

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 пневматического сепаратора»

Шифр 35.03.06.131.18

Студент _____ Федоренко А.А.
подпись Ф.И.О.

Руководитель _____ 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 Федоренко А.А. выполненную на тему «Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна с разработкой пневматического 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 пневматических сепараторов. 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 пневматического сепаратора. Приведены требования к пневматическому сепаратору. Описана работа приспособления, выполнены конструктивные расчеты. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения пневматического сепаратора.

Пояснительная записка завершается заключением и списком использованной литературы.

ANNOTATION

On graduation qualification work Fedorenko A.A. made on the theme "Perfection of post-harvest grain processing technology with the development of a pneumatic 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, a conclusion and a list of used literature, an appendix and a specification.

In the first section, the analysis of existing structures of pneumatic separators 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.

The third section develops the design of a pneumatic separator. The requirements for a pneumatic 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 using a pneumatic separator 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 процесса послеуборочной обработки семян зерновых культур в приёмно-очистительной поточной технологической линии.....	
1.2.2 Способ послеуборочной обработки семян зерновых культур и линия для его осуществления по патенту №2352099.....	
1.3 Анализ существующих конструкций пневматических сепараторов.....	
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	
2.1 Предлагаемая технология послеуборочной обработки зерна.....	
2.2 Технологические расчёты	
2.3 Разработка мероприятий по улучшению безопасности жизнедеятельности и условий труда при послеуборочной обработке зерна	
2.4 Разработка мероприятий по улучшению пожарной безопасности при послеуборочной обработке зерна	
2.5 Разработка мероприятий по охране окружающей среды при послеуборочной обработке зерна	
2.6 Физическая культура на производстве.....	
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	
3.1 Конструкторская разработка.....	
3.2 Конструктивные расчёты.....	
3.2.1 Расчёт клиноременной передачи привода полого вала вентилятора.....	
3.2.2 Расчёт шпоночного соединения.....	
3.3 Расчёт болтового соединения.....	
3.4 Экономическое обоснование конструкции.....	
3.4.1 Расчёт массы и стоимости конструкции.....	
3.4.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности	

конструкции и их сравнение.....	
3.5 Техника безопасности при эксплуатации пневматического сепаратора.....	
ВЫВОДЫ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	
СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	

Введение

Сельскохозяйственное производство - одна из стратегических отраслей экономики в нашей стране, которая обеспечивает население необходимыми продуктами питания. Зерно является основным продуктом сельского хозяйства, из него вырабатывают муку, крупы, хлебные и макаронные изделия. Необходимость увеличения производства зерна – важнейшая задача сельского хозяйства.

В производстве зерна одной из главных операций является послеуборочная обработка, она включает в себя операции сушки и очистки. Поэтому послеуборочная обработка зерна должна обеспечить полную и длительную сохранность собранного урожая, затратив при этом минимум труда и средств. В связи с этим все большую актуальность приобретает проблема совершенствования машин, участвующих в послеуборочной обработке, зерноочистительных линий и комплексов.

Существующие установки для послеуборочной обработки зерна в сельском хозяйстве морально изношены, не соответствуют современным условиям конкурентного зернопроизводства.

Для исключения этих проблем необходимо модернизировать производство, внедряя энергосберегающие технологии, уменьшая долю фуражного зерна и улучшая технико-экономические показатели.

В связи с этим целью выпускной квалификационной работы является разработка и обоснование новых сепарирующих машин и рабочих органов, приспособленных к различным условиям производства.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Общие сведения

Очистка зерна (семян) – завершение технологического процесса растениеводства (или производства зерна). Технологически процесс очистки зерна взаимосвязан с подготовкой семян для нового сезона. Чем лучше подготовлен семенной материал, тем лучше условия для получения высокого урожая.

Сепарация (разделение) семян – завершающий этап очистки зерна. Это как бы финишная «шлифовка» продукта для отбора наиболее ценных, крупных и полноценных семян.

