направления вращения винта. Винтовые зажимные устройства монтируют внутри балок верхнего пояса пакетной рамы 7.

Положение рам в горизонтальной плоскости фиксируют уголком, установленным на неподвижном основании, прикрепленном болтами к днищу пакетной рамы. Уголок перемещается в горизонтальной плоскости и фиксируется винтом. Центральная рама имеет верхнюю и нижнюю обвязки, а с торцов закрыта съемными дверцами. Внутри ее установлены балансирный механизм и приводное устройство. Балансирный механизм 15 состоит из верхнего и нижнего подшипниковых узлов, чугунного балансира с залитым в него свинцом и съемных регулировочных свинцовых грузов, фиксирующихся шпильками.



1- накладка; 2 - кронштейн; 3 - штанга; 4 - подвеска; 5 - приемное устройство; 6, 11 - рукава; 7 - рама пакетная; 8 - короб; 9 - рама ситовая; 10 - патрубок выпускной; 12 - патрубок напольный; 13 - зажимные устройства; 14 - центральная рама; 15 - балансирующий механизм; 16 - зажимное устройство; 17 - вертикальная балка.

Рисунок 4.5 - Сепаратор А1-БСФ-50



Подшипниковые узлы состоят из роликоподшипников, корпусов, цапф, крышек и втулок. Верхний подшипниковый узел имеет подкладное кольцо.

Приводное устройство включает электродвигатель фланцевого типа, ведущий и ведомый шкивы, связанные клиноременной передачей. Ведомый шкив смонтирован на цапфе верхнего подшипникового узла.

Сепаратор работает следующим образом. Исходное зерно поступает в каждую из четырех секций на два параллельных приемных сита с продолговатыми отверстиями размером 2,0x25 мм и последовательно двумя потоками три раза просеивается на ситах с продолговатыми отверстиями размером 2,25x25 мм. Сход с последней группы этих сит представляет собой крупную фракцию зерна, а проход очищается от мелких примесей на нижних ситах с отверстиями Ш 2 мм. Проход через эти сита - мелкие примеси, а сход - фракция мелкого зерна.

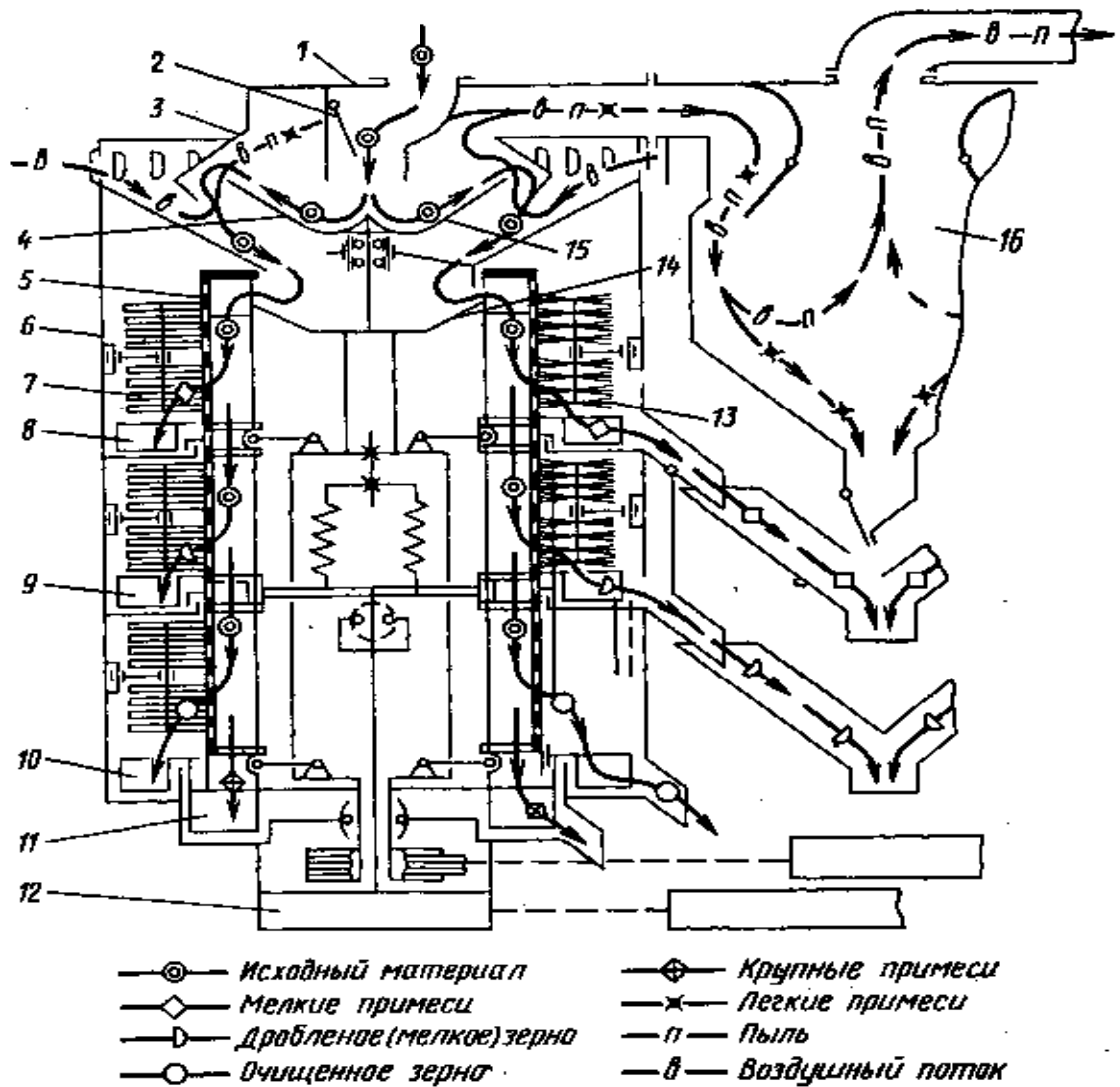
Производительность А1-БСФ-50 50 т/ч; эффективность выделения мелкой фракции зерна 30...40 %; частота круговых колебаний ситового кузова в минуту 260; радиус круговых колебаний ситового кузова 31 мм; общая просеивающая поверхность 19,8 м<sup>2</sup>; мощность электродвигателя 5,5 кВт.

### **Сепаратор А1-БЦС-100**

Сепаратор А1-БЦС-100 предназначен для очистки зерна от примесей, отличающихся от него шириной, толщиной и аэродинамическими свойствами.

Сепаратор виброцентробежного действия, имеет четыре воздушно-ситовых очистительных блока, раму и загрузочное устройство. Каждый блок (рисунок 4.6) состоит из корпуса 6, кольцевого пневмосепарирующего канала 3, вращающегося ротора с ситовым барабаном 5, трех отдельных цилиндрических сит — верхнее подсеивное, среднее подсеивное и нижнее сортировочное. Ситовой барабан соединен с ротором с помощью стальных подвесок и цилиндрических пружин. Четыре розетки ситового барабана соединены тремя стяжками.

Электропривод для вращения ротора, как и электропривод для вертикальных колебаний ротора, один на два блока. Два ситовых барабана вращаются от электродвигателя через клиноременную передачу, а вертикальные колебания сообщаются им шатуном, соединенным с эксцентриковым валом.



1 - дозатор; 2 - клапан; 3 - пневмосепарирующий канал; 4 - дисковый питатель; 5 - ситовый барабан; 6 - корпус; 7 - резиновый очиститель; 8, 9, 10, 11 - лопатки; 12 - вибратор; 13 - щеточный очиститель; 14, 15 - разбрасыватели; 16 - осадочная камера.

Рисунок 4.6 - Схема блока сепаратора А1-БЦС-100

Снаружи розеток каждого сита закреплены скребки, предназначенные для вывода по кольцевому каналу выделенных примесей и очищенного зерна. Для очистки сит установлены очистители 7 и 13, они прижимаются к вращающимся ситам пружинами и обеспечивают грубую и окончательную очистку сит. При работе сепаратора ротору с разбрасывателями сообщается вращательное движение, а ситовому барабану - вращательное и колебательное (по вертикали) движения.

Зерно очищается следующим образом. Неочищенное зерно поступает в приемный патрубок с дозатором 1, которым регулируют подачу зерна. Из него оно попадает на разбрасыватель 15, который равномерно передает зерно в кольцевой пневмосепарирующий канал, где воздухом отделяются легкие примеси и осаждаются в осадочной камере 16.

Далее зерно самотеком поступает на вращающийся разбрасыватель 14, который отбрасывает его на верхнее подсевное сито внутри ситового барабана. Так как барабан имеет вращательное и колебательное движения, зерно и примеси равномерным слоем опускаются по цилиндрическим ситам сверху вниз. При этом на верхнем и среднем подсевных ситах отделяются проходом мелкие примеси, а сходом с нижнего сортировочного сита идут крупные примеси, проходом – очищенное зерно. Выделенные примеси, и зерно удаляются из блока лопатками 8, 9, 10, 11. Запыленный воздух по воздухопроводу подается в циклон, где очищается от пыли и выбрасывается наружу.

Производительность А1-БЦС-100 100 т/ч; число: ситовых барабанов 4, подсевных сит 8, сортировочных 4, электродвигателей 6; общая площадь подсевных сит 7,5 м<sup>2</sup>; расход воздуха 14 000 м<sup>3</sup>/ч; угловая скорость вращения ротора 12 рад/с; амплитуда колебаний сит 8 мм; мощность электродвигателей 9 кВт.

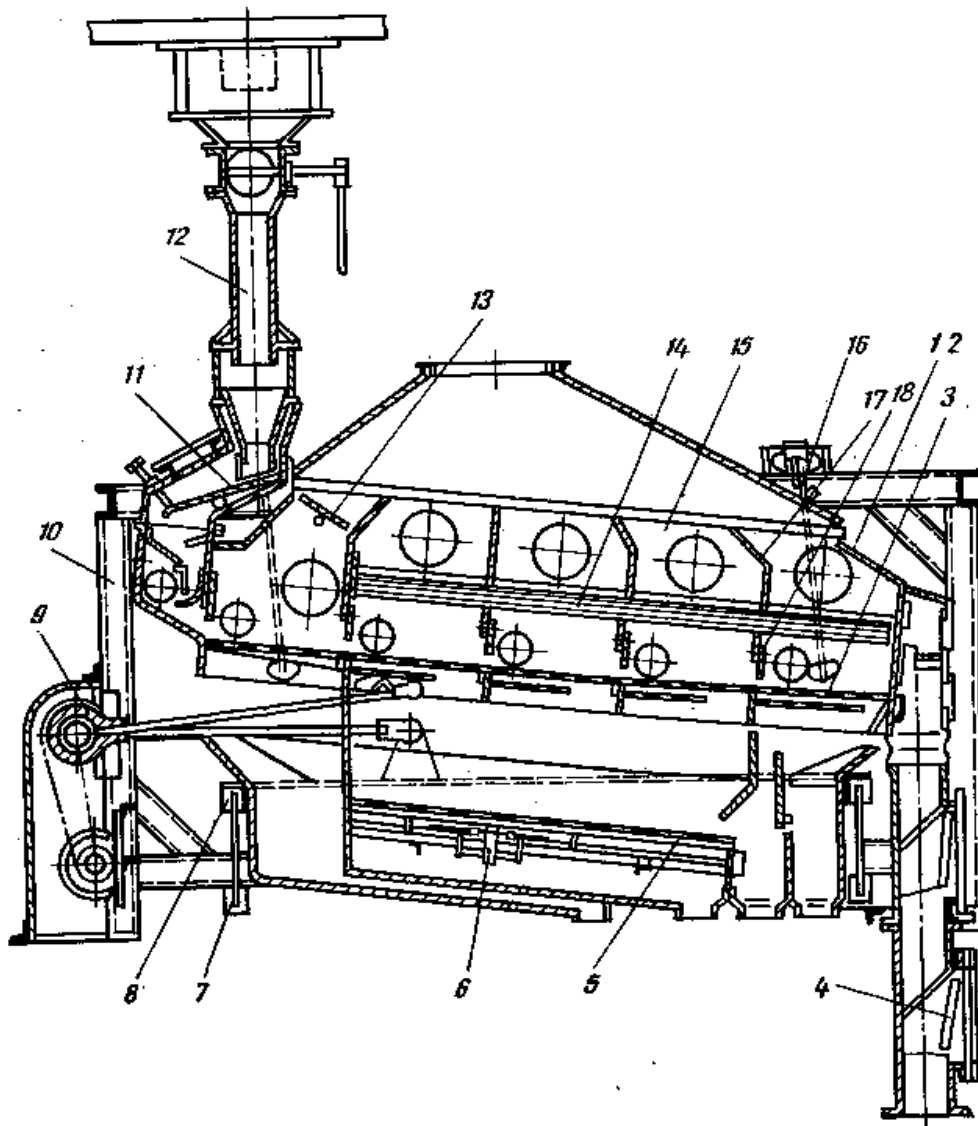
## **Зерноситовеечная машина А1-БЗГ**

Машина А1-БЗГ предназначена для очистки семян зерновых культур от трудноотделимой примеси (спорыньи, твердой головни, дикой редьки и др.). Зерно очищают после сепарирования и сушки.

В каждом ситовом кузове установлено по пять ситовых рам 3 (рисунок 4.7), которые расположены в один ряд с наклоном к горизонтальной плоскости. К рамам сверху прикреплены штампованные сита с круглыми отверстиями, диаметр которых выбирают в зависимости от очищаемого зерна. Под рамами расположены поддоны с отверстиями 0,6 мм, которые служат для равномерного распределения потока воздуха по всей площади сита. Над ситовыми рамами установлены желобковые рамы 14, которые служат для сбора и вывода наиболее тяжелых примесей.

В каждом кузове сделаны по четыре поперечные перегородки 17 с шиберами 18, которые придают кузову жесткость и направляют воздух в аспирационный сборник 15. Над первой рамой установлен повторный клапан 13, которым регулируют воздушный режим. Кузова подвешены к станине на плоских пружинах 16, при помощи которых можно регулировать наклон кузова по длине ( $\pm 0,5^{\circ}$ ). Наклон пружин относительно вертикали  $6^{\circ}$ .

Для сбора и вывода из машин полученных проходом фракций продукта установлен кузов-сборник 8, состоящий из двух жестко соединенных частей. Ситовые кузова и кузов-сборник приводятся в возвратно-поступательное движение эксцентриковым колебателем 9, который получает вращение от индивидуального электродвигателя, установленного на станине.



1, 2 - правый и левый ситовые кузова; 3 – ситовая рама; 4 – эластичный клапан; 5 – ситовая рама кузова-сборника; 6 – инерционный механизм для очистки сит; 7 – пружинная стойка; 8 – кузов сборник; 9 – эксцентриковый колебатель; 10 – станина; 11 – вибрлотковый питатель; 12 – приемное устройство; 13 – клапан; 14 – желобковая рама; 15 – аспирационный сборник; 16 – плоская пружина; 17 – перегородка; 18 – шибер.

Рисунок 4.7 – Зерноситовеечная машина А1-БЗГ

Зерно поступает в машину через приемное устройство 12, в котором установлен вибрлотковый питатель 11, обеспечивающий необходимую герметичность и равномерность подачи зерна на сита. На выходе фракций, получаемых сходом с сит, установлены противоположные эластичные клапана 4, обеспечивающие нормальную работу сит и воздушного потока.

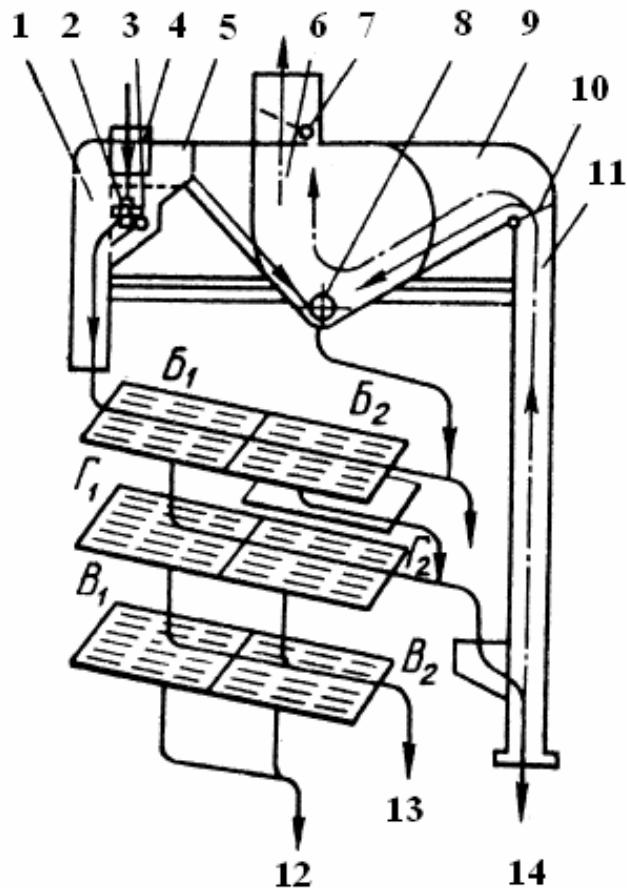
Машина укомплектована двумя вентиляционно-очистительными установками, каждая из которых состоит из батареи циклонов 4БЦШ-450 и вентилятора Ц9-57 №5.

Производительность А1-БЗГ 10 т/ч; частота колебаний кузовов в минуту 490...500; амплитуда колебаний 6 мм; угол наклона сит верхнего кузова, градус: 1 секция – 8; 2 секция – 7; 3 секция – 5; 4 секция – 4; 5 секция – 3,5; угол наклона кузова-сборника  $8^0$ ; расход воздуха 12 000 м<sup>3</sup>/ч; мощность электродвигателей 14,3 кВт; габариты, мм: длина 3260, ширина 1645, высота 2850; масса 1560 кг.

### **Семяочистительная машина СВУ-5К**

Машина СВУ-5К предназначена для очистки и сортирования семян зерновых, бобовых, масличных культур от легких, мелких и крупных примесей, прошедших первичную обработку.

Семяочистительная машина СВУ-5К состоит из следующих основных узлов: приемного устройства, воздушно-очистительного устройства и двух ситовых кузовов – верхнего и нижнего. Кузова подвешены к станине на пружинных. В верхнем кузове установлено четыре сита: Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, Г<sub>1</sub> и Г<sub>2</sub>, в нижнем – два сита В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> (рисунок 4.8). Сита очищаются щетками. Кузовам сообщается возвратно-поступательное движение.



1, 11 - воздушные каналы; 2 — питающий валик; 3 — лоток; 4 - приемный патрубков; 5 - приемная камера; 6 - вентилятор; 7 - заслонка; 8 — шнек; 9 - осадочная камера; 10 — клапан; 11 - примеси; 12 - мелкие примеси; 13 - мелкие семена; 14 — крупные семена.

Рисунок 4.8 - Технологическая схема семяочистительной машины СВУ-5К

Исходно зерно поступает в приемную камеру 5, откуда питающим валиком 2 равномерно подается в первый аспирационный канал 1, где воздухом отделяются легкие примеси, которые поступают в осадочную камеру 9 и шнеком 5 выводятся из машины. Отработавший воздух и пыль вентилятором среднего давления 6 подаются в аспирационную сеть. Для регулирования воздушного потока предусмотрена заслонка 7.

После очистки воздухом семена из первого аспирационного канала поступают на ситовые кузова. Сначала они попадают на сито  $B_1$ , проходом через него идут мелкие семена и мелкие примеси, а сходом - крупные семена и крупные примеси, они поступают на сито  $B_2$ , проход которого - чистые семена, а сход - крупные примеси.

Проход через сито  $B_1$  (мелкие семена и мелкие примеси) поступает на сита  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ . Сход с этих сит (чистые семена) соединяется с проходом сита  $B_2$ , идущим со скатной доски, расположенной под ситом  $B_2$ . Он поступает во второй аспирационный канал, где из семян выделяется оставшаяся легкая примесь, которая осаждается в осадочной камере 9, а очищенные семена выводятся из машины. Для регулирования воздушного потока в верхней части установлен клапан 10. Проход сит  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  поступает на подсевные сита  $B_1$  и  $B_2$ , где сходом идут мелкие семена, а проходом - мелкие примеси - подсев.

Производительность СВУ-5К т/ч; мощность электродвигателей 5,5 кВт; частота колебаний кузова в минуту 360 ... 500; амплитуда колебаний 7,5 мм; угол наклона сит  $5^\circ$ .

### **Настройка сепараторов и качественная оценка их работы**

Перед началом очистки партии зерна производственно-технологическая лаборатория определяет качество зерна для выявления его состава, в том числе сорной и зерновой примесей. Подбирают соответствующий набор лабораторных сит, обеспечивающих требуемую очистку партии зерна. Наряду с этим определяют также натуру и влажность зерна, (таблица 4.2).

После этого укомплектовывают зерноочистительные машины соответствующими ситами, проверяют на холостом ходу работу всех механизмов машин, обращая особое внимание на работу механизма очистки сит, а также на соответствие частоты вращения приводных валов паспортным данным.



Таблица 4.2 – Параметры определения натуре и влажности зерна

Культура	Влажность, %														
	до 16			16...17			17...20			20...22			22...25		
	Содержание отделимой примеси														
	До 10	15	20	До 10	15	20	До 10	15	20	До 10	15	20	До 10	15	20
Пшеница	1,0	0,9	0,8	0,95	0,85	0,76	0,8	0,72	0,64	0,7	0,63	0,56	0,55	0,5	0,42
Рожь	0,9	0,8	0,72	0,85	0,76	0,68	0,72	0,65	0,58	0,63	0,57	0,5	0,5	0,45	0,4
Ячмень	0,8	0,72	0,64	0,76	0,68	0,61	0,64	0,58	0,51	0,56	0,5	0,48	0,44	0,44	0,35
Гречиха	0,7	0,63	0,56	0,66	0,59	0,53	0,56	0,5	0,45	0,49	0,44	0,39	0,38	0,34	0,3
Рис	0,2	0,18	0,16	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,15	0,13	0,11	0,12	0,11	0,10

Затем проверяют работу машины под нагрузкой с целью настройки равномерной подачи зерна по времени и по всей ширине рабочих органов, а также устанавливают скорость воздушного потока в пневмосепарирующих каналах для наибольшего удаления легких примесей. По результатам пробной очистки устанавливают окончательный режим работы зерноочистительных машин.

Для выявления технологической эффективности работы машин при данном режиме снимают количественно-качественный баланс фракций зерна, выходящих из машины. По полученным данным можно определить фактическую производительность машины и эффективность ее работы. В зависимости от влажности и содержания примесей в продовольственном зерне производительность (т/ч) воздушно-ситовых машин определяют по формуле:

$$Q = Q_{п} K \cdot 0,6, \quad (4.1)$$

где  $Q_{п}$  - паспортная производительность машины, т/ч;

$K$  - поправочный коэффициент, зависящий от культуры, влажности и содержания отделимой примеси (таблица 4.2);

0,6 - отношение фактической производительности к паспортной при очистке продовольственного зерна.

При эксплуатации зерноочистительных машин нужно получить необходимую эффективность очистки зерна. Ее показателем служит отношение количества отделимых примесей, содержащихся в отходах, к количеству отделимых примесей, содержащихся в исходной смеси (в зерне до очистки), выраженное в процентах

$$E = \frac{A - B}{A} \cdot 100, \quad (4.3)$$

где  $A$  — содержание отделимых примесей в зерне до очистки, кг;

$B$  — содержание отделимых примесей в зерне после очистки, кг.

Количество отделимых примесей, отличающихся шириной и толщиной, определяют на лабораторном рассеве ЛР-3. В таблице (4.3) приведены данные для подбора сит в зависимости от культуры очищаемого зерна (размеры отверстий сит в мм).

Таблица 4.3 - Подбор сит в зависимости от культуры очищаемого зерна

Культура	Приемное сито, мм	Сортировочное сито, мм			Разгрузочное сито, мм			Подсевное сито, мм
		1-я рама	2-я рама	3-я рама	1-я рама	2-я рама	3-я рама	
Пшеница	18*	8,0	7,0	6,5	5	6	6	1,7x20**
Рожь	18	8,0	6,5	6,0	5	6	6	1,5x20
Ячмень	18	10,0	9,0	8,0	6	7	7	2,0x20
Овес	18	10,0	10,0	9,0	6	7	7	1,8x20
Просо	18	6,5	5,4	5,4	4	5	5	1,4x20
Кукуруза	18	12,0	10,0	8,0	6	7	7	3
Семена подсолнечника	18	12,0	8,0	6,0	6	7	7	3
* Сита с круглыми отверстиями. ** Сита с прямоугольными отверстиями								

К работе на зерноочистительных машинах допускаются лица, знакомые с их устройством и прошедшие инструктаж по технике безопасности. Перед пуском машины необходимо проверить правильность установки ситовых кузовов, натяжение пружин, клиновой и плоскоременной передач. Электродвигатели включают в следующем порядке. Сначала пускают электродвигатель привода шнека, механизма очистки сит, затем электродвигатель вентилятора и электродвигатель привода ситовых кузовов. При пуске электродвигателей проверяют направление вращения шнека (оно должно соответствовать стрелке, нанесенной на корпусе) и вентилятора, нет ли вибрации редукторов, биения валов и цепей, а также пробуксовки ремней.

После включения всех механизмов постепенно увеличивают подачу зерна и регулируют равномерное распределение зерновой массы по всей ширине сита. Воздушный режим регулируют так, чтобы была достигнута наилучшая эффективность очистки зерна от легких примесей при минимальном содержании нормального зерна в отходах (не более 2 % от их массы).

Во время эксплуатации следят за работой всех механизмов, равномерным распределением зерна по ширине сита, выходом зерна и отсосов из машины и т. д. Во время остановок проверяют и затягивают резьбовые соединения, очищают от пыли и грязи сита и шнеки, смазывают подшипниковые узлы и вращающиеся детали.

В процессе работы эффективность очистки регулируют, изменяя величину поступающего потока зерна. При правильно выбранном сортировочном сите все зерно должно пройти проходом на  $\frac{2}{3}$ , но не более  $\frac{3}{4}$  длины сита. На остальной части сита зерна не должно быть, а только крупные примеси. Толщина слоя зерна в начале сита должна быть от 35 до 50 мм. Необходимо также обеспечить бесперебойную и равномерную загрузку сепаратора и непрерывную уборку очищенного зерна и отходов.

Для того чтобы аспирационное устройство работало с наибольшей эффективностью, следует проверить работу каждой осадочной камеры.

Открывая клапан, прибавляют скорость воздуха, пока в отходы не будет попадать зерно. После этого клапан несколько прикрывают.

За работой всех элементов механизма для очистки сит необходимо регулярно наблюдать. Резиновые пластины механизма должны быть плотно прижаты к ситам. Крупный сор с сит удаляют ручными щетками. Через 60...80 ч работы сепаратор останавливают, вынимают сита, проверяют их состояние и очищают от застрявших зерен и примесей. Подсосы воздуха через неплотности в аспирационном устройстве снижают эффективность работы сепаратора. Поэтому нужно следить за исправностью осадочных камер и каналов, своевременно устранять неплотности и щели.

При переходе на обработку другой культуры тщательно очищают машину и заменяют сита. Периодически, не реже одного раза в год, разбирают машину, осматривают все механизмы, заменяют в подшипниках смазку, проверяют и закрепляют болтовые соединения и делают полную ревизию всех узлов.

При обслуживании зерноочистительных машин должны выполняться действующие правила и инструкции по технике безопасности. Персонал должен следить за исправностью оборудования, ограждений, решеток и других предохранительных приспособлений. Запрещается работать на неисправных машинах и проводить ремонтные работы и смазку движущихся частей на ходу машины. Запрещается также надевать и снимать ремни на ходу. Проходы между машинами должны быть свободными, а все рабочие места - освещены дневным или электрическим светом. Электродвигатели, пусковая аппаратура и металлические станины заземляют.

## **5 Машины для разделения зерновой смеси по длине её составляющих (триеры)**

5.1 Назначение триеров и принцип их действия

5.2 Классификация и область применения триеров

5.3 Обоснование основных параметров и режимов работы триеров

5.3.1 Углы скольжения и выпадения, составляющих зерновой смеси

5.3.2 Частота вращения рабочих органов (цилиндров и дисков)

5.4 Конструктивные решения и основные направления совершенствования триеров на ближайшую перспективу

5.5 Технологический расчет триеров.

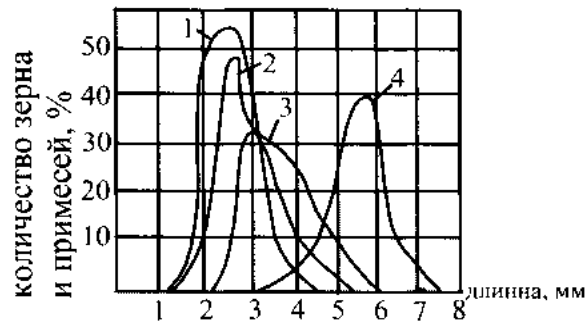
### **5.1 Назначение триеров и принцип их действия**

Триеры применяют для выделения из зерновой смеси примесей, отличающихся от зерна основной культуры длиной, и используют их на следующих подразделениях зерноперерабатывающего производства:

- на токах и зернохранилищах хозяйств;
- на площадках и хранилищах ХПП;
- на элеваторах;
- на мукомольных заводах;
- на семяобработывающих заводах.

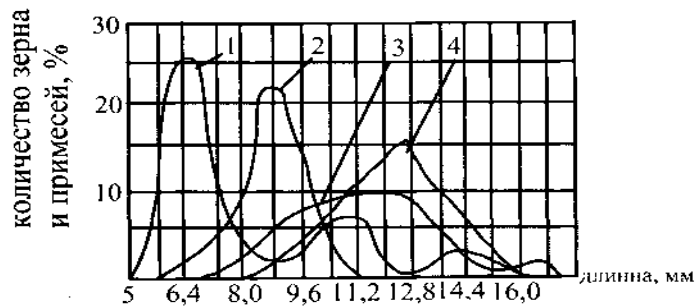
Принцип действия триеров основан на значительном отличии значений длины примесей и зерна основной культуры (рисунок 5.1 а, б).

а



1 - куколь; 2 - вьюнок; 3 - битая пшеница; 4 – пшеница.

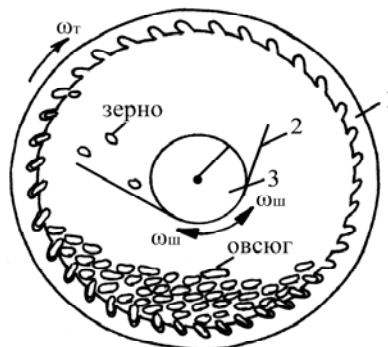
б



1 - пшеница; 2 - ячмень; 3 - овес; 4 - овсюг.

Рисунок 5.1 - Распределение значений длины пшеницы и примесей: а) пшеницы и коротких примесей; б) пшеницы и длинных примесей

Из рисунка (5.1 а) и (5.1 б), как короткие, так и длинные примеси отличаются по длине от зерен пшеницы.



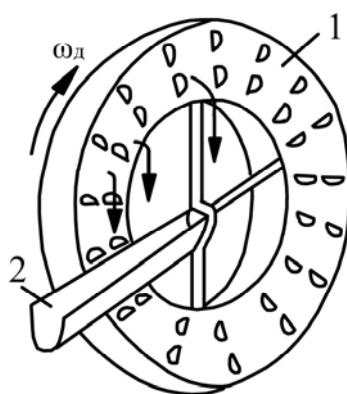
1- ячеистый триерный цилиндр; 2 - желоб для зерна; 3 - шнек для вывода зерна за пределы цилиндра.

Рисунок 5.2 - Схема технологического процесса работы цилиндрического (овсюжного) триера

Рабочий орган триера состоит из цилиндра, на внутренней поверхности которого выштампованы ячейки для залегания туда или примеси (если примесь короче зерна) или зерна (если зерно короче примеси). Примесь в виде куколя короче зерна, она залегает в ячейку и поднимается вверх при вращении цилиндра (рисунок 5.2). Технологический процесс работы триера: зерновая смесь подается во внутрь цилиндра (с конца его или по всей длине распределяется). Короткие частицы (в овсюжном цилиндре - пшеница, в кукольном - куколь) залегают в ячейки, а длинные в них не помещаются. При вращении цилиндра частицы, попавшие в ячейку, поднимаются выше и выпадают в желоб, расположенный вдоль оси цилиндра. В желобе расположен шнек, который выводит зерно (или примесь) за пределы цилиндра.

По этому же принципу работают и дисковые триеры (рисунок 5.3). Диск, вращаясь, нижней частью проходит через массу зерновой смеси, "вычерпывая" из нее ячейками мелкие примеси (куколь в случае кукольного триера, пшеницу - в случае овсюжного триера). В верхней части диска частицы выпадают из ячеек и попадают в желобок.

У куколеотборника ячейки 5х5 и глубина 2,5 мм.



1- ячеистый диск; 2- желобок.

Рисунок 5.3 - Схема технологического процесса работы дискового триера

## 5.2 Классификация и область применения триеров

Этот вопрос хорошо представлен в виде схемы (рисунок 5.4)

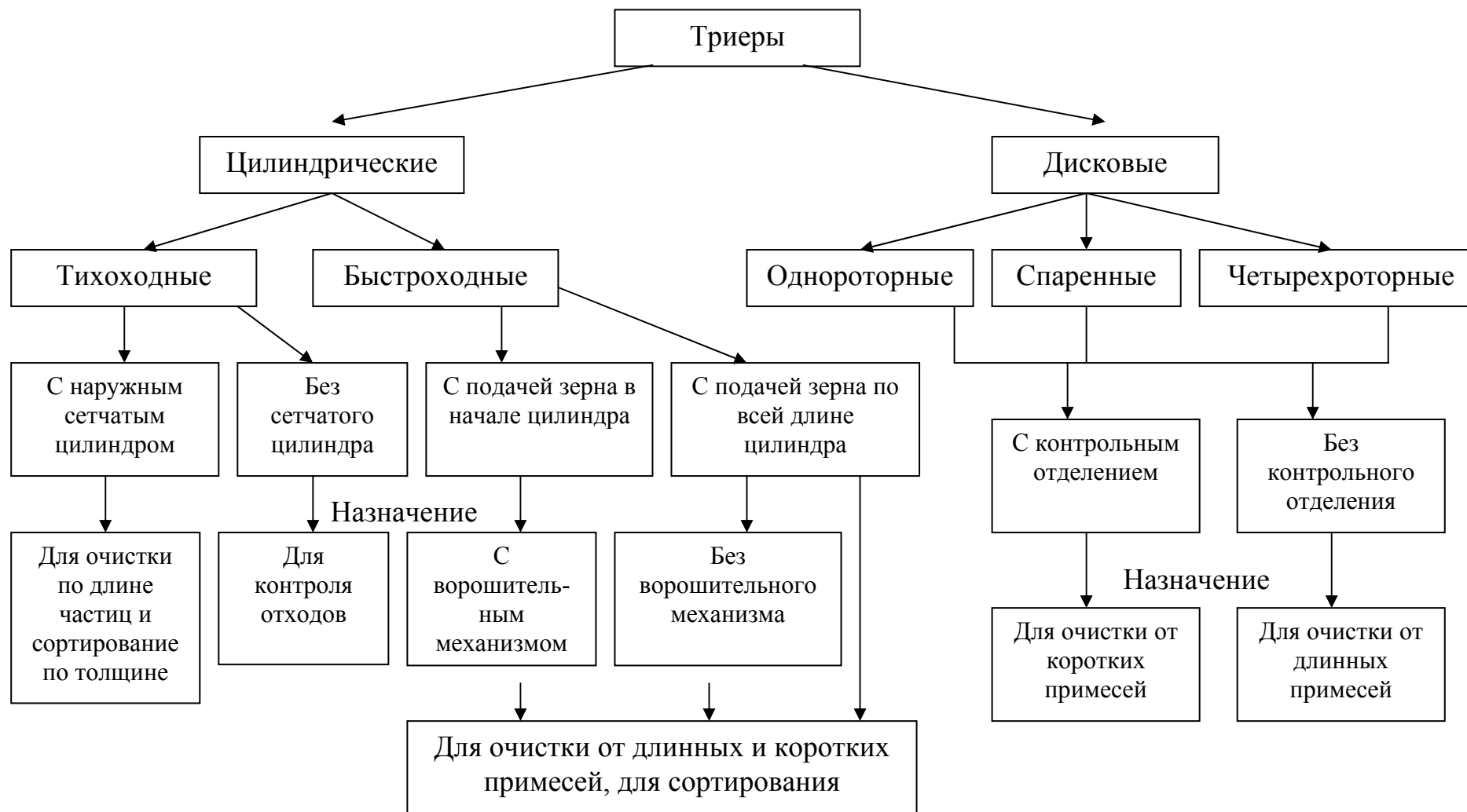


Рисунок 5.4 - Классификация и область применения триеров



## 5.3 Обоснование основных параметров и режима работы триера

### 5.3.1 Углы (зоны) скольжения и выпадения зерновок (частиц)

Равновесие зерновки в условиях цилиндра можно записать в виде уравнений (проекция сил на оси X и Y) (рисунок 5.5):

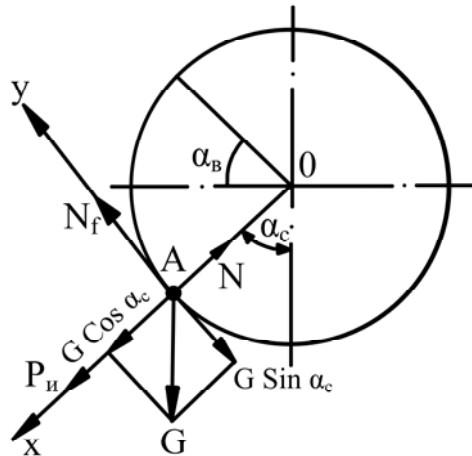


Рисунок 5.5 - К определению углов (зон) подъема и выпадения из ячеек зерна

$$\begin{cases} \text{на OX} & P_u - N + G \cos \alpha_c = 0, \\ \text{на OY} & N_f - G \sin \alpha_c = 0, \end{cases} \quad (5.1)$$

$$\quad \quad \quad (5.2)$$

$$\text{Из (5.2) } N = \frac{G \sin \alpha_c}{f} = G \frac{\sin \alpha_c}{\operatorname{tg} \varphi} = G \frac{\sin \alpha_c \cos \varphi}{\sin \varphi}, \quad (5.3)$$

В (5.1) вместо  $N$  подставим полученное его значение:

$$P_u = G \frac{\sin \alpha_c \cos \varphi}{\sin \varphi} - G \cos \alpha_c = \frac{G \sin(\alpha_c - \varphi)}{\sin \varphi}, \quad (5.4)$$

С учетом того, что  $P_u = m \omega^2 r$  и  $G = mg$  получим:

$$m\omega^2 r = \frac{mg \sin(\alpha_c - \varphi)}{\sin \varphi} \text{ или } \frac{\omega^2 r}{g} = \frac{\sin(\alpha_c - \varphi)}{\sin \varphi} \text{ или } \sin(\alpha_c - \varphi) = \frac{\omega^2 r}{g} \sin \varphi. \quad (5.5)$$

$$\text{Из (5.5)} \quad \alpha_c = \varphi + \arcsin\left(\frac{\omega^2 r}{g} \sin \varphi\right). \quad (5.6)$$

Таким образом, все частицы зерновой смеси, не попавшие в ячейку, поднимутся на угол  $\alpha_c$ . В цилиндре  $D = 600$  мм, при  $\varphi = 50^\circ$  и скорости вращения  $v_{окр} = 1,4$  м/с ( $n \approx 54$  об/мин),  $\alpha_c = 74...78^\circ$ , в расчетах предел расширяется и  $\alpha_c = 54^\circ 10' ... 99^\circ 10'$ .

