

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Направление **Агроинженерия**

Профиль **технические системы в агробизнесе**

Кафедра **машин и оборудования в агробизнесе**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Тема: «Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна с  
разработкой сепаратора»

Шифр 35.03.06.288.18

Студент группы 2311 \_\_\_\_\_ Шамарданов Р.Р.  
подпись Ф.И.О.

Руководитель доцент \_\_\_\_\_ Дмитриев А.В.  
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
ученое звание подпись Ф.И.О.

**Казань – 2018 г**

## АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Шамарданова Р.Р. выполненную на тему «Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна с разработкой сепаратора».

Данная работа состоит из пояснительной записки на \_\_ листе печатного текста и графической части на \_\_ листах формата А1, содержит \_\_ рисунков, \_\_ таблиц, список использованной литературы содержит \_\_ наименований.

Текстовые документы работы содержат пояснительную записку, состоящую из введения, 3 разделов, заключения и списка использованной литературы; приложения и спецификацию.

В первом разделе проводится анализ существующих конструкций скальператоров. Приведены технические достоинства и недостатки существующих разработок.

Во втором разделе приводится разработка технологии послеуборочной обработки зерна. Приведены мероприятия по организации безопасной работы и улучшению труда, мероприятия по охране окружающей среды при работе по планируемой технологии.

В третьем разделе разрабатывается конструкция сепаратора. Приведены требования к сепаратору. Описана работа приспособления, выполнены конструктивные расчеты. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения сепаратора.

Пояснительная записка завершается заключением и списком использованной литературы.

## ANNOTATION

At the final qualifying work of Shamardanova R.R. made on the topic «Perfection of post-harvest grain processing technology with the development of a separator».

This work consists of an explanatory note on \_\_ a sheet of printed text and a graphic part on \_\_ sheets of A1 format, contains \_\_ drawings, \_\_ tables, a list of references contains \_\_ names.

The text documents of the work contain an explanatory note consisting of an introduction, 3 sections, conclusion and list of used literature; application and specification.

In the first section, an analysis of existing separator designs is carried out. The technical merits and shortcomings of the existing developments are given.

The second section describes the development of post-harvest grain processing technology. Measures are taken to organize safe work and improve work, measures for protecting the environment when working on the planned technology.

In the third section, the separator design is developed. Requirements for the separator are given. The work of the device is described, constructive calculations are performed. The instruction on safe work with the device is developed. The feasibility study of the expediency of the separator application is given.

Explanatory note concludes with the conclusion and a list of used literature.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР .....	
1.1 Общие сведения.....	
1.2 Анализ существующих технологий послеуборочной обработки зерна.....	
1.2.1 Схема технологической линии производства зерна производительностью 0,4 т/ч.....	
1.2.2 Технологическая схема зерноочистительного отделения гречезавода....	
1.3 Анализ существующих конструкций сепараторов.....	
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	
2.1 Общие принципы построения схем очистки зерна от примесей.....	
2.2 Предлагаемая технологическая линия послеуборочной обработки зерна...	
2.3 Технологические расчёты .....	
2.4 Разработка мероприятий по улучшению безопасности жизнедеятельности и условий труда при послеуборочной обработке зерна .....	
2.5 Разработка мероприятий по улучшению пожарной безопасности при послеуборочной обработке зерна .....	
2.6 Разработка мероприятий по охране окружающей среды при послеуборочной обработке зерна .....	
2.7 Физическая культура на производстве.....	
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	
3.1 Конструкторская разработка.....	
3.2 Расчет конструктивных параметров разрабатываемой машины.....	
3.3 Экономическое обоснование конструкции сепаратора	
3.3.1 Расчёт массы и стоимости конструкции.....	
3.3.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение.....	
3.4 Техника безопасности при эксплуатации сепаратора.....	

ВЫВОДЫ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	
СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Обеспечение населения страны продовольствием является одной из основных задач агропромышленного комплекса. Большую часть продукции АПК составляют крупяные культуры.

Реформирование АПК страны требует новых методов организации сельскохозяйственного производства. Сельскохозяйственные предприятия любой специализации должны быть высокодоходными. Постоянный рост цен на электроэнергию и горюче-смазочные материалы негативно сказывается на себестоимости производимой продукции. Из-за необоснованно низких цен на закупку сельскохозяйственной продукции, производитель зачастую имеет низкие доходы или вообще остается в убытке.

Сельхозпроизводитель отправляет свою продукцию для переработки на крупяные заводы, которые располагаются, как правило, в районном центре. Значительное повышение себестоимости произведенного конечного продукта, ложится на постоянно возрастающие транспортные расходы. Все эти перечисленные факторы заставляют сельхозпроизводителей создавать собственную перерабатывающую отрасль, что требует огромные капиталовложения.

Все эти задачи могут быть решены при постоянном повышении эффективности производства, путем совершенствования технологий, модернизации существующих линий с учетом развития науки в области энергосбережения и повышения качества.

Целью выполнения данной выпускной квалификационной работы является применение полученных знаний, развитие науки, совершенствования техники и опыта передовых хозяйств, при решении конкретных инженерных задач. Усовершенствования существующих технологических линий, предлагаемых машин, с учетом их экономической и энергетической эффективности.

# 1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Общие сведения

Одной из главных проблем при послеуборочной обработке зерна является его очистка и сортирование, при котором зерно доводится до требуемой кондиции и чистоте. Сепарирование зерна основано на различие, каких либо признаков определенного материала, к таким признакам относится:

1. геометрические размеры;
2. аэродинамические свойства;
3. форма;
4. состояние поверхности;
5. плотность и удельный вес;
6. электропроводность;
7. цвет.

В настоящее время в сельском хозяйстве применяются следующие способы сепарирования зерновой смеси:

1. Разделение по размерам:
  - по ширине на решетках с круглыми отверстиями и на роликовых решетках;
  - по толщине на решетках с прямоугольными отверстиями;
  - по длине, разделение проводят на триерах и на решетках с прямоугольными отверстиями.
2. Разделение по аэродинамическим свойствам:
  - разделение, нагнетающим воздушным потоком;
  - разделение всасывающим воздушным потоком.

3. Разделение по форме и состоянию поверхности:

- разделение на решетках с треугольными отверстиями;
- разделение на винтовых сепараторах;
- на горках с продольными и поперечными движением полотна;
- триерах с ворсистой поверхностью;
- электромагнитных сепараторах.

4. Разделение по плотности и удельному весу:

- игольчатых барабанах, триерах;
- пневматические сортировальные столы.

5. Электрические методы разделения:

- электростатический;
- разделение в поле короткого разряда;
- диэлектрический метод разделения.

6. Разделение материалов по цвету.

Основой составления технологических схем зерноочистительных машин понимают значение всех признаков компонентов составляющих зерновую смесь подлежащей обработке и применение этих признаков при конструировании машин и их рабочих органов. Например, если необходимо очистить зерно от засоряющих его примесей то это нетрудно сделать на простых или сложных зерноочистительных машинах при условии, что каждый засоритель отличается от основной культуры по одному или нескольким признакам. Рабочие органы машины подбираются в каждом конкретном случае, основываясь на характерных особенностях обрабатываемого материала, в отдельных случаях используют комбинации признаков. При этом зерно, обрабатывается на нескольких рабочих органах или машинах.

В целях улучшения конструкций и повышения эффективности работы зерноочистительных машин, необходимо соблюдать следующие условия:



возможность регулирования рабочего процесса в соответствии со свойствами перерабатываемого материала [1, 2].

## 1.2 Анализ существующих технологий послеуборочной обработки зерна

### 1.2.1 Схема технологической линии производства зерна производительностью 0,4 т/ч

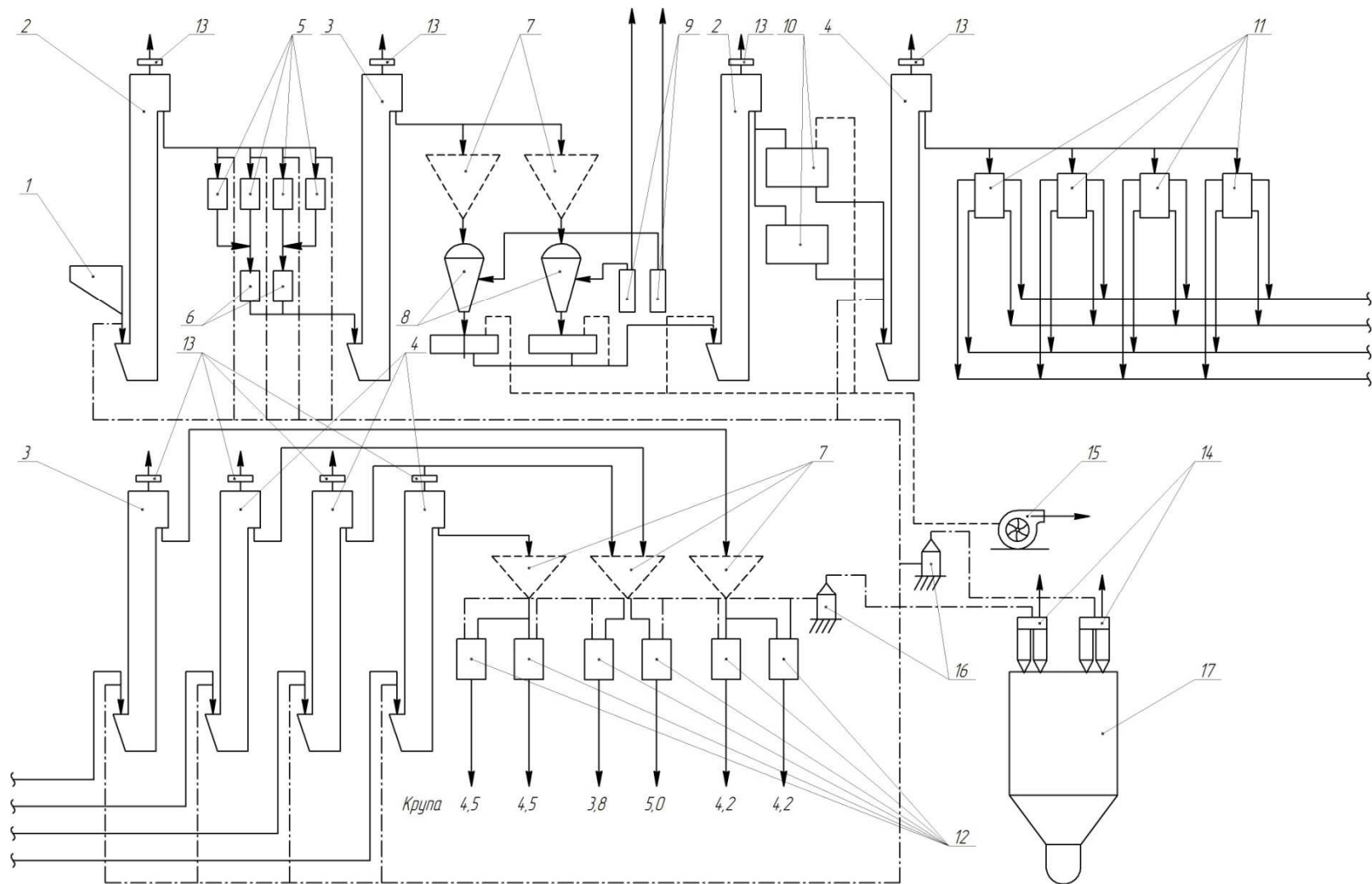
Подача зерна в цех по изготовлению гречневой крупы осуществляется из грузового автотранспорта самосвалом в стационарно установленный приемный бункер. Приемный бункер вмещает 8 т. зерна, что позволяет работать в две смены без загрузки бункера. Склад для хранения готовой продукции и обработанного зерна находится за пределами цеха. Для предварительной очистки зерна используются станки зерноочистительные СЗО-400, в которые зерно загружается норией через зернопроводы. СЗО-400 – предназначен для очистки зерновых культур, используемых в дальнейшем для переработки. Очистка происходит следующим образом: предварительная аспирация отделяет зерно гречихи от легких примесей (включая солому, колосья, головки сорняков). В момент засыпания из бункера, происходит просеивание в два этапа: в первом от члеников редьки дикой, зерен овса и овсюга, во втором – от зерен татарской гречихи, битых и ошелушенных зерен гречихи, в заключении – окончательная аспирация от легких примесей. Очищенное зерно по зернопроводам поступает в станки камнеотделительные СКО-400 и самотеком по зернопроводам в норию. Нория подает зерно на обработку паром. Через зернопроводы и приемные воронки зерно загружается в аппарат для пропаривания зерна с выдержкой зерна в аппарате 10 минут.