Сепараторы для семян могут выполнять следующие операции:

- очистка семян и калибровка семян зерновых, зернобобовых, технических, овощных и лекарственных культур любой влажности;
- выделение из зерновой смеси тяжелых и легких примесей, отличающихся от основного зерна, в т.ч. трудноотделимых (овсюг, татарская гречиха и др.);
- сепарирование по всхожести и энергии прорастания семян, обладающих повышенными посевными качествами;
- сортировки зерна пшеницы по содержанию клейковины;
- разделения зерносмесей;
- очистка и калибровка круп и продуктов их переработки.

Благодаря высокой разрешающей способности (с точностью $\pm 3\%$ по весу) зерновой пневматический сепаратор может за один проход производить очистку семян и одновременное разделение зерна по биологической ценности и однородности по фракциям. Т.е., она способна заменить два-три вида машин, связанных в технологическую цепочку, деля исходный материал на 5 фракций.

Исходя из этого, можно сказать, что сепарирование является одной из самых важных операций в процессах выращивания, хранения и переработки зерна. Степень очистки и классификации семенного материала во многом влияют на урожай. Степень разделения зернового вороха после уборки определяет стабильность качества зерна при хранении. Очистка зерна на мукомольных и крупяных заводах предопределяет качество готовой продукции. Выбор способа сепарирования зависит от основных признаков различия частиц компонентов, которые необходимо разделить.

При очистке в пневматическом сепараторе поток воздуха, продувая зерно, уносит легкие примеси. Таким образом, от основного зерна отделяются части стеблей и колосьев, полова, семена сорных растений, щуплые, изъеденные вредителями зерна, пыль и т.п.

1.2 Анализ существующих технологий послеуборочной обработки зерна

1.2.1 Схема процесса послеуборочной обработки семян зерновых культур в приёмно-очистительной поточной технологической линии.

При поточной обработке зерна трудозатраты сокращаются в 8 - 10 раз, улучшается качество обработки, повышается степень использования оборудования, создаются условия для длительного хранения зерна.

Нормальная работа поточно-технологической линии предполагает: бесперебойную круглосуточную приемку зерна; доведение зерна до заданных кондиций; полную его количественную сохранность в процессе послеуборочной обработки и хранения; формирование партий зерна по качеству в соответствии с целевым назначением.

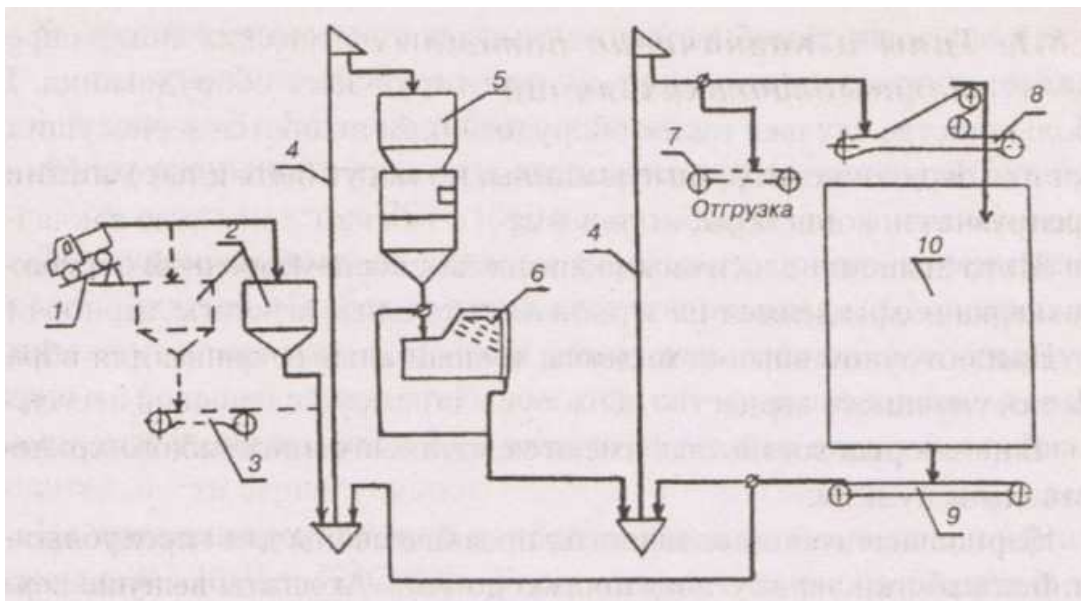
Поточные технологические линии могут быть стационарными или составленными из передвижных и самоходных машин и механизмов. Они могут быть универсальными (для обработки нескольких культур) или специализированными (для обработки одной культуры).