Угол  $\alpha_g$  выпадения частиц (зерна или куколя) из ячеек определяется аналогично путем составления и решения уравнения равновесия частицы, находящейся в ячее (угол  $\alpha_g$  на рисунке (5.5):

$$\alpha_g = \alpha_1 + \arcsin\left(\frac{\omega^2 r}{g} \cos \alpha_1\right), \quad (5.7)$$

где  $\varphi$  - угол трения частиц о сталь, градус;

$\omega$  - угловая скорость вращения цилиндра, градус<sup>-1</sup>;

$r$  - радиус цилиндра, м;

$\alpha_1$  - угол поворота цилиндра от начального момента (в покое частица) до ее возможного движения ( $\alpha_1 = 2...7^\circ$ ), для куколя  $\alpha_1 = 3^\circ$  (он примерно равен разнице между углом наклона стенки ячейки и углом трения  $\varphi_0$  зерна о металл), градус.

Расчет углов  $\alpha_c$  - скольжения и  $\alpha_g$  - выпадения для всех условий показал, что в овсюжном триере зоны скольжения овса и овсюга перекрещиваются с зоной выпадания пшеницы, что говорит о наличии условий,

при которых овсюжный цилиндр не способен отделить весь овсюг (овес) без потерь пшеницы в отходы (рисунок 5.6), где угол скольжения овса находится в пределах от  $\alpha_{c1}$  до  $\alpha_{c2}$  а угол выпадения пшеницы находится в пределах от  $\alpha_{в1}$  до  $\alpha_{в2}$ . Как видно из рисунке 5.6, а в пределах угла  $\Delta\alpha$  может попадать овсюг в пшеницу или пшеница в овсюг.

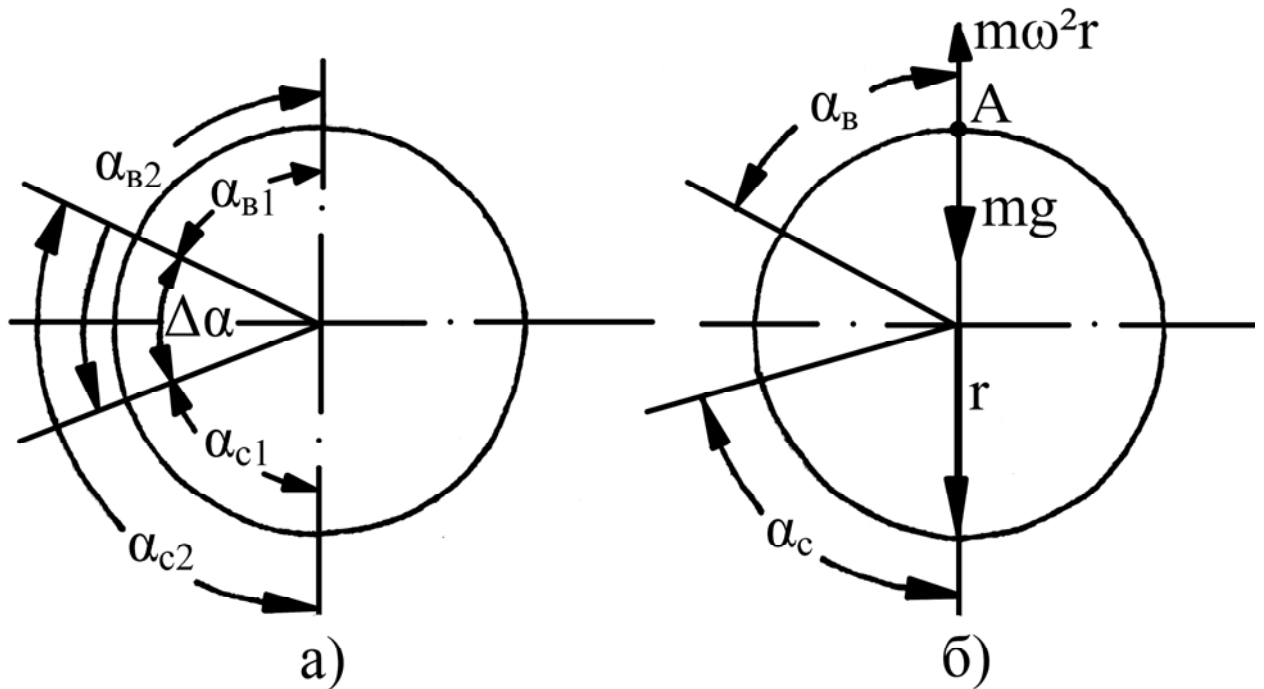


Рисунок 5.6 - Зоны скольжения и выпадения в кукольном «б» и овсюжном «а» цилиндрах

В кукольном же цилиндре (при определенной, современной форме ячеек) угол  $\alpha_c$  не перекрещивается с углом,  $\alpha_{в}$ , что свидетельствует о хорошем протекании процесса разделения смеси (выделения из смеси примесей).

Этот пример говорит о том, что при проектировании новых или регулировании существующих триеров необходимо рассчитать все значения углов  $\alpha_c$  и  $\alpha_{в}$  (при проектировании новых триеров расчет ведут на все условия, имеющие место в производстве, при эксплуатации же существующих триеров расчет ведут на конкретное условие эксплуатации).

### 5.3.2 Частота вращения рабочих органов (цилиндров и дисков) триеров

Частоту вращения, предельное ее значение, можно определить, составив уравнение состояния частицы А в верхнем ее положении (рисунок 5.6, б):

$$mg - m\omega^2 r = 0, \quad \omega^2 = \frac{mg}{mr}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{r}}, \quad (5.8)$$

где  $\omega$  - частоту вращения, рад/с.

Учитывая, что  $\omega = \frac{\pi n}{30}$ ,  $\frac{\pi n}{30} = \sqrt{\frac{g}{r}}$ ;  $n_{пред} = \frac{30}{\sqrt{r}}$ ,

$n_{max} = (0,2...0,3)n_{пред} = \frac{6}{\sqrt{r}}... \frac{9}{\sqrt{r}}$ , что соответствует  $v_{max} = 0,3...0,5$  м/с. Для триеров с  $\varnothing 600$  мм  $n_{тих} = 16...18$  об/мин,

где  $n_{тих}$  - частота вращения тихоходных вариантов триеров.

У быстроходных триеров:

$$n_{быст} = (0,7...0,9)n_{пред} = \frac{21}{\sqrt{r}}... \frac{27}{\sqrt{r}}, \quad (5.9)$$

где  $n_{пред} = 30$  об/мин, для очистки семян трав;

$n_{пред.д} = 55$  об/мин., для дисковых триеров по высшему разряду ячеек частота выбирается как для быстроходных цилиндрических;

$v_{быст} = 1,2...1,5$  м/с или - 40...45 об/мин, при  $\varnothing 600$  мм.

Для очистки семян трав  $n_{пред} = 30$  об/мин.

Для дисковых триеров по высшему разряду ячеек частота выбирается как для быстроходных цилиндрических  $n_{пред.д} = 55$  об/мин.

## **5.4 Конструктивные решения и основные направления совершенствования триеров на ближайшую перспективу**

### **5.4.1 Цилиндрические триеры**

Триерные блоки серии БТ (два кукольных, два овсюжных). Блочная схема позволяет работать по параллельной или последовательной схеме).

Триерный блок БТ-5 и БТ-5А состоит из ячеистых цилиндров (овсюжного и кукольного) с расположенными в них желобами для приема очищенного зерна (в овсюжном цилиндре) или куколя (в кукольном), в желобе расположен шнек для выгрузки материала. Так же имеется перегрузочное (из цилиндра в цилиндр) шнековое устройство. Желоб поворачиваем при регулировке, поднимая или опуская кромку его. Для интенсивного отбора примеси или зерна задний торец цилиндра имеет отбортовку высотой  $\approx 50$  мм (диафрагма).

Машины типа МБТС (машина быстроходная триерная семяочистительная), например, МБТС-5.

Для увеличения производительности в кукольном цилиндре в нижней части параллельно с центральным кукольным желобом установлен желоб для сбора пшеницы. Регулировкой положения кромок обоих желобов достигается тщательное разделение примесей.

Для улучшения распределения зерновой смеси в питающем шнеке триера БТС имеются клапаны с грузами. В нижней части цилиндра установлена гребенка с плужками для интенсификации перемещения овсюга по нижней части цилиндра.

Стационарные триерные блоки ЗАВ-10.90.000 и ЗАВ-10.90.000А содержат стандартные триерные цилиндры, два из которых овсюжных, а два кукольных, составлены в блоки из четырех цилиндров.

Технологический процесс осуществляется по параллельной или последовательно схеме.

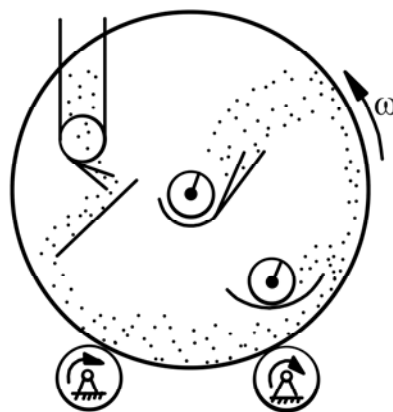


Рисунок 5.7 - Триер типа МБТС

ЗАВ-10.90.000 и ЗАВ-10.90.000А по технологическому процессу аналогичные с БТ-5 и БТ-5А. Отличаются только длиной цилиндра (у БТ-5  $L=1500$  мм, а у ЗАВ - 2250 мм), что обеспечило увеличение производительности до 10 т/ч.

Триерные блоки К-236 и К-236А01.

Отличительной чертой является то, что К-236А комплектуется сменными цилиндрами для очистки зерна, а К-235А01 - семян трав. Они герметичны, в закрытом корпусе, что дает возможность отсоса пыли.

#### 5.4.2 Дисковые триеры

ЗТО-5М и ЗТО-10М - триер овсюжный зерновые, ЗТК-5 - кукольный, производительностью 5 и 10 т/ч.

А9-УТК-6 и А9-УТО-6 (А9 - шифр разработчика, У - для элеваторной промышленности, Т - триер, К - кукольный, О - овсюжный, 6 т/ч) - эти два типа триеров предназначены для комплектного оборудования мукомольно-элеваторного производства.

Краткая техническая характеристика триеров представлена в таблице 5.1.

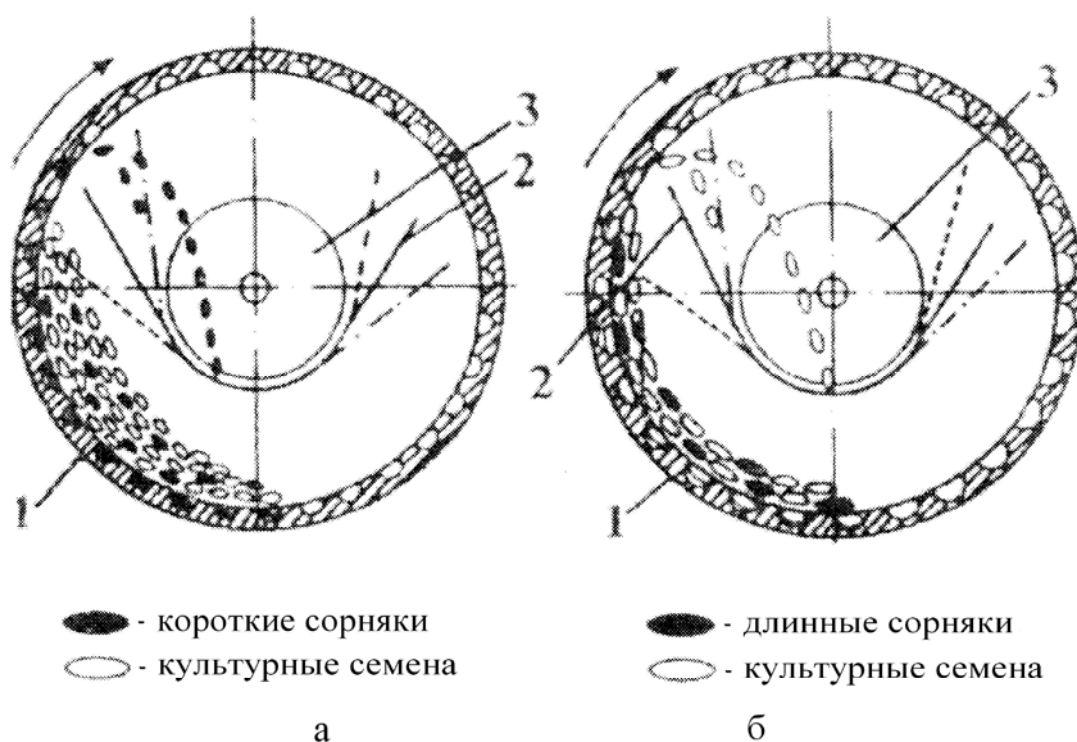
Таблица 5.1 - Краткая технико-экономическая характеристика триеров

Показатели триеров	Марка триеров цилиндрических						Марка триеров дисковых			
	БТ-5	БТ-5А	БТС-5	ЗАВ-10.90.000	ЗАВ-10.90.000А	К-236	ЗТО-5М	ЗТО-10М	А9-УТК-6	А9-УТО-6
Производит., т/ч	5	6	5	7,5	10	1,5	5	10	6	6
Эффективность очистки, %							80-85	80-85		
Частота вращения цилиндра (дискового барабана), об/мин	30-45	30, 35, 39	30-45	30-45	30, 35, 45, 39		55	55	50	55
Диаметр барабана (диска), мм	600	600	600	600	600		680 360	640 360	64 0 36 0	640 360
Длина барабана, мм	1500	1500	1500	2250	2250		1500	2180		
Диаметр ячеек, мм (кук.) (овс.)				5 8	5 8		5x5x2,5 8x8x4	5x5x2,5 8x8x4	5x5x2,5	8x8x4
Число дисков Число цилиндров	4	4	4	4	4		11+3	19+5	15+7	13+3

## 5.5 Технологический расчет триеров

Кроме описанных в 5.4 известны следующие виды триеров: лопастные, ленточные, они не нашли широкое применение в промышленности.

Как следует из 5.4 цилиндрический триер (рисунок 5.8) состоит из двух основных частей: цилиндра с ячейками на внутренней поверхности и находящегося внутри него желоба со шнеком.



а - кукольный триер; б - овсюжный триер  
1 - цилиндр; 2 - желоб; 3 – шнек.

Рисунок 5.8 - Схема работы триеров

Цилиндрические триеры с внутренней ячеистой поверхностью изготавливаются одинарного и двойного действия. Триеры одинарного действия имеют по всей длине цилиндра ячейки одного типа и размера и выделяют только короткие или только длинные примеси. Триеры двойного действия на различных участках цилиндра по длине имеют ячейки двух размеров для отделения длинных и коротких примесей.



Форма триерных ячеек определяется способом изготовления, и по этому признаку они могут быть штампованные, фрезерованные и литые.

Наибольшее распространение получили стальные цилиндры со штампованными ячейками, как наиболее прочные и дешевые в изготовлении. Форма и размеры штампованных ячеек берутся согласно государственному стандарту на триерные цилиндры. Штампованные ячейки в плане круглые, а в разрезе по окружности цилиндра - ковшеобразные (рисунок 5.9).

Штампованные ячейки располагаются в шахматном порядке (рисунок 5.10) с шагом:

$$t = 0.6 + 1.2d , \quad (5.10)$$

где  $d$  - рабочий размер ячеек, мм.

Относительно оси триера шнеки располагают концентрично и эксцентрично (рисунок 5.11).

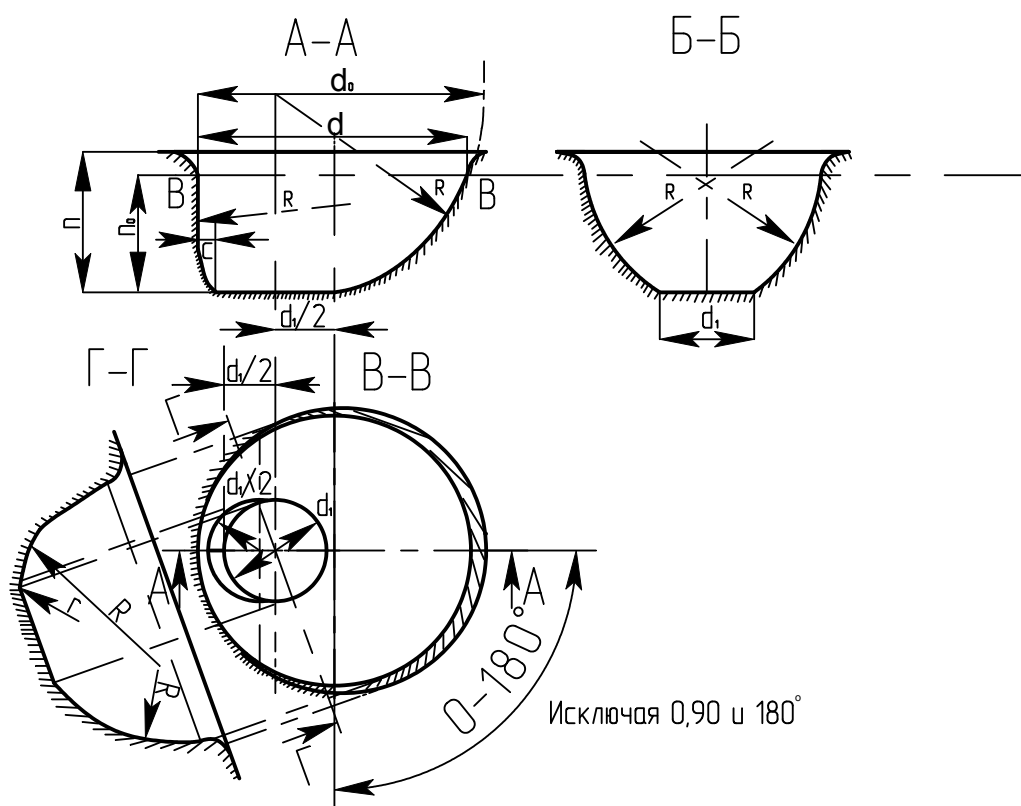


Рисунок 5.9 - Форма штампованных ячеек

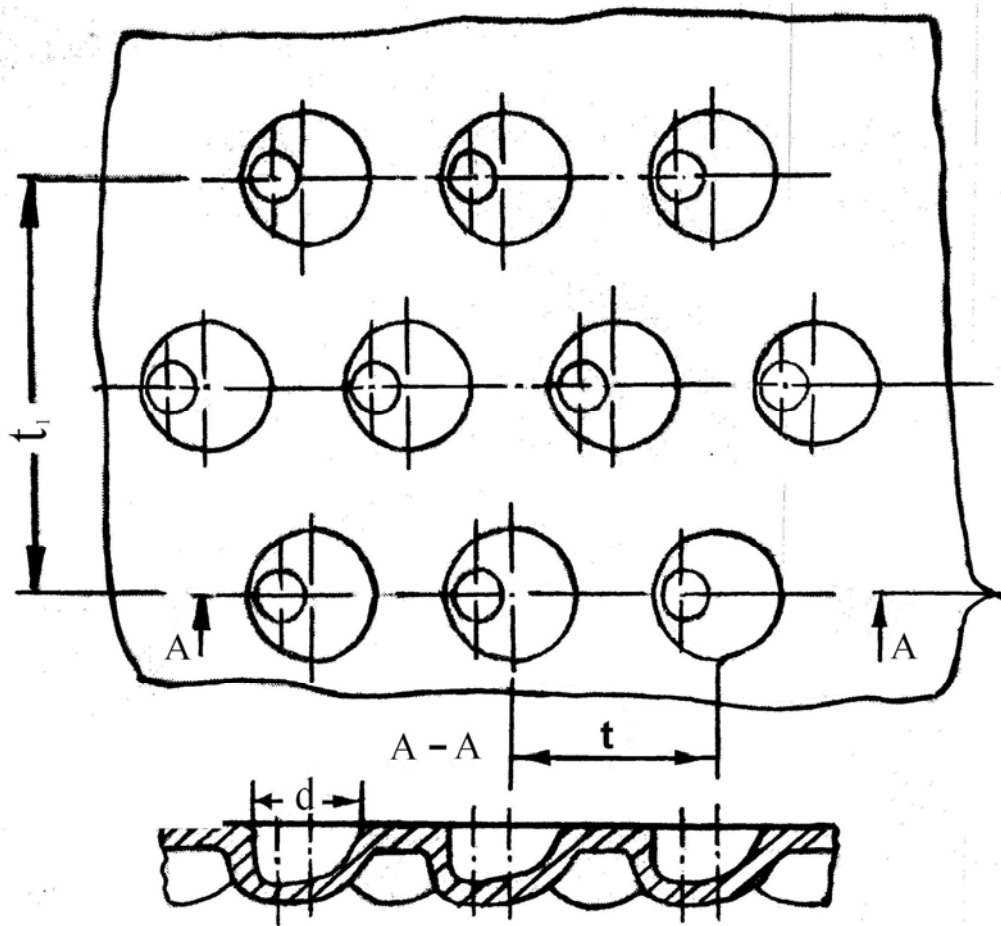
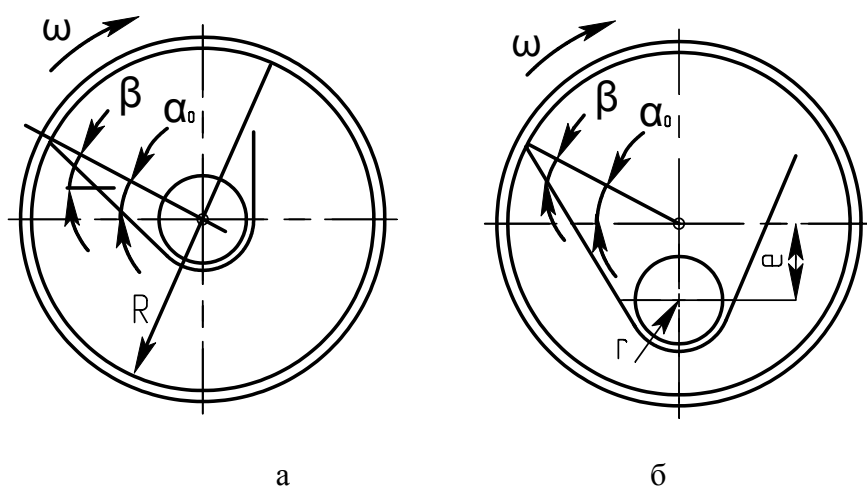


Рисунок 5.10 - Расположение штампованных ячеек



а – концентричная; б – эксцентричная ( $e$  – эксцентриситет).

Рисунок 5.11 - Схемы расположения шнеков в триерах

Шнеки триеров однозаходные. Частота вращения шнека равна частоте вращения триерного цилиндра.

Профиль желоба должен быть таким, чтобы зерна, выпадающие из ячеек, при своем падении не перелетали через нерабочий край желоба. Траектория полета зерен, выпадающих из ячеек, - парабола. Дальность полета зерна (проекция траектории):

$$2a = \frac{\omega^2 R^2}{g} \cdot \sin 2\alpha , \quad (5.11)$$

где  $a$  - дальность полета зерна по горизонтали, мм.

Высота полета зерна по вертикали равна:

$$b = \frac{\omega^2 R^2}{2g} \cdot \cos^2 \alpha = \frac{\omega^2 R^2}{2g} \cdot \sin^2 \beta , \quad (5.12)$$

где  $b$  - высота полета зерна по вертикали равна, мм;

$\beta = 90 - \alpha$  - угол сбрасывания зерна;

$\alpha$  - угол подъема зерна ячейкой над горизонтальным диаметром

$$\alpha = \varphi + \arcsin(K \cos \varphi);$$

$\varphi$  - угол естественного откоса зерна в движении, градус;

$K$  - показатель кинематического режима триера.

*Определение размеров триерного цилиндра.* Задаются вначале окружной скоростью, которая принимается для тихоходных триеров  $v_m = 0,25 \dots 0,50$  м/с; для быстроходных -  $v_c = 0,90 \dots 1,40$  м/с. Для мелких семян должны быть

меньшие скорости. Наклон оси тихоходных триеров доходит до 5,5 °, а быстроходных - 1,0...2,5 °.

Пользуясь данными таблицы 5.2, выбирают размер ячеек триера. В зависимости от назначения триера и вида очищаемой культуры триерные цилиндры изготавливаются с размерами ячеек 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3; 7,1; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,5; 11,2; 11,8; 12,5 мм.

Таблица 5.2 - Данные для подбора триерных ячеек

Наименование культуры	Масса 1000 шт. зерен, кг.	Диаметр ячеек, мм, для выделения примесей		Длина семян, мм	Насыпная плотность кг/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса, °	Коэффициент трения по стали
		коротких	длинных				
Пшеница	0,022...0,042	4,5; 5,0	8,0; 8,5; 9,0	8,3...11,5	700...830	25	0,36
Рожь	0,013...0,032	5,0; 5,6; 6,3	8,5; 9,0; 9,5	5,0...9,8	650...790	28...30	0,37
Ячмень	0,031...0,051	5,6; 6,3; 7,1	11,2; 1,8; 12,5	8,4...10,8	550...750	30...34	0,40
Овес	0,020...0,042	8,0; 8,5; 9,0	-	8,0...18,6	400...510	37...39	0,37
Гречиха	0,021...0,026	5,0	8,5	4,2...6,2	700...750	28	0,40
Просо	0,006	2,5; 3,15	-	1,8...3,2	800...900	20...22	0,44
Рис	0,024...0,031	6,3; 7,1	-	5,0...7,0	500...550	28	0,40
Чечевица	0,046...0,050	4,5	8,0	5,2...8,5	800...900	25...27	0,39
Лен	0,004...0,008	3,15; 3,5; 4,0	5,0	3,5...7,0	660...700	33...36	0,37
Кукуруза	0,245...0,345	11,2	11,2	5,5...13,5	750...850	16,3	0,36

Длина  $L$ , м триерного барабана в первом приближении определяется по формуле:

$$L \frac{53 \cdot G \cdot a}{D \cdot \kappa \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot n} = \frac{2.77 G \cdot a}{\kappa \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot v_m}, \quad (5.13)$$

где  $L$  – длина триерного барабана, мм;

$G$  - производительность триера, кг/ч;

$a$  - содержание коротких зерен в исходном материале, %;

$D$  - диаметр триерного цилиндра, м ( $D = 2 R$ );

$k$  - количество ячеек на  $1 \text{ м}^2$  триерной поверхности определяется по формуле:

$$k = \frac{8 \cdot 10^7}{d^2 + d + 0.25}, \quad (5.14)$$

где  $k$  - количество ячеек на  $1 \text{ м}^2$  триерной поверхности;

$d$  - диаметр ячейки, мм;

$\delta$  - вместимость одной ячейки (количество зерен в одной ячейке

$\delta = 1$ );  $\varepsilon$  - коэффициент использования ячеистой поверхности (в

предварительных расчетах можно принять  $\varepsilon = 0,5$  - для триеров,

отделяющих длинные зерновые примеси;  $\varepsilon = 0,1$  - для триеров,

отделяющих короткие зерновые примеси и битое зерно):

$$\varepsilon = G / q_2, \quad (5.15)$$

где  $q_2$  - расчетная производительность кг/с, т. е. максимальная масса зерна, которая может быть выбрана ячейками при условии их заполнения:

$$q_2 = L \cdot k \cdot v_m \cdot \Delta_2, \quad (5.16)$$

где  $L$  - длина цилиндра, м;

$k$  - количество ячеек на  $1 \text{ м}^2$  триерной поверхности;

$v_m$  - окружная скорость цилиндра, м/с ( $v_m = \omega \cdot R$ );

$\Delta_2$  -средняя масса зерна, выбираемого одной ячейкой, кг, (таблица 5.2).

Диаметр триерного цилиндра  $D$ , мм ориентировочно определяется из соотношения:

для тихоходных триеров:

$$D = L/4, \quad (5.17)$$

где  $L$  - длина цилиндра, м;

для быстроходных триеров:

$$D = L/1,25-3,75, \quad (5.18)$$

где  $L$  - длина цилиндра, м.

Расчетная угловая частота вращения  $\omega, c^{-1}$ , для тихоходных триеров:

$$\omega_m = \frac{\kappa_m \pi}{\sqrt{R}}, \quad (5.19)$$

где  $\kappa$  - показатель кинематического режима триера ( $\kappa_m = 0,15...0,30$  -

для тихоходных триеров;

для быстроходных триеров:

$$\omega_o = \frac{\kappa_o \pi}{\sqrt{R}}, \quad (5.20)$$

где  $\kappa$  - показатель кинематического режима триера ( $\kappa_o = 0,50...0,75$  -

для быстроходных триеров).

Расчетная рабочая площадь поверхности триера  $F_p, м^2$ , определяется по формуле:

$$F_p = G/q, \quad (5.21)$$

где  $q$  - удельная нагрузка на 1 м<sup>2</sup> триерной поверхности, кг/(м<sup>2</sup>·ч), ( $q = 125...185$  кг/ч - для тихоходных триеров,  $q = 400...1100$  кг/ч - для быстроходных триеров).

Таблица 5.3 – Удельная нагрузка триеров в зависимости от культуры зерна

Культура	Удельная нагрузка триеров, кг/(м <sup>2</sup> ·ч)
Пшеница	630...1100
Рожь	630...1100
Ячмень	510...580
Овес	380...430
Рис	200...210
Гречиха	170
Лен	110
Клевер, люцерна	80
Тимофеевка	50

Сопоставляется расчетная рабочая площадь поверхности  $F_p$  с полученной по формуле теоретической площадью поверхности  $F_m$ :

$$F_m = \pi \cdot D \cdot L. \quad (5.22)$$

При существенном расхождении  $F_p$  и  $F_m$  подбирается новое уточненное значение удельной нагрузки на 1 м<sup>2</sup> триерной поверхности  $q$ .

По полученным значениям рабочей поверхности окончательно выбирается диаметр и длина триерного цилиндра (таблица 5.4).

Таблица 5.4 - Размеры триерных цилиндров

Длина цилиндра, мм	Внутренний диаметр цилиндра, мм			
	400	500	600	800
Площадь триерной поверхности цилиндра, м <sup>2</sup>				
750	0,942	1,177	-	-
1500	1,884	2,355	2,826	-
2250	-	3,532	4,240	5,652

От длины триерного цилиндра зависит продолжительность пребывания зерна в нем, а, следовательно, качество разделения. После уточнения длины и диаметра триерного цилиндра проверяется выполнение соотношения :

$$\frac{L}{D} = 1.6 - 4.5 . \quad (5.23)$$

Для мелких семян выбирается большее соотношение. Потребная мощность  $N$ , кВт, привода триера определяется по формуле:

$$N = 2 \cdot 10^{-4} G / \eta_{np}, \quad (5.24)$$

где  $G$  - производительность триера, кг/ч;

$\eta_{np}$  - КПД привода триера ( $\eta_{np} = 0,8 \dots 0,9$ ).

Радиус шнека  $r$ , мм для обеспечения необходимого угла ската зерна по рабочей стенке желоба во время работы определяется следующим образом:

- для концентрично расположенного шнека:

$$r \geq R \sin(\varphi - \alpha_0) . \quad (5.25)$$

- для эксцентрично расположенного шнека:

$$r \geq R \sin(\varphi - \alpha_0) - e \cos \varphi , \quad (5.26)$$

где  $R$  - радиус триерного цилиндра, м;

$\varphi$  - угол трения зерна по материалу желоба;



$e$  - эксцентриситет, мм;

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot f, \quad (5.27)$$

где  $f$  - коэффициент трения (таблица 5.4);

$\alpha_0$  - центральный угол установки желоба над горизонтальным диаметром (рисунок 5.12).

Дальность полета зерна по горизонтали  $2a$ , мм, определяется по формуле:

$$2a = \frac{\omega^2 R^2}{g} \cdot \sin 2\alpha. \quad (5.28)$$

Высота полета зерна по вертикали  $b$ , мм, равна:

$$b = \frac{\omega^2 R^2}{2g} \cdot \cos^2 \alpha = \frac{\omega^2 R^2}{2g} \cdot \sin^2 \beta, \quad (5.29)$$

где  $\beta = 90 - \alpha$  - угол сбрасывания зерна;

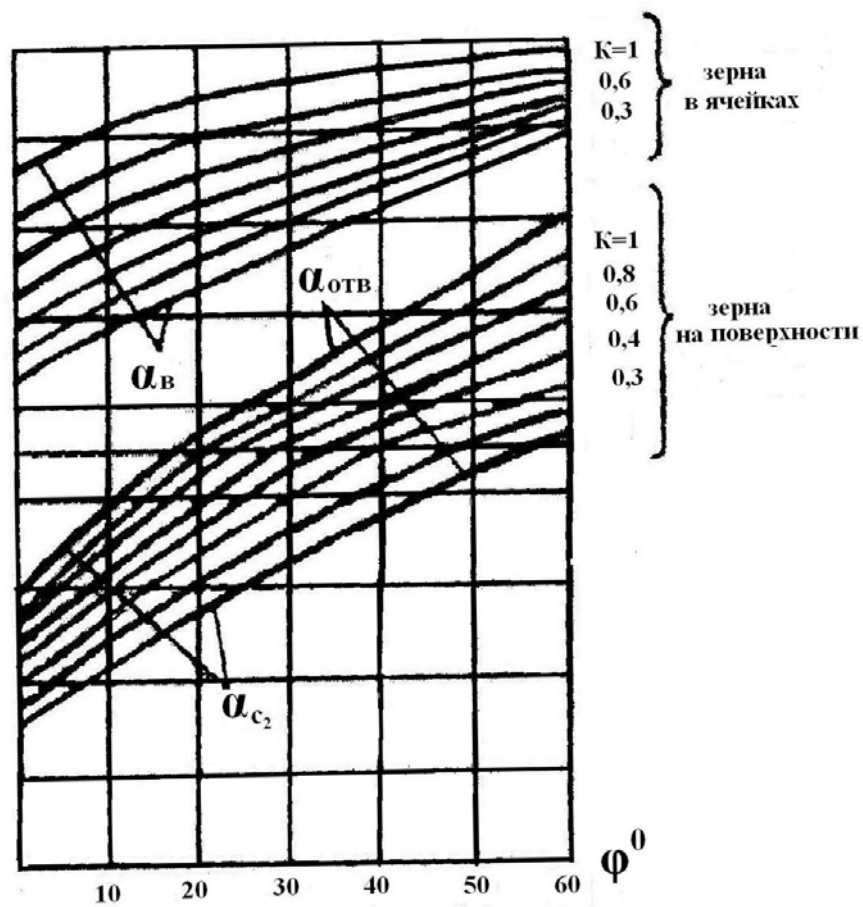
$\alpha$  - угол подъема зерна ячейкой над горизонтальным диаметром определяется по формуле:

$$\alpha = \varphi + \arcsin \cdot (K \cos \varphi), \quad (5.30)$$

где  $\varphi$  - угол естественного откоса зерна в движении, градус (таблица 5.2);

$\kappa_m = 0,15 \dots 0,30$  - для тихоходных триеров;

$\kappa_b = 0,50 \dots 0,75$  - для быстроходных триеров).



$\alpha_B$  - угол выпадения зерна из ячеек;  $\alpha_{C_2}$  - предельный угол скольжения частиц;  
 $\alpha_{OTB}$  - предельный угол отрыва.

Рисунок 5.12 - Зависимость углов  $\alpha$  от  $\phi$  при различных  $K$ :

Диаметр шнека желоба  $d_{ш}$ , м, определяется из формулы:

$$S = d_{ш} = 36\sqrt{G' / n}, \quad (5.31)$$

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{4 \cdot G'}{60\pi n S \rho \varphi \psi}}, \quad (5.32)$$

где  $G = G'$  - для овсюжных триеров;  $G' = 0,15 G$  - для кукольных триеров;

$S$  - шаг шнека, м (обычно  $S = d_{ш}$ );

$n$  - частота вращения шнека, об/мин;

$\rho$  - насыпная плотность зерна, кг/м<sup>3</sup> (таблице 5.2);

$\varphi$  - коэффициент наполнения ( $\varphi = 0,25$ );

$\psi$  - коэффициент скорости ( $\psi = 0,6$ ).

Радиус  $r$ , мм, закругления дна желоба определяется по формуле:

$$r = \frac{d_{ш}}{2} + (5...8), \quad (5.33)$$

где  $d_{ш}$  - диаметр шнека желоба, м.

Наибольшая толщина  $\gamma$ , мм, слоя зернового сегмента определяется по формуле:

$$\gamma = R - \sqrt{R^2 - \frac{2G}{\omega \cdot v_1 \cdot \rho}}, \quad (5.34)$$

где  $v_1$  - скорость осевого движения зерна, м/с (ориентировочно

$v_1 = 0,044...0,065$  м/с - для тихоходных триеров с наклонной осью;

$v_1 = 0,027...0,038$  м/с - для быстроходных триеров с горизонтальной осью);

$\rho$  - насыпная плотность зерна, кг/м<sup>3</sup> (таблице 5.2).