За работой паровых котлов следит оператор и контролирует все параметры котлов. В случае предаварийной или аварийной ситуации имеется возможность отключения питания котлов на рабочем месте и с пульта

управления. Затем зерно проходит через две сушилки: зерновых, барабанных СЗБ-1, норию и зернопроводы. Сушка зерна происходит путем перемешивания и перемещения его в потоке нагретого воздуха во вращающемся барабане. Использованный влажный воздух из сушилок вытягивается наружу централизованной вентиляцией. Далее зерно норией и зернопроводами загружается в станки калибровочные СК-320, в которых зерно разделяется на фракции.

Разделение на фракции происходит за счет последовательного прохождения через короба с определенным диаметром ячеек решет, подверженных колебаниям. Каждая нория поднимает только определенную фракцию. Из нории по зернопроводам через приемные воронки зерно поступает на станки шелушильно-сортировочные СШС-400, каждый из которых шелушит только определенную фракцию. СШС-400 предназначен для обрушения пофракционно семян гречихи и разделения продуктов шелушения на лузгу, продел, мучку и ядрицу. Шелушение зерна гречихи происходит в жерновах, куда оно поступает под влиянием центробежных сил вращающегося жернова. Затем, за счет установленных пяти решет происходит отделение продуктов шелушения. Отсос лузги и окончательное отвеивание от легких примесей осуществляется централизованной отсасывающей системой аспирации. Готовая крупа фасуется по мешкам вручную и отправляется на реализацию.

Предусмотрено отключение любого участка технологической линии и линии в целом аппаратами, установленными на вводе. В случае послеаварийного пуска линии, запуск оборудования происходит от конечной стадии технологического процесса в первоначальный с выдержкой необходимого интервала для переработки уже загруженного в станки продукта.



1 - бункер приемный; 2 - нория Н=8,4 м; 3 - нория Н=7,4 м; 4 - нория Н=6,9 м; 5 - станок зерноочистительный; 6 - станок камнеотделительный; 7 - воронка приемная; 8 - сосуд, работающий под давлением; 9 - аппарат электрический пароводогрейный; 10 - сушилка зерновая барабанная; 11 - станок калибровочный; 12 - станок шелушильно-сортировочный; 13 - взрыворазрядитель; 14 - установка циклонов; 15 - вентилятор вытяжной; 16 - вентилятор систем аспирации; 17 - бункер.

Рисунок 1.1 – Технологическая линия производства зерна производительностью 0,4 т/ч

Рассмотрев технологическую линию производства гречневой крупы были выявлены следующие недостатки: используемое оборудование, такое как станок калибровочный СК-400 в количестве 4 штуки, нории НСЗ-10 Н=6,9 м – 4 штуки и станок шелушильно-сортировочный СШС-400 – 6 штук подобраны экономически невыгодно, т.к. оборудование имеет большую металлоемкость, затрачивает много электроэнергии, потому что для привода каждой машины необходимо индивидуальный электродвигатель, сложное в эксплуатации, имеет высокую трудоемкость в обслуживании и в работе.

Таким образом увеличиваются затраты на производство гречневой крупы, что в конечном счете сказывается на себестоимости готовой продукции и прибыли предприятия.

Немаловажен и тот факт, что такое большое количество оборудования, указанного выше можно заменить более простым по конструкции и обслуживании, менее металлоемкими, энергозатратными и в меньшем количестве, что тем самым снизит себестоимость произведенной продукции.

#### 1.2.2 Технологическая схема зерноочистительного отделения гречезавода

На рисунке 1.2 приведена технологическая схема, предложенная Беляевым, процесса очистки гречихи от примесей и предварительного ее сортирования по величине. После взвешивания на автоматических весах зерно подвергают двукратному последовательному сепарированию, при котором выделяют основную массу примесей. Для выделения из крупной гречихи дикой редьки, полевого горошка и других крупных примесей над сортировочным ситом сепараторов устанавливают дополнительную рамку с треугольными отверстиями размером 7- 8 мм. Гречиха проходит через отверстия сита, а примеси идут сходом. Аспирационный режим в сепараторах необходимо установить таким, чтобы максимальное количество легкой примеси выделялось в их осадочных камерах. Проход через подсевные сита

сепараторов (Ø 3.2 или 2.4 x 20 мм) направляют на контроль отходов. После каждого сепаратора устанавливают магнитные заграждения.

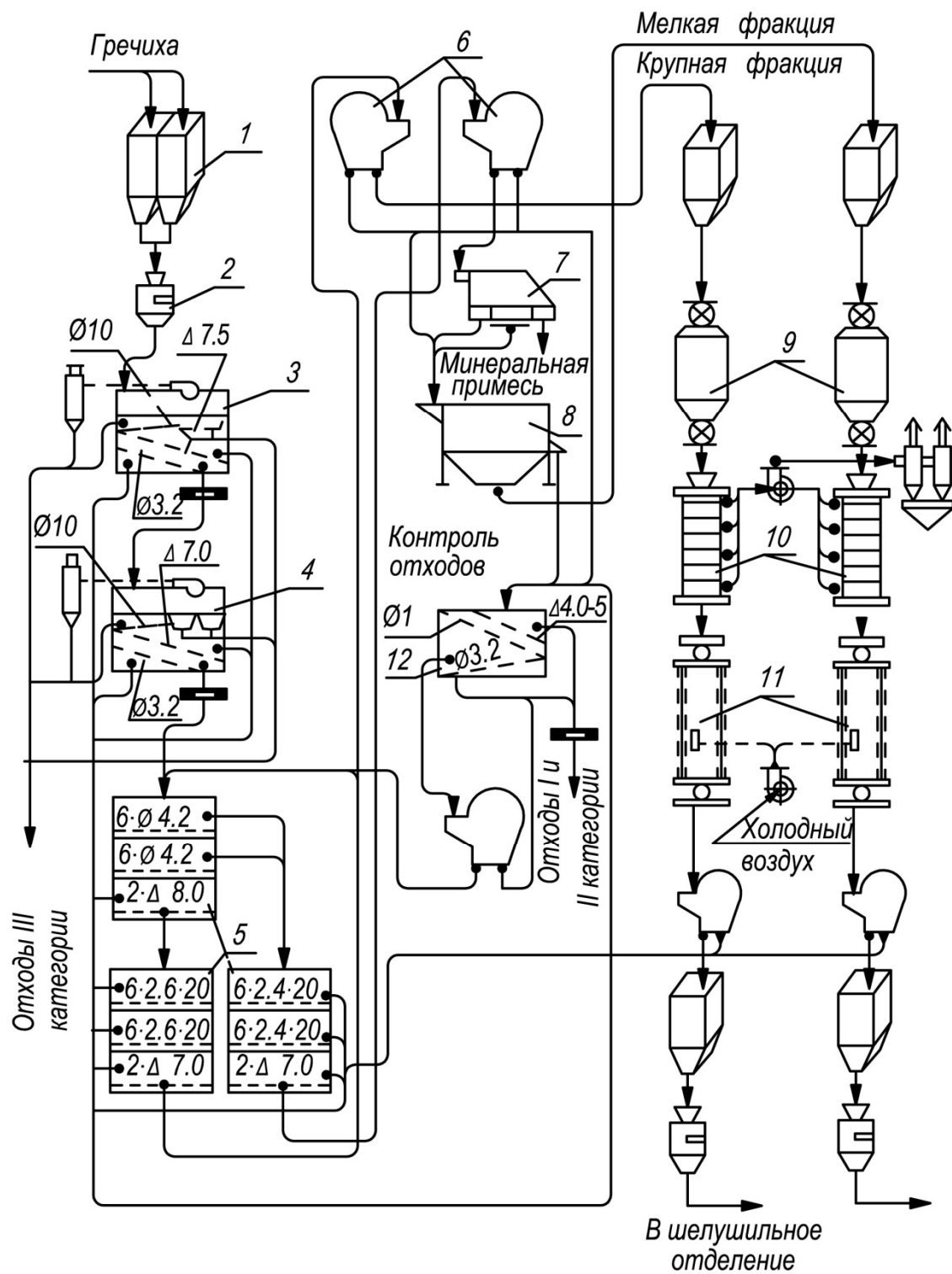
Для отбора трудноотделимых примесей, особенно дикой редьки, гречиху после сепарирования направляют в рассев, где разделяют по крупности на две фракции. Затем каждый поток последовательно сортируют в отсевах, сочетая сита с продолговатыми и треугольными отверстиями (разных размеров в зависимости о крупности зерен). Минеральные примеси выделяют в камнеотделительных машинах; для отбора овса, ячменя, пшеницы и других зерен продолговатой формы устанавливают овсюгоотборочные машины. Отработанную гречиху взвешивают на автоматических весах и подают в бункера для очищенного зерна.

Отходы, выделенные зерноочистительными машинами контролируют сначала в просеивающих, а затем в аспираторных машинах. Годное зерно, выделенное при контроле, аспираторуют и присоединяют к потоку мелкой фракции очищенного зерна.

Гречиха, очищенная от примесей по материалопроводам поступает на гидротермическую обработку. Пропаривание производят в пропаривателях порционного действия в течение 5 мин, поддерживая в них давление пара 0,25 – 0,30 МПа. Этот процесс улучшает потребительские свойства крупы, и повышает прочность ядра, в результате чего снижается выход продела, выход целой крупы – ядрицы увеличивается.

После гидротермической обработки зерно поступает на сушку в паровую сушилку. В сушилках зерно сушат до влажности 13 – 13,5 %. После сушки гречиху охлаждают до температуры не выше 30 °С. Промежуток времени между пропариванием и последующей сушкой зерна гречихи не должен продолжаться более 30 мин.

После гидротермической обработки зерно не отволаживают а сразу направляют на шелушение, пока составные части зерна сохраняют изменения во влажности и структурно – механических свойств.



1 - бункера для зерна прошедшей предварительную очистку; 2 - автоматические весы; 3, 4 - сепараторы (первая и вторая системы); 5 - рассевы; 6 - аспираторы;

7 - вибропревмосортировальный стол; 8 - триер; 9 - пропариватель конструкции Неруша; 10 - паровая сушилка; 11 - охладительная колонка; 12 - сортировочная машина.

## Рисунок 1.2 – Технологическая схема зерноочистительного отделения гречезавода

Недостатки данной схемы заключаются в том, что для очистки и калибрования зерна используется большое количество оборудования, но вместе с тем зерно очищается на не достаточно высоком уровне, что в конечном счете сказывается на качестве готовой продукции.