Все они имеют следующую принципиальную технологическую схему:

- выгрузка зерна из автомобилей;

- предварительная очистка зерна от вороха;
- первая основная очистка;
- сушка сырого и влажного зерна;
- вторая основная очистка зерна;
- очистка от трудноотделимых примесей, взвешивание;
- размещение обработанного зерна в хранилищах;
- отгрузка зерна.

Количество операций может быть другим и устанавливается с учетом качества принимаемого зерна и его целевого назначения (рисунок 1.1) [6].



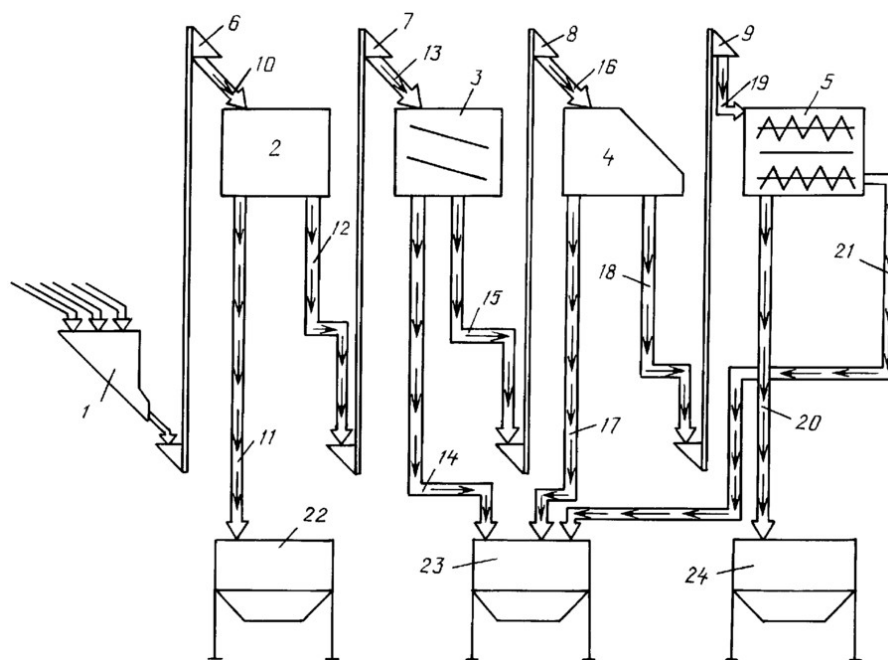
1-автомобилепогрузчик; 2-приёмный бункер; 3-приёмный конвейер; 4-нория; 5-автоматические весы; 6-пневматический сепаратор; 7-отгрузочный контейнер; 8,9-верхний и нижний контейнеры; 10-склад или силос.

Рисунок 1.1 - Схема процесса послеуборочной обработки семян зерновых культур в приёмно-очистительной поточной технологической линии.

Пропускная способность поточных технологических линий определяется производительностью лимитирующего оборудования. В большинстве случаев таким оборудованием являются зерносушилки или зерноочистительные машины, но могут быть и автомобилеразгрузчики, конвейеры, норрии и др.