## **6 Магнитные сепараторы**

6.1 Назначение и место магнитных сепараторов в машинно-аппаратурной схеме

6.2 Принцип действия магнитных сепараторов

6.3 Классификация магнитных сепараторов

6.4 Получение магнитных полей в сепараторах

6.4.1 Постоянные магниты

6.4.1 Электромагниты

6.4.3 Намагничивание постоянных магнитов

6.5 Основные технологические расчеты

6.6 Конструктивные решения магнитных сепараторов

6.1 Постоянно-магнитные сепараторы

6.2 Электромагнитные сепараторы

6.7 Краткая характеристика сепараторов (показатели).

### **6.1 Назначение и место магнитных сепараторов в машинно-аппаратурной схеме**

Продовольственное зерно и комбикорма представляют собой неоднородную массу, состоящую из основной культуры (полезной фракции смеси) и примесей, которые необходимо удалить. Среди многочисленных примесей, примеси из стали и чугуна (металломагнитные примеси) составляют большой удельный вес, особенно после обработки смеси высокооборотистыми рабочими органами.

Размеры и форма металломагнитных примесей разнообразны, начиная с мельчайших металлических пылинок до внушительных размеров (пыль - продукт износа барабанов, бичей, молотков и т.д.; шурупы, винты, обломки деталей).

Вред от металломагнитных примесей многовариантный. Металломагнитная пыль в готовом продукте (муке, крупе...) вредна для организма человека, животного, детали в зерне опасны для высокооборотистых рабочих органов (даже создаются аварийные ситуации от попадания болтов, шурупов и др. деталей во вращающиеся органы).

Кроме того металломагнитные примеси пожаро- и взрывоопасны: попав в пылевую взрыво- и пожароопасную среду, они вызывают пожар или взрыв (детали часто раскалены, искра легко возникает при попадании кусочков металла в вальцовый станок, в молотковую дробилку, вентилятор).

Искра также возникает и при ударе металлических деталей о бетонные стены силосов, что так же обуславливает взрыв при наличии взрывоопасной пыли.

На элеваторах, мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах удаление металломагнитных примесей осуществляется с помощью магнитных сепараторов.

Место магнитных сепараторов в машинно-аппаратурной схеме - перед каждой группой дробильных, измельчающих вымольных и выбоечных машин, а также перед расфасовкой и упаковкой готовой продукции (на контроле готовой продукции).

## **6.2 Принцип действия (рабочий процесс) магнитных сепараторов**

Магнитные сепараторы созданы для выделения из зерновой смеси магнитометаллических примесей. Принцип действия магнитных сепараторов основан на различии магнитных свойств компонентов, входящих в зерновую смесь.

Рабочей зоной в сепараторе является *магнитное поле - пространство, в котором проявляется действие магнитных сил на намагничиваемые тела.*

Рабочая зерновая смесь, проходя через магнитное поле А (рисунок 6.1), подвергается воздействию: под действием магнитных, гравитационных и

механических (гравитационных сил и сил подающих зерно органов) сил разные компоненты смеси перемещаются по разным траекториям, обуславливающим разную дальность полета (по горизонтальной проекции), тем самым разделяя эти компоненты и распределяя их на разном расстоянии друг от друга в расставленные сборники (1, 2, 3) на соответствующем расстоянии выделяется отдельно каждый компонент (I, II, III).

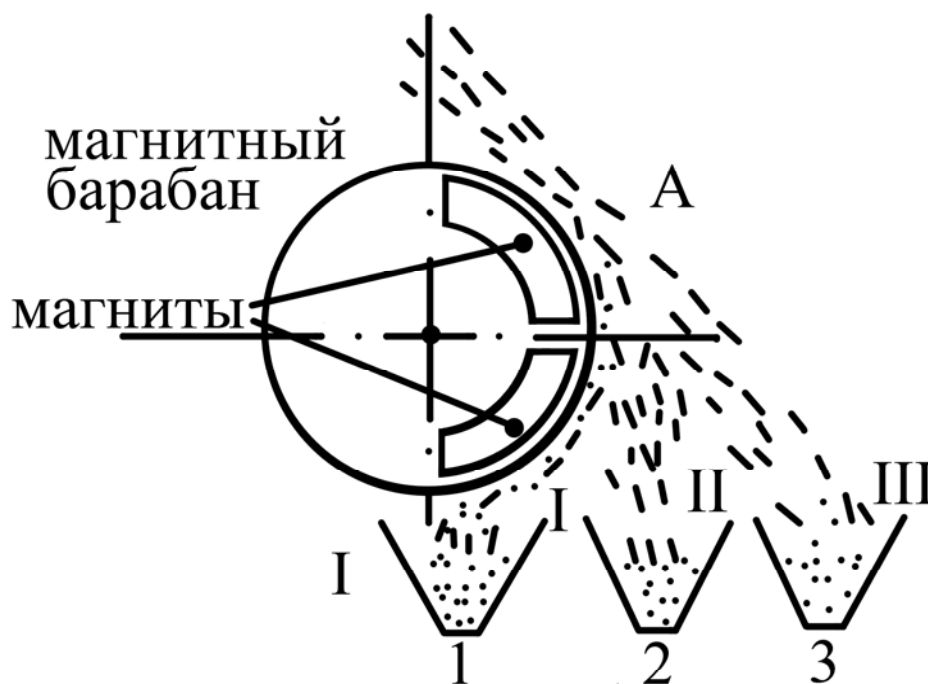


Рисунок 6.1 - Принцип разделения зерновой смеси магнитными сепараторами

Магнитное поле может создаваться *электромагнитом и постоянным магнитом.*

Магнит состоит из северного N и южного S полюсов, которые обладают равными (условиями) магнитными массами, и которые пропорциональны массе магнита. Северный полюс N условно считают положительным, южный S - отрицательным.

### 6.3 Классификация магнитных сепараторов

Классификация магнитных сепараторов представлена на рисунке (6.2)



Рисунок 6.2 - Классификация магнитных сепараторов

### 6.4 Получение магнитных полей в сепараторах

#### 6.4.1 Постоянные магниты

Применяются подковообразные и кольцевые магниты. Подковообразные магниты, как правило, укрепляются болтами из немагнитного материала (латунь, бронза, дуралюминии и др.). "Подковы" укладываются рядами

одноименными полюсами, образуя блок, представляющий собой один широкий магнит, создающий магнитное поле. Как правило, над магнитами устанавливаются экранирующие пластины из немагнитного материала. Такие магниты применяются, например, в сепараторах (колонках) типа БКМ: БКМ2-3 (для муки); БКМП - для промежуточных продуктов переработки зерна; БКМ3-7 - для зерна; БКМА-2-500 - для зерна и продуктов его переработки - универсальный, и также магнитные сепараторы в комплектном оборудовании типа У1-БМ: У1-БМ3 - для зерна; У1-БМП - для промежуточных продуктов переработки зерна; У1-БММ - для муки. Сепаратор У1-БММ - с кольцевыми магнитами.

Кольцевые магниты собираются в блоки определенной длины. Блоки (если их несколько, 2 и более) разделяются между собой диамагнитными пластинами. В таких магнитных колонках, как правило, экраны не устанавливаются. Магнитометаллические примеси притягиваются непосредственно к магнитным блокам, а после с них удаляются вручную, или механически (магнитный сепаратор типа У1-БММ; У1-БМ3).

#### **6.4.2 Электромагниты**

Электромагнитная система состоит из чугунного ярма (башмака), к которому прикреплены ламели (сердечники) из малоуглеродистой стали и катушки. Все это располагается внутри барабана из немагнитного материала, к которому и притягиваются металломагнитные примеси. Электромагнитная система питается постоянным током, преобразованным из переменного умформером (выпрямитель). Чаще используются в производстве сепараторы: однобарабанные А1-ДЭС; ленточный ДЛ1-С; ЭМ-101.

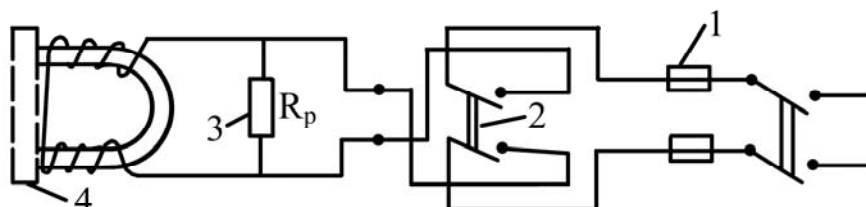
#### **6.4.3 Намагничивание постоянных магнитов (подков)**

Намагничивание постоянным током ( $U = 110$  В или  $U = 220$  В).



С помощью переключателя 2 (рисунок 6.3) включают цепь на время 0,5...1с то в одну, то в другую сторону. Катушка на подкове содержит порядка 3000 витков, провода толщиной  $\approx 0,5\text{мм}$ .

После намагничивания "ножки" подковы замыкают якорем 4.

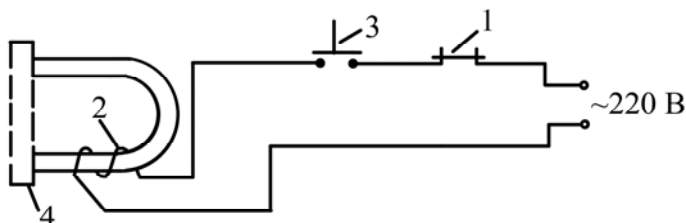


1 - предохранитель; 2 - переключатель; 3 - шунтирующее сопротивление для предохранения обмоток катушки в момент выключения цепи; 4 – якорь.

Рисунок 6.3 - Схема намагничивания магнитов постоянным током

Намагничивание постоянных магнитов переменным током.

Намагничивание постоянных магнитов переменным током осуществляется (по схеме рисунок 6.4) катушкой 2 с небольшим числом витков, но с большой силой тока (70...200 А), путем кратковременного (0,003...0,01с) ее включения. Практически включается кнопка 3, под воздействием мгновенного тока перегорает плавкая вставка 1, после чего ножки магнита замыкают якорем 4.



1 - плавкая вставка; 2 - обмотка; 3 - кнопка; 4 - якорь.

Рисунок 6.4 - Схема намагничивания постоянных магнитов переменным током.

## 6.5 Основные технологические расчеты

### Стадии и этапы проектирования

Таким образом, принципы конструктивного решения магнитных сепараторов состоят в создании магнитного поля, через которое пропускается непрерывным потоком зерновая смесь, промежуточный продукт переработки зерна или мука, содержащие металломагнитные примеси.

В процессе прохождения через магнитное поле, металломагнитные элементы мгновенно намагничиваются и притягиваются к непосредственно магниту или барабану, кожуху или пластинам из немагнитного материала, расположенным между магнитом и очищаемым материалом.

При работе магнитного сепаратора наблюдается *две стадии*:

- стадия осаждения металломагнитных частиц на обечайку барабана или экран;
- стадия удержания частицы на поверхности барабана или экрана (при этом на частицу действуют удары падающей смеси).

В связи с этим обоснование схемы и основных параметров ведут в *два этапа*. На первом этапе рассчитываются условия, при которых металломагнитная частица осядет на обечайку или экран. На втором этапе определяют условия удержания частицы на поверхности. Этот этап можно рассматривать как поверочный при дополнительных воздействиях на частицу, например, падающего потока смеси.

Процесс сепарации характеризуется (определяется) следующими параметрами:

- силовая характеристика источника магнитного поля;
- рабочая протяженность магнитного поля;
- толщина слоя и скорость перемещения сепарируемого материала;
- характеристика сепарируемого материала: крупность, насыпная масса, коэффициент трения металломагнитных частиц о рабочую поверхность сепаратора; коэффициент сопротивления среды.

При обосновании и расчете сепараторов ставятся следующие задачи:

- определение характеристики источника магнитного поля;
- расчет длины рабочей зоны;
- расчет предельно допустимой производительности уже рассчитанного сепаратора.

*Расчет характеристики магнитного поля*

Задаются: необходимая производительность  $Q$ , длина рабочей зоны (или радиус барабана  $R$ ); ширина рабочей зоны  $B$ ; толщина подачи материала  $h$  и коэффициент сопротивления  $K$  среды.

Как видно из рисунка (6.5), объем проходящий в единицу времени в рабочей зоне массы:

$$V_0 = BVh, \quad (6.1)$$

где  $B$ - ширина рабочей зоны, м;

$V$ - скорость подачи продукции, м/с;

$h$  – толщина слоя продукции, м.

Масса продукции за единицу времени, т.е. подача:

$$Q = BVh\gamma, \quad (6.2)$$

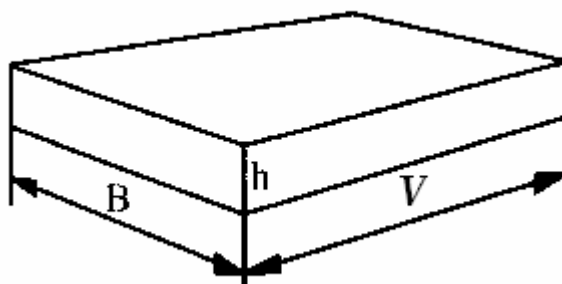


Рисунок 6.5 - Объем проходящий в единицу времени в рабочей зоне массы

Скорость подачи материала определяется по зависимости:

$$V = Q / Bh\gamma, \quad (6.3)$$

где  $\gamma$  - плотность сепарируемой массы, кг/м<sup>3</sup>.

Ширина рабочей поверхности магнитного сепаратора:

$$B = Q / Vh\gamma. \quad (6.4)$$

Длина рабочей зоны определяется по зависимости:

$$L = Vt_{кр}, \quad (6.5)$$

где  $L$  - длина рабочей зоны, м;

$t_{кр}$  - критическое время осаждения частицы, с.

Необходимая сила притягивания:

$$F = \frac{0,0038}{t_{кр} - \left(\frac{h}{h_1}\right)\varphi}, \quad (6.6)$$

где  $h$  и  $h_1$  - толщина в начале и в конце рабочей зоны сепаратора, м;

$$\varphi = 0,93 - 0,0028C.$$

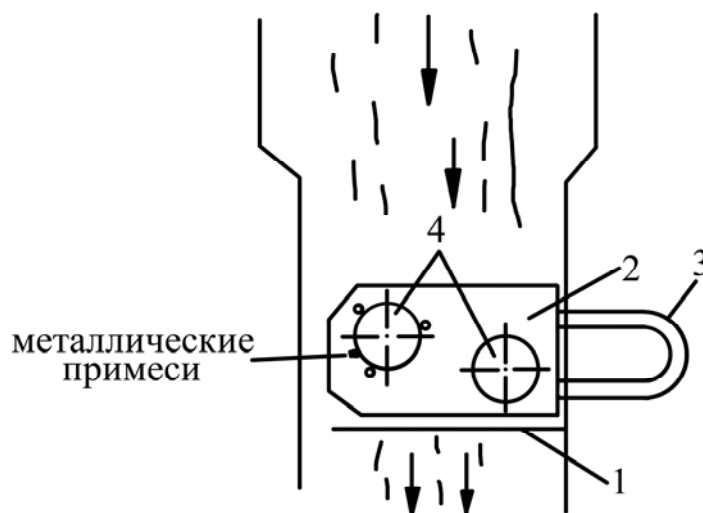
$$C = \pi / S, \quad (6.7)$$

где  $S$  - шаг магнитной системы,

$C$  - коэффициент пропорциональности, характеризующий шаг магнитной системы.

## 6.6 Конструктивные решения магнитных сепараторов

### 6.6.1 Постоянно-магнитные сепараторы



1 - направляющая для установки кронштейна блока магнитов; 2 - кронштейн блока магнитов; 3 - ручка для вынимания и установки блока; 4 - блок дисковых магнитов.

Рисунок 6.5 - Магнитный сепаратор типа У1-БМЗ

Постоянный магнитный сепаратор типа У1-БМЗ состоит из кронштейнов 2 (рисунок 6.5) с блоками дисковых магнитов 4, которые установлены на направляющих 1. Магнитный сепаратор предназначен для выделения из зернопродуктов металломагнитных включений. Сепаратор устанавливается в потоке зернопродукта (зерновой смеси, продукты размола зерна). Металломагнитные включения притягиваются блоками дисковых магнитов. Через определенное время, когда на блоках накопится предельное количество металломагнитных включений, с помощью ручки 3 блок дисковых магнитов вынимается и очищается от металломагнитных включений. После очистки блок снова устанавливается в рабочее положение в направляющих 1. Процесс сепарации продолжается.

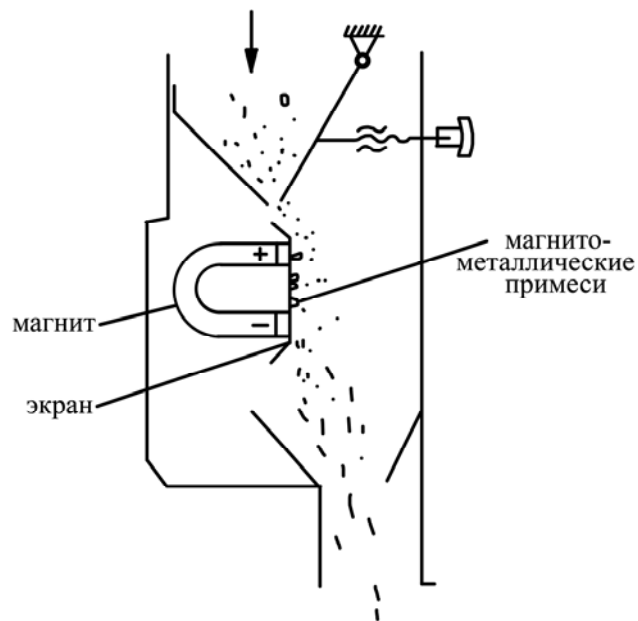
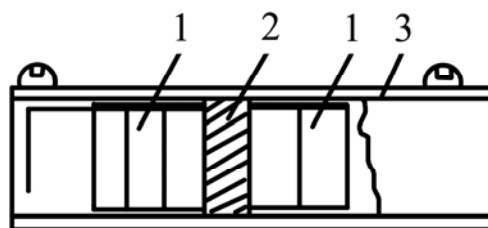


Рисунок 6.6 - Магнитная колонка БКМ-2-3



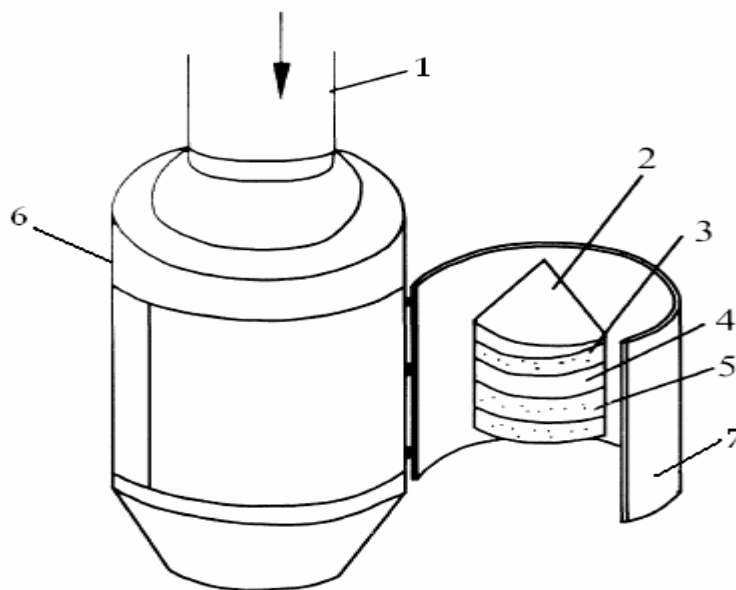
1 - магнит дисковый; 2 - вставка немагнитная; 3 - кожух.

Рисунок 6.7 - Блок магнитов

Магнитные сепараторы типа У1 – БММ (рисунок 6.8) предназначен для выделения металломагнитных примесей из муки. Корпус 6 выполнен в виде полого сварного стального цилиндра. В верхней его части расположен приемный патрубок 1, который соединяется с помощью хомута с самотечной трубой поточной линии. В нижней части расположена коническая его часть с фланцем для крепления. Внутри корпуса имеются козырьки в виде лопастей, направляющие поток продукта на блок магнитов 5. На боковой стороне имеется люк для очистки блока магнитов от задержания примесей. Дверка 7 связана с

корпусом шарнирной петлей и плотно закрывается двумя замками. На дверце с внутренней стороны имеется подставка для крепления блока магнитов.

Основным рабочим органом сепаратора является блок магнитов 5. Он состоит из дисковых постоянных магнитов 3, между которыми находятся два диамагнитных диска, закрытых обечайкой. Для равномерного распределения муки в верхней части блока установлен корпус 2.



1 - патрубок приемный; 2 - конус для равномерного распределения муки; 3 - дисковый магнит; 4 - диск диамагнитный; 5 - блок магнитов; 6 – корпус; 7 – крышка дверцы блока.

Рисунок 6.8 - Магнитный сепаратор У1-БММ

### 6.6.2 Электромагнитные сепараторы

Ленточный электромагнитный сепаратор типа ДЛ1-С устроен и работает следующим образом. Очищаемый материал из бункера 1 поступает на ленточный транспортер 2, который доставляет зерновую смесь в рабочую зону, где притягиваются магнитные примеси (выделяются из основного материала, например, муки). В нерабочей зоне, где отсутствует магнитное поле, металломагнитные примеси удаляются под действием собственного веса и удаляющих щеток.

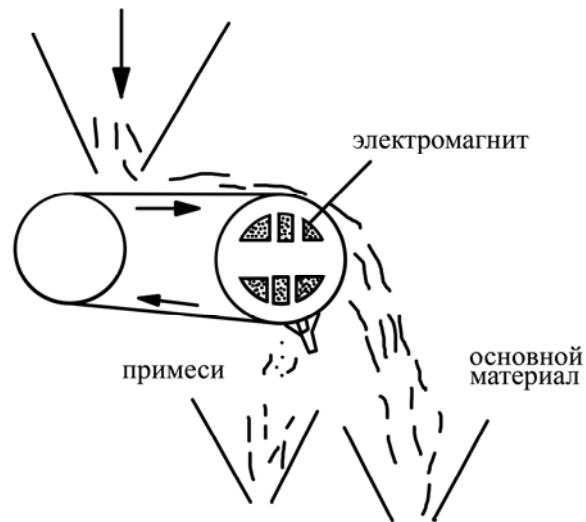


Рисунок 6.9 - Ленточный электромагнитный сепаратор типа ДЛ1-С

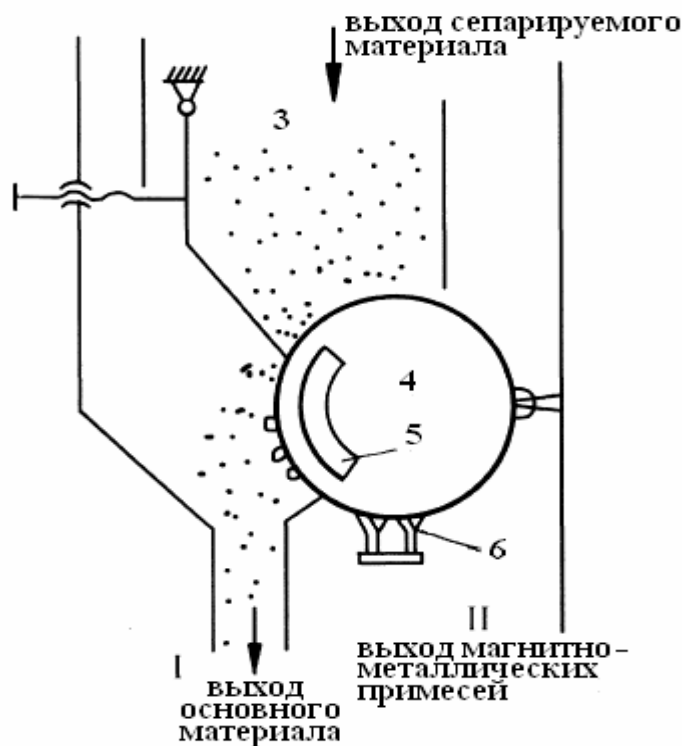


Рисунок 6.10 - Электромагнитный сепаратор типа А1-ДЭС

Электромагнитная система сепаратора типа А1-ДЭС (рисунок 6.10) однобарабанная с чередующейся полярностью полюсов поперек движения продукта. Продукт через загрузочный патрубок, в котором смонтированы клапан и задвижка. Поступающее на сепаратор зерно преодолевает действие



противовеса и открывает клапан. В закрытом положении рычаг противовеса нажимает на конечный выключатель и тем самым обеспечивает отключение электромагнитной системы в случае прекращения поступления зерна.

Задвижка, выполненная в виде шибера, предназначена для перекрытия потока зерна в случае возникновения опасности сгуживания в сепараторе.

Об опасности затора потока сигнализируют датчики уровня, смонтированный в разгрузочном патрубке. Кроме того, имеется задвижка для регулировки подачи зерна. Питающий бункер 3 снабжен клапаном, который под воздействием противовеса (или пружины) прижимается к барабану, поступающий продукт в процессе работы сепаратора отжимает клапан.

Электромагнитный барабан состоит из вращающейся на шариковых подшипниках обечайки и неподвижной электромагнитной системы. Обечайка выполнена из немагнитного материала, поэтому на ней при помощи планки металломагнитные примеси извлекаются из потока зерна, проходящего магнитное поле.

Электромагнитная система 4 состоит из сердечника, выполненного по оси, четырех катушек, на сердечнике, двух боковых полюсов 5 и трех боковых полюсов. В нерабочей зоне смонтирован экран, защищающий блок и уменьшающий магнитное поле. Обечайка имеет рабочую зону, где притягиваются металломагнитные примеси, и не рабочую, где они очищаются скребками (или щетками) 6. В рабочей зоне барабана фартук предотвращает разбрасывание продукта при его движении по обечайке. Очищенный материал и металломагнитные примеси выводятся на отдельные самотеки, которые крепятся к сепаратору с помощью фланцев. Электромагнитный барабан приводится во вращение от индивидуального электродвигателя через червячный редуктор и цепную передачу. Для регулирования частоты вращения электромагнитного барабана предусмотрены сменные звездочки.

## 6.7 Краткая характеристика сепараторов

Таблица 6.1 – Техническая характеристика сепараторов

Марка сепаратора	Производительность, т/ч	Рабочая ширина, м	Число полюсов магн. блоков	Масса, кг	Габариты, мм
1	2	3	4	5	6
У1-БМЗ-01	11		2	6	300x290x
У1-БМП	11		1	25	355x370x
У1-БММ	8		2	56	700x340x3
А1-ДЭС	20	510	n=22 или 41 об/мин	800	
ДЛ1-С	12 (зерно) 6 (комбик.)		n=12 об/мин	965	
ЭМ-101	5	1080		415	

Проведя анализ конструкций и технологических процессов магнитных сепараторов, можно выделить ряд достоинств и недостатков. Прежде всего, магнитные сепараторы устанавливаются, как правило, перед машинами с высокой частотой вращения рабочих элементов и после них. Этим решается две задачи:

- исключается возможность попадания крупных металлических включений в высокооборотистые рабочие органы и тем самым, исключаются поломки их, зачастую аварийные;

- исключается возможность попадания в конечный продукт, например, муку продуктов износа высокооборотистых и быстродвижущихся элементов конструкций, как правило, рабочих органов (в виде металлической стружки, пыли).

## **7 Машины для выделения примесей по совокупным признакам и свойствам**

7.1 Назначение, необходимость и область применения

7.2 Классификация машин

7.3 Вибропневматические камнеотделительные машины

7.3.1 Принцип конструктивного решения

7.3.2 Конструктивные решения камнеотделительных машин

7.3.3 Техничко-экономическая характеристика

7.4 Концентраторы

7.5 Пневмосортировальные столы

7.6 Фрикционные и спиральные сепараторы, горки

7.7 Электромагнитные семяочистительно-сортировальные машины типа ЭМС-1 и СМЩ-0,4.

### **7.1 Назначение, необходимость и область применения**

Кроме уже рассмотренных примесей в зерновой смеси имеются примеси, отличающиеся от основного зерна такими признаками и свойствами, как плотность частиц и зерна, форма, коэффициент трения и др.

Значительно, в 2 и более раз, отличаются минеральные примеси типа камешки, уголь, песок, бетонные частицы и т.д.

В зерне особенно эти примеси не допустимы, тем более, если зерно предназначено для размола на муку - минералы особо чувствительны на зубах при пережевывании хлеба.

Много карантинных, ядовитых, паразитирующих семян сорняков отличаются только шероховатостью поверхности, коэффициентом трения и т.д. используя эти признаки, были созданы машины для выделения этого рода примесей.

## 7.2 Классификация по своим совокупным признакам и свойствам машин для выделения примесей

Таблица 7.1 – Классификация машин по совокупным признакам и свойствам

Отличительные признаки компонентов в зерновой смеси				
Плотность	Форма и коэффициент трения	Плотность и коэффициент трения	Плотность и аэродинамические свойства	Состояние поверхности
Группы машин для выделения примесей				
Гидравлические машины	Фрикционные и спиральные сепараторы, горки	Камнеотделительные машины	Вибропневматические камнеотделительные машины	Электромагнитные сепараторы (с магнитным порошком, обволакивающим поверхность частицы примеси)

### 7.3 Вибропневматические камнеотделительные машины

#### 7.3.1 Принципы технологического решения конструкции машин

Технологический принцип создания машин этого типа основан на использовании такого признака, как плотность, которая отличается у разных компонентов смеси в 2...7 раз.

В основе конструктивного решения заложено одновременно три процесса:

- слой сепарируемой смеси "разрыхляется" под воздействием воздушного, пронизывающего слой смеси, потока, при этом снижается внутренний коэффициент трения (на сортирующей поверхности как бы слой "вскипает", псевдосжижается);

- расслоение по горизонтам компонентов смеси - тяжелые опускаются в нижние слои, достигая сортирующей поверхности, а зерно - в верхние слои;

- в связи с этим нижние слои по вибрирующей поверхности перемещаются вверх, а легкие частицы в верхних псевдосжиженных слоях - вниз, таким образом, происходит выделение минеральных примесей (камней).

При отсутствии же восходящего воздушного потока все компоненты смеси перемещаются вверх по сортирующей поверхности.

Схему разделения смеси смотри на рисунке (7.1)

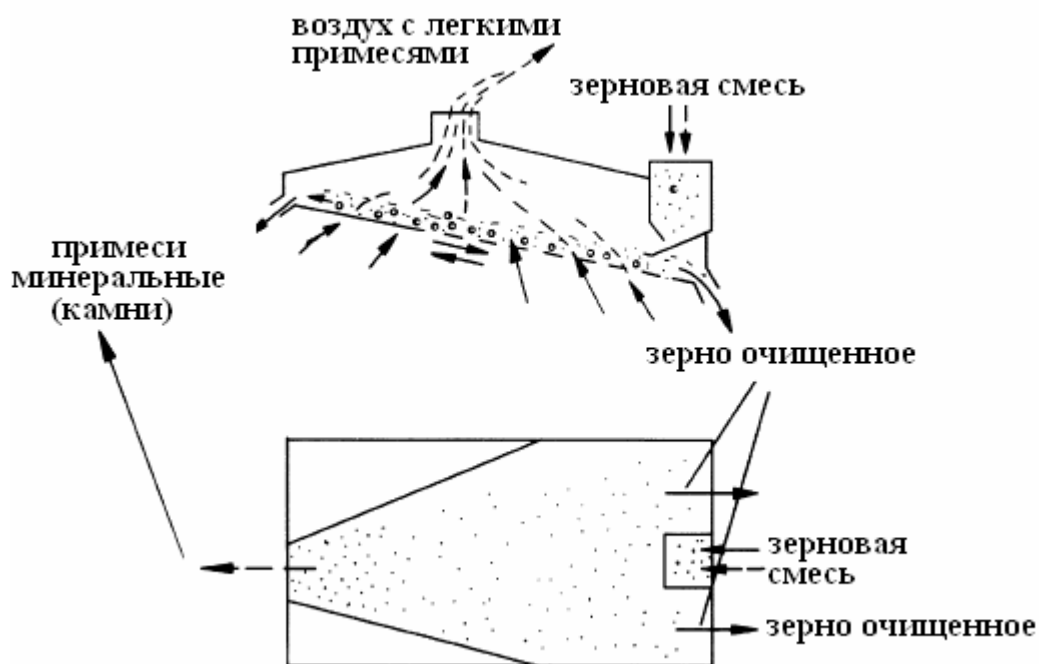


Рисунок 7.1 - Технологическая схема выделения минеральных примесей (камней) на вибропневматической камнеотделительной машине

### 7.3.2 Конструктивное решение камнеотделительных машин

Вибропневматические камнеотделительные машины получили наибольшее распространение и вошли в перечень комплектного высокопроизводительного оборудования мукомольных заводов.

Примером могут служить камнеотделительные машины типа РЗ-БКТ, РЗ-БКТ-100, РЗ-БКТ-150 (в комплектном оборудовании), А1-БКР, А1-БКВ.

Конструктивное решение машины РЗ-БКТ. Машина состоит из следующих основных узлов: вибростол, привод, приемник, выпускное и аспирационное устройство, станина.

Вибростол от привода получает возвратно-поступательное движение под углом 30...40°. Вибростол состоит из несущей сварной рамы, в которой смонтирована дека, корпуса и крышки из оргстекла для визуального контроля процесса. В крышке отверстия с отбортовкой для присоединения аспирационного рукава и приемного устройства. Дека состоит из сортирующей поверхности (полотна) из металлотканой сетки (1,5x1,5 мм), алюминиевой рамки, состоящей из перекрещивающихся планок, образующих квадраты 55x55 мм, выравнивающего поток воздуха днища с отверстиями  $\varnothing$  3,2 мм. Дека установлена в подвижной несущей раме (рисунок 7.2).



Рисунок 7.2 - Схема деки

В крышке вибростола установлен манометр для контроля разрежения, имеются два окна для доступа к сетке.

Для достижения высоких качественных показателей работы машины выполняются следующие регулировки:

- выпуск минеральных примесей;
- угол наклона деки (5...10°);
- с помощью дисков со шкалой регулируется амплитуда колебаний вибростола;

- регулируется выходное сечение и воздушный режим в зоне сепарации с помощью изменения пластины из оргстекла;

- расход (скорость) воздуха с помощью дроссельной заслонки (в верхней части сепаратора) аспирационного устройства.

Самая важная регулировка это регулировка амплитуды и направления колебания вибростолла. Эта регулировка проверяется с помощью регулировочных дисков. Все четыре диска на обеих сторонах корпуса машины устанавливаются так, чтобы вертикальная стрелка на корпусе находилась между 30 и 40° нижней шкалы. Если не совпадает на 5° и более осуществляют регулировку (корректировку) угла направления колебаний следующим образом. *Ослабляют крепления вибратора на валу и поворачивают его в вертикальной плоскости.* Поворот вибратора вниз обуславливает увеличение угла направления колебания передней части вибростолла (у выхода очищенного зерна), поворот вибратора вверх - уменьшение.

В случае расхождения показателей на шкале дисков, находящихся на разных сторонах корпуса вибратор перемещают вдоль по валу в сторону меньшего угла направления колебания.

Регулировка амплитуды колебаний осуществляется перемещением грузов вала вибратора. При раздвигании грузиков друг от друга амплитуда уменьшается. Смещение грузов один относительно другого на 150...160 мм обеспечивает амплитуду колебания 2,0...2,5 мм.

Дроссельная заслонка регулятора воздуха устанавливается в такое положение, при котором манометр разряжения покажет 750 Па без нагрузки.

Таблица 7.2 - Техничко-экономические показатели камнеотделительных машин

Показатели	Марка сепаратора				
	РЗ-БКТ	РЗ-БКТ-100	РЗ-БКТ-150	БМК-15	А1-БКР
Производительность, т/ч	9	9	12	15	1,5
Площадь сепарируемой поверхности, м <sup>2</sup>	1,0	1,0	1,5	1,8	0,4
Угол наклона деки, градус	6-7	6-7	6-7	5-10	5-15
Частота колебаний, 1/мин	960	960	960	1100-1250	650
Амплитуда, мм	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	5,5
Масса, кг	500	275	400	-	-
Мощность электровибратора, кВт	0,3	0,3	0,3	-	0,55

#### 7.4 Концентраторы

Концентраторы - машины для выделения органических примесей с меньшей плотностью, чем у основного зерна (колос, мякина, может и овсюг, части стеблей и других сорняков).

Технологический процесс работы заключается в следующем:

также как и у камнеотделительных машин, поступившая зерновая смесь, разделяется по плотности на два слоя - верхний и нижний. В нижнем - более плотная составляющая (в данном случае зерно и более тяжелые примеси); в верхнем - менее плотные (легкие дольки колосьев, мякина, овсюг, части стеблей и другие сорняки).

Концентратор состоит из следующих основных узлов: ситового кузова с двумя ситами, расположенными в одной плоскости последовательно одни за другим (первое решето (сито) имеет  $\varnothing 2$  мм второе - 9 мм); аспирационной камеры, расположенной над ситами; приемных и выпускных устройств; привода; станины и, если нет аспирационной сети в цехе, вентилятор, создающий воздушный поток, пронизывающий сита и слой зерносмеси, расположенной на ситах.