### 1.3 Анализ существующих конструкций пневмосепараторов

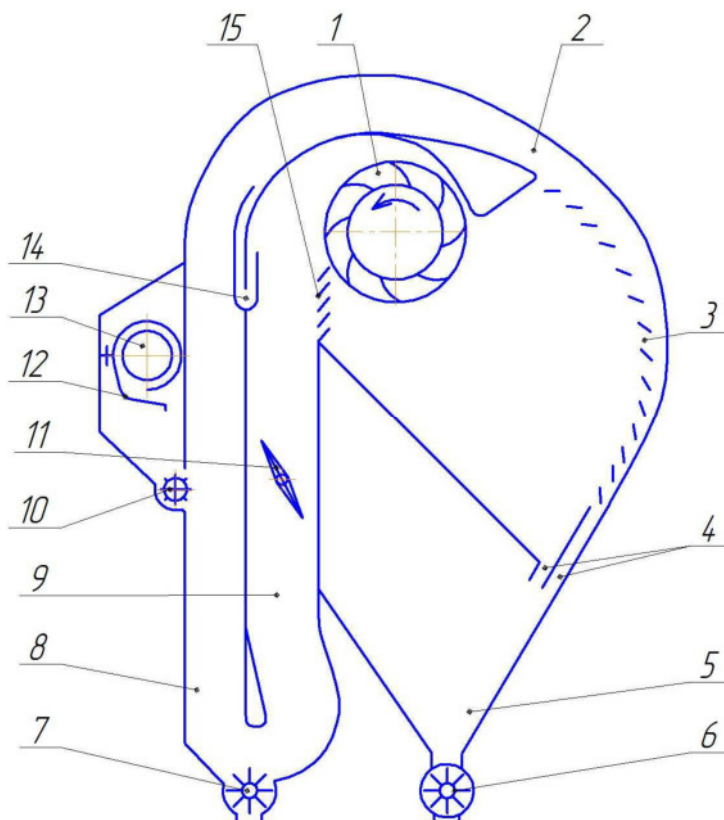
Рассмотрим конструкции воздушных сепараторов, применяемых для отделения от зерновой смеси примесей, отличающихся от нее аэродинамическими свойствами.

Воздушные сепараторы применяют главным образом на мукомольных, крупяных и комбикормовых заводах для очистки зерна от пыли и примесей, на крупозаводах для выделения лузги из продуктов шелушения пленчатых культур, а также для контроля крупы.

В качестве признака разделения зерновой смеси применяют скорость витания. Под этой скоростью понимают такую скорость вертикального воздушного потока, движущего снизу вверх, при котором введенная в него частица находится во взвешенном состоянии.

Рассмотрим конструкцию воздушного сепаратора СП – 15 (рисунок 1.4). Данный воздушный сепаратор используется для отделения от крупяных культур примесей. Данная конструкция построена с использованием всасываемого воздушного потока. Воздушный сепаратор работает следующим образом. Очищаемый материал подается в приемно-загрузочное устройство, где продукт разравнивается шнеком по ширине сепарирующего канала. Далее продукт проходит очистку в воздушном потоке, создаваемый диаметральный вентилятор, где из зерновой смеси выделяются дробленое зерно и другие примеси. Зерно по пневмосепарирующему каналу поступает в его нижнюю часть, где через шлюзовой затвор выводится из сепаратора. Выделенные примеси с воздушным потоком по воздухоотводящему каналу

направляется инерционный пылеуловитель, где из воздуха отделяются примеси [9].



1 – диаметральный вентилятор; 2 – воздухоотводящий канал; 3 – жалюзийный отделитель; 4 – противоточный отделитель; 5 – осадочная камера; 6, 7 – шлюзовые затворы; 8 - пневмосепарирующий канал; 9 – воздухоподводящий канал; 10 – питающий валик; 11 – дроссельная заслонка; 12 – клапан; 13 – шнек; 14 – переточное окно; 15 – жалюзийная смежная стенка.

Рисунок 1.3 – Технологическая схема воздушного сепаратора СП - 15

Очищенный в пылеуловителе воздух всасывается вентилятором, а содержащиеся в воздухе частицы пыли опускаются в осадочную камеру и через шлюзовой затвор выводятся наружу. Воздушный сепаратор выделяет до 50% дробленого и щуплого зерна при потерях полноценного зерна до 3%.

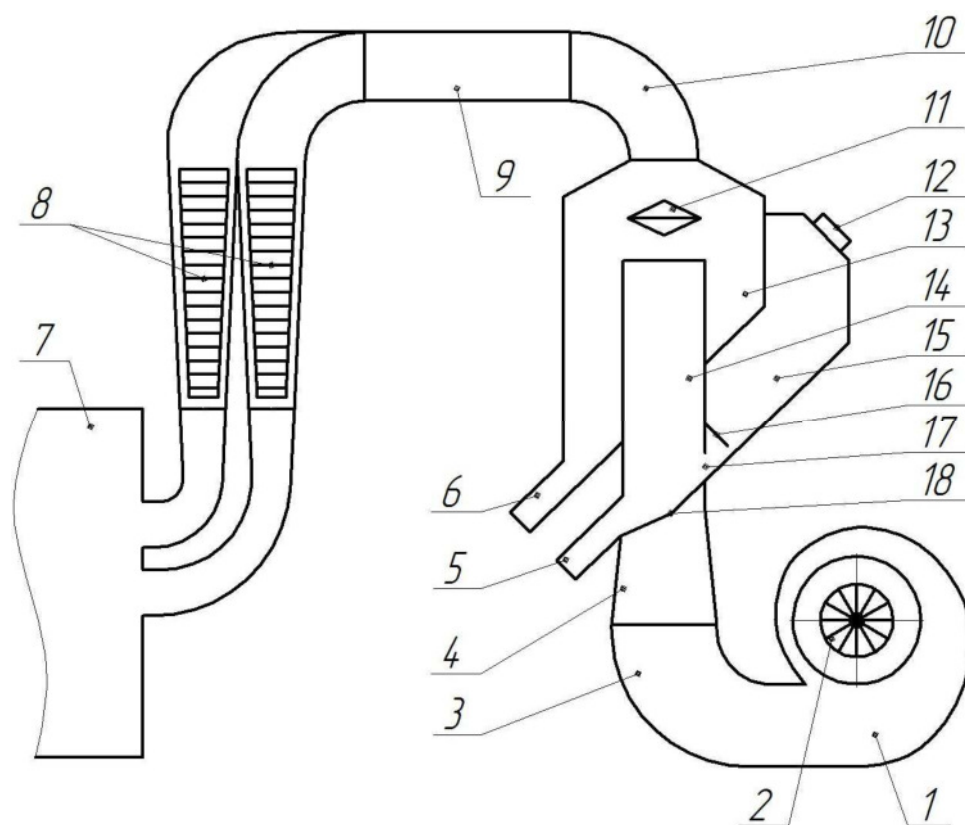
К недостаткам конструкции данного воздушного сепаратора можно отнести: сложность изготовления конструкции и недостаточно эффективная очистка зерна. Сложность регулировки режимов работы сепаратора.



Рассмотрим конструкцию пневмосепаратора СП - 5. Данный воздушный сепаратор используется для разделения крупных культур и сои от примесей. Данная конструкция построена с использованием нагнетающегося воздушного потока. Пневмосепаратор работает следующим образом. Предназначенный для очистки материал подается в загрузочный бункер. Из бункера через клапан дозатор материала поступает в пневмосепарирующий канал на сетку. При движении по сетке семенной материал подвергается воздействию восходящего воздушного потока, создаваемый центробежным вентилятором. При воздействии воздушного потока из зерна выделяются дробленое зерно и легкие примеси, полноценные зерна идут сходом с решета, через патрубок выводятся наружу, а выделенные примеси уносятся воздушным потоком в осадочную камеру где осаждаются и по патрубку выводятся из пневмосепаратора. Запыленный воздух по системе воздухопроводов поступает в инерционные жалюзийные пыле отделители, где очищается и через жалюзи выводится наружу, а воздушный поток с пылью удаляется в пылесборник поточной линии.

Подача обрабатываемого материала регулируется заслонкой нории, определяющей пропускную способность технологической линии, или заслонкой расположенной в загрузочном бункере. Скорость воздуха в пневмосепарирующем канале изменяют одновременным поворотом лопастей регулятора потока воздуха, установленного во всасывающем окне вентилятора с помощью подвижного кольца.

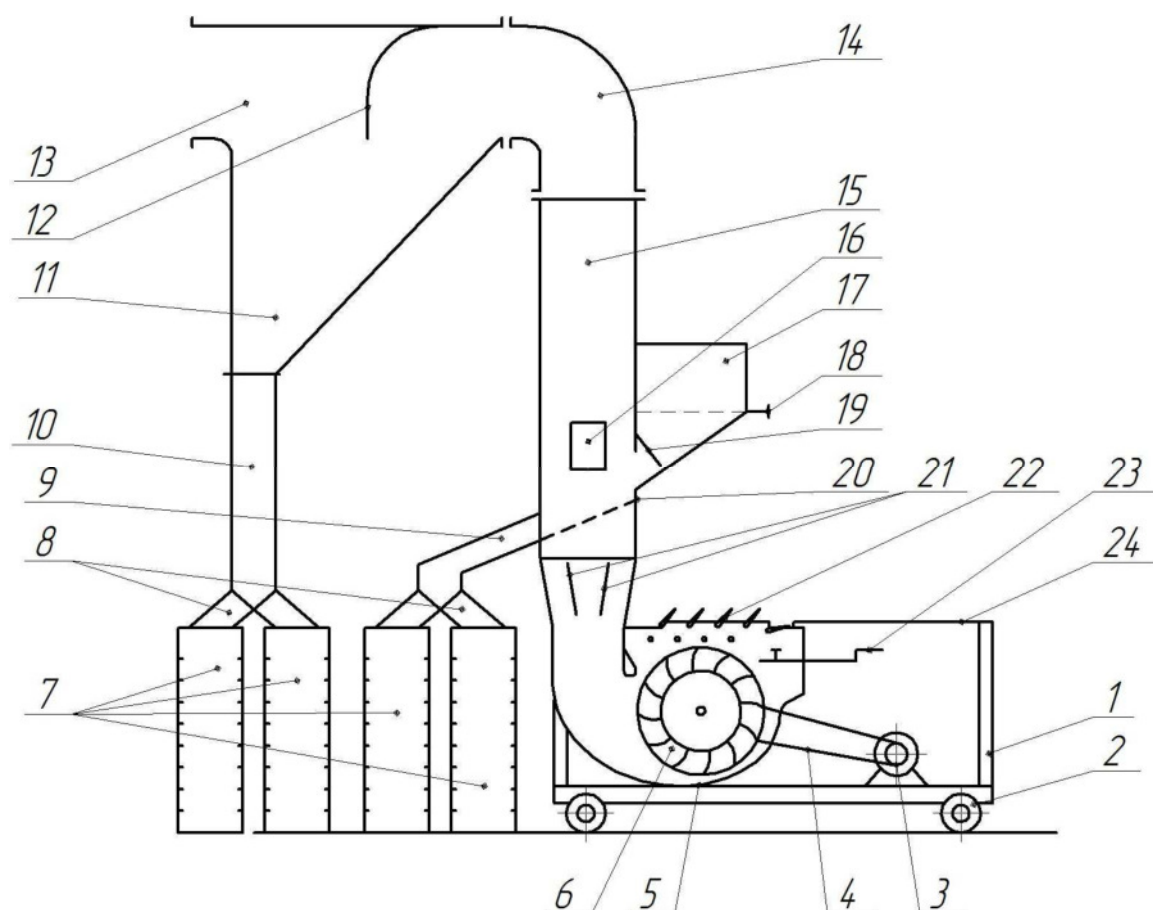
К недостаткам конструкции данного пневмосепаратора можно отнести: недостаточно эффективная очистка зерна. При не равномерности подачи снижается эффективность очистки зерна.