1.2.2 Способ послеуборочной обработки семян зерновых культур и линия для его осуществления по патенту №2352099

Способ включает прием зернового вороха, предварительную его очистку от незерновой примеси с отделением ее в бункер отходов, воздушно-решетную очистку и сортирование с выделением некондиционных семян, вибропневмосепарацию с очисткой от трудноотделимых примесей, триерование с очисткой от длинных и коротких примесей. После триерования выделяют окончательно очищенную зерновую фракцию вороха в бункер чистых семян. Примеси, полученные после операций воздушно-решетной очистки, вибропневмосепарации и триерования, выделяют в бункер фуражного зерна. Линия включает приемное устройство, машину предварительной очистки, машину воздушно-решетной очистки и сортирования, триерный блок, а также пневматический сортировальный стол, бункеры отходов, фуражного зерна, чистых семян, подъемно-транспортирующие устройства, зернопроводы для подачи обрабатываемого материала в указанные выше устройства. Пневматический сортировальный стол установлен перед триерным блоком.



1-приёмное устройство; 2-машина предварительной очистки; 3-машина для воздушно-решётной очистки; 4-пневмосортировальный стол; 5-триерный блок; 6,7,8,9-подъёмно-

транспортирующее устройство; 10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21-зернопроводы; 22-бункер отходов; 23-бункер фуражного зерна; 24-бункер чистых семян.

Рисунок 1.2 – Технологическая линия и способ послеуборочной обработки семян зерновых культур

Линия для послеуборочной обработки семян зерновых культур работает следующим образом. Зерновой ворох выгружается из автотранспорта самостоятельно или разгрузчиком автомобилей в приемное устройство 1 (например, в завальную яму или в приемный бункер), а оттуда с помощью подъемно-транспортного устройства 6 (например, загрузочной норрии) и зернопровода 10 - в машину 2 предварительной очистки для выделения большей части примесей, которые по зернопроводу 11 направляются в бункер 22 отходов. Предварительно очищенный материал из машины 2 предварительной очистки подается с помощью подъемно-транспортирующего устройства 7 и зернопровода 13 в машину 3 воздушно-решетной очистки и сортирования для очистки не только от сорной примеси, оставшейся в ворохе после его предварительной очистки, но и для сортирования вороха по различным физико-механическим свойствам (размерам, парусности, плотности) с выделением «некондиционных» семян, направляемых по зернопроводу 14 в бункер 23 фуражного зерна, основной же материал (зерновая фракция) подается с помощью подъемно-транспортирующего устройства 8 и зернопровода 16 на пневматический сортировальный стол 4, где он очищается от трудноотделимых примесей - легких и тяжелых, направляемых в бункер 23 фуражного зерна. Далее очищенный основной материал подается с помощью подъемно-транспортирующего устройства 9 и зернопровода 19 на триерный блок 5 для окончательной очистки зерна от длинных (овсюг) и коротких (куколь) примесей, направляемых в бункер 23 фуражного зерна. Окончательно очищенная зерновая фракция вороха (основной выход семян) направляется в бункер 24 чистого зерна. Следует отметить следующее: при изначально не очень засоренном зерновом ворохе технологический процесс послеуборочной

обработки семян зерновых культур может завершиться сразу же после сортирования его на пневмосортировальном столе. А при изначально сильно засоренном ворохе - после его триерования.

1.3 Анализ существующих конструкций пневматических сепараторов

Сепарирование - это процесс механического разделения смесей на их составные, более однородные части (фракции). Основная цель механического разделения смесей заключается в том, чтобы в процессе сепарирования выделить и сформировать фракции по таким признакам зерен (частиц), которые обеспечивают требуемое качество промежуточных и конечных продуктов.

В задачу сепарирования на предприятиях системы заготовок входят три операции:

- очистка зерновых смесей от примесей;
- сортирование различных смесей на фракции различного качества;
- калибрование зерен на фракции по размерам.