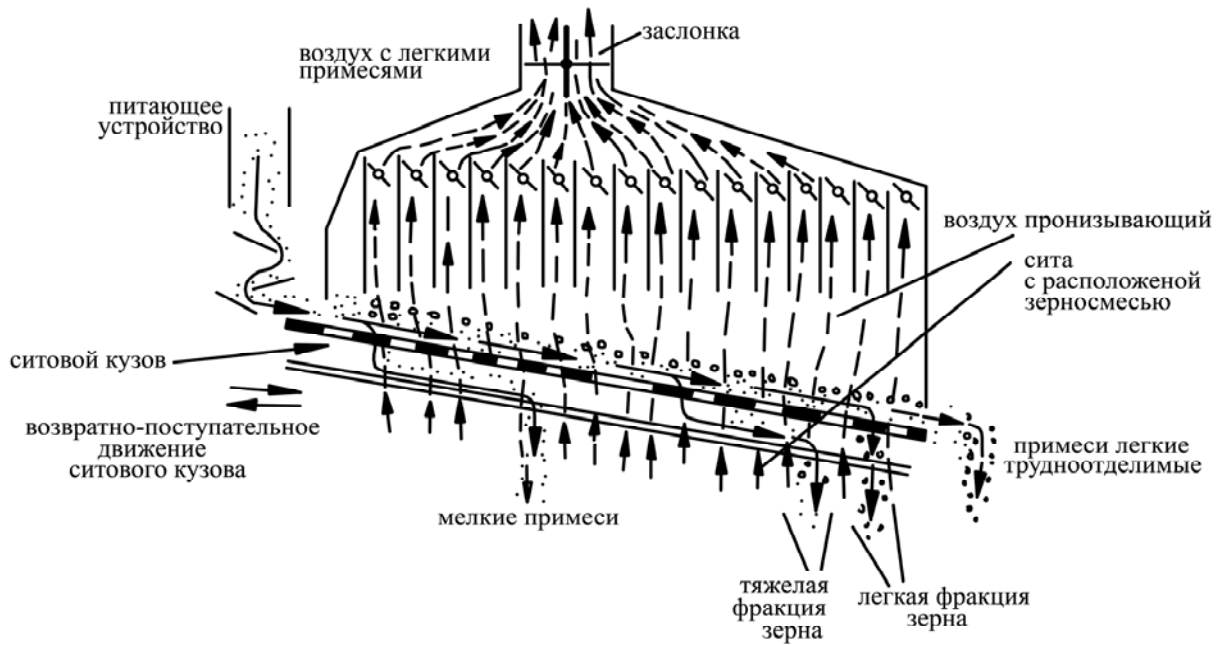


Рисунок 7.3 - Концентратор А1-БЗК-9 (схема)

Эффективность разделения зерновой смеси зависит от многих факторов, главным образом, от скорости зерновой смеси  $v_z$  вдоль сита, кинематических параметров вибрации сита и скорости  $v_g$  воздуха.

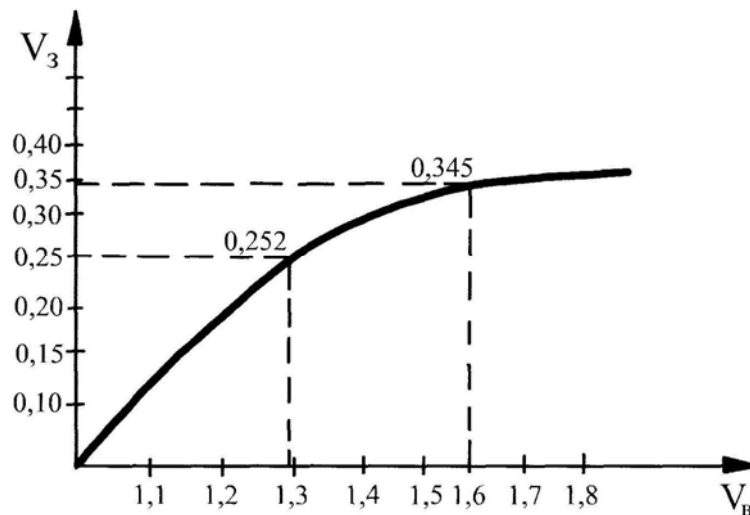


Рисунок 7.4 - График зависимости скорости движения зерна  $v_z$  по деке от скорости пронизывающего слой зерна потока воздуха

Скорость перемещения зерна  $v_3$  зависит от нескольких факторов, но, прежде всего - от скорости воздуха  $v_6$  и определяется по следующей эмпирической зависимости:

$$v_3 = 0,034 + 0,13v_6^{1,66}, \quad (7.1)$$

где  $v_6$  - скорость воздуха, м/с.

Скорость воздуха зависит, прежде всего, от расхода ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) и площади поверхности сита

$$v_6 = Q_6 / F_c, \quad (7.2)$$

где  $Q_6$  - расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$F_c$  - площадь поверхности сита,  $\text{м}^2$ .

С учетом (7.1) и (7.2) скорость перемещения зерна

$$v_3 = 0,034 + 0,13(Q_6 / F_c)^{1,66}. \quad (7.3)$$

Что представлено в виде графика на рисунке (7.4).

Зерносмесь поступает из приемного устройства на ситовой кузов, где переходит в псевдооживленное состояние: легкие примеси «всплывают» в верхний слой, а тяжелые – в нижний. Ситовой кузов совершает возвратно-поступательное движение. Вследствие направленных колебаний и аэрации происходит псевдооживление и само-сортировка. Одновременно с расслоением потока на первом сите проходом выделяются мелкие примеси ( $\varnothing 2$ ). На последующем втором сите ( $\varnothing 9$ ) проходом в начале сита выделяются крупное тяжелое зерно, а после прохода тяжелого зерна из нижнего слоя, во второй части второго сита просеивается проходом легкое зерно из верхнего слоя.

Регулировки и настройки на правильную работу концентраторов аналогичны настройке камнеотборников.

В настоящее время выпускаются две модификации концентраторов, включенных в высокопроизводительное комплектное оборудование мукомольных заводов и элеваторов: **A1-БЗК-9** и **A1-БЗК-18**, отличающиеся друг от друга производительностью – фактически модель A1-БЗК-18 содержит две секции, представляющие собой модель A1-БЗК-9.

Таблица 7.3 – Краткая техническая характеристика концентраторов

Показатели	A1-БЗК-9	A1-БЗК-18
1	2	3
Производительность, т/ч	6,3	12,7
Число сит	2	4
Размер сит, мм	1000x680	1000x680
Частота колебаний, 1/мин	920	920
Амплитуда колебаний, мм	1...3	1...3
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	75	150
Масса, кг	670	1200

### **7.5 Пневматические сортировальные столы**

Пневматические сортировальные столы работают на том же принципе что и концентраторы, но без сит. Технологический процесс разделения смеси заключается в следующем (рисунок 7.5).

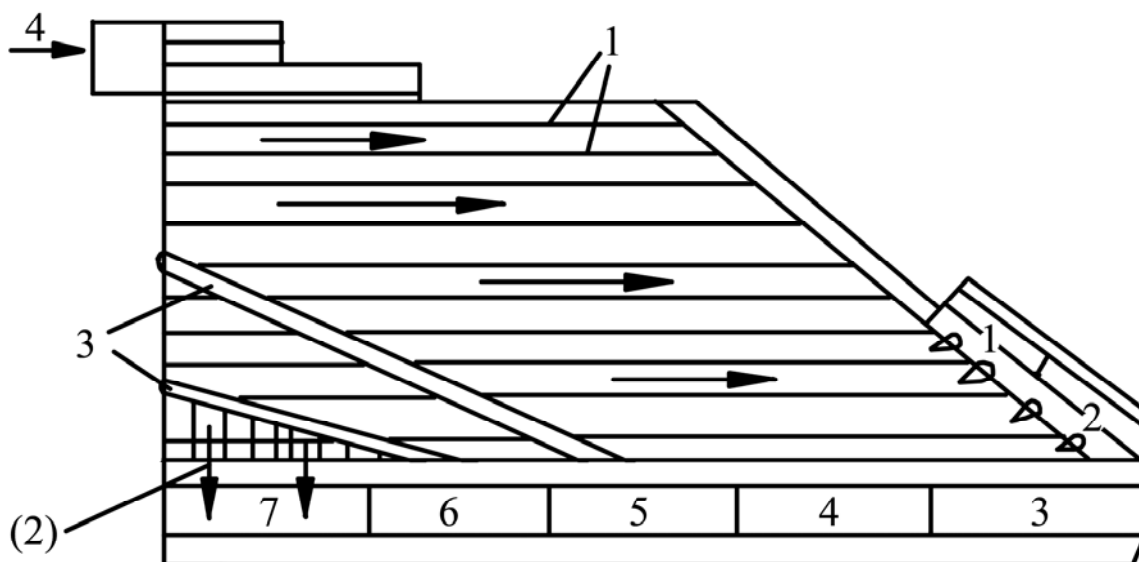


Рисунок 7.5 - Схема пневматического сортировального стола типа ПСС-2,5 и СПС-5

Дека колеблется от привода. Дека – представляет собой раму с натянутой сеткой с отверстиями 0,5..0,6 м. На деке вдоль расположены планки (слева направо) высотой 3...6 мм (рейки). Дека имеет наклон в продольной и поперечной плоскостях.

Смесь поступает на верхнюю часть деки, воздух пронизывает деку и слой зерносмеси. Зерносмесь псевдооживается, разделяясь на два слоя: в верхнем слое легкие составляющие, в нижнем - тяжелые.

Тяжелые частицы движутся вниз по деке вдоль реек (планок) (1), а легкие части движутся выше этих реек, поперек их по стрелке (2). Поток и степень разделения регулируется планками (3), сдвигая часть верхнего слоя вправо, если там много тяжелого зерна.

Смесь поступает в приемное устройство (4). Регулируется также частота, амплитуда колебания деки, скорость воздушного потока, подача зерносмеси.

В пневматических сортировальных столах ПСС-2,5 и СПС-5 воздух не нагнетается, а всасывается. Площадь сортирования СПС-5 в 2 раза увеличена, поэтому и производительность его в 2 раза больше (5 т/ч).

## 7.6 Фрикционные и спиральные сепараторы

Семена основных культур и сорняков отличаются по разным признакам. В зерносмесьях имеют место примеси, отличающиеся свойствами по степени шероховатости и по форме.

По фрикционным свойствам примеси можно выделить на следующих устройствах.

7.6.1 По фрикционным свойствам примеси можно выделить на фрикционных сепараторах, их называют еще горками (рисунок 7.6). Через питающее устройство подается зерновая смесь. Сортировальная поверхность в виде непрерывной ленты движется верхней ветвью снизу вверх, по направлению  $v_l$ . Горка устанавливается под углом  $\alpha$ , обеспечивающим скатывание вниз по ленте со скоростью  $v_3$  гладкого основного (по направлению  $v_3$ ) зерна и подъем вверх (по направлению  $v_{пр}$ ) по ленте шероховатых примесей (за счет большего коэффициента трения).

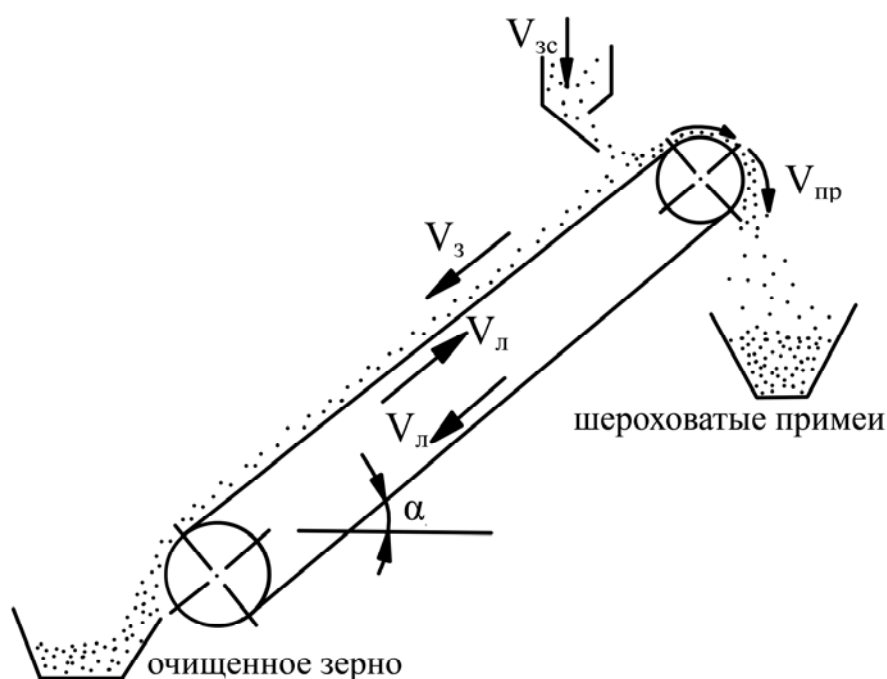


Рисунок 7.6 - Схема зерноочистительной горки (сепаратора)

## 7.6.2 Спиральные сепараторы («змейки»)

Зерновая смесь, поступающая на верхнюю часть «змейки» (винтовой, спиральной поверхности), отличается формой, плотностью и шероховатостью. Круглые и плотные семена  $m_k$  имеют большую центробежную силу, поэтому приобретают большую скорость, чем легкие и плоские  $m_{пл}$ .

Эти условия опишутся следующим неравенством:

$$m_k \omega_k^2 r_k > m_{пл} \omega_{пл}^2 r_{пл}, \quad (7.4)$$

где  $m_k$  - плотные семена;

$m_{пл}$  - плоские семена.

Следовательно, круглые и плотные составляющие  $m_k$  зерносмеси стремятся к периферии, плоские к центру. Из этих областей и происходит раздельно их отвод (рисунок 7.7).

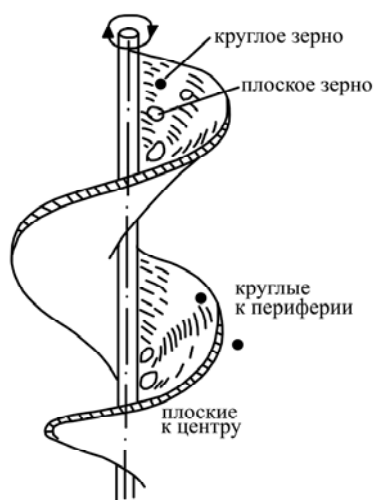
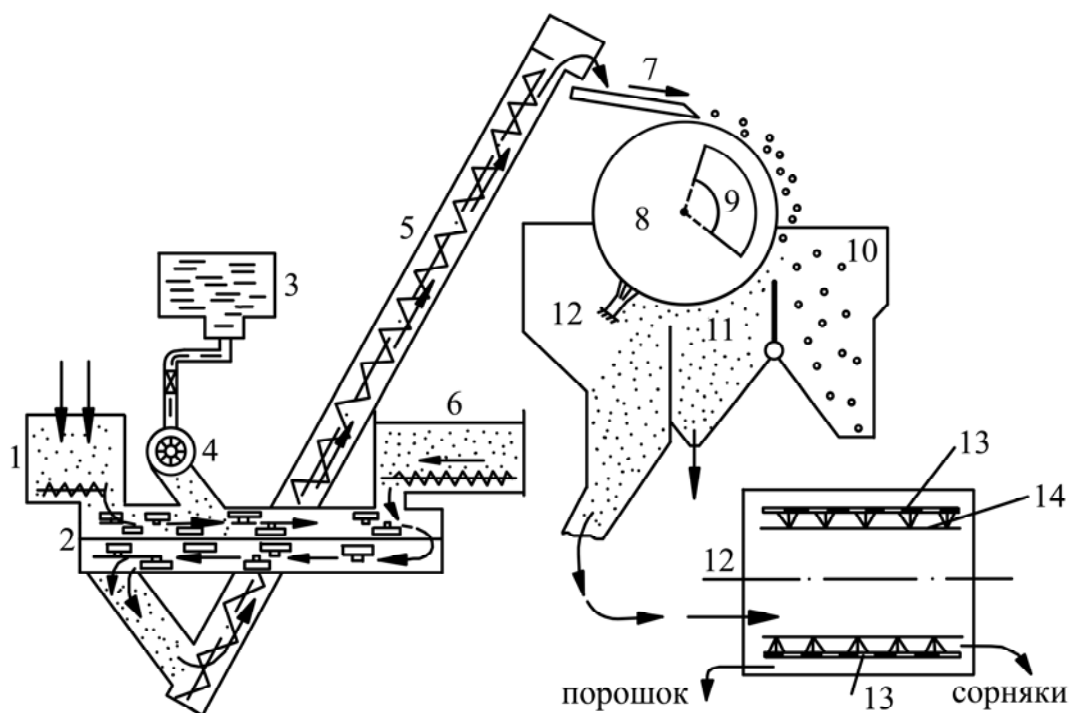


Рисунок 7.7 – Спиральный сепаратор «змейка»

## 7.7 Электромагнитные сеяочистительные машины типа ЭМС-1, СМЦ-0,4



1 - приемный бункер; 2 - смеситель; 3 - бак с водой; 4 - увлажнитель; 5 - шнековый транспортер; 6 - емкость с магнитным порошком; 7 - вибрационный распределитель семян; 8 - электромагнитный барабан; 9 - электромагнит; 10 - приемник гладкого чистого зерна; 11 - приемник промежуточной фракции зерна; 12 - приемник примесей в порошке; 12 - приставка для очистки семян сорняков от магнитного порошка; 13 - цилиндрическое решето приставки; 14 - щеточно-обочный барабан.

Рисунок 7.7 - Схема электромагнитной сеяочистительной машины СМЦ-0,4 (аналогична схема у ЭМС-1)

Исходное зерно поступает в приемное устройство (бункер) 1, из него в смеситель 2, где увлажняется с помощью увлажнителя 4. Смеситель двухрядный. Сюда же поступает магнитный порошок, и при смешивании обволакивает некачественные шероховатые семена и не обволакивает высококачественные гладкие. Шнеком 5 подается зерносмесь на вибратор 7 и с него - на электромагнитный барабан. Некачественные семена и примеси в

порошке притягиваются к барабану 8, а гладкие качественные отлетают в приемник 10. От магнитного порошка семена сорняков очищаются в специальной приставке 12, которая состоит из цилиндрического решета 13 и щеточно-обочного барабана 14, с помощью которого обивается порошок и проходом через сито 13 удаляется.



## **8 Машины для сухой, мокрой и тепловой (паровой) обработки зерна**

### 8.1 Машины для сухой обработки поверхности зерна

#### 8.1.1 Назначение и область применения

#### 8.1.2 Классификация

#### 8.1.3 Обоечные машины (горизонтальные)

##### 8.1.3.1 Машины для цехов с механическим транспортом

##### 8.1.3.2 Машины для цехов (заводов) с внутрицеховым

пневмотранспортом

##### 8.1.3.3 Обоечные машины для заводов с комплектным оборудованием (горизонтальные)

#### 8.1.4 Щеточные машины

#### 8.1.5 Энтолейторы

### 8.2 Машины для обработки зерна водой

#### 8.2.1 Назначение, область применения, принцип действия, классификация

#### 8.2.2 Машины для увлажнения зерна

#### 8.2.3 Машины для мойки зерна

### **8.1 Машины для сухой обработки поверхности зерна**

8.1.1 Машины для сухой обработки зерна имеют разную конструкцию и предназначены для очистки поверхности зерна от прилипшей пыли, грязи и частичного отделения плодовых оболочек и зародыша, а так же для шелушения овса и ячменя. Кроме того, обоечные машины применяются так же и на элеваторах для обламывания остей овса, ячменя и риса, что облегчает последующую после хранения разгрузку силосов.

Итак, машины для сухой обработки поверхности зерна применяются в основном на мельзаводах, крупзаводах и комбикормовых заводах, а так же на элеваторах.

В технологической цепи они занимают место перед размолом или перед щеточными машинами.

Щеточные машины предназначены для более тщательной очистки поверхности и бороздки зерна и снятия с зерна надорванных оболочек появившихся при обработке обоечными машинами. Они устанавливаются после обоечных машин.

В подготовительном цехе мельзавода обоечные машины используются дважды: вначале после триерного блока или концентратора и после отволаживания.

Первый этап обработки заключается в том, что после первого применения обоечных машин типа РЗ-БМО-6 или РЗ-БГО-6 зерно направляется для очистки от легких примесей.

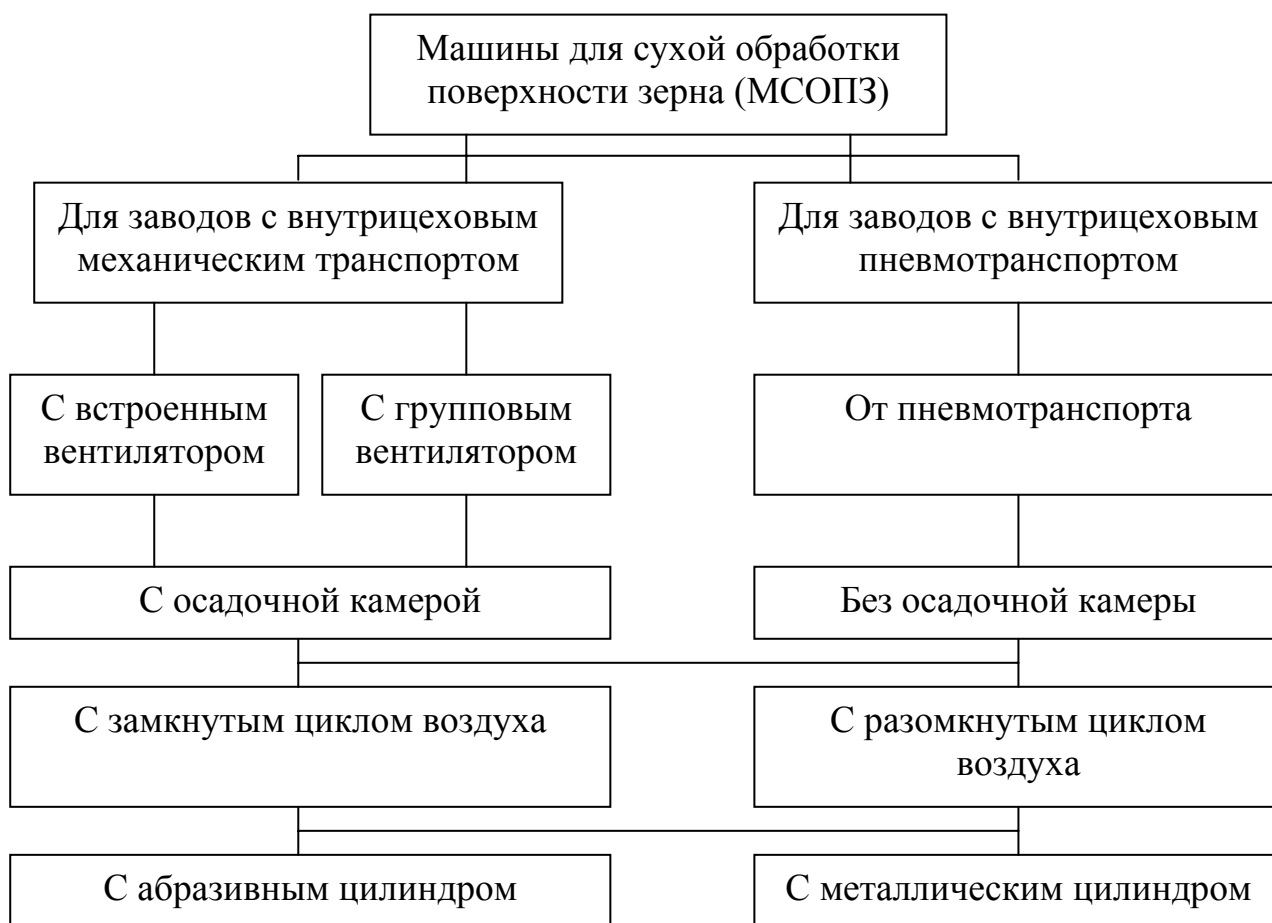
На втором этапе *зерновая смесь очищается от примесей в воздушном сепараторе*, после направляется на мокрое шелушение. Второй раз поверхность зерна обрабатывается в машинах типа РЗ-БМО-12 или РЗ-БГО-8.

Возможен третий этап (после второго этапа), заключающийся в механическом обеззараживании на энтолейторах типа РЗ-БЭЗ.

После обработки энтолейторами возможен четвертый этап - удаление разрушенных зерен и легких примесей на воздушном сепараторе типа РЗ-БАБ.

Последний этап использования энтолейторов-стерилизаторов типа РЗ-БЭМ - на заключительном этапе производства муки (обеззараживание ее после контрольных рассевов).

## 8.1.2 Классификация (эта и другие схемы представлены на мультимедиа)



### 8.1.3 Обоечные машины

#### 8.1.3.1 Машины для цехов, оборудованных с механическим транспортом

Основным рабочим органом этих машин является вращающийся бичевой ротор и охватывающий его неподвижный ситовой цилиндр. В некоторых моделях вместо ситового цилиндра используется абразивный цилиндр.

Технологический процесс обоечной машины заключается в том, что под действием бичей барабана (ротора) зерно, ударяясь, отлетает к ситовому цилиндру и так многократно, при этом обивается приставшая к поверхности пыль, мелкий песок, оболочки, бородка, и отделяется через ситовой барабан.

Если вместо ситового цилиндра - абразивные, то продукты обоечного процесса (пыль и зерно) направляются в воздушные сепаратор, где и разделяются.

*Обоечные машины типа ЗНМ (ЗНМ-2,5; ЗНМ-5)*

Состоят из разъемного абразивного цилиндра, внутри которого расположен бичевой ротор с продольными бичами, аспирационного-осадочного устройства, привода, корпуса. Рабочую поверхность образуют абразивные сменные вкладыши.

Зерно поступает в цилиндр, подхватывается бичами, под действием бичей и абразивной поверхности происходит отделение пыли, песка. Воздухом, создаваемым вентилятором или из аспирационной сети, пыль отделяется, выносится в аспирационную камеру, где более тяжелые составляющие оседают, а легкие уносятся с воздухом по центральной аспирационной сети.

Эффект очистки зерна зависит от частоты вращения бичевого ротора (бичевого), зазора и поступления зерна.

*Обоечные машины типа ЗОМ (ЗОМ-5)* отличаются от ЗНМ тем, что цилиндр не абразивный, а металлический (стальной) и бичи не продольные, а радиальные. На роторе кроме радиальных бичей установлен вентилятор. В осадочной камере также осаживается пыль, песок и оболочка, мелкие составляющие с воздухом уносятся. Осадочная камера разгружается с помощью шнека, расположенного в нижней части.

#### 8.1.3.2 *Машины для цехов с пневмотранспортом зерна*

Наибольшее использование получили машины типа ЗНП и ЗМП. Машины ЗНП-5 и ЗНП-10 с абразивным цилиндром, а ЗМП-5 и ЗМП-10 - с металлическим цилиндром - в том их основное отличие. Технологический процесс работы их заключается в следующем. Зерно поступает в цилиндр (в

Таблица 8.1 - Техническая характеристика обочных машин, устанавливаемых в цехах с механическим транспортом зерна (ЗНМ и ЗОМ)

Показатели	Значение показателей по марке		
	ЗНМ-2,5	ЗНМ-5	ЗОМ-5
Производительность, т/ч	2,5	5	5
Снижение зольности зерна, %	0,03...0,05	0,5...1,0	0,02...0,03
Частота вращения бичевого барабана, об/мин	456...490	336...400	900...1000
Зазор, мм	17...25	20...35	
Уклон бичей	1:10 (0,1)	1:8,5 (0,085)	
Масса, кг	920	1800	930
Примечание: В марке буква М обозначает, что машина предназначена для цехов с механическим транспортом зерна.			

приемочном устройстве есть сетка для отделения крупных примесей, в некоторых моделях - магнитное устройство, отделяющее металломагнитные включения), бичами обрабатывается и перемещается в другой конец цилиндра. На этом конце вала ротора установлена крыльчатка, которая захватывает обработанное зерно (зерно и отделенную пыль, грязь, песок, оболочку, бородки) и, придавая им начальную скорость, выбрасывает в пневмотранспортный канал.

Таблица 8.1 – Техническая характеристика машин

Показатели	ЗНП-5	ЗНП-10	ЗМП-5	ЗМП-10	ЗНЛ-5
Производит., т/ч	5	10	5	10	5
Снижение зольности, %	0,03-0,05	0,03-0,05	0,02-0,03	0,02-0,03	0,04-0,06
Частота, об/мин	490	415	600	415	415
Зазор, мм	17	20	17	20	25
Диаметр цил., мм	600	790	600	790	790
Площадь рабочей поверхности, м <sup>2</sup>	2,0	4,3	2,0	4,3	4,3

### 8.1.3.3 Обоечные машины для заводов с комплектным оборудованием

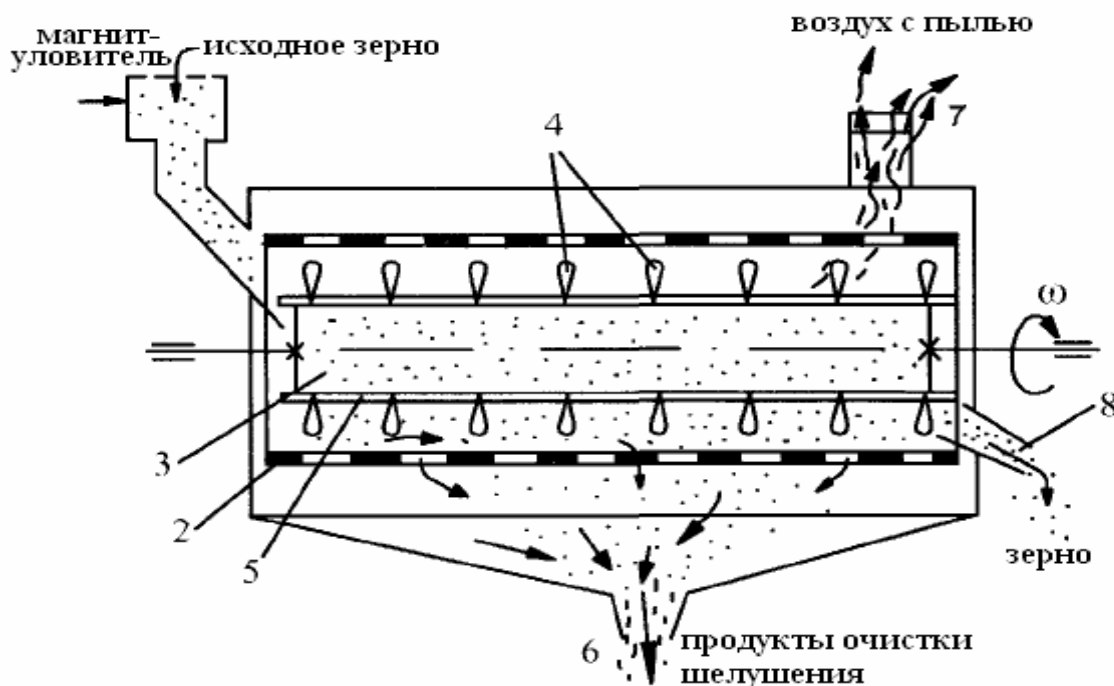
#### Горизонтальная обоечная машина типа РЗ-БГО-6

Назначение этого типа машин описано выше.

Состоит машина из ситового невращающегося цилиндра 2 (рисунок 8.1), бильного (бичевого) ротора (барабана) 3, гонков 4, приемного устройства 1, патрубка 7.

Технологический процесс работы машины состоит в следующем.

В патрубок 1 поступает исходное зерно в неподвижный ситовой цилиндр 2. Зерно подвергается многократным ударам бичей 5, очищается от пыли, песка, грязи, оболочки, бородки. Продукт очистки проникает проходом через ситовой цилиндр 2, а зерно чистое сходом с цилиндра перемещается гонками 4, укрепленными на бичах 5, к патрубку выхода зерна 8. Продукты очистки, пройдя проходом через ситовой цилиндр 2, ссыпаются через патрубок 6. Пыль с воздухом вытягивается через аспирационный патрубок 7.



1 - приемное устройство; 2 - ситовой невращающийся цилиндр; 3 - бильный вращающийся ротор (барабан); 4 - гонок, перемещающий массу сходом к выходу (патрубку) зерна 8; 5 - бич; 6 - патрубок выхода продуктов очистки и шелушения; 7 - патрубок аспирационный.

Рисунок 8.1 - Схема горизонтальной обоечной машины типа РЗ-БГО-6

### *Горизонтальная обоечная машина РЗ-БГО-8*

Принцип работы аналогичен машине РЗ-БГО-6. Отличается компоновкой элементов и производительностью (8 т/ч против 6 т/ч). Зерно на очистку поступает не с торца, а в середине неподвижного ситового цилиндра и далее технологический процесс идет от центра направо и налево, соответственно гонки (пластины) право- и левоотвальные. Перед приемным устройством устанавливается магнитная защита (типа сепаратора).

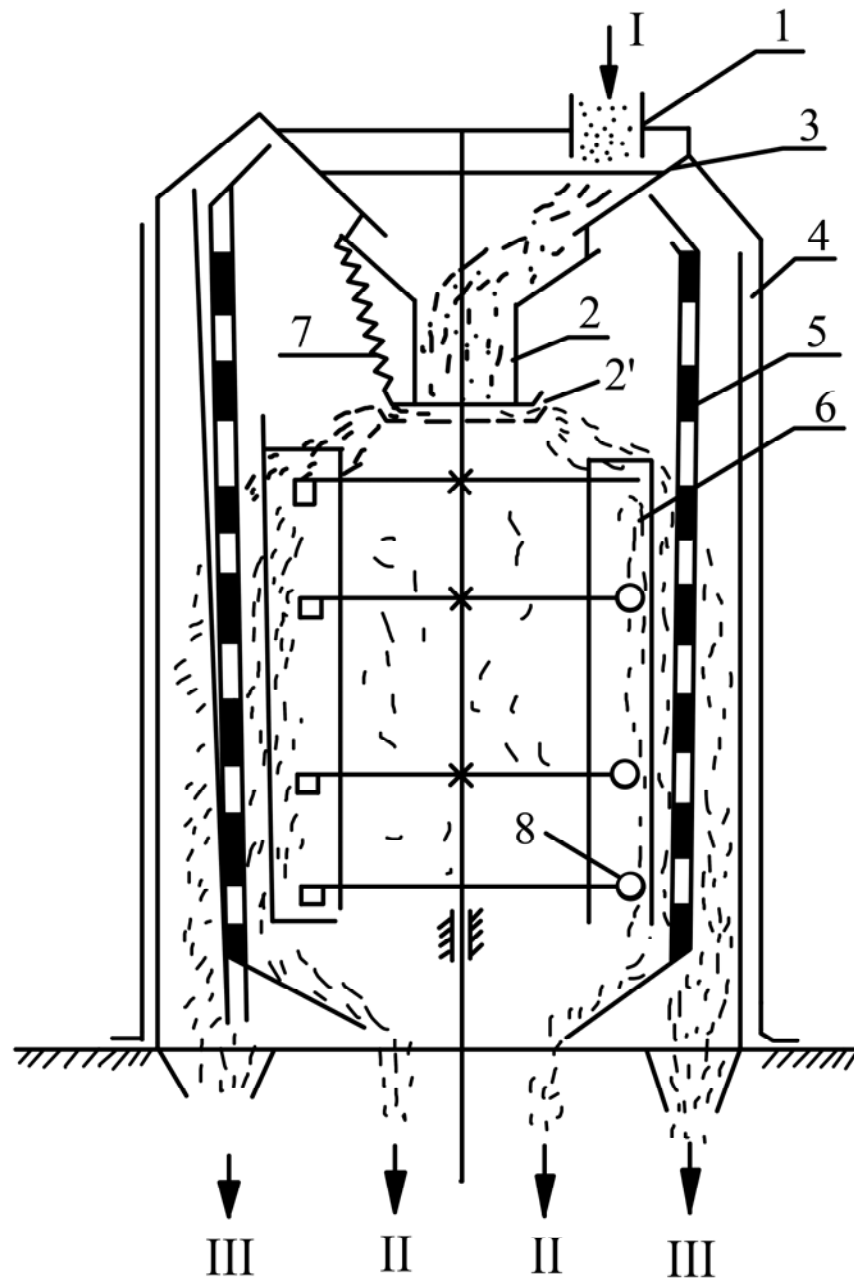
Настройки и регулировки:

- перед пуском проверяют затяжку всех креплений;
- зазор (расстояние) между бичами и цилиндром устанавливают таким, чтобы была эффективная обработка и не было бы боя зерна;
- распределительный диск в приемном устройстве устанавливают так, чтобы он плотно прилегал к питающему цилиндру;
- грузовой клапан регулируют так, чтобы он был слегка прижат;
- при износе ситового цилиндра, его заменяют;
- при износе бичей заменяют полный комплект во избежание дисбаланса барабана. При поломке одного бича и его замене необходимо заменить противоположный бич, равный по массе первому.

### **Вертикальные обоечные машины**

Наибольшее распространение получила обоечная машина типа РЗ-БМО. Технологический процесс машины РЗ-БМО-6 заключается в следующем. Исходное зерно поступает в приемный патрубок (1), (рисунок 8.2). Из него оно поступает в питающую двухконусную воронку (3), из воронки - в питающее устройство (2) в виде цилиндра, дном которого является тарельчатый диск, поджатый к питающему устройству (2) тремя пружинами (7). Под действием веса зерна пружины растягиваются, тарельчатый диск опускается, и зерно поступает в рабочую камеру в бичевой ротор и ситовой цилиндр. Под действием бичей зерно ударяется еще и о ситовой цилиндр, обивается от пыли,

грязи, песка, бородок, зародыша, плодовых оболочек, все это проникает проходом через ситевой цилиндр и проходит между ситовым цилиндром и корпусом, нисходящим потоком III выводится из машины. Очищенное зерно внутри ситового цилиндра сходом вниз потоком II выводится из машины.



1 - приемный патрубок; 2 - питающее устройство; 3 - загрузочная двухконусная воронка; 4 - корпус; 5 - ситовой; цилиндр; 6 - бич бичевого ротора (барабана).

Рисунок 8.2 - Вертикальная обоечная машина РЗ-БМО-6



Кроме РЗ-БМО-6 выпускается и устанавливается в комплектном оборудовании обоечная машина РЗ-БМО-12. Толщина ситового цилиндра 3 мм, размеры отверстий сетки 1,0x1,8 мм. Зазор между бичами и цилиндром 22...28 мм, который регулируется с помощью болтов крепления бичей через овальные отверстия.

### **8.1.5 Щеточные машины**

*Назначение и место в технологическом процессе.*

Назначение - очистка поверхности зерна пшеницы и ржи от пыли, а также снятие надорванных оболочек, образующихся в результате пропуска через обоечные машины.

Место в технологическом процессе - на мукомольных заводах сортового помола с комплектным оборудованием в зерноочистительном отделении после второго пропуска зерна через обоечные машины.

Классификация щеточных машин проведена по следующим признакам

1. По расположению основного рабочего органа:

- с вертикальной осью вращения щеточного барабана;
- с горизонтальной осью щеточного барабана.

2. По типу транспортирования зерна в цехе:

- машины для цехов с механическим транспортированием зерна (типа А1-БЩМ5, А1-БЩМ-10, А1-БЩМ-12);
- машины для цехов с пневмотранспортом зерна (типа А1-БЩП-5, А1-БЩП-10, А1-БЩП-12).