1 – центробежный вентилятор; 2 – регулятор потока воздуха; 3 – воздухоподводящее колено; 4 – переходной диффузор; 5 – патрубок вывода очищенных семян; 6 – патрубок вывода осаждаемых примесей; 7 – пылесборник; 8 – инерционные пыле отделители; 9 – система воздуховодов; 10 – воздухоотводящее колено; 11 – рассекаватель воздушного потока; 12 – загрузочная горловина; 13 – осадочная камера; 14 – пневмосепарирующий канал; 15 – загрузочный бункер; 16 – регулировочный клапан; 17 – окно подачи обрабатываемого материала; 18 – сетка.

Рисунок 1.4 – Технологическая схема пневматического сепаратора СП – 5

Рассмотрим конструкцию пневмосепарирующей колонки ОПС-2Д. Данный калонка используется для разделения крупных культур от примесей. Данная конструкция построена с использованием нагнетающегося воздушного потока. Пневмосепарирующая колонка работает следующим образом. Предназначенный для очистки материал загружается в бункер питатель. Из бункера зерно через загрузочное окно канала поступает на сетку. При движении по сетке семенной материал подвергается воздействию восходящего воздушного потока, создаваемый центробежным вентилятором.



1 – основание; 2 – колесо; 3 – электродвигатель; 4 – ремень; 5 – диаметральный вентилятор; 6 – колесо диаметрального вентилятора; 7 – мешки; 8 – переключатели потока материала; 9, 10 – патрубки вывода очищенного материала и примесей; 11 – осадочная камера; 12 – направляющая перегородка; 13 – окно выхода отработанного воздушного потока; 14 – колено; 15 – пневмосепарирующий канал; 16 – смотровое окно; 17 – бункер-питателя; 18 – тяга открытия заслонки; 19 – заслонка; 20 – опорная сетка; 21 – направляющие перегородки; 22 – жалюзи поворотные; 23 – тяга открытия жалюзи; 24 – площадка обслуживания.

Рисунок 1.5 – Технологическая схема колонки ОПС – 2Д.

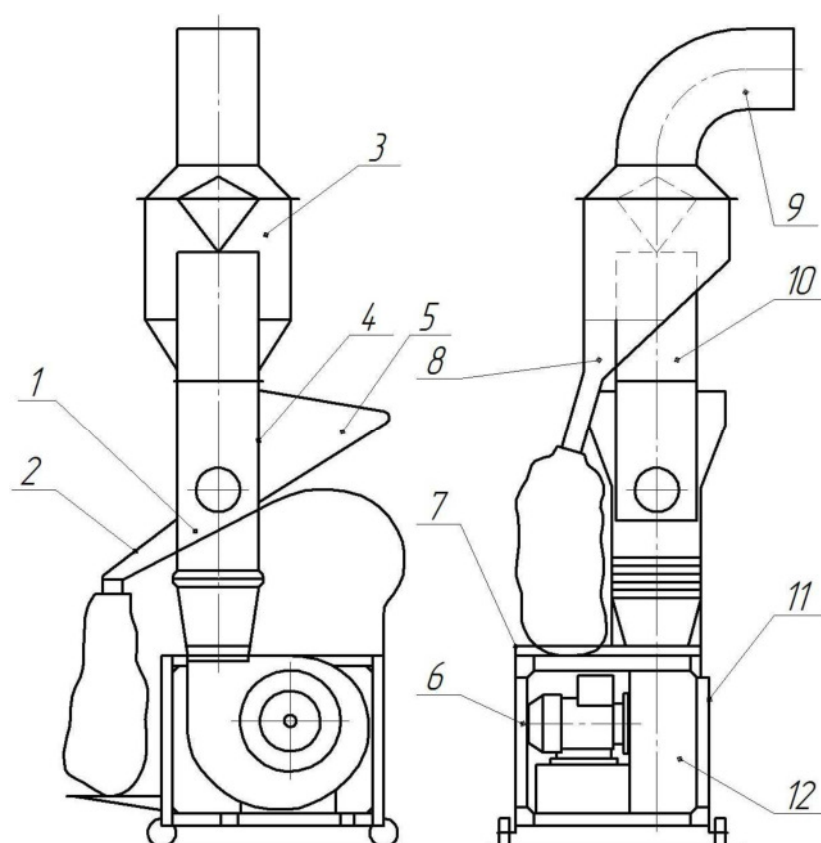
При воздействии воздушного потока из зерна выделяются дробленое зерно и легкие примеси, полноценные зерна идут сходом с решета, через патрубков поступают в один из мешков. При заполнении одного мешка, поток очищенного материала переключателем направляется в соседний порожний мешок. Выделенные легкие примеси уносятся воздушным потоком в осадочную камеру где осаждаются и по патрубку поступает в один из

мешков. При заполнении одного мешка, поток примесей переключателем направляется в соседний порожний мешок. Отработанный воздушный поток из осадочной камеры через окно удаляется в атмосферу. При необходимости отработанный воздушный поток удаляется за пределы помещения, к окну осадочной камеры присоединяется горизонтальный воздухопровод длиной до 8 метров.

Подача обрабатываемого материала регулируется заслонкой нории, определяющей пропускную способность технологической линии, или заслонкой расположенной в загрузочном бункере. Скорость воздуха в пневмосепарирующем канале изменяют одновременным поворотом лопастей регулятора потока воздуха, установленного во всасывающем окне вентилятора с помощью подвижного кольца.

К недостаткам конструкции данного пневмосепаратора можно отнести: недостаточно эффективная очистка зерна. При не равномерности подачи снижается эффективность очистки зерна. Необходимо несколько человек, обслуживающего персонала, для смены мешков при их заполнении.

Рассмотрим конструкцию пневматической зерноочистительной установки ОПС-2 (рисунок 3.10). Пневматическая зерноочистительная установка используется для сортирования семян трав, зерновых и бобовых культур а так же других сыпучих материалов. Данная конструкция построена с использованием нагнетающегося воздушного потока. Пневмосепарирующая колонка работает следующим образом. Предназначенный для очистки материал загружается в бункер питатель. Из бункера зерно через загрузочное окно канала поступает на сетку. При движении по сетке семенной материал подвергается воздействию восходящего воздушного потока, создаваемый центробежным вентилятором. При воздействии воздушного потока из зерна выделяются дробленое зерно и легкие примеси, полноценные зерна идут сходом с решета, через патрубок поступают в мешок.



1 – рамка; 2 – патрубок для выхода очищенного зерна; 3 – осадочная камера; 4 – задвижка входного окна; 5 – загрузочный бункер; 6 – электродвигатель; 7 – рама; 8 – патрубок для выхода легких примесей; 9 – канал выхода воздуха с пылью; 10 – рабочий воздушный канал; 11 – шиберная заслонка; 12 – вентилятор.

Рисунок 1.5 – Технологическая схема пневматической зерноочистительной установки ОПС- 2

При заполнении мешка он меняется на порожний мешок. Выделенные легкие примеси уносятся воздушным потоком в осадочную камеру где осаждаются и по патрубку поступает в мешок. При заполнении мешка он меняется на порожний мешок. Отработанный воздушный поток из осадочной камеры через патрубок удаляется в атмосферу. При необходимости отработанный воздушный поток удаляется за пределы помещения или присоединяется к циклону.

Подача обрабатываемого материала регулируется заслонкой нории, определяющей пропускную способность технологической линии, или заслонкой расположенной в загрузочном бункере. Скорость воздуха в

пневмосепарирующем канале изменяют одновременным поворотом лопастей регулятора потока воздуха, установленного во всасывающем окне вентилятора с помощью подвижного кольца.

К недостаткам конструкции данного пневмосепаратора можно отнести: недостаточно эффективная очистка зерна. При не равномерности подачи снижается эффективность очистки зерна. Необходимо несколько человек, обслуживающего персонала, для смены мешков при их заполнении.

Проведя анализ существующих конструкций пневмосепараторов, мы видим, что они характеризуются большим разнообразием и отличаются по конструктивному исполнению.

Таким образом, все эти машины более компактны, производительны, позволяют получать более чистую продукцию.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать заключение, что повышение эффективности производства крупы, а в частности - гречневой, возможно за счет создания машин с повышенной эффективностью очистки и энергосберегающие исполнение.

Выше приведенный анализ технологии, технических средств и способов для разделения зерна позволяет сделать следующие выводы:

1. Одним из важнейших направлений совершенствования технических средств для сепарирования зерна - это снижение металлоемкости, упрощение конструкции сепараторов не снижая их производительности и качества очистки семенного материала.

2. Одной из самых эффективных для разделения продуктов шелушения, является использование пневмосепараторов. В перспективе развития энерго-ресурсосберегающей техники и технологии пищевой и перерабатывающей промышленности для повышения конкурентоспособности и получения качественной и безопасной продукции, предлагается усовершенствованная конструкция пневмосепаратора. Таким образом, целью настоящего дипломного проекта является повышение эффективности процесса разделения продуктов шелушения, в результате совершенствования

технологии сепарации, усовершенствовании конструкции пневмосепаратора с вертикальным пневмосепарирующим каналом и обосновании его параметров и режимов работы.

В связи с этим, перед настоящим проектом были поставлена задача, разработать конструктивно- технологическую схему пневмосепаратора.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Общие принципы построения схем очистки зерна от примесей

Для выделения основной массы примесей на крупяных заводах применяют 2-3 системы сепарирования в воздушно-ситовых сепараторах. Размеры отверстий сит зависят от размеров зерна, особенностей наиболее характерных примесей. Сортировочные сита для культур, зерно которых имеет округлую форму, чаще всего имеют круглые отверстия. Для зерен удлиненной формы отверстия сит подбирают такой же формы.

Подсевные сита обычно имеют отверстия удлиненной формы, так как через такие отверстия мелкие примеси просеиваются легче, чем через круглые.

В зависимости от формы зерна применяют определенные кинематические параметры колебаний ситовых кузовов и углы наклона сит. Сепараторы должны обеспечивать полное выделение крупных примесей, мелких и легких примесей на 95%. Мелкое зерно отсеивают в сепараторах вместе с мелкими примесями, кроме того, для этого применяют различные просеивающие машины – рассевы, крупосортировочные машины и т.д.

При подготовке зерна некоторых культур применяют триеры. Куколеотборочные машины применяют лишь для тех культур, зерно которых имеет удлиненную форму (овес, ячмень, пшеница), а овсюгоотборочные – для зерна с более округлой или умеренно удлиненной формой (гречиха, пшеница). Куколеотборочные машины должны выделять не менее 90%, а овсюгоотборочные – не менее 80% длинных примесей.



Для выделения минеральных примесей используют различные камнеотделительные машины, например Григоровича, А1-БОК, вибропневматические А1-БКВ, а также пневмосортировальные столы.

На крупяных заводах широко используют так называемый пофракционный метод очистки зерна, при котором зерно делят на фракции, например, на ситах с круглыми отверстиями. При этом можно для каждой фракции более точно подобрать размер ячеек триера, режим воздушного потока в аспираторах и т.д., что позволит более тщательно выделить различные примеси.

В зерне крупяных культур встречаются различные трудноотделимые примеси, чаще всего сорных растений. Для выделения их или используют специальные приемы (например, дикую редьку из гречихи выделяют при помощи сит с треугольными отверстиями), или удаляют их вместе с мелким зерном. При этом какая-то часть зерна, естественно, теряется, но оставшееся крупное зерно уже содержит мало примесей, и из него может быть получена стандартная крупа.