В соответствии с технологическим назначением и областью применения сепарирующие машины можно подразделить на следующие группы:

- машины для разделения смесей по ширине, толщине и форме поперечного сечения частиц — ситовые сепараторы. Процесс разделения в машинах этой группы осуществляется просеиванием смеси на различных ситах;
- машины для разделения смесей по длине частиц (зерен) — триеры цилиндрические и дисковые. Процесс разделения называют триерованием;
- машины для разделения смесей по аэродинамическим свойствам — воздушные сепараторы. Процесс разделения называют пневмосепарацией;
- машины для разделения смесей по ширине, толщине и аэродинамическим свойствам — ситовоздушные сепараторы (ворохоочистители, скальператоры, зерноочистительные сепараторы, ситовеечные машины);
- машины, разделяющие смесь по гравитационным свойствам (индивидуальной массе, плотности и объемной массе), — камнеотделительные машины (вибрационные и вибропневматические, пневмосортировальные столы);

- машины, разделяющие смесь по упругости и коэффициенту ударного трения,— отражательные столы;
- машины, разделяющие смесь по фрикционным свойствам компонентов,— фрикционные сепараторы (горки, змейки);
- машины для разделения смесей по магнитным свойствам (по магнитной восприимчивости) — магнитные и электромагнитные сепараторы;
- машины, разделяющие смесь по цвету (по коэффициенту отражения светового потока),— электронные и фотоэлектронные сепараторы;
- машины, разделяющие смесь по электрическим свойствам (по диэлектрической проницаемости),— электростатические и коронные сепараторы.

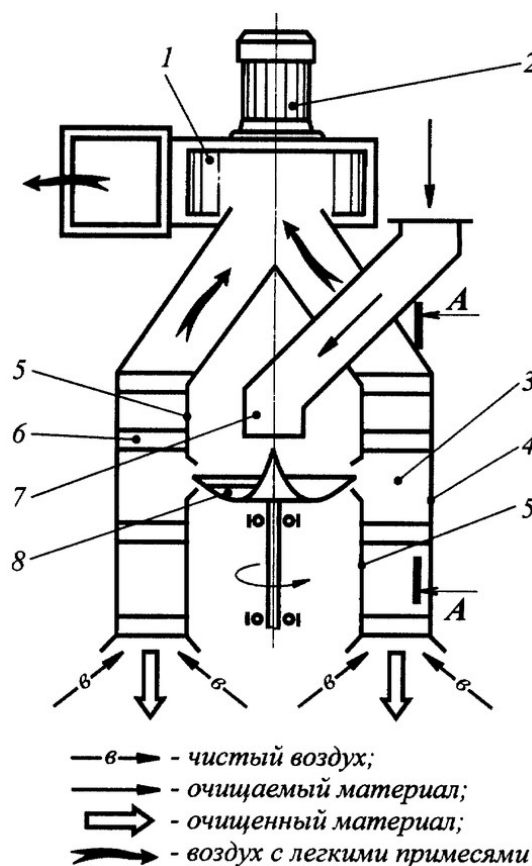
На зерноперерабатывающих предприятиях применяют воздушные сепараторы разнообразных конструкций. Условно их подразделяют на две группы: пневматические сепараторы, предназначенные для мукомольных заводов с пневматическим транспортом, и аспираторы - для мукомольных заводов с механическим транспортом.

Сущность пневматической (воздушной) классификации заключается в разделении сыпучего материала за счет различных скоростей движения крупных и мелких частиц в воздушном потоке.

Классификацию материалов с размером частиц менее одного миллиметра нецелесообразно проводить в грохотах, так как их удельная производительность при этом весьма низкая. Такие мелкозернистые сухие материалы рациональнее разделять в воздушных классификаторах, в которых при определенных условиях более крупные частицы выпадают из потока воздуха под действием сил тяжести или центробежных сил, а мелкие выносятся потоком воздуха в осадительные устройства. Регулированием скорости и траектории движения воздушного потока можно варьировать крупность разделяемых частиц.