Щеточная машина типа А1-БЩП-12 (рисунок 8.3). Эта машина состоит из щеточного ротора (барабана), щеточной деки, питающего устройства выгрузного шнека, подающего зерно к побудителю. Побудитель обеспечивает подачу зерна в пневмотранспорт (продуктопровод).

Технологический процесс работы машины заключается в следующем.

Исходное зерно поступает в питающее устройство и с помощью верхнего шибера – 2 равномерно подается в рабочую зону – в зазор между барабаном и

подбарабаньем (декой), где под действием щеток очищается от пыли, надорванных оболочек, боронок и прочее. После выхода из щеточного барабана, содержащего барабан и щеточное подбарабанье, мелкие примеси удаляются аспирацией, регулируемой верхним шибером -1. Очищенное от примесей основное зерно с помощью шнека (на рисунке 8.3 он повернут на  $90^{\circ}$ ) и бросателя – побудителя подается в пневмозернотранспортер (продуктопровод), который транспортирует его по назначению (в соответствии с цеховым и заводским технологическим процессом).

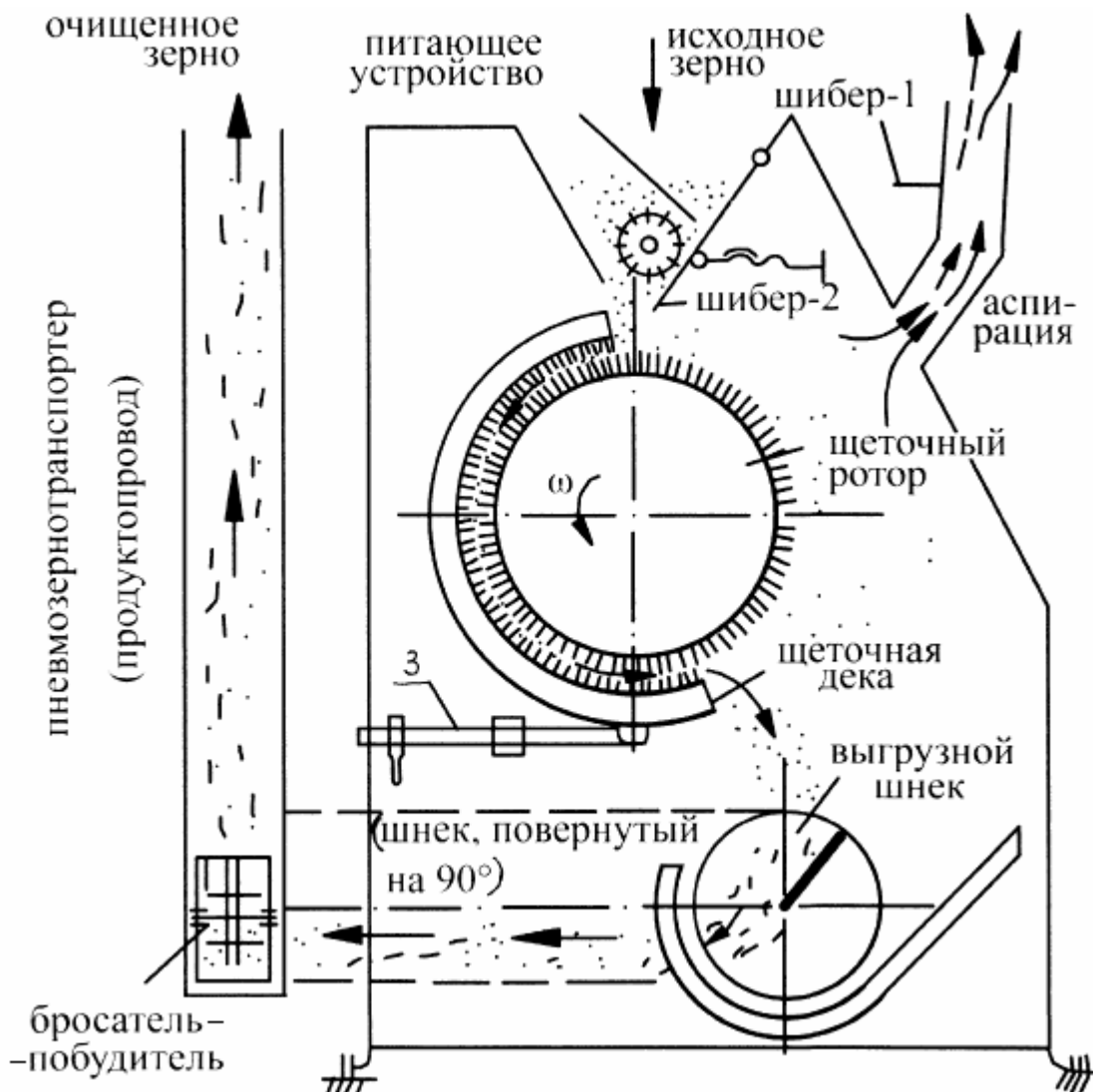


Рисунок 8.3 - Щеточная машина типа А1-БЩП-12 (А1 – код разработчика; Б - для мельзаводов; Щ - щеточная; П - для цехов с пневмотранспортом; БЩМ-М - с мехтранспортом в цехе)

Регулировки (принципы регулирования) машины:

- равномерность подачи зерна в барабан;
- зазор между барабаном (ротором) и подбарабаньем (декой);
- скорость воздушного потока аспирации.

Равномерность подачи зерна регулируется шибером – 2. Зазор между щеточным ротором и шибером 2 составляет 2 мм, регулируется винтом, приближавшим или удаляющим кромку его.

Зазор между барабаном и подбарабаньем (декой) регулируется устройством 3, позволяющим параллельно перемещать деку и устанавливать зазор 4...8 мм (на выходе). Контролируют зазор не реже одного раза в 2 месяца. Смещение указателя (стрелки) на половину деления на шкале соответствует изменению зазора 1 мм. Если указатель достиг последнего деления, барабан и дека (щеточки) износились, требуется замена.

Скорость аспирации регулируется верхним шибером, увеличивая или уменьшая проходное аспирационное сечение. Если легкие отходы не уносятся, а попадают с очищенным зерном - шибер открывают, если с отходами попадает хорошее зерно - прикрывают.

Таблица 8.2 – Техническая характеристика щеточных машин

Показатели	A1-БЦП-5	A1-БЦП-10	A1-БЦП-12
	A1-БЦМ-5	A1-БЦМ-10	A1-БЦМ-12
Производительность, т/ч	5	10	12
Снижение зольности зерна, %	0,02-0,04	0,02-0,04	0,02-0,04
Дробление, %	0,9	0,9	0,9
Частота вращения ротора, об/мин	325	325	325
Габариты: длина, мм	1650	2300	1930
ширина, мм	1370	1550	900
высота, мм	1550	1550	2200
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	7,5	4,0
Размеры щеточного ротора:			
диаметр, мм	360	360	360
длина, мм	1070	1570	1575

### 8.1.5 Энтолейторы

На мукомольных заводах с комплектным оборудованием энтолейторы используют для различных технологических операций:

- для стерилизации (обеззараживания) зерна и муки;
- для дополнительного измельчения продуктов размола зерна после вальцовых станков (крупок и дунстов).

*Энтолейтор типа РЗ-БЭЗ.* Предназначен для обеззараживания зерна (РЗ – код разработчика, Б - для мукомольных заводов, Э - энтолейтор, З - зерновой).

Зерно исходное поступает (рисунок 8.4) в приемный патрубок 2, попадает в ротор, который состоит из двух дисков 4. Между дисками 4 в два ряда установлены втулки 3, о которые зерно обрабатывается путем удара. Диски соединены между собой винтами, проходящими через втулки. Ротор приводится в движение от двигателя через ременную передачу (у РЗ-БЭМ - на валу электродвигателя ротор). Диаметр дисков 430 мм. Расстояние между дисками 35 мм. Диаметр втулок наружного ряда 14 мм, внутреннего - 10 мм. Ротор, вращаясь втулками, наносит удары по зерну, уничтожая микроорганизмы и насекомые. Из ротора по отражательному кольцу зерно уходит вниз и через выпускной патрубок 5 выводится за пределы машины. Образующиеся путем измельчения примеси удаляются последующей в линии операций - сепарацией на сепараторе, например, БЗ-БАБ.

Уничтожаемость живых организмов, например долгоносиков, составляет 95,4 %, обеззараживание зерна - 68,9 %, разрушение изъеденных зерен -73,3 % увеличение содержания битых полноценных зерен не превышает 1 %.

*Энтолейтор РЗ-БЭМ* - предназначен для уничтожения вредителей муки перед подачей ее с мукомольного завода в склад бестарного хранения ( в марке машины буква М обозначает - для обработки муки).

Уничтожаемость живых организмов, например долгоносиков, составляет 95,4%, обеззараживание зерна - 68,9 %, разрушение изъеденных зерен -73,3 % увеличение содержания битых полноценных зерен не превышает 1 %.

*Энтолейтор РЗ-БЭМ* - предназначен для уничтожения вредителей муки перед подачей ее с мукомольного завода в склад бестарного хранения (в марке машины буква М обозначает - для обработки муки).

Процесс стерилизации (обеззараживания) муки в РЗ-БЭМ аналогичен РЗ-БЭЗ. Эффективность: уничтожение живых организмов 99,9 %, скрытой зараженности (яйца, личинки, куколки) - 94,63 %, гусениц мельничной огневки - 100 %, мука при этом дополнительно не измельчается.

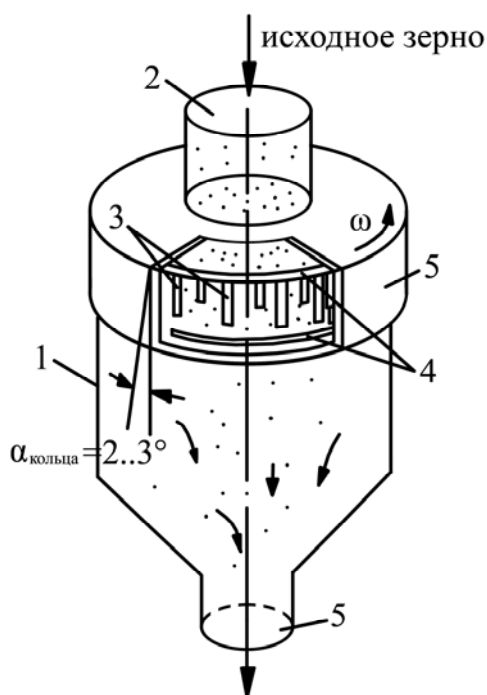


Рисунок 8.4 - Энтолейтор РЗ-БЭЗ

Оперативного регулирования энтолейторы не требуют и регулировочных устройств не имеют. У этого энтолейтора устройство отличается тем, что привод смонтирован в самом корпусе - ротор на оси электродвигателя.

*Энтолейтор РЗ-БЭР* предназначен для дополнительного измельчения крупок и дунстов после вальцовых станков с шероховатыми вальцами 1...3 размольных систем. В размольном отделении устанавливают 10 энтолейторов РЗ-БЭР (в марке энтолейторы РЗ-БЭР последняя буква Р обозначает -



- очистка (мойка) зерна снаружи, особенно бороздок от пыли и микроорганизмов;
- удаление (гидравлическое) легких и тяжелых примесей;
- увлажнение, при котором влага или пар проникают в определенном количестве в оболочку, не попадая в эндосперм.

*Очистка осуществляется* путем мойки, отстаивания и удаления грязи.

*Удаление легких и тяжелых примесей* осуществляется так же путем их отстаивания и удаления.

*Увлажнение производят* с тем, чтобы изменить структуру зерна, распределяя влагу между оболочкой и эндоспермом с минимальным увлажнением эндосперма. В результате ослабляются связи между оболочкой и эндоспермом при этом появляется расклинивающее действие воды и создает напряженное состояние капилляров набухших оболочек, концентрируются напряжения - все это в совокупности обуславливает легкое отделение оболочек от эндосперма с минимальными затратами энергии и минимальной потерей эндосперма.

При пребывании зерна в холодной воде проникание ее сквозь оболочку минимальное. После последующего центрифугирования зерна на поверхности его остается не более 1...2% воды.

Теплая вода активнее, лучше удерживается, на поверхности зерна, и зерно увлажняется быстрее. Так при  $t_{\text{воды}}=20^{\circ}\text{C}$  через 5с на зерне остается 20 % воды, при  $t_{\text{воды}}=40^{\circ}\text{C}$  воды на зерне остается 11 %. Но после центрифугирования на нем остается почти одинаковое количество воды - 1,7 и 2,0 %.

Вода с повышенным содержанием активного хлора лучше удаляет грязь и микроорганизмы, чего трудно добиться сухой очисткой.

### *Место в машинно-аппаратурной схеме*

В технологии производства сортовой муки этап увлажнения и отволаживания зерна имеет важное значение. Выход муки высоких сортов, да и выход вообще муки зависит от техники и технологии обработки зерна водой. Процесс размола зерна и его промежуточных продуктов построен по принципу последовательного измельчения. Следовательно, его необходимо вести так, чтобы частицы эндосперма дробились значительно легче, чем оболочная часть зерна. Поэтому в процессе увлажнения и отволаживания оболочка становится пластичнее и меньше разрушается, а ядро (эндосперм) сухое, хрупче - лучше дробится. В этом принцип размола с применением в технологии увлажнения и отволаживания с одновременным шелушением - отделением оболочки от ядра.

На мукомольных заводах с комплектным оборудованием применяется два варианта водной обработки.

Первый вариант обработки: первичное увлажнение на 1,5...2 % с одновременным шелушением поверхности зерна в машинах мокрого шелушения А1-БМШ. Возможно дополнительное последующее одно- или двукратное увлажнение в увлажнительном аппарате типа А1-БУЗ капельно-жидкой распыленной влагой. Здесь возможно широкое варьирование степенью увлажнения и временем отволаживания.

Сточные воды и отходы после А1-БШ М обрабатывают в сепараторе А1-БСТ, где происходит первичное отделение жидкости.

Мокрые отходы прессуют в шнековом прессе Б6-БПО, сушат в первичной сушилке У2-БСО.

Второй вариант обработки: увлажнение в машинах интенсивного увлажнения типа А1-БШУ, где зерно обрабатывается с минимальным расходом воды без мочных отходов и сточных вод.



## Классификация машин для обработки зерна водой

Классификация этого типа машин осуществляется по следующей схеме.

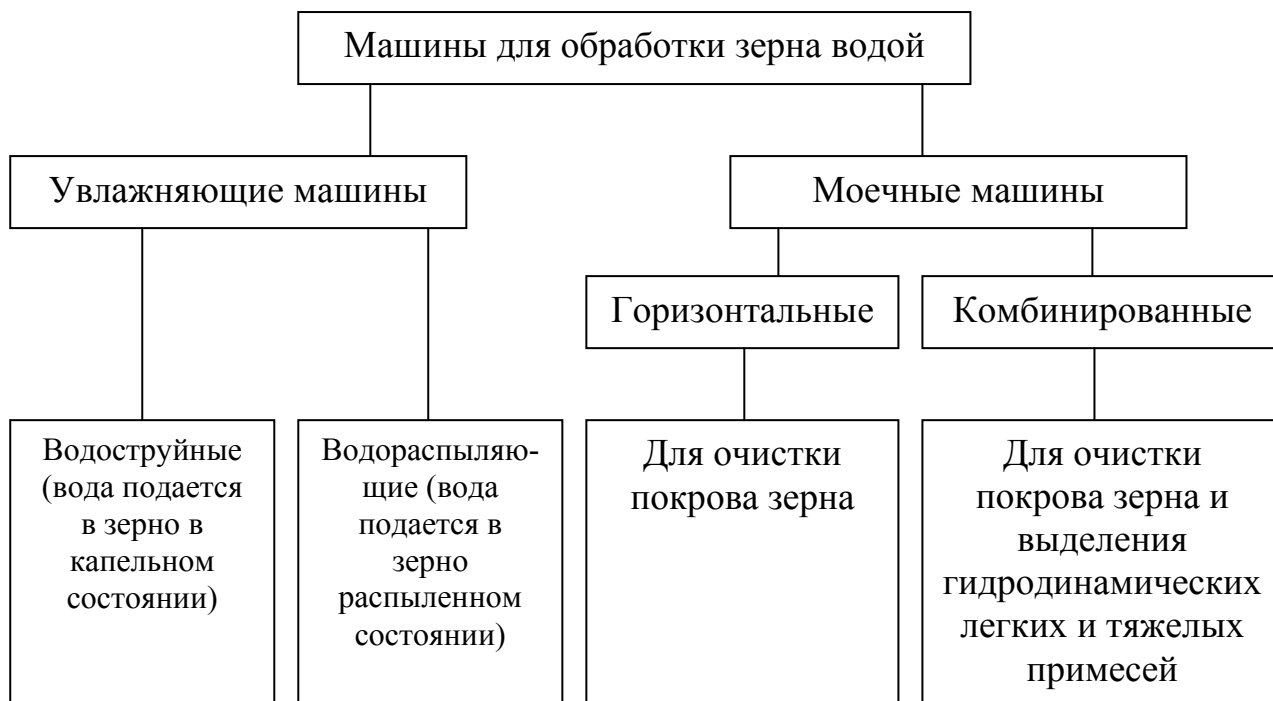


Рисунок 8.5 - Классификация машин для обработки зерна водой

### 8.2.2 Машины для увлажнения зерна

#### *Водоструйные увлажнительные машины типа ЗЗМ-2*

Эти машины без гидропривода. Работают следующим образом. Зерно, поступая в машину, попадает на лопастное колесо и вращает его, оно в свою очередь приводит колесо с ковшами, которые вычерпывают воду из резервуара и выливают в шнек с зерном. В шнеке зерно с водой перемешивается, увлажняя его. Производительность - 5,0 т/ч. Увлажнение - до 1 %.

#### *Водораспыливающие машины*

Машина типа БУВ-10. Эта машины устанавливается на заводах с некомплектным оборудованием.

Технологический процесс работы заключается в следующем (рисунок 8.6).

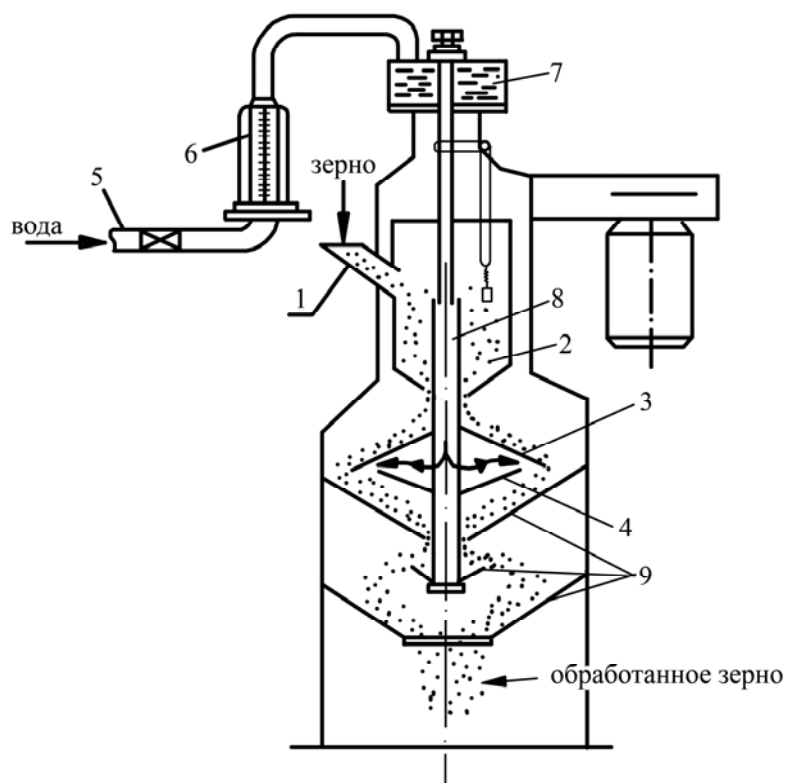


Рисунок 8.6 - Технологическая схема водораспыливающей машины БУЗ-10

Зерно поступает через приемный патрубок 1 в бункер 2, из которого поступает на распределительный корпус 3, под которым находится распыливающий воду диск 4. Вода поступает из трубопровода 5 через ротаметр 6 в бачек 7. Из бачка 7 через дозирующее устройство вода попадает в полый вал 8, по которому поступает на распыливающий диск 4 и с него - в поток зерна, смачивая его. Дополнительно зерно перемешивается на смесителях 9 и поступает вниз за пределы машины.

*Увлажнительная машина комплектного оборудования типа А1-БУЗ и А1-БАЗ*

У этих двух марок одинаковый принцип действия и идентичное устройство. Отличается тем, что у А1-БУЗ вода распыляется форсункой при

довольно большом расходе (300 л/ч), а в А1-БАЗ - распыляется с помощью дополнительного мембранного компрессора, подающего сжатый воздух, обуславливающий лучшее распыление воды при минимальном ее расходе (50 л/ч).

Машина А1-БАЗ (рисунок 8.7 и схемы мультимедиа). Основными узлами являются: компрессор для подачи распыляющего воду воздуха; смесительный шнек. Зерно подается через приемное устройство 1 в шнек 2. В шнек через смеситель 3 также поступает распылённая вода. Зерно шнеком перемешивается, транспортируется, и уводится в увлажненном состоянии за пределы машины через патрубок 4.

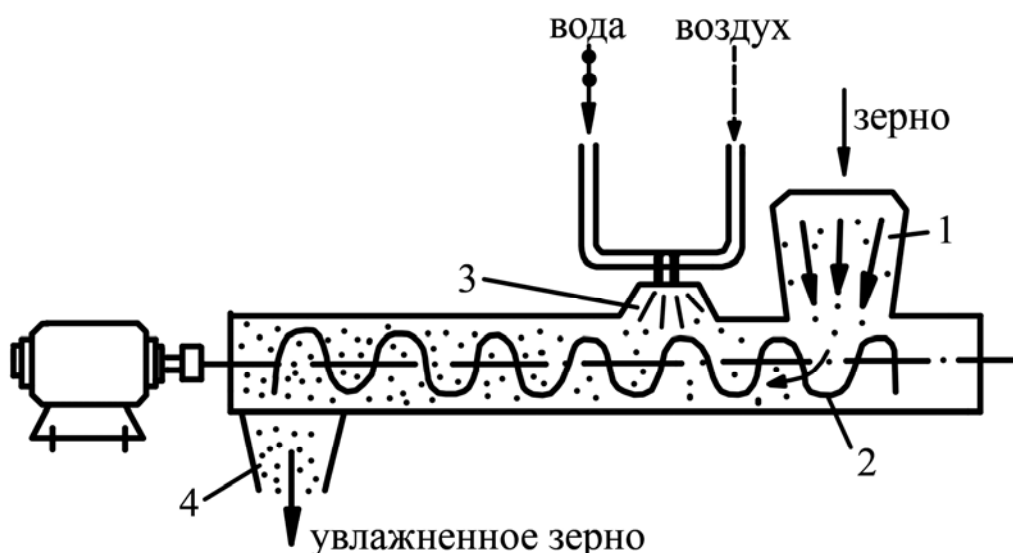


Рисунок 8.7 - Схема машины увлажнительной А1-БАЗ

Машина А1-БУЗ отличается в основном тем, что вода распыляется и попадает в зерна форсункой. Форсунка распыляет воду без подачи воздуха под давлением и винтового распылителя.

Таблица 8.4 – Техническая характеристика увлажнительных аппаратов

Показатели	А1-БУЗ	А1-БАЗ	БУЗ-10	ЗЗМ-2
Производительность, т/ч	6	12	10	7
Тип	Водораспыливающие			Водоструйная
Степень увлажнения, %	4	1		
Технологичность	Без последующего отволаживания, непосредственно перед 1-й драной системой	С последующим отволаживанием		

*Машины интенсивного увлажнения зерна А1-БШУ-1 и А1-БШУ-2*

Принцип действия машин А1-БШУ-1 и А1-БШУ-2 аналогичен с машинами А1-БУЗ-6, А1-БУЗ-12. Однако имеются существенные отличия, обуславливающие более интенсивное увлажнение - вместо шнекового транспортера-смесителя в машинах А1-БУЗ-6, А1-БУЗ-12, в машинах А1-БШУ и А1-БШУ-2 применен бичевой ротор с гонками, который интенсивнее перемешивает, надрывает оболочку и в микротрещины интенсивнее проникает влага.

Таблица 8.5 – Техническая характеристика

Показатели	А1-БШУ-1	А1-БШУ-2
Производительность, т/ч	12	6
Увлажнение, %	1	4...5
Расход воды, л/ч	150	360
Размеры бичевого ротора, мм	263/1000	263/1946
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	7,5
Масса, кг	300	380

### 8.2.3 Машины для мойки зерна

Моечные машины предназначены для очистки поверхности зерна от пыли, земли, головни, органических и минеральных примесей. Она расположена в зерноочистительном отделении мукомольного завода. Наибольшее распространение имеет моечная машина Ж9-БМБ. Основными ее элементами являются ванна и в ней верхние и нижние шнеки. Зерно поступает в верхние шнеки, перемещаясь в них, оно моется. Тяжелые примеси оседают и нижними шнеками транспортируются в ковш, после из него освобождаются за пределы машины. Предварительно мытое зерно подается верхними шнеками в спловное устройство, которое находится между ванной и отжимной колонкой. Зерно в спловном устройстве отделяется от легких примесей (водой во вспенившемся виде) и подается в отжимную колонку. Отжимная колонка вертикальная. Состоит из бичевого барабана и ситовой обечайки. Бичами с лопатками - гонками зерно поднимается вверх и в выпускной патрубок.

## Техническая характеристика моечной машины

Производительность, т/ч.....	12
Диаметр ситовой обечайки, мм.....	900
Частота вращения бичевого барабана, 1/мин.....	400
Расход воды, л/кг зерна.....	0,86
Давление воды, кПа.....	100
Увлажнение, %.....	2,2...2,5
Снижение зольности, %.....	0,024...0,039

## **9 Машины для измельчения зерна и промежуточных продуктов**

9.1 Назначение и классификация измельчающих машин

9.2 Назначение, принцип действия, область применения, место в технологической линии, классификация вальцовых станков

9.3 Конструктивные решения вальцовых станков, их регулировки и техническая характеристика

9.4 Ударно-центробежно-стирающие и вымольные машины

### **9.1 Назначение и классификация измельчающих машин**

Измельчающие машины предназначены на мукомольных заводах для размола зерна и продуктов его переработки, на комбикормовых заводах для дробления зерновых, минеральных и других компонентов комбикормов. Это основные и энергоемкие машины. Основной машиной в мукомольной промышленности является вальцовый станок. Они занимают первое место в технологической линии мукомольного отделения завода.

В зависимости от соотношения и состояния исходного продукта и готовой продукции пропуск их в зазор между вальцами или элементами других рабочих органов может быть однократным или многократным, а также в соответствии с технологией могут применяться сочетания разных типов измельчительных машин в комплексе.

Классифицируются измельчающие машины по виду деформации измельчаемого материала (зерна, добавки, промежуточных продуктов, комбикорма и т.п.).

Технологический процесс работы этих машин основан на следующих видах деформации: сжатие, сдвиг, удар, истирание, а так же на их комбинации (рисунок 9.1). Так размол зерна на вальцовых станках и жерновых поставках

основан на одновременном воздействии сжатия и сдвига, молотковые дробилки и бичевые (бильные) машины – на ударе и истирании, дисковые измельчители – на ударе, плющильные станки – на сжатии.

Каждая из этих групп машин состоит из разных людей и марок, подробнее рассмотрение которых изложено в последующих разделах учебника.

Таблица 9.1 – Классификация измельчительных машин

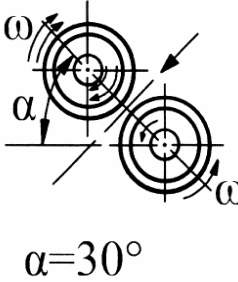
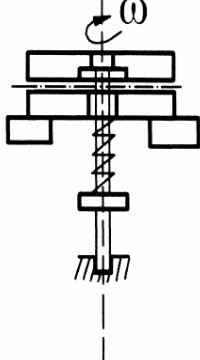
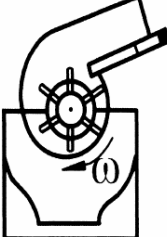
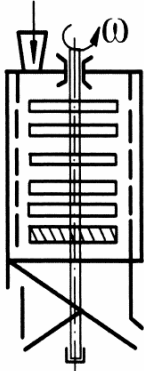
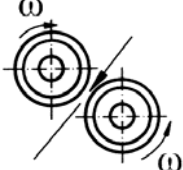
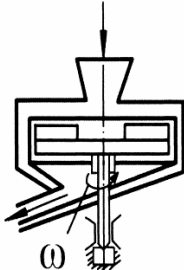
Вид деформации материала (зерна и продуктов)					
Сжатие и сдвиг		Удар и истирание		Удар	Сжатие
Вальцовые станки	Жерновой постав	Молотковые дробилки	Бичевые машины	Дисковые измельчители	Плющильные станки
 <p><math>\alpha=30^\circ</math></p>					

Рисунок 9.1 – Схема измельчающих машин



## 9.2 Назначение, принцип действия, область применения и классификация вальцовых станков

Вальцовые станки предназначены для измельчения зерна и промежуточных продуктов злаковых культур на мукомольных и крупяных предприятиях.

Измельчение зерна происходит путем сжатия и сдвига под действием вращающихся навстречу друг другу двух вальцов (рисунок 9.2). Между вальцами образуется клин, в который втягивается исходный материал (зерно, верхний срод, крупка). Один вал вращается быстрее, второй медленнее в соотношении от 1,25 до 2,5. Это соотношение называется дифференциалом.

Дифференциал:

$$D = \frac{n_{\text{б}}}{n_{\text{м}}} = 1,25 \dots 2,5, \quad (9.1)$$

где  $n_{\text{б}}$  – частота вращения быстроходного вальца,  $\text{с}^{-1}$ ;

$n_{\text{м}}$  – частота вращения тихоходного вальца,  $\text{с}^{-1}$ .



Рисунок 9.2 – Схема работы вальцов

Область применения - драные и размольная системы - первое место в технологии размола зерна и промежуточных продуктов его дробления.

*Классификация вальцовых станков* осуществляется по следующим признакам.

По углу расположения линии центров вальцов к горизонту:

- под углом  $\alpha = 45^\circ$  (ЗМ-2 и БВ-2);
- под углом  $\alpha = 30^\circ$  (А1-БЗН, А1-БЗ-2Н, А1-БЗ-3Н; РЗ-БЗ-5Н, РЗ-БЗ-6Н);
- под углом  $\alpha = 0^\circ$ .

По виду транспортирования продуктов размола (дробления):

- для цехов с механическим транспортированием продукта (А1-БЗ-2Н, Р6-БЗ-5Н, А1-БЗН);
- для цехов с пневмотранспортом (БВ-2, А1-БЗ-3Н, Р6-БЗ-6Н).

По типу заводов:

- для комплектного оборудования новых заводов (А1-БЗН, А1-БЗ-2Н, А1-БЗ-3Н; Р6-БЗ-5Н, Р6-БЗ-6Н);
- для старых реконструируемых заводов (А1-БЗ-2Н вместо ЗМ-2, А1-БЗ-3Н, вместо БВ-2, РЗ-БЗ-5Н вместо ЗМ-2, РЗ-БЗ-6Н вместо БВ-2);
- для заводов старых проектов (ЗМ-2, БВ-2).

### **9.3 Конструктивное решение вальцовых станков**

Принципиальная технологическая схема вальцовых станков.

Станки типа БЗН выпускаются в пяти модификациях: А1-БЗН, А1-БЗ-2Н; А1-БЗ-3Н; Р6-БЗ-5Н; Р6-БЗ-6Н. В свою очередь А1-БЗН (предназначен для новых комплектных заводов) имеет 21 форму исполнения (по расположению электродвигателей, привода, капотов и т.д.)

Станки А1-БЗ-2Н и ему соответствующие Р6-БЗ-5Н имеют 39 форм исполнения.

Станки А1-БЗ-3Н (и Р6-БЗ-6Н) имеют 22 форм исполнения.

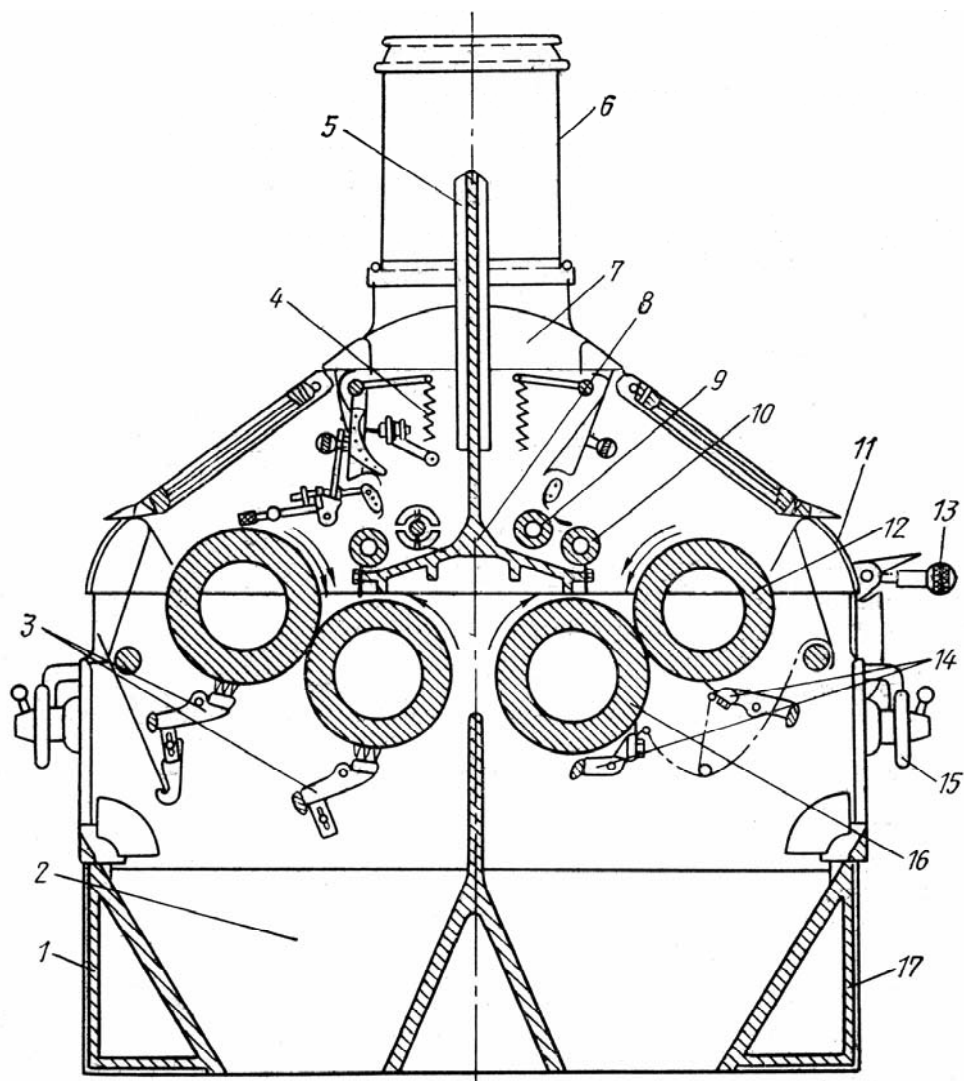
Вальцовый станок состоит из следующих основных узлов: мелющих вальцов; привода вальцов; механизма настройки и параллельного сближения вальцов; системы привала-отвала вальцов, приемно-питающих устройств; станины.

Принципиальная схема представлена на рисунке (9.3).

Вальцовые станки типа А1-БЗН (рисунок 9.3) применяются в составе комплектного оборудования на мукомольных заводах с увеличенным выходом высоких сортов и устанавливают группы по четыре и пять машин с общими капотами. Вальцовый станок состоит из следующих основных узлов: мелющих вальцов; привода вальцов; механизмов настройки и параллельного сближения вальцов; системы привала – отвала; приемно-питающего устройства; станины.

Мелющие вальцы 12 и 16 установлены парами в обеих половинах станка. Причем линия, соединяющая центры торцовых окружностей вальцов, образует угол  $30^{\circ}$  с горизонталью. С уменьшением этого угла улучшаются условия питания вальцовой пары, и увеличивается коэффициент заполнения зоны измельчения

Мелющие вальцы выполнены в виде бочки с запрессованными в них с обеих сторон цапфами. Твердость поверхности бочек для рифленых и гладких вальцов соответственно составляет 490...530 и 450...490 НВ. Бочки и цапфы полые. Глубина верхнего отбеленного слоя бочек 10...20 мм. Нижний валец каждой половины станка может перемещаться относительно верхнего. Это дает возможность регулировать величину зазора между вальцами, а также обеспечить мгновенный отвал нижнего вальца при прекращении подачи продукта, что позволяет избежать опасной работы вальцов «рифлей по рифлям».



1 - станины; 2 - бункер; 3 - щетки; 4 - механизмы питания; 5 - измерительный преобразователь системы привала-отвала; 6 - приемная труба (цилиндр); 7 - горловина; 8 - верхняя средняя траверса; 9 - задний валик; 10 - передний валик (дозировующий, или распределительный); 11 - верхняя передняя панель; 12 - быстровращающийся валец; 13 - рукоятка ручного привала и параллельного сближения; 14 - скребки-ножи для очистки вальцов; 15 - штурвал механизма регулирования параллельности; 16 - медленновращающийся валец; 17 - нижняя лицевая траверса.

Рисунок 9.3 – Принципиальная схема вальцового станка типа А1-Б3Н

На основные показатели эффективности вальцового станка влияют отношение окружных скоростей валцов (дифференциал), состояние поверхности, точность установки по длине валцов. Увеличение окружных скоростей валцов при постоянном дифференциале значительно повышает производительность, несколько увеличивает расход энергии и практически не влияет на гранулометрический состав измельченного продукта. Окружная скорость быстровращающихся рифленых валцов составляет 5,5...6 м/с, а микрошероховатых – 5,2...5,4 м/с.

Существенное влияние на производительность и характер измельчения оказывает дифференциал. При увеличении дифференциала преобладает разрушение частиц за счет деформации сдвига, при уменьшении - возрастает роль деформации сжатия.