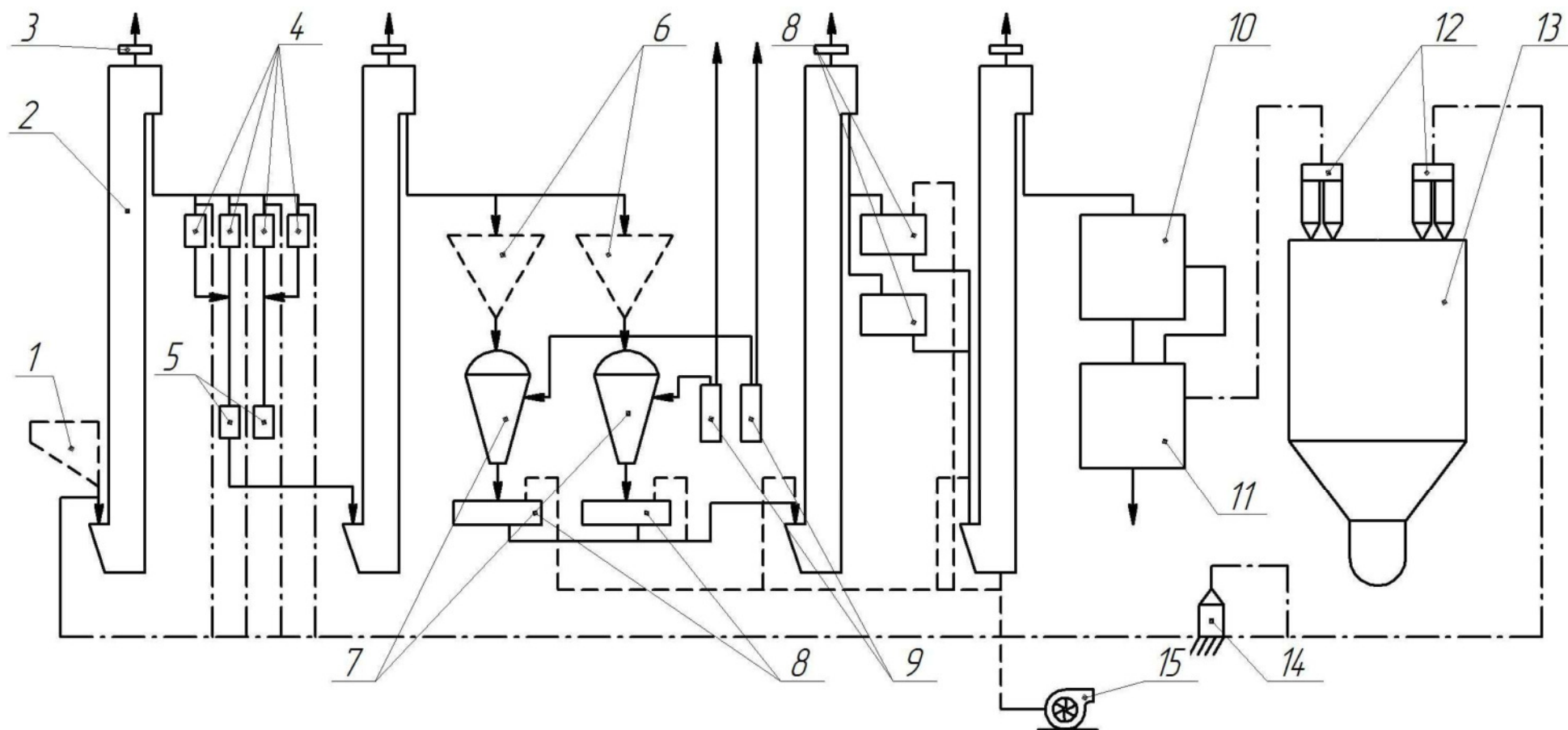
В результате очистки зерна от примесей и их содержание в зависимости от культуры не должно превышать: сорные примеси 0,2...0,5%, в том числе минеральной – 0,05-0,1; куколя (для овса, пшеницы) 0,1; головни и спорыньи – 0,03; горчака и вязеля – 0,02%. Влажность зерна перед переработкой зависит от его исходного состояния и режимов гидротермической обработки.

## 2.2 Предлагаемая технологическая линия послеуборочной очистки зерна

Проведенный анализ технологических линий выявил ряд общих недостатков, характерных для всех линий – недостаточно грамотная компоновка технологического оборудования, высокие энергетические затраты и низкий выход крупы первого сорта.

Все это, дает предпосылки для усовершенствования существующих технологических линий, внедрения нового оборудования и более рационального подбора технологического оборудования.

Усовершенствованная технология представлена на рисунке 2.1



- 1 - приемный бункер; 2- нория Н= 8.4 м; 3- взрыворазрядитель; 4- станок зерноочистительный; 5- станок камнеотделительный;  
 6- бункер приемный; 7- сосуд работающий под давлением; 8- сушилка зерновая барабанная; 9- аппарат электропароводогрейный;  
 10- шелушитель ударного типа; 11- пневмосепаратор; 12- установка циклонов; 13- бункер; 14- вентилятор системы аспирации;  
 15- вентилятор воздушный

Рисунок 2.1 – Схема предлагаемой технологической линии переработки гречихи

Зерно гречихи из приемного бункера 1 с помощи нории 2 транспортируется на зерноочистительные станки 4. Пройдя через зерноочистительные станки гречиха проходит через камнеотделительные станки и попадает в приемные бункеры 6. Далее гречиха проходит термическую обработку в сосудах, работающих под давлением 7 и попадает в зерновые барабанные сушилки 8. Далее гречиха проходит обработку в шелушителе ударного типа и очищается в пневмосепараторе 11. Пыль и другие частицы после обработки зерна попадают в бункер 13.

### 2.3 Технологические расчеты

Определим производительность предлагаемой машины.

Производительность  $Q$  пневмосепаратора зависит от удельной нагрузки  $q$  (кг/ч·см) приходящийся на 1 см длины канала. С увеличением  $q$  эффективность сепарирования уменьшается. Начальная скорость частицы  $v = 0.3$  м/с. Угол входа частицы в канал  $\alpha = 35^\circ$ .

Принимаем удельную нагрузку  $q = 100$  кг/ч·см.

Производительность пневмосепаратора находится по формуле:

$$Q = B \cdot q; \quad (2.1)$$

$Q$  - производительность пневмосепаратора, кг/ч;

$B$  – ширина пневмосепарирующего канала, см;

$q$  - удельная нагрузка, кг/ч·см.

$$Q = 32 \cdot 100 = 3200 .$$

При известной нагрузке  $q$  и ширине  $B$  по графику определим эффективность разделения и получаем равной:

$$E = 75\%.$$

Определим скорость воздушного потока, необходимую для сепарации крупы гречихи по формуле:

$$V_{B1} = (0,4 - 0,8) \cdot V_{KP}; \quad (2.2)$$

где:  $V_{кр}$  – критическая скорость витания частицы, равно 8,6 м/с.

$$V_B = 0.8 \cdot 0.86 = 6.88 \text{ м/с.}$$

Определим расход воздуха необходимый для сепарации зерна гречихи по формуле:

$$Q_{B1} = B \cdot L \cdot V_B; \quad (2.3)$$

где:  $B$  - ширина канала;

$L$  - длина канала;

$V_B$  - скорость воздуха.

$$Q_{B1} = 0.32 \cdot 0.32 \cdot 6.88 = 0.7045 \text{ м}^3/\text{с}$$

Определим потери воздуха пневмосепарирующем канале по формуле:

$$\Delta H = \kappa_m \cdot Q_{B1}^2; \quad (2.4)$$

где:  $\kappa_m$  - коэффициент сопротивления машины, зависящий от конструкции пневмосепарирующего канала.

$$\Delta H = 0,1 \cdot 0,7045^2 = 0,05 \text{ Па.}$$

Определим необходимую скорость воздуха в плоскопараллельном сопле по формуле:

$$V_{B2} = (0,4 - 0,8) \cdot V_{кр}; \quad (2.5)$$

где:  $V_{кр}$  – критическая скорость, равная 0,3 м/с.

$$V_{B2} = 0.8 \cdot 0.3 = 2.4 \text{ м/с.}$$

Определим расход воздуха в плоскопараллельном сопле необходимый для сепарации зерна гречихи по формуле:

$$Q_{B2} = B \cdot L \cdot V_B; \quad (2.6)$$

где:  $B$  - ширина канала;

$L$  - длина канала;

$V_B$  - скорость воздуха.

$$Q_{B2} = 0.02 \cdot 0.32 \cdot 2.4 = 0.015 \text{ м}^3/\text{с};$$

Определим общий расход воздуха по формуле:

$$Q_O = Q_{B1} + Q_{B2}; \quad (2.7)$$

где:  $Q_{B1}$  - расход воздуха в пневмосепарирующем канале;

$Q_{B2}$  - расход воздуха в плоскопараллельном сопле.

$$Q_O = 0.7045 + 0.015 = 0.7195 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таким образом, знание расхода воздуха и величин местных сопротивлений пневмосистемы, позволяют определить габаритные размеры воздушного сепаратора.

Потребную мощность привода вентилятора  $N$  (кВт) определяем по формуле [3]:

$$N = \frac{Q_B \cdot P_k}{1000 \cdot \eta_B \cdot \eta_{\Pi}}, \quad (2.8)$$

где  $P_k$  – суммарные потери давления в воздушном сепараторе, Па;

$\eta_B$  – КПД вентилятора (определяют по характеристике вентилятора);

$\eta_{\Pi}$  – КПД привода.

Зная расход воздуха и выбираем КПД вентилятора (определяют по характеристике вентилятора)  $\eta_B = 0,5$ ; КПД привода  $\eta_{\Pi} = 0,782$ . Отсюда:

$$N = \frac{5,61 \cdot 242}{1000 \cdot 0,5 \cdot 0,782} = 3,47 \text{ кВт}$$

По справочнику принимаем электродвигатель с мощностью  $N=3,5$  кВт, частотой вращения выходного вала двигателя  $n=2840$  об/мин, марки 4АМ90L2У3 ГОСТ 19523-89.

Данный технологический расчет показал, что разрабатываемая машина для очистки зерна имеет весьма не плохую производительность ( $Q=3200$  кг/ч), то есть не уступает другим известным аналогичным машинам такого же типа.

Определим затраты электроэнергии разрабатываемой машины.

Затраты на электроэнергию определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_3 = N \cdot t_{cm}, \quad (2.9)$$

где  $t_{cm}$  – время работы машины за смену, ч ( $t_{cm}=8$  ч);

$N$  – мощность электродвигателя, кВт ( $N=3$  кВт).

$$\mathcal{E}_3 = 3,5 \cdot 8 = 28 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Выполненный расчет позволяет сделать вывод, что разрабатываемая машина достаточно мало потребляет электроэнергию и может быть эффективна в работе, как отдельно, так и в комплексе с другими машинами в условиях постоянного роста цен на энергоносители.

## 2.4 Разработка мероприятий по улучшению безопасности жизнедеятельности и условий труда при послеуборочной обработке зерна

При послеуборочной обработке зерна возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов [16].

Самым главным их источником является человек, нарушающий трудовую дисциплину, находящийся на рабочем месте в нетрезвом состоянии, нарушающий правила техники безопасности на ЗОСП, к которым относятся: курение в помещении сушилки и местах хранения зерна, ремонт работающего оборудования, использование опасных агрегатов без защитных ограждений.