Рассмотрим на примере пневматического сепаратора по патенту №2176565. Пневматический сепаратор включает вентилятор, рабочее колесо 1

которого приводится во вращение электродвигателем 2, установленным над кольцевым аспирационным каналом 3, образованным цилиндрическими наружной 4 и внутренней 5 стенками, между которыми установлены пластинчатые элементы 6 одинаковой длины, ориентированные вдоль направления воздушного потока, что обеспечивает одинаковую глубину канала 3 в зоне сепарации, следовательно, и одинаковую площадь поперечного сечения, приемный зернопровод 7 и вращающийся дисковый питатель 8 для подачи зерна в канал.



1-рабочее колесо; 2-электродвигатель; 3-аспираторный канал; 4-цилиндрическая наружная стенка; 5-цилиндрическая внутренняя стенка; 6-пластина; 7-приёмный зернопровод; 8-дисковый питатель.

Рисунок 1.3 - Пневматический сепаратор по патенту №2176565.

Пневматический сепаратор работает следующим образом.

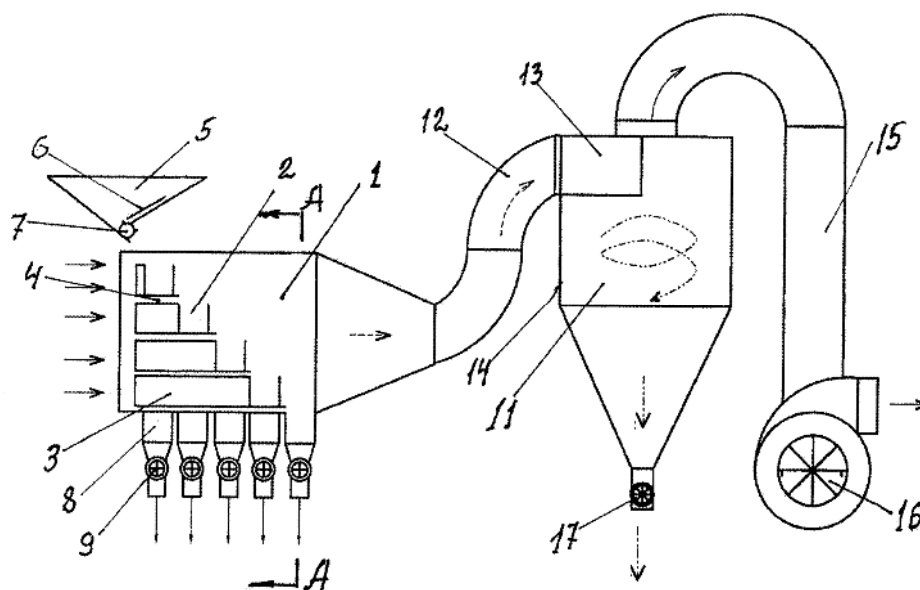
Зерновая смесь из приемного зернопровода 7 подается на вращающийся питатель 8. Под действием центробежных сил очищаемый материал с питателя

8 подается в зону сепарации кольцевого аспирационного канала 3, где продувается воздушным потоком, создаваемым вентилятором, причем пластинчатые элементы 6 одинаковой длины обеспечивают одинаковую глубину кольцевого аспирационного канала 3 и, как следствие, равномерный воздушный поток в зоне сепарации. Выделенные в аспирационном канале 3 легкие примеси всасываются вентилятором вместе с воздухом и удаляются из пневматического сепаратора.

Преимущества: установление пластинчатых элементов 6 вдоль направления воздушного потока способствует уменьшению вихревых участков в зоне сепарирования, что увеличивает эффективность очистки зерновой смеси.

К недостаткам конструкции данного пневматического сепаратора можно отнести: сложность изготовления конструкции и недостаточная степень регулировки режимов работы.

Далее рассмотрим пневматический сепаратор для разделения сыпучих материалов по патенту на полезную модель № 74587. Сепаратор состоит из горизонтального рабочего канала, в котором установленные лотки, которые расположены вертикально и имеют вид каскада. Каждая ступенька каскада по размеру увеличивается на одну постоянную величину при постоянной ширине всех лотков. Над рабочим каналом расположен питатель, который подает материал в рабочий канал. В нижней части рабочего канала расположены бункеры-приемники, в которые поступает разделенный материал. Между лотками образованы щели - сопла, которые уменьшаются по высоте в направлении сверху книзу.