Большое влияние на качество и производительность вальцового станка оказывает не только величина зазора, но и постоянство его размера по всей длине валцов. Правильную цилиндрическую форму валцов обеспечивают при шлифовке на специальных шлифовально-рифельных станках. На постоянство величины зазора может оказывать также влияние состояние подшипников, пружин-амортизаторов и шарнирных соединений.

На качество измельчения отрицательно влияет радиальное биение валцов, которое может быть следствием неправильной геометрической формы отклонений при запрессовке полуосей, дефектов литья, вызывающих дисбаланс. Чем меньше радиальное биение валцов, тем стабильнее рабочий зазор, выше качество размола, больше износостойкость валцов. Поэтому технология обработки валцов обязательно включает их динамическую балансировку на специальном станке.

Важным условием выполнения всех последовательных технологических этапов измельчения зерна является обеспечение заданных параметров рифленой микрошероховатой поверхности валцов, которые для каждой технологической системы рекомендованы стандартом и учтены в форме исполнения валцовых станков. Рифли нарезают на шлифовально-рифельном

станке, а микрошероховатую поверхность наносят струей сжатого воздуха и абразивного материала на станке со специальным пескоструйным устройством.

Зазор между вальцами и ножами не должен превышать 0,02 мм.

Величину зазоров между приваленными вальцами проверяют на расстоянии 70 мм от их торцов (величина зазора должна составлять для I драной системы, 0,8...1,0; для II драной - 0,6...0,8; для III драной крупной - 0,4...0,6; для драной гладкой – 0,2...0,4; для рифленых вальцов размольных систем - 0,1 ...0,2; для гладких вальцов – 0,05). Зазоры между заслонкой и дозирующим валиком должны быть на драных системах не более 0,35 мм, на размольных системах не более 0,15 мм. Зазоры между вальцами и ножами не должны превышать 0,02 мм.

Настройка и регулирование станка заключаются в следующем. До пуска вальцового станка проверяют: наличие смазки, работу привально-отвального механизма, отсутствие заклинивания вальцов (при вращении их вручную); крепление резьбовых и других соединений; правильность установки и равномерность рабочего зазора между приваленными неподвижными вальцами на расстоянии 50...70 мм от их торцов; перемещение очистителей вальцов при привале-отвале; состояние приводных ремней.

При работе вальцового станка под нагрузкой проверяют: работу привала привально-отвального механизма от пневмопереключателя, от системы местного и дистанционного управления, в автоматическом режиме; блокировку включения питающих валков и перемещения заслонки; нагрев подшипников (температура не более 60 °С); работу электросхемы и аппаратуры, подачу воды, работу ПОДВОДЯЩИХ И ОТВОДЯЩИХ коммуникаций и транспортных устройств.

Настройка и оперативное регулирование режима размола каждой половины станка под нагрузкой сводится в основном к регулированию системы питания и рабочего зазора между мелющими вальцами.

У станков, имеющих в механизме питания редуктор, устанавливают вначале минимальную скорость дозирующего валка и далее подбирают оптимальную скорость вращения. Не допускается переключение скоростей на ходу.

В соответствии с распределением нагрузок по технологическим системам с помощью регулятора вручную устанавливают минимальную величину питающего зазора между заслонкой и дозирующим валком: на драных системах - 0,35 мм, на размольных - 0,15 мм. Максимальный питающий зазор, устанавливаемый ограничительным винтом, должен обеспечивать верхний предел подачи исходного продукта, при котором токовая нагрузка электродвигателя по показаниям амперметра не превышала бы 80 % номинальной. Если это условие не соблюдается, питающий зазор должен быть уменьшен.

Регулирование системы питания и рабочего зазора следует проводить с постоянным контролем нагрузки электродвигателя, а также подводящих и отводящих транспортных систем.

На станках размольных систем визуально проверяют равномерность распределения продукта по длине распределительного вала. На каждой половине вальцового станка проверяют извлечение, которое должно соответствовать действующим правилам.

При настройке режима размола проверяют чувствительность автоматической системы регулирования подачи исходного зерна в установленном диапазоне, расположение конуса продукта в приемной трубе относительно чувствительного элемента (сигнализатора уровня).

После настройки режима размола должны быть затянуты контрольные устройства органов регулирования. В дальнейшем для данной помольной партии не следует корректировать режим помола, который должен обеспечивать стабильные результаты в течение длительного времени.

Отличительные особенности вальцовых станков типа А1-БЗН от ранее выпускаемых отечественных моделей состоят в следующем:

- вальцы изготовляют пустотелыми, что снижает металлоемкость станков; улучшены условия питания;
- наличие водяного охлаждения быстровращающихся вальцов создает стабильный тепловой режим в зоне измельчения, что благоприятно сказывается на

количественно-качественных показателях процесса измельчения, одновременно охлаждаются подшипники;

- совокупность конструктивных особенностей, высокой точности обработки, применение износостойкого рабочего слоя валцов существенно повышает их долговечность: рифленых - до трех лет, гладких - до десяти лет;

- автоматическая система привала-отвала нижнего вальца заблокирована с системой управления подачей исходного продукта, что позволяет дистанционно управлять станком, обеспечивая стабильность и надежность его работы;

- применение конической посадки подшипников позволяет производить демонтаж их гидравлическим съемником. Наличие горизонтального разъема в корпусе подшипников дает возможность снимать их вместе с подшипниками. Значительно снижается трудоемкость этой операции.

В формах исполнения вальцовых станков с большим количеством переменных параметров максимально учтена специфика каждой технологической системы.

Наличие трех моделей вальцовых станков: А1-БЗН, А1-БЗ-2Н и А1-БЗ-3Н повышает их универсальность и область использования.

Теоретическая производительность  $\Pi_m$  (кг/ч) одной пары валцов вальцового станка:

$$\Pi_m = 3,6 \cdot 10^{-6} bL v_{np} \rho \psi, \quad (9.2)$$

где  $b$  - зазор между вальцами, мм;

$L$  — длина вальца, мм;

$v_{np}$  - условная средняя скорость продукта в зоне измельчения, м/с:

$$v_{np} = (v_{\bar{o}} + v_M) / 2, \quad (9.3)$$



где  $v_b$  и  $v_m$  - соответственно скорость быстро- и медленно вращающегося вальца, м/с;

$\rho$  - плотность измельчаемого продукта, кг/м<sup>3</sup>;

$\psi$  - коэффициент заполнения зоны измельчения.

Для определения фактической производительности  $P_\phi$  (кг/ч) пары вальцов пользуются формулой:

$$P_\phi = qL, \quad (9.4)$$

где  $q$  - удельная нагрузка на единицу длины мелющей линии, кг/(м·ч);

$L$  - длина вальца, м.

### Техническая характеристика станков типа А1-БЗН

Производительность, т/сут.....	84
Расход воды на охлаждение половины станка, м <sup>3</sup> /ч, не более.....	0,3
Частота вращения быстро вращающихся вальцов, мин <sup>-1</sup> :	
рифленых.....	420...460
гладких .....	395...415
Давление сжатого воздуха, МПа .....	0,5
Расход воздуха на аспирацию для вальцового станка А1-БЗ-2Н, м <sup>3</sup> /мин, не более .....	10
Расход воздуха на пневмотранспорт для половины вальцового станка А1 –БЗ-3Н, м <sup>3</sup> /мин, не более .....	27
Мощность электродвигателей, кВт, для систем:	
I драной.....	18,5
II драной, 1-й и 2-й размольных .....	15

III драной, 1 -й и 2-й шлифовочных, 3,4,6,8,9,10-й размольных .....	11
IV драной, 5... 12-й размольных .....	7,5
Габаритные размеры, мм, не более .....	1800x1700x1400
Масса, кг (без электропривода, капотов и электроаппаратуры) ...	2700

### 9.3.3 Мукомольные вальцы (слайды мультимедиа)

Мелющие вальцы установлены парами, из которых один (как правило, верхний) быстро вращающийся, второй – медленно вращающийся.

Отношение частоты вращения быстро вращающегося вальца к частоте вращения медленно вращающегося вальца называется дифференциалом,

$$D = \frac{n_b}{n_m}. \quad (9.5)$$

Как правило, дифференциал вальцовых станков находится в пределах 1,25...2,5.

Валец состоит из центральной части (бочки-цилиндра) и запрессованных в нее цапф.

Существует три типа вальцов:

- цельные однослойные;
- цельные двухслойные;
- полые двухслойные.

Верхний слой (10 мм) состоит из отбеленного чугуна (верхний слой твердый, износостойчивый, внутренний - вязкий из серого чугуна). В России и большинстве других стран вальцы изготавливаются трех размеров:

- d = 250 мм, L = 1000 мм;
- d = 250 мм, L = 800 мм;
- d = 250 мм, L = 600 мм.

Полые вальцы легче сплошных на 30 %, имеется возможность водяного охлаждения, а, следовательно, снижения коэффициента линейного расширения, что улучшает равномерность помола.

Радиальное биение валцов допускается до 0,02 мм, что значительно меньше минимального зазора между валцами (0,05мм).

Зазор изменяется от 1,0 мм до 0,2 мм на I...IV драной системах; на размольных системах с рифлеными валцами зазор 0,1...0,2 мм; на остальных размольных (микрошероховатые валцы) - зазор 0,05 мм.

Таблица 9.2 - Параметры поверхности валцов станков типа БЗН и выбор типа их для разного помола

Размольные системы	Число рифлей на 1 см окружности	Уклон рифлей, %	Углы профиля рифлей, градус	Взаиморасположение рифлей двух валцов	Параметр шероховатости, мкм
1	2	3	4	5	6
I драная	4,1	4	23/69	сп/сп	
II -//-	5,4	6	30/65	сп/сп	
III -//- мелкая	8,6	6	30/65	сп/сп	
IV -//- крупная	9,2	6	30/65	сп/сп	
IV -//- мелкая	10,2	6	30/65	ос/ос	

Продолжение таблицы 9.2

1	2	3	4	5	6
11-я развольная	15,3	10	50/65	ос/ос	
12-я развольная	15,3	10	50/65	ос/ос	
1-2 шлифовочная					2,44
1-10 развольная					
1-2 шлифовочная					2,18

*Взаимосвязь параметров рифлей и вальцов (рисунок 9.5)*

Рассматривая параметры рифлей как систему геометрических фигур (рисунок 9.5), после несложных математических преобразований можно получить следующую взаимосвязь между ними:

$$H = H_o - H_1 - H_2 = \frac{L - a}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} - r \left( \frac{\cos \frac{\alpha - \beta}{2}}{\sin \frac{\alpha + \beta}{2}} - 1 \right), \quad (9.6)$$

где  $H$  - высота рифли, м;

$H_o$  - теоретическая высота рифли, м;

$H_1$  - высота закругления впадины рифли, м;

$H_2$  - высота закругления вершины рифли, м;

$L$  - шаг рифли, м;

$a$  - ширина скругления вершины рифли, м;

$\beta$  - угол спинки ( $65^0 \dots 69^0$ );

$\alpha$  - угол острия ( $23^0 \dots 50^0$ ).

Параметры (некоторые) рифлей можно уподобить параметрами метрических резьб, тогда:

$$a = r = 0,125L. \quad (9.7)$$

Минимальный диаметр валцов, рассчитывается из условий гарантированного захвата зерна (материала) в клин между валцами (рисунок 9.4). Частица А перед заклиниванием действует на валцы с силой  $P$  по нормали (по радиусу). Вертикальная составляющая силы  $P$  равна  $P \sin \alpha_1$ . Вверх действует суммарная сила  $-2P \sin \alpha_1$ , стремящаяся вытолкнуть частицу из клина.

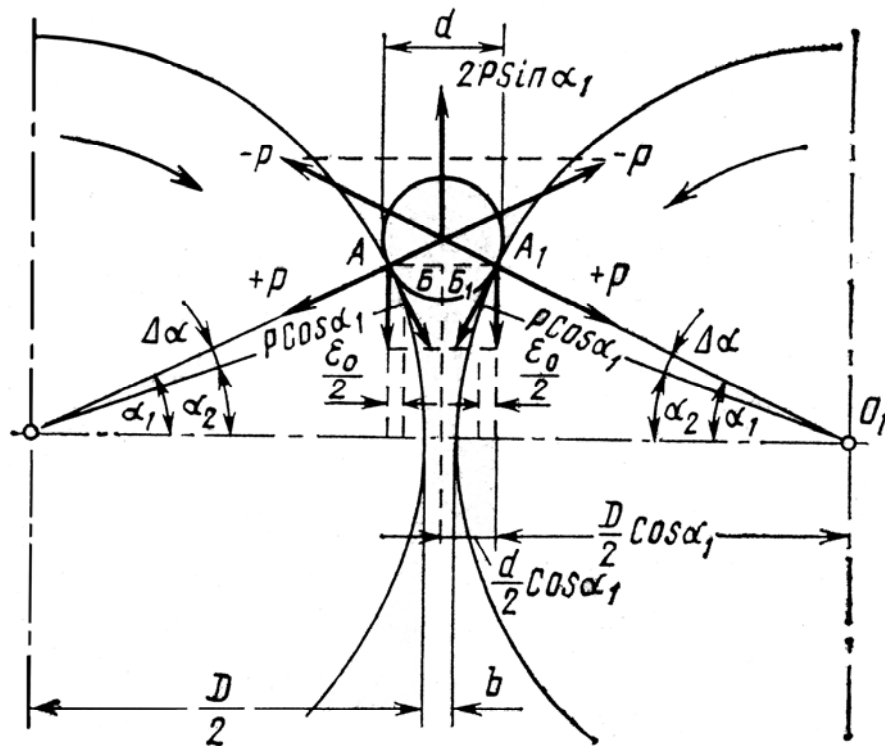


Рисунок 9.4 – К обоснованию параметров валцов

Следовательно, уравнение равновесия сил, действующих на частицу может быть представлено в следующем виде:

$$2P \sin \alpha_1 = 2P \cos \alpha_1 f. \quad (9.8)$$

Для того чтобы материал был зажат, должно быть выполнено неравенство:

$$2P \sin \alpha_1 < 2P \cos \alpha_1 f. \quad (9.9)$$

Сократив обе части неравенства (9.8) на  $2P \cos \alpha_1$ , получим:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} < f \text{ или } \operatorname{tg} \alpha_1 < \operatorname{tg} \varphi \quad (9.10)$$

Из (9.10) следует, что угол  $\alpha_1$ , (угол захвата) должен быть меньше угла трения  $\varphi$ .

Отсюда рассчитывается минимальный диаметр валцов, обеспечивающих нормальную работу валцовых станков:

$$D_{\min} = \frac{d \cos \alpha_1 - b}{1 - \cos \varphi}, \quad (9.11)$$

где  $b$  - зазор между валцами, м;

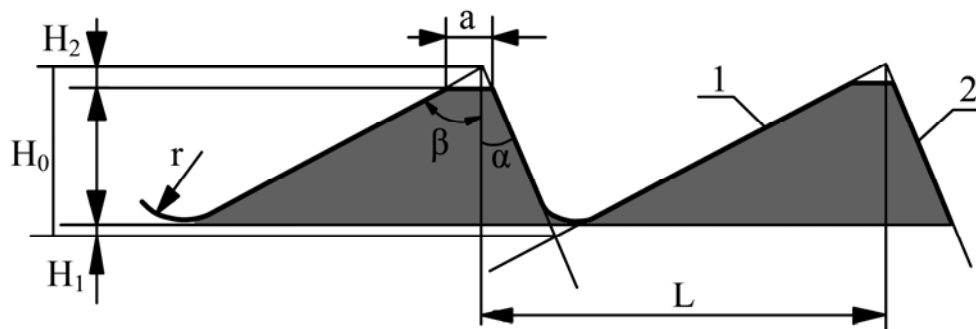
$d$  - диаметр частицы (зерновки), м.

#### 9.3.4 Рифли и шероховатости валцов

Параметры рифлей представлены на рисунке (9.5).

Уклон рифлей, равен  $\operatorname{tg} \gamma$ , где  $\gamma$  - угол между образующей цилиндра «бочки»

и рифлей, рифли расположены как бы «по-винту» (рисунок 9.6).



спинка - 1; остриё - 2;  $H$  - высота рифли;  $H_0$  - теоретическая высота рифли;  $H_1$  - высота закругления впадины рифли;  $H_2$  - высота закругления вершины рифли;  $L$  - шаг рифли;  $a$  - ширина скругления вершины рифли;  $\beta$  - угол спинки ( $65...69^\circ$ );  $\alpha$  - угол острия =  $23...50^\circ$ .

Рисунок 9.5 - Параметры рифлей вальца

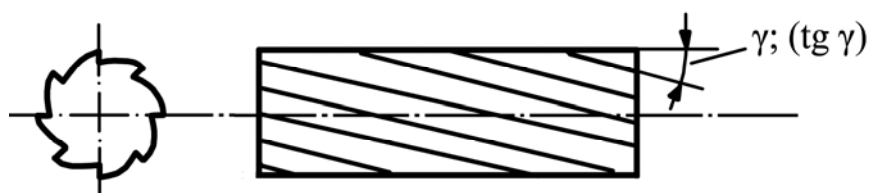


Рисунок 9.6 – уклон  $\gamma(tg\gamma)$  рифлей на вальцах

Взаиморасположение рифлей двух вальцов имеют четыре варианта, установка которых должна соответствовать условиям и виду размола зерна (получения необходимой продукции на выходе из станка). Схемы представлены на рисунке (9.7).



а - острие по острию; б – острие по спинке; в – спинка по спинке; г – спинка по острию; двумя дуговыми стрелками обозначен быстровращающийся валец, одной - медленно вращающийся валец.

Рисунок 9.7 – Схема установки валцов (четыре варианта)

Острие по острию, это значит, что острие рифля быстро вращающегося вальца «догоняет» острие рифля медленно вращающегося вальца. Острие по спинке, это значит острие «догоняет» рифлю медленно вращающегося вальца по спинке и т.д. Быстро вращающийся валец обозначен двумя стрелками.

Шероховатости валцов формируются в процессе изготовления их. Шероховатости характеризуются в основном высотой гребней.

Как правило, валцы с шероховатой поверхностью используются на 1 и 2-й шлифовочных системах при высокостекловидной пшенице. Высота шероховатости 2,44 мкм, низкостекловидной пшенице - 2,18 мкм.

*Питающий механизм вальцового станка* должен отвечать следующим требованиям:

- непрерывно и равномерно подавать зерно или предварительно измельченный продукт струей одинаковой толщины по всей длине валцов;
- обеспечить при поступлении зерна (продукта) в зону измельчения скорость равную или близкую к скорости медленно вращающегося вальца;
- обладать высокой чувствительностью и точностью при регулировании количества подаваемого на валцы продукта;
- быть доступным для техосмотров удобным для регулирования.

Верхний валик считается дозирующим, а нижние - распределительным.

*Регулировки и регулировочные механизмы*



Первый этап:

- уровень смазки;
- привально-отвальный механизм регулируется вручную, от пневмо-переключателя, от системы дистанционного и местного включения, в автоматическом режиме;
- блокировка включения питающих валков и перемещение заслонки;
- зазор между привальными вальцами;
- параллельность вальцов;
- натяжение ремней;
- давление воды и сжатого воздуха.

Второй этап:

- система питания;
- рабочий зазор между мелющими вальцами.

Формы исполнения вальцов отличаются по следующим параметрам:

- сочетание половин станка по техническим системам;
- рабочая поверхность вальцов (параметры рифлей, микрошероховатостей);
- отношение окружных скоростей нижнего и верхнего вальцов (1,25; 2,5);
- способ очистки мелющих вальцов (нож, щетки);
- варианты устройства механизма подачи зерна (тип валкового питателя, наличие редуктора, кромкозаслонки, диаметры шкивов и т.д.);
- мощность электродвигателей каждой половины;
- диаметр приводных шкивов (150 мм 132 мм);
- варианты установки электродвигателей (над перекрытием, под ним);
- капотирование (групповое, индивидуальное).

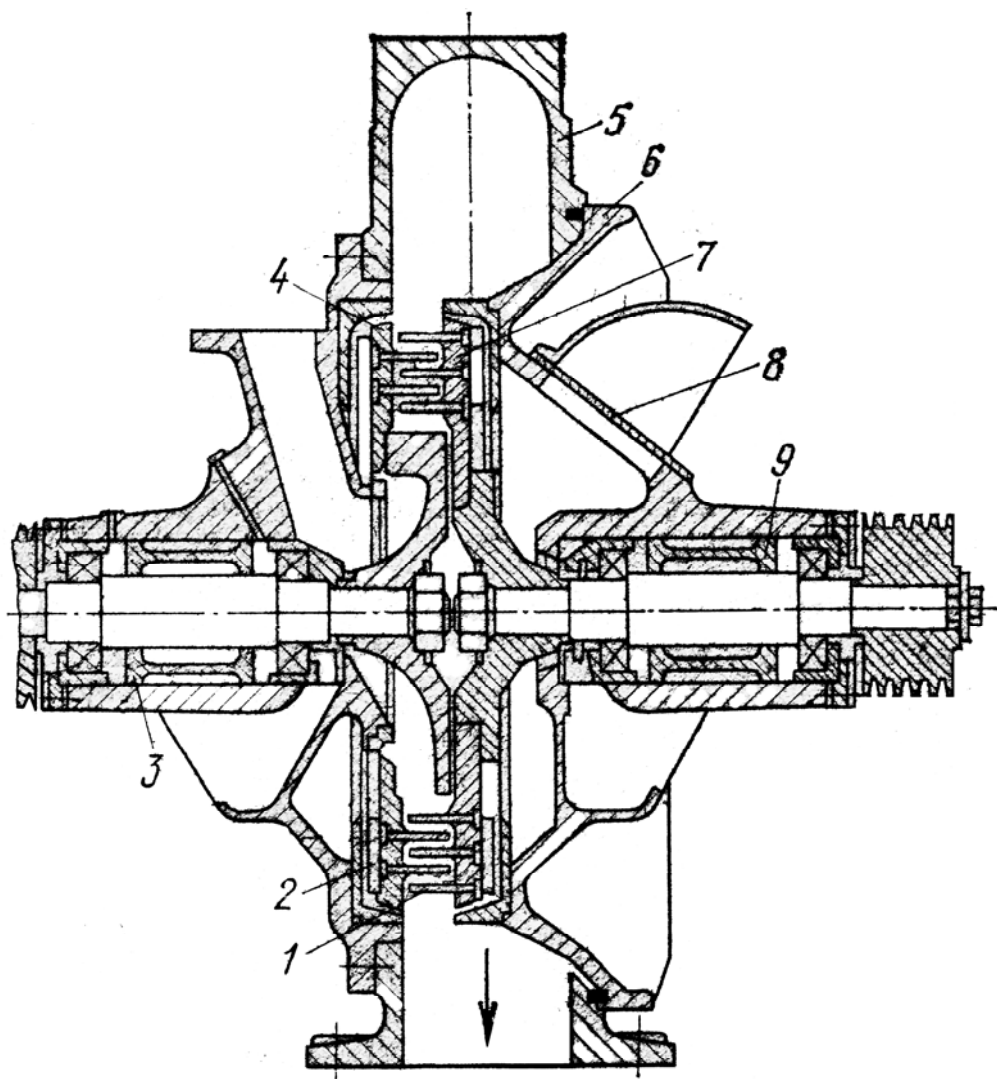
#### **9.4 Ударно-центробежно-стирающие и вымольные машины**

Этот тип машин используется в размольном процессе сортовых помолов пшеницы на отечественных и зарубежных предприятиях.

#### **9.4.1 Измельчители ударно-центробежно-истирающего действия**

Эти машины, как правило, используют в дополнение к вальцовым станкам. Они служат для доизмельчения, разрыхления продукта, способствуя в значительной мере стабилизации размольного процесса. На рисунке (9.8) показано устройство штифтового измельчителя-дезинтегратора.

Измельчитель имеет два стальных диска 4, 7, закрепленных на горизонтальных валах, расположенных соосно и вращающихся в разные стороны. Измельчающими органами машины служат цилиндрические штифты 1, расположенные рядами по окружностям с разным радиусом и общим центром, совпадающим с осью вала. Штифты свободно вставлены в отверстия дисков и зафиксированы с тыльной стороны общей пластиной. Пластина, фиксирующая штифты, имеет радиально расположенные лопасти 2, которые способствуют притоку воздуха в рабочую зону. Воздух проникает в зону измельчения через всасывающие отверстия 8 и кольцевой зазор между диском 7 и корпусом машины.



1 - штифт; 2 - лопасть; 3, 9 - подшипниковые узлы; 4, 7 - диски; 5 - корпус; 6 - боковина; 8 - отверстие для подвода воздуха.

Рисунок 9.8 - Штифтовый измельчитель-дезинтегратор

Продукт подают через приемную коробку со встроенными статическими магнитами к центру дисков, и приемное устройство на одном из дисков равномерно распределяет его по рабочей зоне в радиальном направлении. Поступлению продукта способствует также воздух, который всасывается вместе с продуктом при помощи того же приемно-распределительного устройства, работающего как вентилятор.

Диск с приемным устройством имеет два ряда штифтов, а на другом диске - три. Таким образом, образуются четыре зоны измельчения между пятью круговыми рядами штифтов. Мелкие частицы продукта проходят все четыре зоны измельчения быстрее, чем крупные. Крупные же частицы, прежде чем пройти через ряд штифтов, должны раздробиться. Это происходит благодаря неоднократному столкновению частиц со штифтами в пределах каждой зоны измельчения, образованной двумя смежными движущимися навстречу друг другу рядами штифтов. Мелкие частицы имеют возможность пройти очередную зону, получив меньшее число ударов, чем более крупные.

Шаг штифтов в каждом последующем ряду уменьшается по мере удаления ряда от центра к периферии дисков. Благодаря этому, а также с увеличением окружной скорости в более отдаленных от центра зонах процесс измельчения последовательно интенсифицируется.

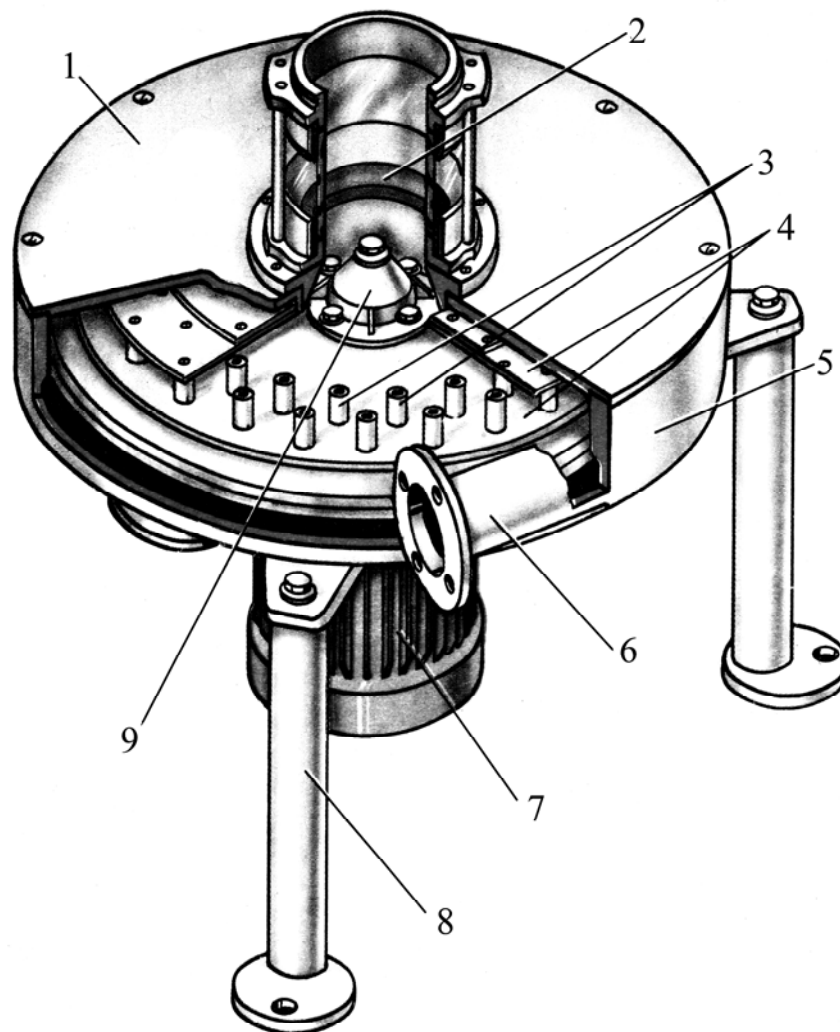
### **Краткая техническая характеристика штифтового измельчителя-дезинтегратора**

Производительность, кг/с.....	0,56
Диаметр дисков, мм.....	640
Относительная окружная скорость дисков, м/с.....	160
Число штифтов.....	376
Диаметр штифтов, мм.....	10
Мощность электродвигателя для привода одного диска, кВт.....	37

К машинам ударно-центробежного действия относят так же и энтолейторы (рисунок 9.9).

Технологический процесс в энтолейторе проходит следующим образом. Продукт после измельчения в вальцовом станке по гравитационному или пневмотранспортному трубопроводу поступает в приемный патрубок 2 энтолейтора и попадает через отверстие в верхнем диске ротора в его рабочую

камеру. Под действием центробежных сил инерции и воздушного потока продукты размола зерна движутся от центра к периферии ротора. Вследствие многократных ударов о втулки и корпус зернопродукты дополнительно измельчаются, а спрессованные комки разрушаются. Измельченный продукт



1 - крышка корпуса; 2 - патрубок приемный; 3 - втулки ротора; 4 - диски; 5 - корпус; 6 - патрубок выпускной; 7 - электродвигатель; 8 - стопка; 9 - конус направляющий.

Рисунок 9.9 - Энтолейтор РЗ-БЭР

выводится через патрубок 6 и поступает в продуктопровод пневмотранспортной сети.

При работе энтолейтора, после вальцового станка 2-й размольной системы извлечение муки (проход сита № 43) составляет 26 %.

На холостом ходу проверяют:

- направление вращения ротора (по часовой стрелке со стороны приема);
- затяжку резьбовых соединений;
- наличие и качество смазки в подшипниковом узле электродвигателя;
- герметичность подсоединения приемного и выпускного патрубков.

Регулирование под нагрузкой заключается в изменении подсоса воздуха на выхлопе энтолейтора при осевом смещении резиновой манжеты за счет открытия или закрытия продольных отверстий воздухопровода.

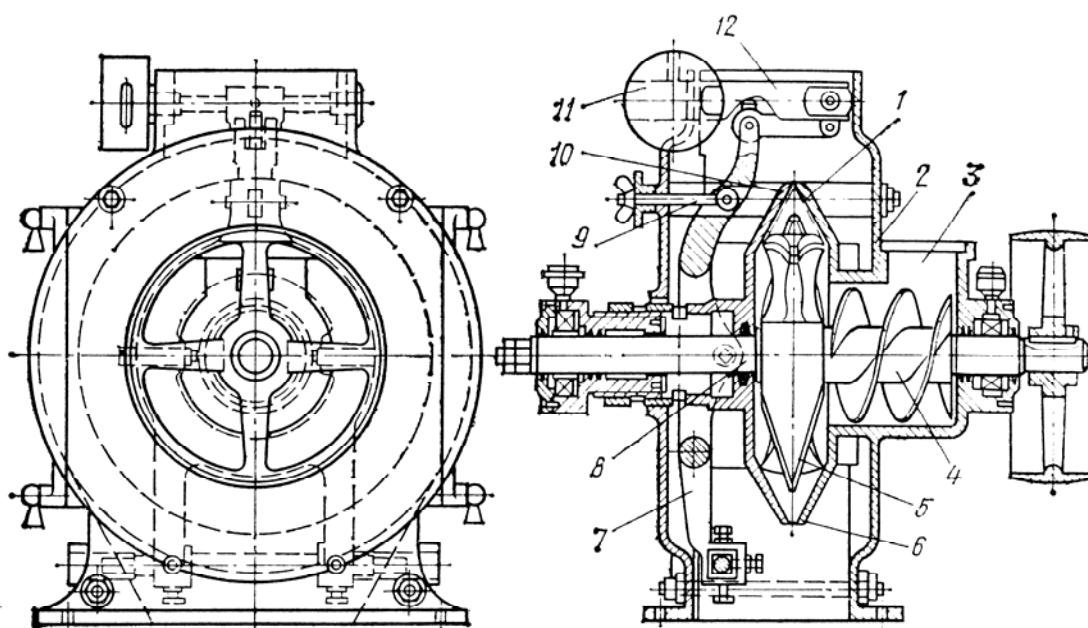
### **Краткая техническая характеристика энтолейтора РЗ-БЭР**

Производительность, т/ч.....	1,5...2,3
Диаметр ротора, мм.....	430
Наружный диаметр корпуса, мм.....	550
Частота вращения ротора, об/мин.....	3000
Зазор между ротором и корпусом, мм.....	40
Мощность электродвигателя, кВт.....	4

*Дисковые разрыхлители (деташер)* применяют при сортовых помолах пшеницы для измельчения наиболее мелких промежуточных продуктов размола (рисунок 9.10). Диск 1 отлит вместе с корпусом 2 разрыхлителя, а диск 10 может перемещаться вдоль вала 8 и прижиматься к неподвижному диску 1 при помощи рычажного механизма 7 с противовесом 11 на рычаге 12. Продукт поступает в приемное отверстие 3 и подается шнеком 4 в рабочее пространство

между дисками. Здесь под воздействием звездочки 5 продукт перетирается и в разрыхленном виде выходит через зазор 6 между дисками. Посредством маховичка 9 и стержня, шарнирно соединенных с звеном рычажного механизма, можно изменять зазор между дисками. Положение маховичка 9 фиксируется гайкой - барашком.

Расстояние (зазор) между нагруженными кромками диска, измеренное вдоль вала, должно быть при пропуске (обработке) дунстов не более 150 мкм и для нижних сходов - не более 250 мкм.

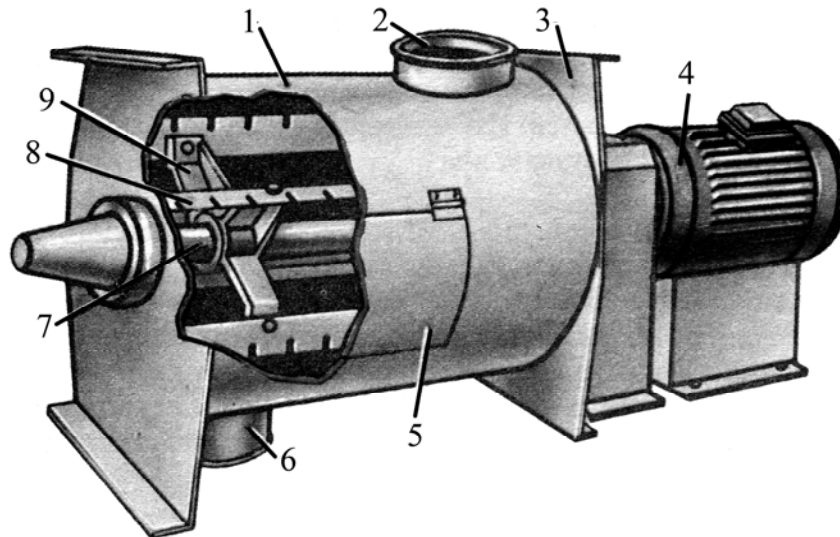


1, 10 - диски; 2 - корпус; 3 - приемное отверстие; 4 - шнек; 5 - звездочка; 6 - зазор между дисками; 7 - рычажный механизм; 8 - вал; 9 - маховичок; 11 - противовес; 12 - рычаг.

Рисунок 9.10 - Дискový разрыхлитель (деташер)

*Деташер типа А1-БДГ* представлен на рисунке(9.11).

Эти машины имеют горизонтально расположенные рабочие органы.



1 - корпус; 2 - патрубок приемный; 3 - боковина; 4 - электродвигатель; 5 - дверка; 6 - патрубок выпускной; 7 - вал ротора; 8 - бич; 9 - розетка.

Рисунок 9.11 - Деташер А1-БДГ

Это роторно-бичевая машина. Предназначенная для обработки продукта после вальцевых станков 1-й и 2-й шлифовочных и 4...10 размольных.

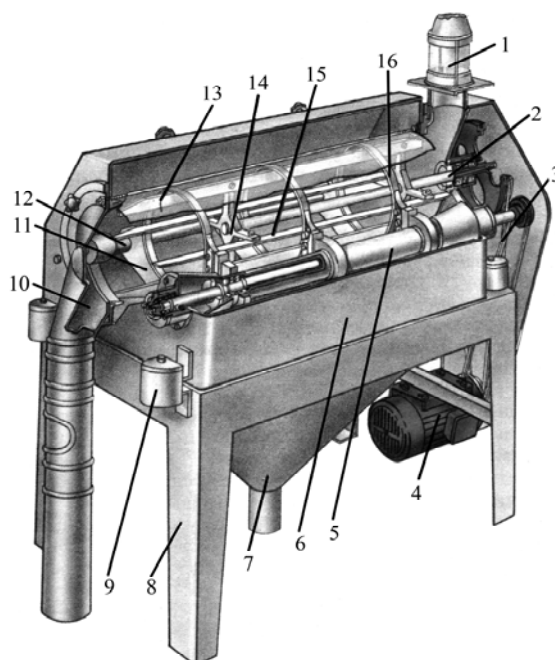
### Техническая характеристика деташера А1-БДГ

Производительность, т/ч.....	0,4...0,6
Диаметр цилиндрического корпуса, мм.....	300
Частота вращения бичевого ротора, об/мин.....	695
Диаметр бичевого ротора, мм.....	290
Мощность электродвигателя, кВт.....	1,5
Габариты, мм:	
длина.....	1040
ширина.....	338
высота.....	376
Масса, кг.....	70



### *Виброцентрифугал РЗ-БЦА*

Виброцентрифугал состоит из следующих основных узлов (рисунок 9.12): бичевого ротора 2, вибратора 5, траверсы 11, корпуса 6, ситового цилиндра 13 и станины 8.



1 - патрубок приемный; 2 - вал бичевого ротора; 3 - передача клиноременная; 4 - электродвигатель; 5 - вибратор; 6 - корпус; 7 - конус выпускной для муки; 8 - станина; 9 - амортизатор; 10 - патрубок выпускной для сходовой фракции; 11 - траверса; 12 - ось; 13 - цилиндр ситовой; 14 - розетка; 15 - бич; 16 - обруч.