Недостаток естественного и искусственного освещения (менее 150 лк). Содержание в помещении пыли выше установленной предельно-допустимой концентрации – более 6 мг/м<sup>3</sup>. При сушке влажного зерна нагретый и влажный воздух выходит непосредственно в помещение ЗОСП, следствием чего является повышенные влажность (более 75%) и температура окружающего воздуха (более 27°). Работа большинства оборудования ЗОСП связана с постоянным повышенным шумом (более 70Дб), а также проявлением общей и локальной вибраций от работы семяочистительных и сортировальных машин.

Основные мероприятия, которые нужно провести при послеуборочной обработке зерна, для улучшения условий труда и безопасности жизнедеятельности [18]:

- Организация мероприятий по безопасности жизнедеятельности на производстве с рабочими и ответственными лицами;
- Проводить инструктаж по подразделениям и группам работников с анализом несчастных случаев по годам;
- Снабжать работников специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты;
- Изготовить приспособления и инструменты для очистки рабочих органов машин для послеуборочной обработки зерна;
- Создать нормальные санитарные, бытовые условия, установить душ, умывальник;
- Регулярно контролировать планомерное проведение инструктажа по технике безопасности с рабочими;
- Произвести проверку трансформаторов и электрическую сеть на нагрузочную мощность;
- Инструменты, применяемые при обслуживании электрооборудования, должны иметь изолированы.

## 2.5 Разработка мероприятий по улучшению пожарной безопасности при послеуборочной обработке зерна

При проектировании мероприятий пожарной безопасности зданий и сооружений следует учитывать СНиП 21-01-97.

- Все помещения должны быть обеспечены исправными средствами пожаротушения - огнетушителями;
- Пожарное оборудование и инвентарь должны располагаться на видном месте и иметь свободный доступ;
- Металлические части любых электроустановок должны быть заземлены и изолированы по специальной схеме;



- При размещении оборудования на площадке, следует обеспечивать: удобство, безопасность и возможность экстренной эвакуации людей в случае аварии. Интервалы между оборудованием должны быть не менее 1м;

## 2.6 Разработка мероприятий по охране окружающей среды при послеуборочной обработке зерна

Экологические факторы наряду с социально-экономическими факторами определяют развитие сельскохозяйственного производства.

Ресурсы и условия сельскохозяйственного производства могут во многих случаях создавать затруднения и даже ограничивать развитие сельского хозяйства.

Взаимодействие природы и общества в рамках сельского хозяйства коренным образом изменило круговорот веществ и энергии. В результате естественные биогеоценозы вытесняются трансформированными экосистемами – агробиогеоценозами. Агробиогеоценозы живут не изолированно от общей природной среды. Оставаясь элементарными частицами биосферы, они испытывают влияние компонентов, естественных биогеоценозов – живых организмов и неорганической среды Земли. По некоторым видам взаимодействия с окружающей средой сельскохозяйственное производство даже стало превосходить промышленность (перераспределение воды, нарушение естественного почвенного покрова и др.)

С позиции охраны окружающей среды выход из создавшегося положения состоит в том, чтобы свести до минимума отрицательные воздействия используемых технологических процессов.

Создание безотходных производств относится к весьма сложному и длительному процессу, промежуточным этапом которого является малоотходное производство. При этом по техническим, экономическим, организационным причинам часть используемого сырья и материалов может переходить в отходы и направляться на длительное хранение или захоронение.

Основные мероприятия, которые необходимо провести по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха при послеуборочной обработке зерна:

- Увеличить естественное и искусственное освещения;
- Устранить разлив топлива при заправки установок путем использования специализированных передвижных средств заправки;
- Производить контроль над общественным семенным материалом с целью недопущения примесей семян – засорителей.

### 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

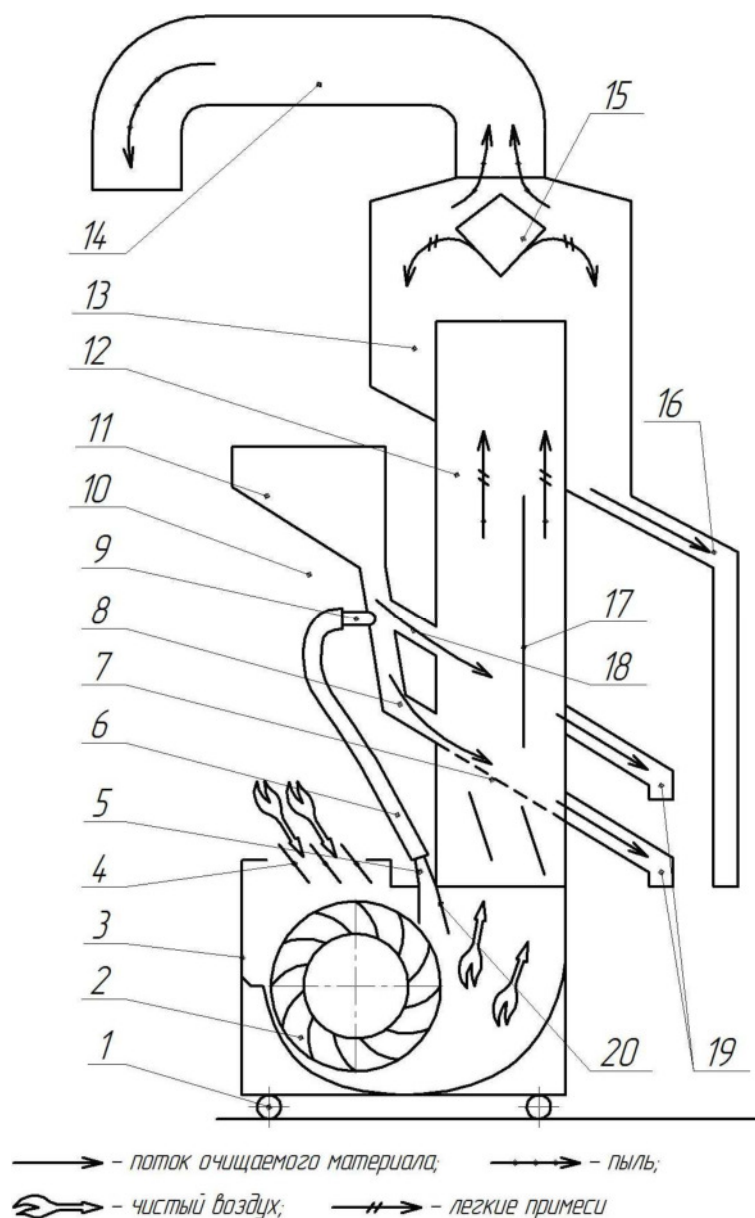
#### 3.1 Конструкторская разработка

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка новой конструкции пневмосепаратора, с целью повышения эффективности очистки продуктов шелушения и снизить затраты на производство единицы производимой продукции. На рисунке 3.1 изображена предлагаемая конструкция пневмосепаратора.

Пневмосепаратор работает по следующей технологической схеме. Обработываемый материал подается в бункер-питатель. Из бункера зерновой материал подается равномерно по патрубку, где зерновой материал продувается воздушным соплом и отделяют легкие примеси, в первую часть пневмосепарирующего канала где происходит выделение большинства легких примесей и пыли. Оставшиеся после этого в пневмосепарирующем канале частицы движутся до соприкосновения с разделительной перегородкой. Наиболее тяжелые частицы опускаются на опорную сетку а остальные частицы опускаются до нижней кромки разделительной перегородки.

Затем эти частицы попадают во вторую часть пневмосепарирующего канала, где они повторно подвергаются пневмосепарации, после чего оставшаяся на опорной сетке фракция выводится из пневмосепарирующего канала по материалопроводу в приемник чистого продукта. Легкие примеси выделенные в пневмосепарирующем канале уносятся воздушным потоком ударяясь о рассекатель осаждаются в осадочной камере и по материалопроводу в приемник примесей. Воздух с частицами пыли из осадочной камеры по воздухопроводу направляется в циклон.

					<b>ВКР 25.03.06.288.18.00.00.00.ПЗ</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Шамандан				<b>Воздушный сепаратор</b>		
Пров.	Лмитицев						
Н. контр	Лмитицев						
Утв.	Халиуллин						
						Лит.	Лист
							Листов
						Казанский ГАУ каф. МОА	



1 – колесо; 2 – вентилятор; 3 – рама; 4 – жалюзи поворотные сетка; 5 – воздушный патрубок; 6 – воздухопровод; 7 – сетка; 8 – канал ввода зернового материала; 9 – сопло; 10 – заслонка; 11 – бункер-питатель; 12 – пневмосепарирующий канал; 13 – осадочная камера; 14 – воздухопровод; 15 – рассекатель; 16 – канал вывода легких примесей; 17 – перегородка; 18 – канал ввода легких примесей; 19 – канал вывода зернового материала; 20 – воздушная заслонка.

Рисунок 3.11– Технологическая схема предлагаемого пневмосепаратора

Изм.		№ докум.	Подпись	Дат

ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ

Лист

Установка плоскопараллельного сопла позволяет повысить эффективность процесса сепарации сыпучих материалов за счет предварительного разделения исходного материала на легкую и тяжелую фракции и подачу легкой фракции в аспирационный канал раньше тяжелой. Это дает возможность уменьшить попадание легких частиц в приемник тяжелых.

При установке плоскопараллельного сопла, эффективность разделения повышается в среднем на 9 – 12%, а производительность на 10 - 15%.

Эффективность выделения примесей при оптимально установленной перегородки повышается на 18%.

### 3.2 Расчет конструктивных параметров разрабатываемой машины

Произведем расчет ременной передачи привода разрабатываемой конструкции сепаратора.

Для расчета ременной передачи выбираем клиновой ремень нормального сечения Б.

Для определения передаточного отношения ременной передачи будем использовать принятые значения частоты вращения – частота вращения ведущего шкива 1500 об/мин, частота вращения ведомого шкива 700 об/мин.

Передаточное отношение ременной передачи определяется по формуле:

$$u = \frac{n_1}{n_2}, \quad (3.1)$$

где  $n_1$ - частота вращения ведущего шкива, мин<sup>-1</sup>;

$n_2$ - частота вращения ведомого шкива, мин<sup>-1</sup>;

$$u = \frac{1500}{1000} = 1,5;$$

Задаемся диаметром ведущего шкива  $D_1$  из стандартного ряда [3]

					ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дат		

$D_1=140$  мм.

Определим диаметр ведущего шкива  $D_2$  при имеющим место скольжение ремня по формуле:

$$D_2 = u \cdot D_1 \cdot (1 - \lambda), \quad (3.2)$$

где  $\lambda$ - коэффициент скольжения ( $\lambda=0,01$ );

$$D_2 = 1,5 \cdot 140 \cdot (1 - 0,01) = 208 \text{ мм};$$

Выбираем из стандартного ряда диаметр ведомого шкива  $D_2=315$  мм. [3]

Далее определяем окружную скорость ремня по следующей формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60}, \quad (3.3)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,140 \cdot 1500}{60} = 10,9 \text{ м/с};$$

Определяем минимальное межосевое расстояние валов по формуле:

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h, \quad (3.4)$$

где  $h$  - высота сечения выбранного ремня ( $h=10,5$  мм);

$D_1$ - диаметр ведущего шкива мм;

$D_2$ - диаметр ведомого шкива, мм

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (140 + 200) + 10,5 = 197,5 \text{ мм};$$

Предварительно принимаем  $a_{\min}=197$  мм.