1-горизонтальный канал; 2-лотки; 3-подставки-карманы; 4-сопло; 5-питатель; 6-заслонка; 7-вал; 8-бункер-приёмник; 9-воздушный затвор; 10-боковой канал; 11-циклон; 12-воздухопровод; 13-входной патрубок; 14-внешний цилиндр; 15-вытяжной патрубок; 16-вентилятор; 17-шлюзовая задвижка.

Рисунок 1.4 - Пневматический сепаратор для разделения сыпучих материалов по патенту на полезную модель № 74587.

Принцип работы.

Отходы, которые загружаются в питатель 5, который подает сыпучий материал в горизонтальный рабочий канал 1, благодаря регулируемой принудительной подаче с помощью вала 7, распределяются на фракции потоком воздуха. Поток воздуха входит сквозь сопла 4 в рабочий канал сепаратора 1. В рабочем канале 1 смесь распределяется на фракции. Тяжелые частицы оседают ближе от их входа в горизонтальный рабочий канал, то есть в первом (верхнем) лотке, более легкие частицы оседают в лотки, которые расположены подальше (ниже). Пыль и полова перемещаются в циклон 11, где отводятся через шлюзовую задвижку 17.

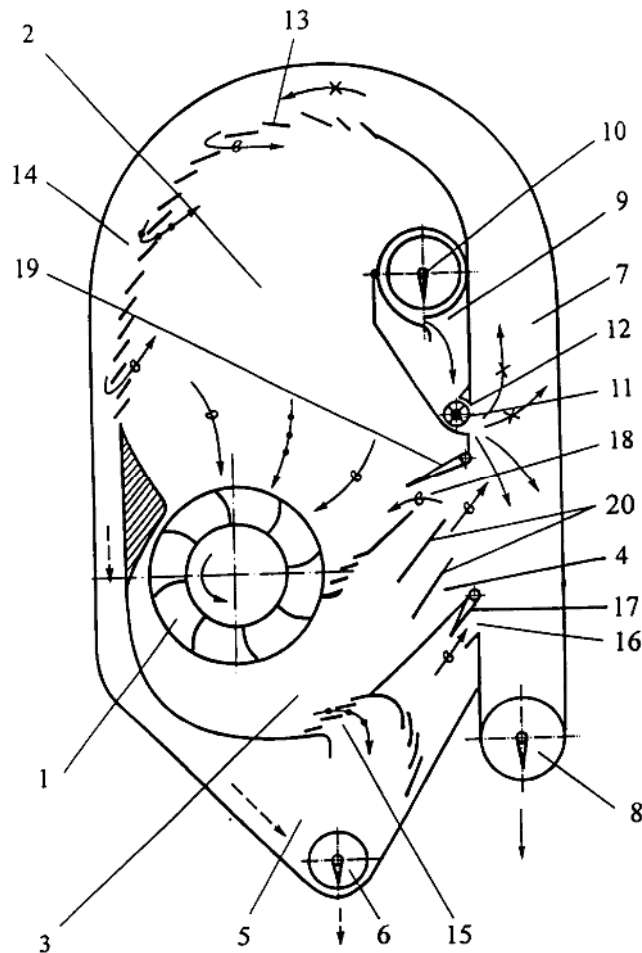
Преимущества.

Между лотками образованы щели - сопла, которые уменьшаются по высоте в направлении сверху книзу. Такая конструкция расположения сопел и

лотков позволяет уменьшить энергозатраты за счет уменьшения мощности вентилятора и повышает качество сортировки.

Недостатки: сложность конструкции, высокая металлоёмкость и энергоёмкость, и низкое качество сепарируемого материала.