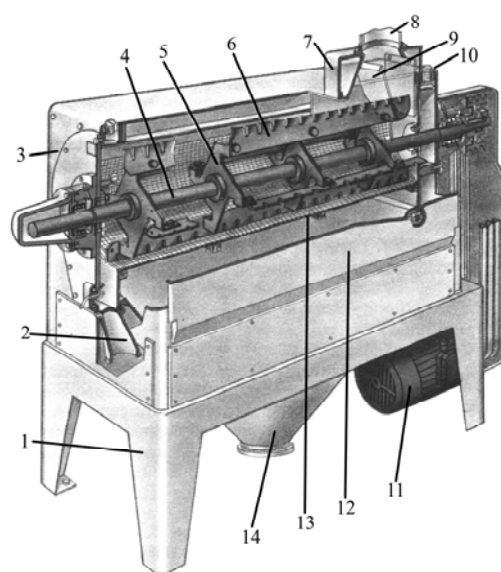
Рисунок 9.12 - Виброцентрифугал РЗ-БЦА

Ротор представляет собой консольно закрепленный и подшипниках вал 2, на котором установлены розетки 14 с продольными бичами 15. Вращение вала ротора осуществляется от электродвигателя 4 через клиноременную передачу 3. Электродвигатель установлен на кронштейне, связанном со станиной 8.

## 9.4.2 Вымольные машины

Основной машиной этой группы является вымольная машина А1-БВГ (рисунок 9.13). Ситовая часть выполнена в виде полуцилиндра; наклон бичей и гонков обеспечивает наряду с вращательным осевое движение продукта от приема к выходу; управление спаренными клапанами позволяет оперативно изменять время обработки исходного продукта и соответственно - эффективность и производительность машины.

Качественные показатели работы вымольной машины заключаются в следующем: при зольности исходного продукта 6,08 % зольность сходовой фракции составляет 6,72 %, а проходовой дополнительное извлечение муки в пределах 6...9 %.



1 - патрубок приемный; 2 - вал бичевого ротора; 3 - передача клиноременная; 4 - электродвигатель; 5 - вибратор; 6 - корпус; 7 - конус выпускной для муки; 8 - станина; 9 - амортизатор; 10 - патрубок выпускной для сходовой фракции; 11 - траверса; 12 - ось; 13 - цилиндр ситовой; 14 - розетка; 15 - бич; 16 - обрuch.

Рисунок 9.13 - Вымольная машина А1-БВГ

Бичевой ротор состоит из четырех розеток 5, насаженных на горизонтальный вал 4, вращающийся в подшипниковых опорах. К розеткам болтами прикреплены четыре продольных бича 6. Длина бичей 1000 мм, а ширина 70 мм. Бичи повернуты относительно оси вала на  $14^\circ$ , а угол атаки гонков составляет около  $6^\circ$ . Бичевой ротор установлен в цилиндрической зоне, ограниченной ситовым полуцилиндром. Он изготовлен из перфорированного нержавеющей стали полотна толщиной 0,8 мм с круглыми отверстиями. В верхней части полуцилиндр сопрягается со сплошной обечайкой. В зависимости от крупности обрабатываемого продукта применяют три вида сит с отверстиями диаметром 0,75; 1,0; 1,25 мм.

Технологический процесс работы машины А1-БВГ заключается в следующем. Исходный продукт через приемный патрубок 8 поступает в приемную камеру 7 и затем в рабочую зону. Здесь вращающиеся бичи подхватывают продукт и отбрасывают его к поверхности цилиндрического сита. Под влиянием ударного действия частицы эндосперма отделяются от отрубей, просеиваются через сито и выводятся из машины через конус 14. Под действием гонков с винтовой поверхностью и бичей, установленных относительно оси вала сходовая фракция (отруби) продвигается в осевом направлении и выводится через выпускной патрубок.

Настройка машины заключается в следующем: проверяют частоту (415 об/мин) и направление вращения бичевого ротора (против часовой стрелки со стороны привода); температуру нагрева подшипников (не более  $60^\circ\text{C}$ ); натяжение клиноременной передачи; затяжку болтовых соединений; наличие и качество смазки в корпусах подшипников; крепление сита; плавность вращения бичевого ротора. В случае биения бичей свыше 0,25 мм производится динамическая балансировка ротора.

## Краткая техническая характеристика вымольной машины А1-БВГ

Производительность, т/ч.....	0,9...1,6
Диаметр бичевого ротора, мм.....	415
Частота вращения бичевого ротора, об/мин.....	1000...1500
Зазор между ротором и поверхностью сита, мм.....	14
Длина ситового полуцилиндра, мм.....	1000
Площадь ситовой поверхности, м <sup>2</sup> .....	0,6
Расход воздуха на аспирацию (не более), м <sup>3</sup> /мин.....	7,2
Мощность электродвигателя, кВт.....	7,5

## **10 Средства механизации и автоматизации дозирования и смешивания продуктов переработки зерна**

10.1 Назначение и место в машинно-аппаратурной схеме

10.2 Классификация дозаторов продуктов переработки зерна

10.3 Общие схемы и технологический расчет дозаторов

10.4 Автоматические дозаторы высоко производительных комплектных мукомольных заводов

10.5 Смесители сыпучих материалов пищевой и комбикормовой промышленности

### **10.1 Назначение и место в машинно-аппаратурной схеме**

Дозирование и смешивание сыпучих продуктов - процессы довольно сложные и требуют надежных средств их механизации и автоматизации. Смесители устанавливают в зерноочистительных отделениях мукомольных заводов при отдельной подготовке зерна к помолу, в фасовочно-упаковочных отделениях при формировании сортов муки, при витаминизации муки. Дозирующе-смесительное оборудование широко применяют на комбикормовых заводах.

Эти технологические процессы базируются на определенной массе исходного сырья, учитывают выбранную продукцию в единицах массы. Поэтому основное назначение дозаторов - обеспечение в смеси заданного количества продукта по массе с определенной точностью.

На мукомольных заводах, оснащенных комплектным технологическим оборудованием, характерно очень широкое применение дозаторов и смесителей на различных стадиях переработки сырья в готовую продукцию весовых.

Однокомпонентные весовые дозаторы дискретного действия

6.142 АД-50-3Э используют для дозирования зерна, крупы и отрубей, а дозаторы 6.143 АД-50-МЭ - муки и мучнистых продуктов. Многокомпонентные весовые дозаторы 6.140 АД-3000-М, работающие со смесителями А9-БСГ-3, служат для формирования сортов муки. Для витаминизации муки многокомпонентный дозатор-смеситель дополняется весовым дозатором 6.139 АД-10-ВД. При разработке дозаторов и смесителей прежде всего необходимо учитывать физикомеханические свойства входящих в смесь продуктов.

По структуре рабочего цикла дозирование бывает непрерывным и дискретным (порционным), а по принципу действия - объемным и весовым.

## 10.2 Классификация дозаторов продуктов переработки зерна

В технологическом процессе чаще всего используются дозаторы непрерывного действия. Кроме них также используются и дозаторы дискретного (порционного) действия. По принципу действия - объемного и весового действия.

Кратко классификация дозаторов продуктов переработки зерна представлена на рисунке 10.1.

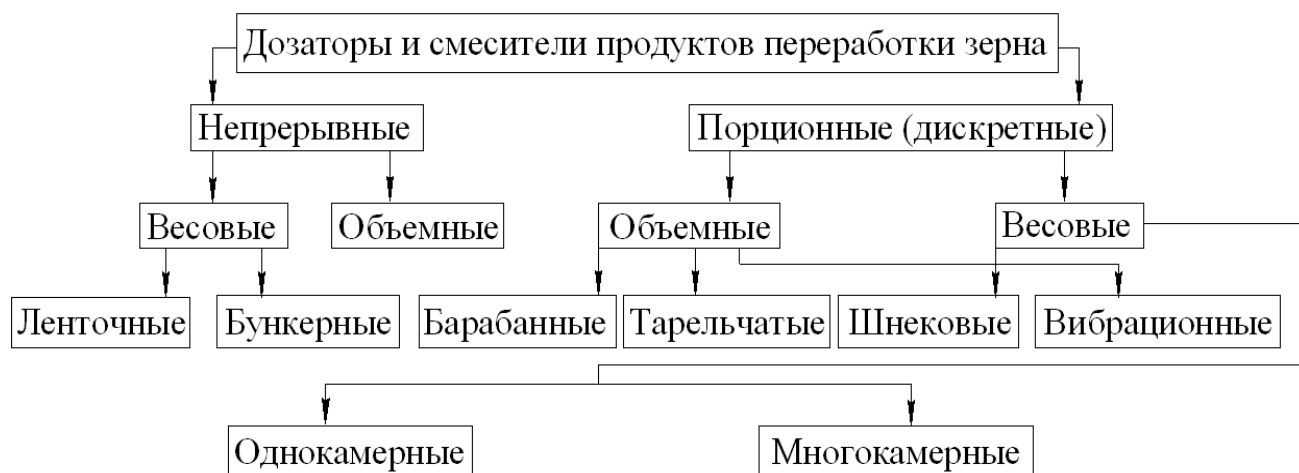


Рисунок 10.1 – Классификация дозаторов и дозаторов-смесителей продуктов переработки зерна

Дозаторы дискретного действия используют в основном при фасовке готовой продукции, поскольку они обладают большей производительностью по числу порций в единицу времени. На комбикормовых заводах применяют чаще всего объемные дозаторы непрерывного действия и весовые дозаторы непрерывного и дискретного действия.

### 10.3 Общие схемы и технологический расчет дозаторов

*Барабанный дозатор* схематично представлен на рисунке 10.2.

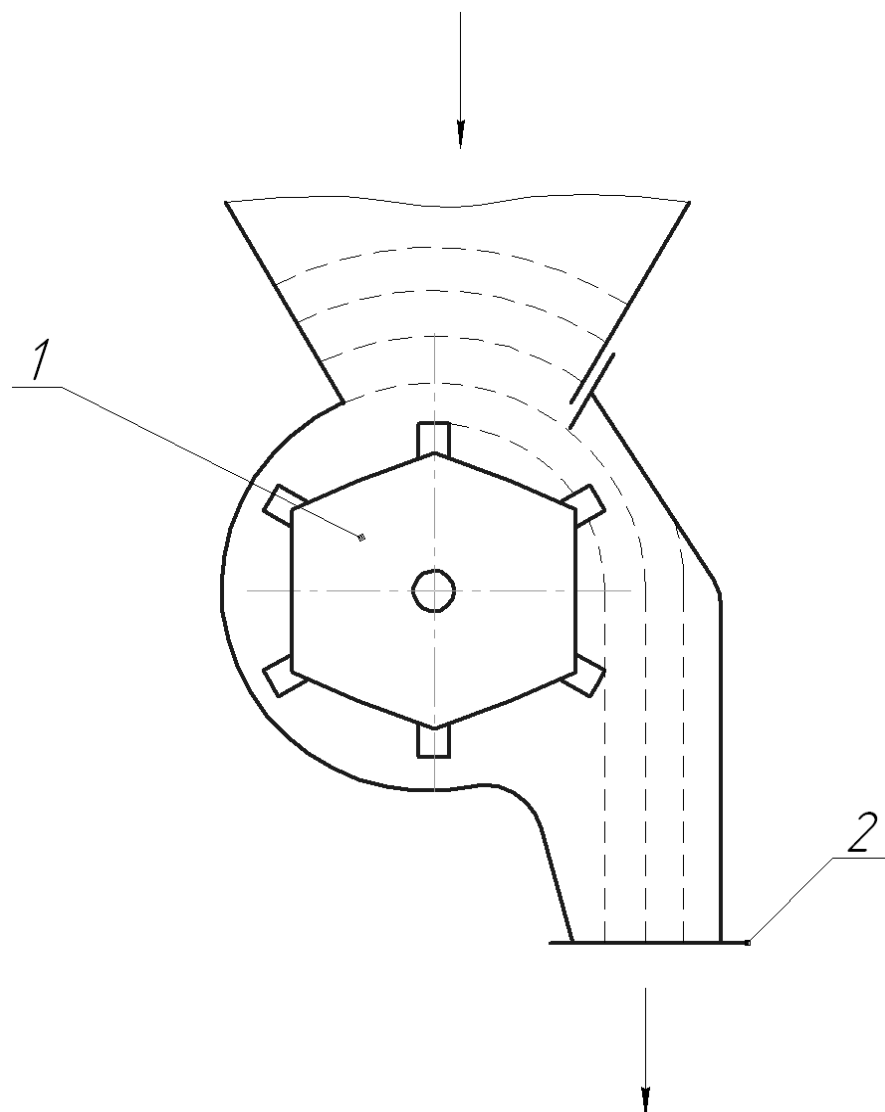


Рисунок 10.2 – Схема объемного барабанного дозатора

В приемной части дозатора продукт разрыхляется для получения равномерной плотности. Основным рабочим органом является барабан 1, который имеет от четырех до восьми продольных секций, в каждой из которых, как правило, шесть камер. Секции смещены одна относительно другой на  $10^0$  по винтовой линии. В нижней части 2 дозатора дозируемый продукт выводится на очередной этап технологической линии. По этому принципу работают дозаторы-смесители типа ЗС-250, дозатор А1-БГД, ДП-1, ДРМ-3, ДМ-3А. У них барабан совершает прерывистое одностороннее движение, осуществляемое с помощью храпового механизма. Эти аппараты используются на существующих заводах, не оснащаемых полнокомплектным оборудованием.

Производительность дозаторов барабанного типа можно подсчитать по следующей формуле:

$$Q = 1,67 \cdot 10^{-2} \cdot k \cdot F \cdot l \cdot z \cdot n \cdot \rho, \quad (10.1)$$

где  $Q$  - производительность дозатора барабанного типа, кг/с;

$F$  - площадь поперечного сечения кармана,  $\text{м}^2$ ;

$k$  - коэффициент, учитывающий степень заполнения карманов;

$l$  - длина кармана, м;

$z$  - число карманов в барабане;

$n = \alpha \cdot n_g / 360$  - частота вращения барабана ( $\alpha$  - угол поворота барабана за один оборот приводного вала, градус,  $n_g$  - частота вращения приводного вала,  $\text{с}^{-1}$ );

$\rho$  - объемная масса дозируемого материала,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Потребная мощность при этом

$$N = 5 \cdot 10^{-5} \cdot f \cdot \varphi \cdot P \cdot S \cdot n \cdot D \cdot \text{tg} \gamma, \quad \text{кВт}, \quad (10.2)$$

где  $f$  - коэффициент, учитывающий сопротивление дробления продукта;



$\varphi$  - коэффициент потерь в механической системе (при дозировании мелкозернистого и порошкового материала  $f=1$ ,  $\varphi=1,1$ , при дозировании крупнозернистого материала  $f=2$ ,  $\varphi=1,25$ );

$P$  - удельное давление продукта на барабан, Па;

$S$  - площадь опорной поверхности столба продукта на барабан, м<sup>2</sup>

$D$  - диаметр барабана, м;

$n$  - частота вращения барабана, с<sup>-1</sup>;

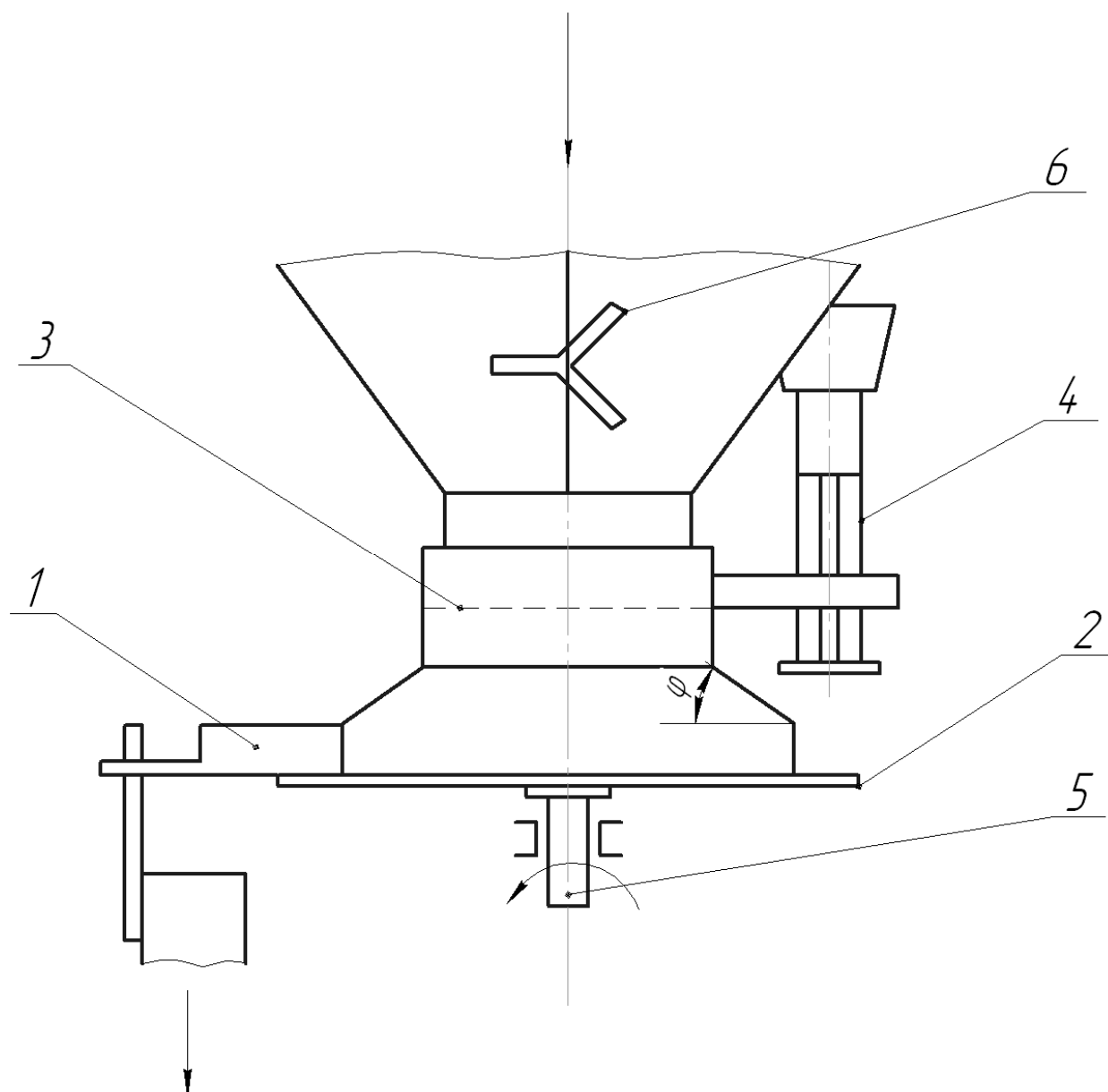
$\gamma$  - угол естественного откоса перемещаемого продукта, градус.

*Общая схема тарельчатого дозатора* представлена на рисунке 10.3.

Тарельчатые дозаторы распространены на большой круг отраслей промышленности (в пищевой, угольной, металлургической, сельхозмашиностроении, сельском хозяйстве и других). В пищевой промышленности используются несколько типов и марок дозаторов.

Основным рабочим органом тарельчатого дозатора является вращающийся диск (тарелка), с которого дозируемый продукт сбрасывается скребком. Дозирование осуществляется высотой слоя продукта, который регулируют передвижной манжетой, надетой на выходной патрубок бункера или другими типами заслонок.

Тарельчатый дозатор типа ДДТ применяют для дозирования сыпучих компонентов. Форма скребка 1 соответствует логарифмической спирали. При этом достигается постоянный угол встречи продукта со скребком, что повышает равномерность подачи. Редуктор многоскоростной. Это позволяет получить различную частоту вращения тарелки. Положение по высоте манжеты 3 может изменяться при вращении ее вокруг приемного патрубка с помощью механизма регулятора или путем прямого регулирования винтовым механизмом 4. Привод тарелки осуществляется электродвигателем от приводного вала 5. Между редуктором и валом 5 расположена червячная передача. Для равномерной подачи продукта в патрубок на валу тарелки установлен ворошитель 6.



1- скребок в виде логарифмической спирали; 2- тарелка (диск); 3- манжета; 4- винтовой механизм; 5 - приводной вал; 6 - ворошитель

Рисунок 10.3 – Схема тарельчатого дозатора

Основной эксплуатационный показатель – производительность можно рассчитать следующим образом:

$$Q = F \cdot v \cdot \rho \quad \text{или} \quad Q = \frac{\pi \cdot n \cdot h^2 \cdot \rho}{60 \cdot \operatorname{tg} \varphi} \cdot \left( R + \frac{h}{3 \cdot \operatorname{tg} \varphi} \right), \quad (10.3)$$

где  $Q$  - производительность, кг/с;

$F$  - поперечное сечение потока продукта, м<sup>2</sup>;

$v$  - скорость потока продукта, м/с;

$\rho$  - плотность дозируемого продукта, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  - угол естественного откоса, градус;

$n$  - частота вращения тарелки, с<sup>-1</sup>;

$h$  - высота расположения манжеты над тарелкой, м.

Дозируемый продукт на тарелке (диске) перемещается слоем с поперечным сечением разной формы, например, в виде кольца треугольного сечения, площадь которого

$$F = \frac{h^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \text{ м}^2, \quad (10.4)$$

где  $h$  - высота расположения манжеты над тарелкой, м;

$\varphi$  - угол естественного откоса продукта при его движении, градус (рисунок 10.3)

Потребная мощность для привода дозатора

$$N = \frac{N_1}{\eta} \cdot (1 + f \cdot \cos \beta) \cdot k, \quad (10.5)$$

где  $N_1 = P \cdot v / 1000$  - мощность, потребная для преодоления сопротивления трения продукта о диск (тарелку), кВт;

$\beta$  - угол установки скребка относительно плоскости сечения кольца продукта, градус;

$f$  - коэффициент трения продукта о скребок;

$k$  - коэффициент, учитывающий сопротивление других элементов ( $k=1,5..2$ );

$\eta$  - КПД механизма привода дозатора;

Сила трения продукта о тарелку:

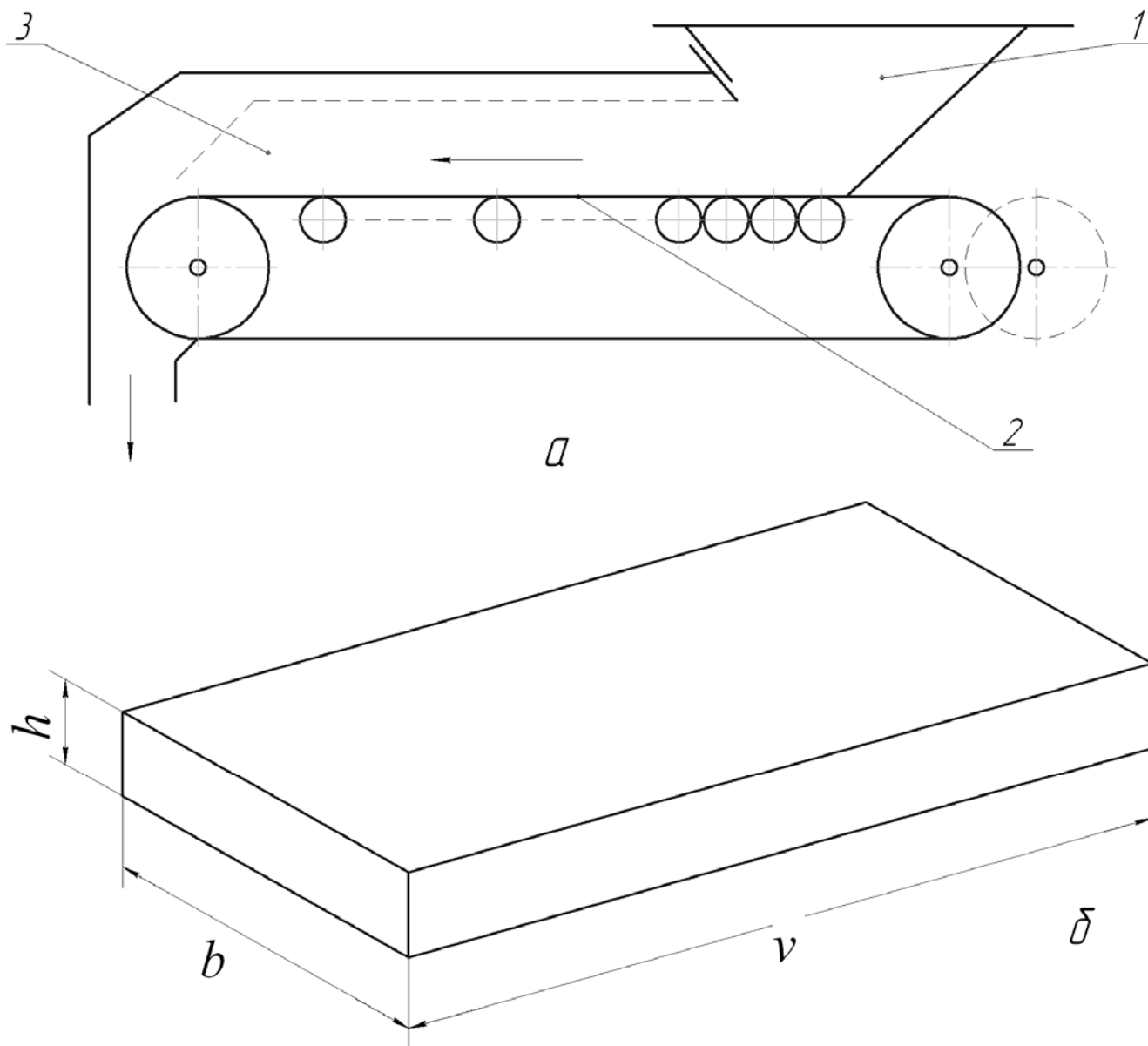
$$P = F \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot f_1, \quad (10.6)$$

где  $L$  - путь перемещения продукта, м;

$f_1$  - коэффициент трения продукта о диск (тарелку).

Схема ленточного дозатора представлена на рисунке 10.4.

Дозаторы этого типа также используются во многих отраслях отечественной промышленности, в том числе в пищевой и комбикормовой.



1 - бункер; 2 - ленточный транспортер; 3 - борт

Рисунок 10.4 – Схема ленточного дозатора (а) и схема к расчету производительности (б)

Ленточный дозатор представляет собой короткий конвейер, расположенный под питающим бункером 1. Вдоль ленты 2 установлены борта 3, образующие желоб, по которому движется подаваемый продукт. Производительность можно регулировать перемещением заслонки, изменяющей высоту слоя продукта и изменением скорости ленты.

Производительность ленточного дозатора определяется из секундного объема прошедшего дозируемого материала.

Поперечное сечение слоя материала (рисунок 10.4)

$$S = b \cdot h, \text{ м}^2, \quad (10.7)$$

где  $b$  - ширина ленты, м;

$h$  - толщина слоя дозируемого материала, м.

Удельный (за единицу времени) объем материала

$$Q = S \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (10.8)$$

где  $v$  - скорость ленты (ленточного транспортера), м/с.

Производительность дозатора

$$Q = \theta \cdot \rho = b \cdot h \cdot v \cdot \rho, \text{ кг/с}. \quad (10.9)$$

*Шнековые дозаторы* используют для учета и подачи сыпучих мелкокусковых и порошкообразных продуктов в пищевой и комбикормовой промышленности.

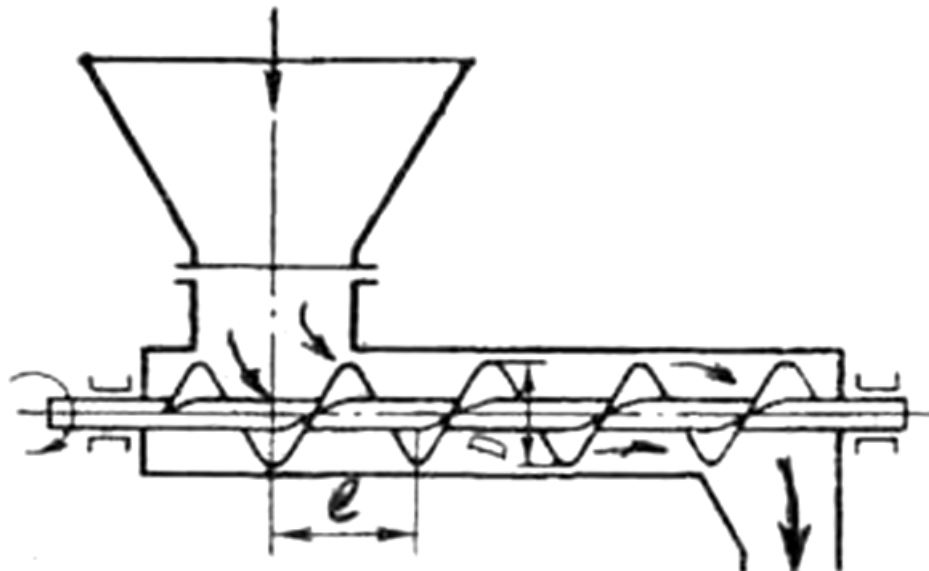


Рисунок 10.5 – Схема шнекового дозатора

Шнековые дозаторы оказывают незначительное дополнительное измельчение продуктов, в связи с чем их используют там, где это не имеет большого значения.

Производительность шнекового дозатора, а значит и учет продукта определяется по следующей формуле:

$$Q = 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot D^2 \cdot l \cdot k \cdot n \cdot \rho, \text{ кг/с,} \quad (10.10)$$

где  $Q$  - производительность дозатора (учетная величина подаваемого материала), кг/с;

$D$  - диаметр шнека, м;

$l$  - шаг шнека, м (как правило  $l = (0,8 \dots 1,0) \cdot D$ ;

$k$  - степень заполнения дозатора транспортируемым материалом ( $k = 0,8 \dots 0,98$ );

$n$  - частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\rho$  - плотность дозируемого материала,  $\text{кг/м}^3$ .

Для мелкосыпучих материалов  $n = 0,67 \dots 1,33$  об/с, для трудносыпучих (комбикормовая промышленность)  $n = 0,34 \dots 0,67$  об/с.

Потребная мощность шнекового дозатора

$$N = 10^{-3} \cdot Q \cdot \eta^{-1} \cdot (L \cdot k_c + H) \cdot k_n, \text{ кВт}, \quad (10.11)$$

где  $Q$  - производительность дозатора, кг/с;

$\eta$  - КПД привода;

$L$  - горизонтальная проекция траектории пути перемещения продукта, м;

$k_c$  - коэффициент сопротивления продукта в корпусе дозатора;

$H$  - высота подъема продукта, м;

$k_n$  - коэффициент потерь на трении подшипников ( $k_n=1,1 \dots 1,2$ ).

#### **10.4 Автоматические дозаторы высокой производительности комплектных мукомольных заводов**

В комплектное оборудование современных высокопроизводительных заводов включены однокомпонентные типа 6.142 АД-50-3Э или 6.143 АД-50-МЭ и многокомпонентные типа 6.140 АД-3000-М дозаторы, а также автоматические весовые однокомпонентные дозаторы для витаминных смесей типа

6.139 АД-10-ВД.

*Однокомпонентные автоматические дозаторы порционного действия с электропневматическим управлением типа 6.142 АД-50-3Э представлены на рисунке 10.6. В основу конструкции этих дозаторов положены конструкция и принцип действия ранее выпускавшихся «Автоматических весов дискретного действия» и «Порционных весов».*

Бесконтактные конечные выключатели (БКВ) по своему функциональному назначению аналогичны обычным конечным и путевым выключателям, но в отличие от последних не требуют для своего срабатывания механических усилий, т. е. не нагружают дополнительно весовые механизмы. Бесконтактный выключатель состоит из чувствительного элемента и выходного реле. Чувствительный элемент выполнен в виде параллелепипеда с щелевидным пазом на одной из граней и

закреплен на одном из звеньев механизма. При вводе металлической пластины (флажка), закрепленной на другом звене механизма, в паз срабатывает реле.

На рисунке 10.6 показаны основные этапы цикла взвешивания и дозирования автоматических дозаторов. Коромысло 18 весового механизма неравноплечее, с передаточным отношением 1:5. К правому (малому) плечу подвешен ковш 2 с двустворчатым дном 4, 5, которое открывается и закрывается пневмоцилиндром 1 через систему рычагов и тяг. На левом плече коромысла подвешен гиредержатель 9.

В верхней части дозатора расположен наддозаторный бункер 24. Выпускная горловина бункера снабжена секторной заслонкой 27. Привод заслонки осуществляется с помощью пневмоцилиндра 26. Выпускная горловина, секторная заслонка 27, подвижный упор 22, перемещаемый пневмоцилиндром 25 через двуплечий рычаг 23, представляют собой двухрежимный гравитационный питатель дозатора (выпускная горловина дозатора для отрубей снабжена дополнительно ворошителем, предотвращающим сводообразование).

Исполнительными механизмами управляют бесконтактные щечные выключатели 3, 14, 15, 20, взаимодействующие с коромыслом и рычагами. В исходном положении сжатый воздух подается в левую полость пневмоцилиндра 25 и в правую полость пневмоцилиндра 26. Заслонка 27 и створки 4, 5 дна ковша закрыты, рычаг 23 с упором 22 повернут до отказа по часовой стрелке. Флажки рычагов 13, 16 выведены из пазов БКВ 14, 15, а флажки рычага 21 и створки 4 на ковше введены в пазы БКВ 20 и 3 соответственно.



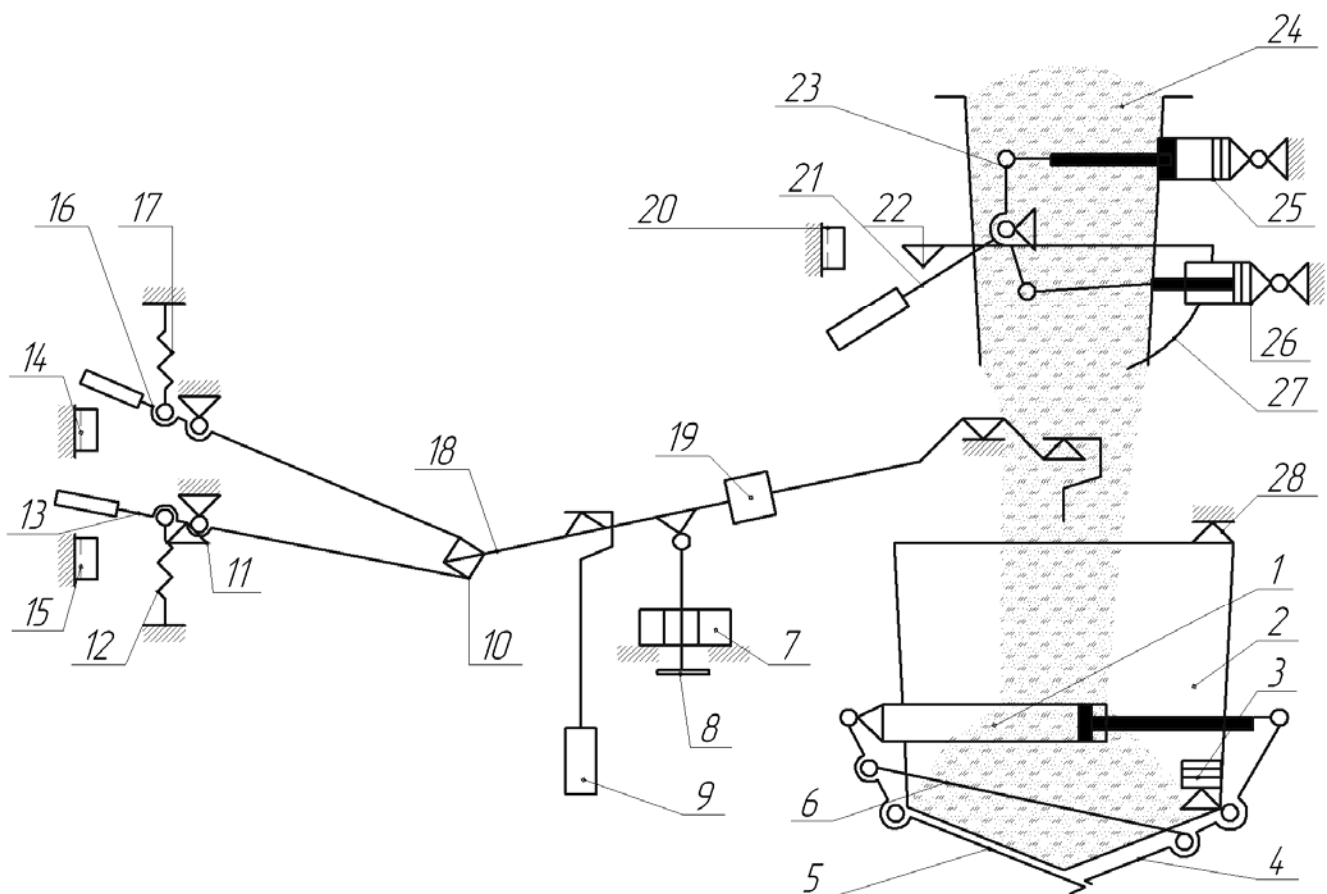


Рисунок 10.6 – Схема автоматического дозатора типа 6.142 АД-50-3Э

При нажатии кнопки "Пуск" (или при подаче сигнала от системы автоматизации) сжатый воздух подается в левую полость пневмоцилиндра 26, его поршень перемещается вправо, заслонка 27 открывается, поворачиваясь против часовой стрелки. Продукт начинает поступать в ковш 2 дозатора через все сечение выпускной горловины (основной режим). Одновременно сжатый воздух поступает в правую полость пневмоцилиндра 25, поршень которого при движении влево поворачивает рычаг 23 с упором 22 против часовой стрелки до отказа.

По мере заполнения ковша коромысло 18 начинает поворачиваться по часовой стрелке, а ковш постепенно опускается, движение ковша вниз обусловлено тем, что сила тяжести гирь, установленных в гиредержателе 9, уравновешивается силой тяжести продукта в ковше 4 и силой давления на коромысло регулятора плавности - пружины 12, которая воздействует на левое плечо коромысла через

рычаг *13*, поворачивающийся при заполнении ковша против часовой стрелки, и упор *10*.

Регулятор плавности создает дополнительное усилие, которое при не полностью заполненном ковше приложено к левому плечу коромысла, а также уменьшает раскачивание последнего и повышает тем самым точность взвешивания. Это усилие благодаря опусканию ковша и уменьшению деформации пружины *12* уменьшается по мере приближения к равновесию.