Далее определяем расчетную длину ремня по формуле:

$$L_p = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \cdot a}, \quad (3.5)$$

$$L_p = 2 \cdot 197 + \frac{3,14 \cdot (140 + 200)}{2} + \frac{(200 - 140)^2}{4 \cdot 197} = 932,3 \text{ мм};$$

Принимаем стандартное ближайшее значение длины ремня  $L=950$  мм.

Таким образом, окончательное межосевое расстояние валов определяется по формуле:

$$a = 0,25 \cdot \left[ (L - \omega) + \sqrt{(L - \omega)^2 - 8 \cdot y} \right], \quad (3.6)$$

					ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дат		

где

$$\omega = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2} ; \quad (3.7)$$

$$y = \frac{(D_2 - D_1)^2}{4} ; \quad (3.8)$$

Тогда,

$$\omega = \frac{3.14 \cdot (140 + 200)}{2} = 394 \text{ мм};$$

$$y = \frac{(200 - 140)^2}{4} = 533,8 \text{ мм};$$

Подставляем полученные значения в формулу

$$a = 0.25 \cdot \left[ (950 - 394) + \sqrt{(950 - 394)^2 - 8 \cdot 4270,4} \right] = 277 \text{ мм};$$

Выбираем окончательное межосевое расстояние  $a=277$  мм

Проверяем угол обхвата малого шкива:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} \cdot 57^\circ, \quad (3.9)$$

$$\alpha_1 = 180 - \frac{200 - 140}{277} \cdot 57 = 168^\circ;$$

$$\alpha_1 > [\alpha] = 90^\circ,$$

$$168^\circ > [\alpha] = 90^\circ;$$

Проверяем число пробегов ремня по следующей зависимости:

$$\Pi = \frac{g}{L_p} \leq [\Pi] \quad (3.10)$$

где  $g$  - окружная скорость ремня, м/с;

$L_p$  - расчетная длина ремня, м;

$[\Pi]$  - допускаемое число пробегов ремня, об/с (для клиновых ремней

$[\Pi] \leq 15$  об/с).

					ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дат		

$$П = \frac{10,9}{0,95} = 11 \text{ об/с};$$

$$П \leq [ П ];$$

$$11 \leq 15,$$

следовательно, условие выполняется.

Определим расчетную мощность  $P_p$ , передаваемая одним ремнем, учитывая, что номинальная мощность для выбранного ремня  $P_p = 3,15$  кВт (берется из справочника), а исходная длина 2240 мм.

Таким образом, расчетная мощность передаваемая одним ремнем определим по формуле:

$$P_p = \frac{P_o \cdot C_a \cdot C_l}{C_p}, \quad (3.11)$$

где  $C_a$ - коэффициент угла обхвата ( $C_a=0,9$ );

$C_l$ - коэффициент длины ремня;

$$C_l = \frac{L}{L_p}, \quad (3.12)$$

$$C_l = \frac{950}{2240} = 0,42;$$

Принимаем из справочника  $C_l=0,94$ ;

$C_p$  – коэффициент динамичности режима работы ( $C_p=1,2$ ).

$$P_p = \frac{3,15 \cdot 0,9 \cdot 0,9}{1,2} = 2,12 \text{ кВт};$$

Определим число ремней передачи по формуле:

$$Z = \frac{P}{C_z \cdot P_p}, \quad (3.13)$$

где  $C_z$ - коэффициент, учитывающий число ремней ( $C_z=0.9$ )

$$Z = \frac{1,5}{0,9 \cdot 2,12} = 0,78;$$

Принимаем число ремней  $Z=1$

					ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дат		



Вычисляем нагрузку R на валы и опоры, предварительно определив силу натяжения ветви одного ремня.

$$F_o = \frac{0.85 \cdot P \cdot C_p \cdot C_z}{Z \cdot g \cdot C_a} + \Theta \cdot g^2, \quad (3.14)$$

где  $\Theta$ - коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил (для ремней сечения Б  $\Theta=0,18$ ).

$$F_o = \frac{0.85 \cdot 1.5 \cdot 10^3 \cdot 1.2 \cdot 0.9}{1 \cdot 10.9 \cdot 0.9} + 0.18 \cdot 10.9^2 = 161 \text{ Н}$$

Нагрузки на валы и опоры определяется по формуле:

$$R = 2 \cdot F_o \cdot Z \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right), \quad (3.15)$$

$$R = 2 \cdot F_o \cdot Z \cdot \sin\left(\frac{168}{2}\right) = 320 \text{ Н.}$$

Произведем подбор электродвигателя для осуществления привода рабочего органа сепаратора.

Для выбора электродвигателя вначале определим частоту вращения приводного вала (об/мин).

По требуемой частоте вращения ведомого вала и определенному передаточному отношению ременной передачи рассчитаем требуемую частоту вращения вала электродвигателя по формуле:

$$n_{\text{эл.дв.}} = n_2 \cdot u, \quad (3.16)$$

где  $n_2$ - частота вращения ведомого вала, об/мин,

$u$ - передаточное отношение ременной передачи;

$$n_{\text{эл.дв.}} = 1000 \cdot 1,5 = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

Произведем расчет болтового соединения.

Расчет будем производить для болтов, которые будут использоваться для крепления сепаратора к основанию.

Для крепления сепаратора к основанию используется четыре болта, выполненных из стали класса прочности 3,6. На болты действует сила  $F=1$  кН. Требуется определить диаметр болтов. Нагрузка постоянная.

1 Для болтового соединения с неконтролируемой затяжкой принимаем коэффициент запаса прочности  $[S_T=5]$  в предположении, что наружный диаметр резьбы находится в интервале 6...16 мм. Предел текучести болта  $\sigma_T=200$  Н/мм<sup>2</sup>.

Определим допускаемое напряжение растяжения по формуле:

$$[\sigma_m] = \frac{\sigma_m}{[S_m]}, \quad (3.17)$$

где  $[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение растяжения, Н/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_T$  – предел текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$[S_T]$ - коэффициент запаса прочности.

$$[\sigma_p] = \frac{200}{5} = 40 \text{ Н/мм}^2;$$

2 Принимаем коэффициент запаса прочности по сдвигу  $K=1,6$  и коэффициент трения  $f=0,16$ .

Определим необходимую силу для затяжки болта по следующей формуле:

$$F_0 = \frac{F \cdot K}{f \cdot i \cdot z}, \quad (3.18)$$

где  $K$ - коэффициент запаса по сдвигу деталей;

$F_0$ - внешняя сила, кН;

$f$ - коэффициент трения;

$i$ - число стыков;

$z$ - число болтов.

$$F_0 = \frac{1 \cdot 1.6}{0.16 \cdot 1 \cdot 4} = 2.5 \text{ кН};$$

					ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дат		

3 Определим расчетную силу затяжки болтов по формуле:

$$F_{расч} = 1,3 \cdot F_0, \quad (3.19)$$

$$F_{расч} = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ кН};$$

4 Расчетный диаметр резьбы определяется по формуле:

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{расч}}{\pi \cdot [\sigma]_p}}, \quad (3.20)$$

где  $d_p$ - расчетный диаметр резьбы, мм;

$F_{расч}$ - расчетная сила затяжки болтов, кН;

$[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение растяжения, Н/мм<sup>2</sup>.

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 3,25 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} = 10,1 \text{ мм};$$

Принимаем болт с резьбой М 12 с шагом Р=1,75 мм.

Проверим правильность выбора болта по следующей зависимости:

$$d_p = d - 0,94 \cdot P > 10,1, \quad (3.21)$$

Таким образом получаем:

$$d_p = 12 - 0,94 \cdot 1,75 = 10,4 \text{ мм};$$

$$10,4 > 10,1,$$

Следовательно расчет произведен правильно, болт М 12 подобран правильно и пригоден к применению.

Выбор шпонки

Выбираем сегментные шпонки (по ГОСТ 24071 – 80).

Основные размеры сегментных шпонок подбираем по таблице 9.2 с.810 [ ].

Диаметр вала, D, мм	Размеры шпонки, b×h, мм	Глубина паза		Фаска с х 45° или радиус r
		вала t <sub>1</sub>	Шкива t <sub>2</sub>	
40	12×8	5,0	3,3	0,25-0,4

# Определение размеров шкивов

Основные размеры шкивов подбираем по таблице 6.28 с. 734 [ 1 ].

Сечение ремня	$l_p$	$b$	$h$	$e$	$f$	$\alpha=40^\circ$	
						$d_p$	$b_1$
О	8.5	2.5	7.0	12	8.0	$\geq 180$	10.2

Радиус округления для ремней сечения О,  $r=0,5$  мм

Ширина шкива

$$M = (n - 1)e + 2f, \quad (3.22)$$

где  $n$  – число ремней,  $n = 1$

$$M = (1-1)12 + 2 \cdot 8 = 16 \text{ мм}$$

Предельное отклонение угла  $\alpha$  для шкивов обработанных резанием не более  $\pm 1^\circ$  для ремня сечения О.

Параметры шероховатости рабочих поверхностей канавок  $Ra \leq 2.5$  мкм.

Расчет простейших фундаментных болтов с изогнутым концом

Размеры болта зависит от диаметра  $d$  (рисунок 14.10, с. 242 [ 1 ]).

$$l = (2,5 \dots 3,0) d \quad (3.23)$$

где  $d$  – диаметр болта,  $d = 16$  мм.

$$l = 3 \cdot 16 = 48 \text{ мм.}$$

$$l_1 = (5 \dots 6) d \quad (3.24)$$

$$l_1 = 6 \cdot 16 = 96 \text{ мм}$$

Ширина сторон колодца для размещения болта

$$B = (5 \dots 7) d \quad (3.25)$$

$$B = 7 \cdot 16 = 112 \text{ мм}$$

Глубина заложения болта

$$H \approx 15d \quad (3.26)$$

$$H = 16 \cdot 15 = 240 \text{ мм}$$

					ВКР 35.03.06.288.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.		№ докум.	Подпись	Дат		

### 3.3 Экономическое обоснование конструкции сепаратора

#### 3.3.1 Расчёт массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле:

$$G = (G_k + G_z) \cdot K \quad (3.4.1)$$

где  $G_k$  – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

$G_z$  – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

$K$  – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ( $K=1,05 \dots 1,15$ ).

Масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов представлена в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 - Расчёт массы сконструированных деталей

№ пп	Наименование деталей.	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
1	2	5	6	7
1	Корпус	100	1	100
2	Приёмная часть	50	1	40
3	Пневмосепарирующий канал	40	1	60
4	Осадочная камера	35	1	30
5	Воздухопровод	40	1	40
6	Патрубки	10	3	30
Итого:				300

Масса покупных деталей и цены на них представлены в таблице 3.4.2.