Уменьшению раскачивания незаполненного ковша способствует также упор *28*, взаимодействующий с неподвижным кронштейном. По мере опускания ковша зазор между упором и кронштейном увеличивается и, начиная с некоторого положения контакта между ними уже не происходит.

Когда в ковше наберется примерно 90 % заданной массы продукта (предварительная масса), флажок рычага *13* входит в паз БКВ *14*, а сам рычаг становится на упор *11*, благодаря чему пружина - регулятор плавности *12* перестает воздействовать на коромысло *18*. Выключатель *14* срабатывает, по его сигналу изменяется направление подачи сжатого воздуха в полости пневмоцилиндра *26*, его поршень перемещается влево, а заслонка *21* поворачивается по часовой стрелке до контакта рычага *21* с упором *22*. Продукт поступает в ковш через узкую щель между левой стенкой выпускной горловины и не полностью закрытой заслонкой *21* — начинается режим досыпки.

Для уменьшения погрешности дозирования в момент перехода на досыпку колебания коромысла гасятся дополнительным силовым воздействием, Груз *7*, находившийся при основном режиме на неподвижной опоре, подхватывается шайбой *8*, которая с помощью тяги закреплена на коромысле *18*.

При достижении заданной гирями массы продукта в ковше коромысло *18* поворачивает рычаг *16* против часовой стрелки. Флажок рычага *16* входит в паз БКВ —*15*, последний срабатывает, и соответствующий электро-пневматический распределитель подает сжатый воздух в левую полость пневмоцилиндра *23*.

Поршень последнего перемещается вправо, а упор 22 — по часовой стрелке, давая возможность заслонке 27 полностью закрыться, поскольку ее рычаг 21 уже находится в контакте с упором 22.

Процесс взвешивания заканчивается. При срабатывании НКВ 15 сжатый воздух подается в правую полость пневмоцилиндра 1, створки 4, 5 раскрываются (при этом флажок правой створки выходит из паза БКВ 3). Под действием силы тяжести продукт высыпается из ковша, происходит разгрузка последнего, в течение которой правое плечо с ковшом поднимается, а левое опускается, растягивая упором 10 через рычаг 13 пружину 12 регулятора плавности. Через 1...2 с (устанавливается с помощью реле времени) изменяется направление подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр 1, дно ковша закрывается, створки 4 и 5 возвращаются в исходное положение, флажок правой створки входит в паз выключателя 3, который дает команду на начало следующего цикла дозирования. Срабатывает также электрический счетчик количества доз.

Электрическая схема дозатора позволяет после срабатывания выключателя 15 переключать подачу сжатого воздуха в правую полость пневмоцилиндра 1 внешним импульсом, подаваемым от системы автоматизации. Таким образом, можно управлять временем цикла дозирования (увеличивать его) и тем самым изменять производительность дозатора. В ручном (наладочном) режиме для разгрузки и повторения цикла необходимо нажать соответствующие кнопки.

Кинематическая схема весового механизма, цикл весового механизма и цикл дозирования автоматического однокомплектного дозатора для муки 6.143 АД-50-МЭ аналогичны вышеописанному дозатору для зерна. Отличается дозатор для муки наличием двухрежимного шнекового питателя с секторной заслонкой.

Производительность этого типа дозаторов в общем виде

$$Q = \frac{M_n}{T_u}, \text{ кг/с}, \quad (10.12)$$

где  $M_n$  - масса дозируемой порции, кг;

$T_u$  - рабочий цикл дозатора, с.

Анализируя теоретический процесс работы дозатора и учитывая все его составляющие, после несложных математических преобразований получим развернутую формулу производительности:

$$Q = \frac{Q_0 \cdot T_0 + Q_{\text{дос}} \cdot T_{\text{дос}} + Q_n \cdot T_n}{T_0 + T_{\text{дос}} + T_n + \sum_{i=1}^n T_{\text{сраб.мех}} + T_{\text{вр}}}, \text{ кг/с}, \quad (10.13)$$

где  $Q_0$ ,  $Q_{\text{дос}}$ ,  $Q_n$  - производительность питателя соответственно на основном потоке, на досыпке, и в переходном режиме, кг/с;

$T_0$ ,  $T_{\text{дос}}$ ,  $T_n$  - время работы питателя соответственно на основном потоке, на досыпке ( $\approx 5$ с), и в переходном режиме, с;

$\sum_{i=1}^n T_{\text{сраб.мех}}$  - суммарное время срабатывания исполнительного, разгружающего и других механизмов, с;

$T_{\text{вр}}$  - время между окончанием взвешивания и «командой» на разгрузку ковша, с.

Изменяя время  $T_{\text{вр}}$ , можно изменять производительность дозатора и синхронизировать работу дозатора с другим оборудованием. Некоторый прирост производительности можно получить, увеличив время работы питателя основного потока  $T_0$  и, соответственно, уменьшив время работы питателя досыпки  $T_{\text{дос}}$ . Для этого нужно при регулировании увеличить высоту упора 10 коромысла 18. Однако чрезмерное уменьшение времени досыпки приводит к уменьшению точности дозирования.

*Многокомпонентные дозаторы* используются в основном на мукомольных заводах, оснащенных высокопроизводительным *комплексным* технологическим оборудованием, где осуществляется формирование разных

сортов муки путем смешивания различных продуктов размола зерна, дозируемых в заданном рецептурном соотношении.

В используемом для этой цели многокомпонентном дозаторе 6.140 АД-3000-М продукты последовательно подают в одно и то же грузоприемное устройство — весовой бункер. Над весовым бункером расположены питатели, число которых равно числу компонентов (до 8 компонентов), каждый компонент дозируется соответствующим питателем, масса дозы задается нарастающим итогом.

По принципу действия, конструкции и построению системы управления дозатор 6.140 АД-3000-М аналогичен известным дозаторам комплексов КДК, применяемым для дозирования компонентов комбикормов (смотри предыдущий раздел).

Дозатор состоит из восьми шнековых питателей, бункера, двух выпускных затворов, системы рычагов и тяг, циферблатного указателя массы и системы программного управления.

На грузоподъемном устройстве установлены работающие при его разгрузке пневмопобудители, которые предотвращают образование сводов и слеживания муки воздействием вибрации и пульсирующего потока воздуха.

В качестве элемента, программирующего массу дозы нарастающим итогом в спецкоде, используются перфокарты, которые меняются при переходе на новый рецепт смеси.

Измерительным преобразователем системы управления служит установленный на циферблатном указателе фотоэлектрический преобразователь, который в зависимости от угла поворота стрелки вырабатывает соответствующее количество импульсов. Для этого с весовой стрелкой связан кодовый диск с маской, представляющей собой расположенные в определенной последовательности не прозрачные риски. Когда кодовый диск, укрепленный на валу циферблатного указателя повернется вместе со стрелкой на угол, соответствующий заданному, на выходе блока

сравнения появится сигнал. Его используют для включения и выключения питателей.

## 10.5 Смесители сыпучих материалов пищевой и комбикормовой промышленности

Смесители предназначены для получения однородной смеси нескольких компонентов, а также однородной по объему структуры отдельного компонента.

Существуют смесители периодического и непрерывного действия. В свою очередь и те и другие смесители подразделяются на смесители горизонтального и вертикального расположения рабочих органов.

По типу рабочих органов созданы смесители лопастные и шнековые. Общая классификация представлена на рисунке 10.7.

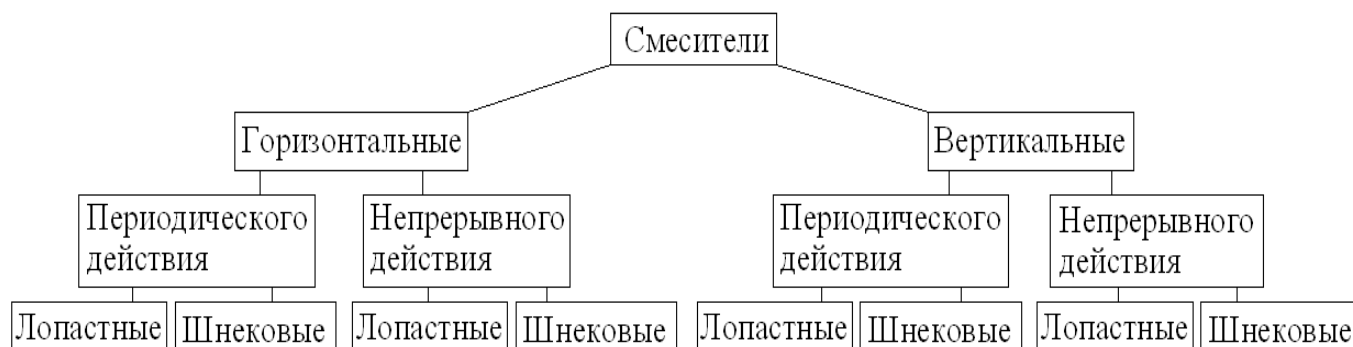


Рисунок 10.7 – Классификация смесителей

Как правило в технологической линии смесители работают вместе с дозаторами.

Процесс смешивания по его структуре состоит, как минимум, из трех элементарных процессов. Первый процесс представляет собой перемещение элементарных групп смежных частиц в рабочем пространстве со скольжением слоев (условно-конвективное смешивание). Второй элементарный процесс заканчивается в перераспределении частиц различных компонентов производимой смеси через условные (не прямо выраженные) границы их

раздела (его можно назвать диффузионный процесс). Третий процесс – процесс сосредоточения частиц близких по размеру, форме, массе под действием имеющих место в процессе гравитационных и инерционных сил. Необходимо отметить, что первый и второй процессы как бы способствуют ровности распределения частиц по всему объекту, улучшают равномерность перемешивания, третий же – препятствует равномерному перемешиванию. И по времени третий процесс является последним. Следовательно процесс смешивания должен заканчиваться в конце второго элементарного процесса, в начале третьего.

Процесс перемешивания в пределах первого и второго элементарных процессов может быть представлен по времени  $t$  в следующем виде (математическая модель смешивания в приближенном виде):

$$v_{kc} = a \cdot t^{-b}, \quad (10.14)$$

где  $v_{kc}$  - коэффициент (степень) равномерности перемешивания смеси, представляющий собой коэффициент вариации значений ключевого компонента в пробах, %;

$a$  и  $b$  - коэффициенты указывающие на свойство компонентов смеси и параметры конструкции смесителя;

$t$  - время перемешивания, с.

В практике для определения качества смешивания поступают следующим образом. При любом количестве компонентов, из которых состоит смесь, ее условно считают двухкомпонентной, из которой один компонент является ключевым, во второй входят все оставшиеся. Принимается условие что, если ключевой компонент распределен в смеси равномерно, то и все остальные компоненты также распределены равномерно.

Хотя в последнее время предъявляются более строгие требования к определению качества перемешивания компонентов и предлагается проводить

анализ в 2-3 этапа, когда за ключевой компонент принимают 2-3 компонента (последовательно) смеси.

Степень равномерности распределения выбранного ключевого компонента смеси определяется как коэффициент вариации значений ключевого компонента всей выборки проб (всего количества проб взятых на анализ):

$$v_{kc} = \frac{\sigma_{kc}}{\bar{x}_{kc}} \cdot 100, \%, \quad (10.14)$$

где  $v_{kc}$  - коэффициент равномерности распределения смеси (в некоторой литературе  $v_c$  - коэффициент неоднородности), %;

$\sigma_{kc}$  - среднее квадратическое отклонение значений ключевого компонента, кг;

$\bar{x}_{kc}$  - среднее арифметическое значение ключевого компонента, кг.

$$\sigma_{kc} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_{kc} - x_{kci})^2}{n-1}}, \text{ кг}, \quad (10.16)$$

где  $x_{kci}$  - содержание ключевого компонента в  $i$ -й пробе, кг;

$i$  - номер пробы смеси, взятой на анализ;

$n$  - количество проб, как правило 8...10.

Качественным смешиванием считается при  $v_{kc} \leq 10$  %, удовлетворительной - при  $10 \leq v_{kc} \leq 20$  %.

Необходимо отметить, что за ключевой компонент в смеси принимают тот, которого в смеси по массе меньше всех остальных (конечно, в этих случаях нужно учитывать физико-механические свойства и признаки компонентов).

*Смесители периодического действия.* Технологический процесс смесителей периодического действия должен быть согласован с технологическим процессом работы порционных (периодического действия)



дозаторов и заключается в следующем. При закрытом выгрузном устройстве смеситель загружается всеми компонентами, после чего происходит рабочий процесс перемешивания компонентов рабочими органами. По окончании второго элементарного процесса (этапа, смотрите выше) готовая смесь выгружается в открываемое к этому моменту окно выгрузного устройства.

К смесителям периодического действия относятся модели типа СГК 10.16, рабочими органами которых являются четыре спиральные лопасти, две из которых по направлению навивки (внутренние) противоположны наружным. Для интенсификации процесса смешивания на главном валу закреплены регулируемые по углу наклона к оси лопатки.

К горизонтальным смесителям периодического действия относится большая группа смесителей типа ДСГ (А9-ДСГ-0,1; А9-ДСГ-0,2; А9-ДСГ-0,5; А9-ДСГ-1,5; А9-ДСГ-2,04 А9-ДСГ-3 и другие). Эти смесители шнекового типа. Их рабочими органами являются валы с закрепленными на них двухзаходными спиральными шнеками, из которых внутренний - с левой, а наружный - с правой навивкой.

Рабочий орган (шнек) смесителей типа ВШС имеет вертикальное расположение.

Производительность смесителей периодического действия можно определить по выражению (10.17):

$$Q_{см} = \frac{Q_p}{m + \frac{Q_p}{M_{po}} \cdot (t_3 + t_p)}, \text{ кг/с}, \quad (10.17)$$

где  $Q_{см}$  - производительность смесителя периодического действия, кг/с;

$m$  - число перемещений смеси за цикл;

$Q_p$  - расход смесителя, кг/с;

$M_{po}$  - масса продукта в рабочем объеме смесителя, кг;

$t_3$  и  $t_p$  - время соответственно загрузки и разгрузки, с.

Для смесителей, рабочий орган которых в виде сплошного шнека, расход

$$Q_{\text{ши}} = 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot D^2 \cdot l \cdot k \cdot n \cdot \rho, \text{ кг/с}, \quad (10.18)$$

где  $D$  - диаметр шнека, м;

$l$  - шаг шнека, м (как правило  $l=(0,8...1,0) \cdot D$ );

$k$  - степень заполнения смесителя (рабочего объема) ( $k=0,8...0,98$ );

$n$  - частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\rho$  - плотность смешиваемого материала,  $\text{кг/м}^3$ .

Для смесителей, рабочий орган которого в виде ленточного шнека, расход

$$Q_{\text{ши}} = 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot (D^2 - d^2) \cdot l \cdot k \cdot n \cdot z \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (10.19)$$

где  $D$  и  $d$  - соответственно наружный и внутренний диаметр шнека, м;

$z$  - число заходов шнека;

$\varphi$  - коэффициент подачи, учитывающий параметры шнека и его положение относительно корпуса;

$n$  - частота вращения шнека,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\rho$  - плотность смешиваемого материала,  $\text{кг/м}^3$ .

Потребную мощность для смесителя можно определить по формуле:

$$N = \frac{Q_{\text{см}}}{1000 \cdot \eta} \cdot (L \cdot k_c + H) \cdot k, \text{ кВт}, \quad (10.20)$$

где  $Q_{\text{см}}$  - производительность смесителя,  $\text{кг/с}$ ;

$\eta$  - КПД привода;

$L$  - горизонтальная проекция траектории пути перемещения смешиваемого продукта, м;

$k_c$  - коэффициент сопротивления продукта в корпусе смесителя;

$H$  - высота подъема продукта, м;

$k_n$  - коэффициент потерь на трение подшипников ( $k_n=1,1...1,2$ ).

В комбинированных смесителях с несколькими рабочими органами потребную мощность необходимо рассчитывать каждого из них с последующим суммированием.

На новых заводах, оборудованных высокопроизводительным полнокомплектным оборудованием, используются в основном смесители типа А9-БСГ, например, А9-БСГ-3, вместимостью 3,0 т, производительностью 30 т/ч и потребляемой мощностью привода 37 кВт.

Эти смесители связаны единой системой автоматического управления с весовыми дозаторами 6.139 АД-10-ВД и 6.140-АД-3000-М и предназначены для придания однородности определенного сорта муки, сформированного из муки разных сортов из разных потоков конвейера.

*Смесители непрерывного действия* представляют собой механизмы в которых и поступление компонентов, и выдача готовой смеси происходит непрерывно. Рабочий орган этого типа смесителей смешивает и перемещает продукт вдоль продольной оси. У смесителей высокопроизводительных с более интенсивным перемешиванием продольное перемещение дополняется местными встречными потоками части продукта.

Смесители непрерывного действия работают в комплексе (совместно) с дозаторами, также непрерывного действия. Качество смешивания обусловлено множеством факторов, главным из которых является спектральный состав изменений (вариации) значений расхода компонентов на выходе и способность смесителя фильтровать (сглаживать) эти изменения (варьирование).

Самыми распространенными смесителями непрерывного действия являются смесители типа СМ (например, 2СМ-1), рабочими органами которых служат валы с укрепленными на них лопастями. Валы вращаются навстречу друг к другу, перемешивают и подают продукт к выходу из машины. Производительность и время смешивания регулируются поворотом лопастей. Лопасты чередуются на валу так, чтобы две из них были под углом  $50^\circ$  к оси вала (для продвижения продукта), а третья под углом  $20^\circ$  в противоположном

направлении для обеспечения местных встречных потоков, обуславливающих интенсивное перемешивание компонентов.

Подобным по принципу действия является смеситель типа МСН, предназначенный для смешивания муки при ее витаминизации, а также компонентов комбикормов. Рабочие органы этого типа смесителей - два параллельно расположенных лопастных шнека, вращающихся в противоположных направлениях - один из них перемещает основную массу продукта от входа к разгрузке, другой часть продукта в обратном направлении.

# 11 Безопасность жизнедеятельности в производственных условиях

## 11.1 Пылевыведение и взрывоопасность на предприятиях по переработке зерна

Все технологические и транспортные процессы хранения и переработки зерна в элеваторах, на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах сопровождаются значительными пылевыведениями. В производственных условиях пыль находится в двух состояниях: во взвешенном аэрозольном в воздухе и в осевшем аэрозольном. Наиболее взрывоопасной является пыль, богатая органическими веществами, в аэрозольном состоянии.

Воспламенение и взрыв горючей пыли зависят от дисперсности зольности, влажности, от концентрации пылевоздушной смеси, наличия источника теплоты и достаточного количества кислорода в воздухе. Пыль и пылевидные продукты размола зерна и комбикормов (мука, дунст и др.) способны не только гореть, но и при определенных условиях вызывать локальные пылевые взрывы в оборудовании которые могут распространяться по коммуникациям производственных помещений предприятия, приводящие к разрушениям и человеческим жертвам.

Пылевой взрыв возможен только при одновременном совпадении двух условий: первое — наличие взрывоопасной концентрации пыли или пылевидных продуктов в аэрозольном состоянии в воздухе с нормальным содержанием кислорода, второе — наличие источника воспламенения.

Взрывоопасная концентрация пыли и пылевидных продуктов в аэрозольном состоянии в воздухе колеблется в очень широких пределах — от минимального нижнего предела  $a_{min}$  (г/м<sup>3</sup>) до максимального верхнего предела  $a_{max}$  (г/м<sup>3</sup>), который принимают для всех видов пыли равным 2000 г/м<sup>3</sup>.

Промышленные горючие пыли по аналогий с горючими газами и жидкостями по пожаро- и взрывоопасности характеризуются минимальной температурой: искрообразования, вспышки и самовоспламенения, верхними и нижними концентрационными пределами. Например, мучная пыль влажностью 15 % имеет нижний предел взрывоопасной концентрации от 18 до 40 г/м<sup>3</sup>, а верхний предел — 2000 г/м<sup>3</sup>.

Характеристикой взрывоопасности пылевоздушной смеси служит стехиометрическая концентрация пыли в воздухе. Под этой концентрацией принято понимать такое количество горючей части пыли, при котором происходит полное ее сгорание в сухом воздухе при полном использовании кислорода воздуха.

В производственных помещениях воздух всегда имеет большую или меньшую влажность. Количество водяных паров влияет на содержание кислорода в воздухе. Содержание водяных паров в воздухе

$$\alpha = f(\varphi; t; p_a), \quad (11.1)$$

где  $\varphi$  — относительная влажность воздуха, %;

$t$  — температура воздуха, °С;

$p_a$  — барометрическое давление, Па (мм рт. ст.).

Промышленные аэрозоли, состоящие из горючей пыли, имеют определенную зольность и влажность, а величину стехиометрической концентрации можно определить по формуле:

$$a = \frac{1000 \cdot a_{cm}^m}{100 - (z + \omega)}, \quad a = \frac{1000 \cdot V_0}{V_a}, \quad (11.2)$$

где  $z$  — зольность пыли, %;

$\omega$  — влажность пыли, %;

$V_0$  — объем, занимаемый кислородом в 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха;

$V_n$  — объем, занимаемый кислородом при нормальном давлении  $p=760$  мм рт. ст.

Необходимо, чтобы полученное значение  $a_{ст}^p$  было меньше взрывоопасной  $a_{ст.взр}^p$  примерно на 15...20 %.  $a_{ст.взр}^p$  - выбирают из нормативных таблиц.

Производственные здания предприятий хранения и переработки зерна рассчитаны на избыточное давление от 0,15 до 0,4 кгс/см<sup>2</sup> (0,15...0,4)·10<sup>5</sup>, Па. Пылевые взрывы сопровождаются образованием большого объема газообразных продуктов, что обуславливает развитие давления до (5...7)·10<sup>5</sup> Па.

Для защиты производственных зданий от разрушения предусмотрены устройства открытых проемов (окна, двери, ворота и др.) или легкосбрасываемых элементов в наружных стенах и перекрытиях с массой элементов не более 120 кг на 1 м<sup>2</sup>, через которые отводят газообразные продукты и снижается давление пылевого взрыва (так называемые вскрываемые сечения).

Площадь вскрываемых сечений должна быть не менее 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> защищаемого объема.

Для защиты производственного оборудования от разрушений при взрыве аэрозвесей устанавливают мембраны, которые обеспечивают вскрытие взрыворазряжающих отверстий и отвод газообразных продуктов в атмосферу со снижением давления пылевого взрыва.

Взрыворазряжающие отверстия, перекрытые мембраной, соединены с атмосферой взрыворазрядной трубой.

Толщина металлических мембран определяется по формуле:

$$\delta = 10^{-7} \cdot K \cdot p \cdot D, \text{ мм}, \quad (11.3)$$

где  $K$  - опытный коэффициент прочности: для алюминиевых мембран  $K=0,33...0,38$ ; для медных  $K=0,15...0,18$ ;

$p$  - разрушающее давление, Па;

$D$  - диаметр мембраны, мм;

$\delta$  - расчетная толщина мембраны, мм.

Минимальный диаметр мембраны принимают  $D=250$  мм, а толщину алюминиевой фольги  $\delta=0,02\dots0,04$  мм, при этом разрушающее давление  $p=0,2\dots0,4$  кгс/см<sup>2</sup> =  $(0,2\dots0,4)\cdot10^5$  Па.

По существующим нормам для технологического оборудования величину площади взрыворазряжающих отверстий принимают  $S=0,0285$  м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема машины.

## 11.2 Мероприятия по предотвращению и локализации пылевых взрывов

1. Все технологическое и транспортное оборудование должно аспирироваться. При надежной и эффективной работе аспирационных установок обеспечивается оптимальный воздушный режим в машинах за пределами нижней взрывоопасной концентрации пыли.

2. Расход воздуха  $Q$  (м<sup>3</sup>/ч) на аспирацию оборудования из условий взрывобезопасности для предотвращения возникновения в нем взрывоопасной концентрации пыли определяют по формуле

$$Q = (2 \dots 3) \frac{A}{a_{\min}}, \quad (11.4)$$

где 2...3 - коэффициент взрывобезопасности аспирируемого оборудования;

$A$  - количество пыли и пылевидных продуктов, выделяемое в аэрозольном состоянии в оборудовании, г/ч; находят экспериментальным путем или рассчитывают по технологическому балансу для каждой машины;

$a_{\min}$  - минимальный нижний предел взрывоопасной концентрации, г/м<sup>3</sup>.



3. Аспирируемое оборудование должно находиться под разряжением, что предотвратит выделение пыли в рабочее помещение. Потери давления  $H_m$  (Па) аспирируемой машины определяют по формуле:

$$H_m = \varepsilon_m \cdot Q^2, \quad (11.5)$$

где  $\varepsilon_m$  — коэффициент сопротивления машины, зависящий от конструкции машины и от видов сопротивления внутри нее. Из-за неопределенности формы местных сопротивлений внутри большинства машин величину коэффициента сопротивления машины и потери давления в машине находят экспериментальным путем.

4. В корпусе аспирируемой машины отверстия для входа атмосферного и для удаления запыленного воздуха должны размещаться так, чтобы не было застойных зон, где возможно накопление пыли и появление взрывоопасной концентрации.

5. Площадь отверстий  $S_{ex}$  ( $m^2$ ) для входа атмосферного воздуха в аспирируемую машину вычисляют по следующей формуле:

$$S_{ex} = \frac{Q}{\sqrt{\frac{2 \cdot H_m}{\rho \cdot \varepsilon_{ex}}}}, \quad (11.6)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха,  $kg/m^3$ ;

$\varepsilon_{ex}$  — коэффициент местного сопротивления входного отверстия, принимают ориентировочно  $\varepsilon_{ex}=2$ .

6. При аспирации оборудования нельзя допускать всасывания в воздуховод пылевидных продуктов, так как при этом могут возникать взрывоопасные концентрации.

Поэтому при подсоединении воздуховода к оборудованию применяют конфузор. Площадь  $S$  ( $m^2$ ) аспирационного отверстия для подсоединения конфузора к оборудованию рассчитывают по следующей формуле:

$$S_{\text{ex}} = \frac{Q}{v_{\text{ex}}}, \quad (11.7)$$

где  $v_{\text{ex}}$  - скорость воздуха в аспирационном отверстии на входе в конфузор м/с. Принимают на зерне  $v_{\text{ex}} = 2$  м/с, на муке 0,8 м/с, на комбикормах 0,5 м/с.

7. Воздуховоды и корпуса аспирируемого оборудования должны быть герметизированы, а фильтры и циклоны надежно работать.

8. Важнейшие мероприятия по предотвращению пылевых взрывов: систематическая уборка пыли со стен, потолков и других строительных конструкций.

9. Применять осадочные камеры и шнековые пылесборники на предприятиях хранения и переработки зерна не рекомендуется. Циклоны, следует устанавливать с наружной стороны производственного здания.

10. Перед технологическим оборудованием (молотковыми дробилками, вальцовыми станками, шелушительными машинами, смесителями) должно быть установлено магнитное ограждение, хорошо и надежно работающее.

11. Нужно строго регламентировать электро- и газосварочные работы, а также с открытым пламенем только при полной остановке всего транспортного и технологического оборудования, тщательной очистке помещения от пыли и обеспечении всех требований пожарной безопасности.

12. Систематически контролировать исправность и режимы работы технологического, транспортного оборудования и аспирационных установок.

13. Машины и установки для защиты от разрушения при пылевых взрывах должны быть оборудованы мембранными взрыворазрядителями.

14. Для защиты силосов и бункеров от разрушения при пылевых взрывах рекомендуется их оборудовать взрыворазрядителями. Площадь взрыворазрядителя должна быть равна половине сечения бункера или силоса и располагаться в верхней части.

15. Промышленные здания достаточно эффективно защищаются от разрушения при взрыве пыли легко открываемыми проемами (окна, двери) и стеновыми панельными элементами.

16. По возможности следует шире использовать автоматические системы подавления процессов горения и пылевых взрывов.

17. При осмотре, очистке и работе в бункерах или силосах следует для освещения использовать лампы накаливания или прожектора в пылезащитном исполнении с напряжением тока питания, 12 или 36 В. Осветительные устройства должны соответствовать действующим правилам безопасности.

Перечисленные выше мероприятия не являются исчерпывающими, их нужно систематически корректировать с учетом результатов научно-исследовательских работ, конкретных особенностей технологических процессов переработки, а также с учетом соответствующих инструкций по предотвращению и локализации пылевых взрывов.

### **11.3 Общие требования безопасности жизнедеятельности**

Требования безопасности к конструкции производственного оборудования и его эксплуатации установлены ГОСТ 12.2.003 - 74 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Конструкция должна исключать возможность случайного соприкосновения с горячими или переохлажденными частями. Все ее элементы, в том числе подводящие и отводящие коммуникации, должны предотвращать возможность случайного повреждения, вызывающего опасность при обслуживании. Системы подачи сжатого воздуха, пара, воды должны отвечать действующим требованиям и нормам.

Тепло, влага и пыль в производственном помещении не должны превышать предельных уровней (концентраций), установленных для рабочих зон. В производственных помещениях предусматривают функционирование си-

стем вентиляции и кондиционирования воздуха, а также аспирации оборудования.

Предусматривается, местное освещение отдельных производственных площадок. Для возможности визуального контроля технологического процесса устанавливают светильники для освещения рабочих зон машин с учетом категории взрывобезопасности помещения.

Должна быть предусмотрена защита поражения электрическим током, включая случаи ошибочного действия обслуживающего персонала. Все машины, аппараты, участки самотечных труб и другие устройства, генерирующие заряды статического электричества, снабжают надежной системой заземления. Конструкция оборудования должны предусматривать наличие систем сигнализации, автоматической остановки и отключения от источников энергии при неисправностях, авариях и опасных режимах работы.

Конструкция оборудования должна обеспечить режимы работы, при которых не превышаются установленные пределы шума и вибрации. Оборудование, при работе которого возникают шум и вибрация, превышающие допустимые нормы, должно быть снабжено звукопоглощающими устройствами и установлено на виброизолирующих основаниях.

Предусматривается предупредительная сигнализации о пуске машин и средства остановки и отключения от источников энергии. При наличии транспортирующих машин значительной длины средства остановки располагаются не менее чем через каждые 10 м. Производственное оборудование, обслуживание которого связано с перемещением людей, должно иметь удобные и безопасные проходы и приспособления для ведения работ (лестницы, постаменты, рабочие площадки).

С целью соблюдения БЖД в производственных условиях должны выполняться следующие требования:

- расположение оборудования не должно затруднять выполнение операций;

- конструкция должна исключать самопроизвольный пуск или остановку оборудования;

- органы управления однотипным оборудованием должны быть унифицированы по конструкции и одинаково расположены; пусковые устройства должны быть действующими и расположены вблизи рабочего места для возможности быстрого отключения при авариях и несчастных случаях;

- система управления оборудованием должна обеспечивать блокировку последовательности технологических операций и аварийное выключение (полное или частичное, местное).

#### **11.4 Ограждение опасных зон средств механизации производства**

Для защиты от действия опасных факторов в соответствии с ГОСТ 12.4.011.-75 ССБТ применяют следующие основные средства защиты: оградительные, предохранительные и сигнализационные устройства, а также дистанционное управление.

Оградительные устройства. По условиям безопасности обязательно ограждают:

- движущиеся части машин (шкивы, ремни, цепи, шестерни, муфты, выступающие концы валов и т. п.):

- открытые токоведущие части электрооборудования;

- зоны отлетающих частиц;

- зоны высоких температур и давлений;

- взрывоопасные зоны;

- люки, проемы;

- рабочие площадки на высоте.

Применяют блокировочные устройства различных типов: электромеханические, механические, электрические, фотоэлектрические и др. При неправильной установке ограждений прерывается цепь электропитания энергоустановок машины.

К конструктивному исполнению различных видов ограждений опасных зон предъявляют следующие основные требования:

- откидные, съемные, раздвижные ограждения, а также дверцы, крышки, щитки этих ограждений или корпусов машин должны иметь устройства, исключающие их случайное снятие или открывание (надежная фиксация, электроблокировка);

- ограждения для ременных передач должны располагаться не ближе 60 мм от движущихся частей, размер зазоров, ширина прорезей в решетках должны быть не более 10 мм, размеры ячеек в сетках — не более 20 x 20 мм;

- ограждения должны выдерживать случайные нагрузки со стороны обслуживающего персонала (сосредоточенные) не менее 70 кг.

Предохранительные устройства служат для предотвращения аварий и поломок отдельных узлов оборудования, транспортных коммуникаций и связанной с этим опасностью травматизма.

Принципы действия предохранительных устройств разнообразны и соответствуют конкретному назначению и практическому использованию. Они могут быть самовосстанавливающимися или заменяемыми, могут работать в автоматическом режиме или с ручным управлением.

Сигнализирующие устройства предназначены для информации обслуживающего персонала о работе оборудования или нарушении установленных режимов, при которых могут возникнуть опасные факторы.

В производственных условиях используют систему оперативной и предупредительной сигнализации. По способу оповещения сигнализацию выполняют световой, звуковой, знаковой и комбинированной. Сигнализация оповещает о достижении предельного уровня температуры, давления, наличия и отсутствия продукта, воды, воздуха, влажности зерна, белизны муки и других

параметров. К предупредительной сигнализации относят также указатели типа: "Не включать — ремонт!", "Работают люди!", "Осторожно яд" и т. п. \_

Дистанционное управление способствует улучшению условий работы, снижению воздействия на организм человека вибрации, шума и других вредных и опасных факторов.

### **11.5 Правила размещения оборудования в производственном помещении**

Производственное оборудование должно быть размещено так, чтобы его монтаж, ремонт и обслуживание обеспечивали безопасность и удобство.

Допустимые проходы и разрывы — это минимальные расстояния между объектами, из которых один или оба представляют потенциальную опасность травмирования, если уменьшить расстояние между ними.

На предприятиях по хранению и переработке зерна необходимо предусматривать поперечные и продольные проходы, непосредственно связанные с выходами на лестничные клетки или в смежные помещения, разрывы между группами машин шириной не менее 1 м, а между отдельными машинами — шириной не менее 0,8 м.

Проходы между стенами здания и рассевами должны быть не менее 1,25 м.

Вальцовые станки могут быть смонтированы группами, но не более пяти станков.

Групповая установка машин, требующих подхода обслуживающего персонала со всех сторон, не разрешается.

Оборудование, не имеющее движущихся частей совсем или с одной какой-либо стороны и не требующее с этой стороны обслуживания (самотечный трубопровод, материалопровод, воздухопровод и т. п.), может быть установлено на расстоянии не менее 0,25 м от стены.

## **11.6 Инструктажи персонала по БЖД**

К обслуживанию оборудования допускаются лица знающие принцип его работы и устройство, правила эксплуатации и обслуживания, прошедшие соответствующий инструктаж и медицинское освидетельствование.

Обязательно проводятся следующие виды инструктажа персонала:

- вводный инструктаж для каждого вновь поступающего работника; цель его — ознакомление с характером производства, источниками опасности, правилами внутреннего распорядка и основными санитарно-гигиеническими требованиями;

-инструктаж на рабочем месте содержит подробную информацию по устройству и эксплуатации обслуживаемых машин, организации рабочего места и безопасным приемам обслуживания;

-периодический (повторный) инструктаж по безопасным приемам работы проводят каждые 3...6 мес независимо от квалификации и стажа работы;

-внеочередной инструктаж проводят при изменении технологического процесса или установке нового оборудования; при нарушении правил и инструкций по технике безопасности; при наличии несчастных случаев или профессиональных заболеваний.



## Список использованных источников

1. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для ВУЗов: в 2 кн.. 1-я кн. / С.Т. Антипов, [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. - М.: Высшая школа, 2001. - 703 с.
2. Система научного и инженерного обеспечения пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России /А.Н. Богатырев [и др.]. - М.: Пищевая промышленность,1995. - 528 с.
3. Процессы сепарирования на зерно-перерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский [и др.] Изд. 2-е, доп. и перераб. - М.: Колос, 1990.-306 с.
4. Оборудование для производства муки и крупы: справочник / А.Б. Демский [и др.] - М.: Агропромиздат, 1990. -350 с.
5. Егоров, Г.А. Технология и оборудование мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности / Г.А. Егоров, Я.Ф. Мартыненко, Т.П. Петренко. - М.: Изд. комп. М ГАПП, 1996. - 209 с.
6. Жислин, А.Я. Оборудование для производства комбикормов, обогащенных смесей и премиксов/ А.Я. Жислин. - М.: Агропромиздат, 2002. - 228 с.
7. Карпов, Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна/ Б.А.Карпов. - М.: Агропромиздат, 1987. - с.
8. Ковриков, И.Т. Дипломное проектирование: методическое указание / И.Т. Ковриков. - Оренбург: ИЦ ГОУ ОГУ, 2002. - 37 с.
9. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств / О.Г Лунин, [и др.]. - М.: Агропромиздат, 1990. -270 с.
10. Машины для послеуборочной обработки зерна / Б.С. Окнин и [др]. - М.: Агропромиздат, 1987. -238 с.
11. Основы управления инновациями в пищевых отраслях АПК (Наука,

технология, экономика) / под. ред. акад. В.И. Тужилина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский комплекс МГУПП, 1998. - 844 с.

12. Пневматический сепаратор: пат. №2240873. Рос. федерация: МПК7 В07 В 4/02, / Ковриков И.Т - опубл. 27.05.2003.

13. Птушкина, Г.Е. Высокопроизводительное оборудование мукомольных заводов: учебник для ВУЗов / Г.Е. Птушкина, Л.И. Тобвинг. - М.: Агропромиздат, 1987. -287 с.

14. Соколов, А.Н. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна: учебник для ВУЗов/ А.Н. Соколов. Изд. 5-е. - М.: Колос, 1984. с.

Учебник  
для высших учебных заведений

**Ковриков  
Иван Тимофеевич**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ХРАНЕНИЮ, ОБРАБОТКЕ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА  
(ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЦЕССОВ И КОНСТРУКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ)

**Лицензия № ЛР 020716 от 02.11.98**

Формат 60x84 1/16. Бумага писчая.

Усл. печ. листов 22. Тираж 700 (1-ый завод-100). Заказ.....

---

ИПК ГОУ ОГУ

460018, г. Оренбург: ГСП, пр. Победы, 13

Государственное образовательное учреждение  
«Оренбургский государственный университет»