Таблица 3.4.2 - Масса покупных деталей и цены

№ пп	Наименование деталей	Количество	Масса, кг		Цены, руб	
			Одной	Всего	Одной	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1	Болты	25	0,02	0,5	60	1500
2	Гайки	9	0,01	0,09	30	270
3	Шайбы	25	0,005	0,125	20	500
4	Подшипники	2	0,2	0,4	4650	9300
5	Шпонка	2	0,015	0,03	35	70
6	Шкив ведомый	2	2	4	4700	9400
7	Шкив ведущий	2	3	6	5800	11600
8	Крышка подшипника	1	1,7	1,7	5600	5600
9	Крышка подшипника	1	1,6	1,6	6000	6000
10	Вентилятор	1	4	4	10800	10800
11	Электродвигатель	1	14	14	38000	38000
12	Манжета	4	0,05	0,2	500	2000
13	Вал	1	30	30	5000	10000
Итого:			62,245		105040	

Определим массу конструкции по формуле 3.4.1, подставив значения из таблицы 3.4.1:

$$G = (300 + 62,245) \cdot 1,05 = 380 \text{ кг}$$

Определение балансовой стоимости новой конструкции производится на основе сопоставления ее отдельных параметров по расчетно-конструктивному способу с использованием среднеотраслевых нормативов затрат на 1 кг. массы:

$$C_{\text{б}} = [G_{\text{к}} \cdot (C_{\text{з}} \cdot E + C_{\text{м}}) + C_{\text{нд}}] \cdot K_{\text{нац}} \quad (3.4.2)$$

где  $G_{\text{к}}$  – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

$C_{\text{з}}$  – издержки производства приходящиеся на 1 кг, массы конструкции, руб. ( $C_{\text{з}}=0,02\dots0,15$ );

$E$  – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска (принимается  $E=1,5$ );

$C_{\text{м}}$  – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг. ( $C_{\text{м}}=0,68\dots0,95$ );

$C_{\text{пд}}$  – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.;

$K_{\text{нац}}$  – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ( $K_{\text{нац}} = 1,15 \dots 1,4$ ).

$$C_{\text{в}} = [300 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,8) + 105040] \cdot 1,25 = 131684 \text{ руб}$$

### 3.4.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Прежде чем приступить к расчету технико-экономических показателей, приведём исходные данные (см. таблицу 3.4.3)

Таблица 3.4.3 - Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемой	Базовой
1	2	3
Масса конструкции, кг	380	450
Балансовая стоимость, руб.	131684	200000
Потребная мощность, кВт	1,5	3
Часовая производительность, т/ч	3,2	2
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб./ч.	100	100
Норма амортизации, %	12,5	12,5
Норма затрат на ремонт ТО, %	10	10
Годовая загрузка конструкции, ч	1000	1000

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции, и дается их сравнение.

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как  $X_0$ , а проектируемого как  $X_1$ .

Энергоемкость процесса определяют из выражения:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_z} \quad (3.4.3)$$

где  $N_e$  – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

$W_z$  – часовая производительность конструкции; кг/ч.

Подставив значения в формулу (3.4.3) получим:

$$\Theta_e^0 = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}$$

$$\Theta_e^1 = \frac{1,5}{3,2} = 0,46 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} \quad (3.4.4)$$

где  $G$  – масса конструкции, кг;

$T_{год}$  – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{сл}$  – срок службы конструкции, лет.

$$M_e^0 = \frac{450}{2 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,0225 \text{ кг/т}$$

$$M_e^1 = \frac{380}{3,2 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,01187 \text{ кг/т}$$

Фондоёмкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_б}{W_z \cdot T_{год}} \quad (3.4.5)$$

где  $C_б$  – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^0 = \frac{200000}{2 \cdot 1000} = 100 \text{ руб./ед}$$

$$F_e^1 = \frac{131684}{3,2 \cdot 1000} = 41 \text{ руб./кг}$$

Трудоёмкость процесса определяют по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z} \quad (3.4.6)$$

где  $n_p$  – количество рабочих, чел.

$$T_e^1 = \frac{1}{3,2} = 0,31 \text{ чел} \cdot \text{час/кг}$$

$$T_e^0 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ чел} \cdot \text{час/кг}$$

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рмо} + A \quad (3.4.7)$$

где  $C_{зп}$  – затраты на оплату труда, руб/ед;

$C_{рто}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/ед;



$C_э$  – затраты на электроэнергию, руб/ед;

$A$  – амортизационные отчисления, руб/ед.

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$C_{зн} = Z \cdot T_e \quad (3.4.8)$$

где  $Z$  - часовая тарифная ставка, руб/ч:

$$C_{зн}^1 = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ руб/кг}$$

$$C_{зн}^0 = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ руб./кг}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_э = Ц_э \cdot Э_э \quad (3.4.9)$$

где  $Ц_э$  - комплексная цена за электроэнергию, руб/кВт.

$$C_э^1 = 2,8 \cdot 0,46 = 1,2 \text{ руб./кг}$$

$$C_э^0 = 2,8 \cdot 1,5 = 4,2 \text{ руб./кг}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{pmo} = \frac{C_б \cdot H_{pmo}}{100 \cdot W_ч \cdot T_{год}} \quad (3.4.10)$$

где  $H_{pmo}$  - суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

Полученные значения подставим в формулу 3.4.10:

$$C_{pmo}^1 = \frac{131684 \cdot 10}{100 \cdot 3,2 \cdot 1000} = 4,1 \text{ руб./кг}$$

$$C_{pmo}^0 = \frac{2000000 \cdot 10}{100 \cdot 2 \cdot 1000} = 10 \text{ руб./кг}$$

Затраты на амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_б \cdot a}{100 \cdot W_ч \cdot T_{год}} \quad (3.4.11)$$

где  $a$  - норма амортизации, %.

$$A^1 = \frac{131684 \cdot 12,5}{100 \cdot 3,2 \cdot 1000} = 5,14 \text{ руб./кг}$$

$$A^0 = \frac{200000 \cdot 12,5}{100 \cdot 2 \cdot 1000} = 12,5 \text{ руб./кг}$$

Полученные значения подставим в формулу 3.4.7:

$$S_{\text{экс}}^1 = 31 + 1,2 + 4,1 + 5,14 = 41,4 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{экс}}^0 = 50 + 4,2 + 10 + 12,5 = 76,7 \text{ руб./кг}$$

Приведённые затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_n \cdot F_n \cdot k \quad (3.4.12)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_n = 0,1$ );

$F_n$  – фондоемкость процесса, руб./кг;

$k$  – удельные капитальные вложения, руб./кг.

$$C_{\text{прив}}^1 = 41,4 + 0,1 \cdot 41 = 45,5 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{прив}}^0 = 76,7 + 0,1 \cdot 100 = 86,7 \text{ руб./кг}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (3.4.13)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (76,7 - 41,4) \cdot 3,2 \cdot 1000 = 112960 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (3.4.14)$$

$$E_{\text{год}} = (86,7 - 45,5) \cdot 3,2 \cdot 1000 = 131840 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \quad (3.4.15)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{131684}{112960} = 1,16 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{C_{\text{б}}} \quad (3.4.16)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{112960}{131684} = 0,85$$

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции показаны в таблице 3.4.4.

Таблица 3.4.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	2	3	4	5
1	Часовая производительность, кг/с	2	3,2	160
2	Фондоёмкость процесса, руб./т	100	41	41
3	Энергоёмкость процесса, кВт./кг	1,5	0,46	30
4	Металлоёмкость процесса, кг/т	0,0225	0,01187	52
5	Трудоёмкость процесса, чел*ч/кг.	0,5	0,31	60
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг	76,7	41,4	53
7	Уровень приведённых затрат, руб./кг.	86,7	45,5	52
8	Годовая экономия, руб.	112960		
9	Годовой экономический эффект, руб.	131840		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	1,16		
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	0,85		

Как видно из таблицы 3.4.4 спроектированная конструкция сепаратора является экономически эффективной, так как срок окупаемости равен: менее 1 года и коэффициент эффективности равен: 0,85.

### 3.5 Техника безопасности при эксплуатации сепаратора

Для нормальной эксплуатации сепаратора необходимо выполнять ряд правил и учитывать некоторые особенности:

а) следить за равномерностью распределения продукта по ширине приёмной камеры; при нарушении равномерности большая часть воздуха будет проходить через оголённые места; регулирование равномерности загрузки осуществляют клапанным устройством и длиной подвесок;

б) не допускать излишних присосов; герметичность устройств,

находящихся под разряжением, должна быть обеспечена;

в) угол направления и амплитуда колебаний регулируют соответственно передними, задними подвесками и массой грузов-дебалансов;

г) изменение расхода и скорости воздуха осуществляется жалюзийной заслонкой;

Материалы, подвергаемые сепарированию очень разнообразны. Столь же разнообразно и оборудование, которое приспособлено для этих материалов. Несмотря на разнообразие типов, могут быть сформулированы некоторые общие требования, которым должен удовлетворять любой сепаратор:

а) нужно, чтобы конструкция машины обеспечивала возможность быстрой и легкой смены всех изнашивающихся частей;

б) пылеобразование при сепарировании сухих материалов допускается минимальным;

в) оборудование должно иметь, возможно, меньший вес;

г) машину нужно снабдить предохранительными частями, которые при их поломке или деформации предотвращали бы аварию всей конструкции.

## ВЫВОДЫ

В процессе разработки технологии и конструкции установки для пневмосепарирования, были использованы все необходимые агротехнические требования к качеству получения очищенного зерна.

Внедрение предлагаемой технологии может дать большой экономический эффект.

В настоящее время большую актуальность приобретает проблема совершенствования машин, участвующих в послеуборочной обработке, зерноочистительных линий и комплексов.

Предлагаемая установка, имеющая простоту конструкции и себестоимость 41 руб/т и производительность – 3,2 т/ч, меньшие затраты электроэнергии, по сравнению с другими аналогичными машинами, может быть приобретена и использоваться в различных хозяйствах.

По технико-экономическим расчетам срок окупаемости данной установки менее 1 года, соответственно коэффициент эффективности капитальных вложений равен 0,85, что показывает экономическую целесообразность ее приобретения и применения.

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя/В. И. Анурьев. – 8-е изд. в 3-х тт. М.: Машиностроение, 2001.
2. Булгариев Г. Г., Абдрахманов Р. К., Валиев А. Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Казань: Изд-во КГАУ, 2011. – 64 с.
3. Булгариев Г. Г., Абдрахманов Р. К., Калимуллин. М.Н., Булатова Н.В. Методические указания по анализу хозяйственной деятельности предприятий в дипломных проектах. Казань: Изд-во КГАУ, 2011. – 36 с.
4. Вобликов, Е.М. Послеуборочная обработка и хранение зерна / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцев, Б.К. Маратов, А.С. Прокопец. Ростов: Издательский центр «МарТ», 2001. - 240 с.
5. Воронцов А.И. Охрана природы. – М.: Высшая школа, 1977. – 408с., ил.
6. Гортинский В. В Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М: Изд-во Колос, 1980. – 304 с.
7. Данные бухгалтерского учета хозяйства ООО « Яна Юл » за 2010 – 2012 гг.
8. Демский А.Б. Справочник по оборудованию зерноперерабатывающих предприятий – М.:Колос, 1970. - 431 с.
9. Детали машин и основы конструирования/Под ред. М. Н. Ерохина. – М.: КолосС, 2005. – 462с.: ил.
10. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. – 5-е изд., дополн. – М.: Машиностроение, 2004. – 560с., ил.
11. Ермаков Ф.Х. Методические указания по разработке разделов «Безопасность жизнедеятельности на производстве» и «Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях» в дипломных проектах факультетов технического сервиса и механизации сельского хозяйства. Казань: Изд-во КГСХА, 2005. – 11с.

12. Кобевник В. Ф. Охрана труда. Киев.: Высшая школа., 1990. – 240с.: ил.
13. Методическое указание по оформлению дипломного проекта. Казань, КГСХА, 1999 г.
14. Мудров А.Г. Методические указания к разработке сборочного чертежа курсового проекта по деталям машин и основам конструирования. Казань: Изд-во КГАУ, 2010. – 80 с.
15. Мудров А.Г. Текстовые документы. Учебно справочное пособие. Казань: РИЦ «Школа», 2004. – 144 с.
16. Соколов, А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна / А.Я.Соколов. - М.:Колос, 1975. - 496 с.
17. Ямпиров, С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортировки зерна и семян / С.С. Ямпиров. Улан-Удэ, 2003. – 262 с.