Замкнутый пневматический сепаратор зерновых смесей по патенту на полезную модель № 68374. Рассматриваемая полезная модель относится к устройствам для очистки зерна и продуктов его переработки, а именно к воздушным сепараторам с замкнутым циклом воздушного потока, и может быть использовано в сельскохозяйственном производстве, в мукомольно-элеваторной, крупяной и комбикормовой промышленности.



1-диаметральный вентилятор; 2-всасывающий патрубок; 3-выхлопной диффузор; 4-воздухопроводящий канал; 5-осадочная камера; 6-устройство для вывода лёгких примесей; 7-пневмосепарирующий канал; 8- устройство для вывода очищенного зерна; 9- устройство для подачи материала; 10-распределительный шнек; 11-питающий валик; 12-боковое загрузочное окно; 13-воздухоочиститель; 14-отводной канал; 15-жалюзийное окно; 16-

перепускной канал; 17-регулятор расхода воздуха; 18-окно; 19-регулирующая заслонка; 20-направляющая пластина.

Рисунок 1.5 - Замкнутый пневматический сепаратор зерновых смесей по патенту на полезную модель № 68374

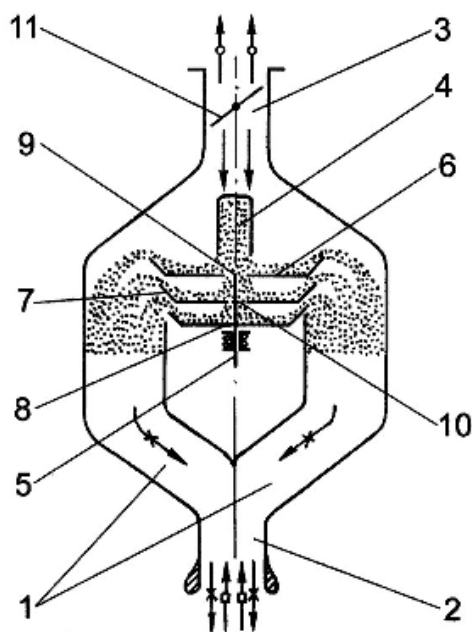
Замкнутый пневматический сепаратор зерновых смесей работает следующим образом. Очищаемая зерновая смесь подается в пневмосепаратор с боковой стороны при помощи шнека 10, а далее через загрузочное окно 12 питающим валиком 11 вводится в пневмосепарирующий канал 7, где продувается воздушным потоком, создаваемым диаметральной вентилятором 1 и поступающим в него по воздухоподводящему каналу 4, а также из осадочной камеры 5 по перепускному каналу 16. Частицы исходной зерновой смеси, имеющие скорость витания большую, чем скорость воздуха в пневмосепарирующем канале 7, падают вниз и приспособлением 8 выводятся из замкнутого пневмосепаратора (фракция чистого зерна). Частицы легких примесей, имеющие скорость витания меньшую, чем скорость воздуха в пневмосепарирующем канале 7, уносятся по отводному каналу 14 в осадочную камеру 5 вместе с частью воздуха. Основной воздушный поток, проходя через жалюзийную решетку воздухоочистителя 13, захватывает часть наиболее трудноотделимых частиц (пыль, мучку) и вместе с ними через всасывающий патрубок 2 поступает в колесо диаметрального вентилятора 1. При выходе из колеса частицы под действием центробежных сил отбрасываются к периферии и, двигаясь по криволинейной стенке выхлопного диффузора 3 вентилятора 1, через входное жалюзийное окно 15 попадают в осадочную камеру 5 вместе с частью воздуха. Основной поток наиболее чистого воздуха далее по воздухоподводящему каналу 4 поступает снова в пневмосепарирующий канал 7 для последующего выполнения технологического процесса. В осадочной камере 5 легкие примеси за счет гравитационно-инерционных сил осаждаются и приспособлением 6 выводятся наружу (фракция отходов). Очищенный от легких примесей воздух из

осадочной камеры 5 по перепускному каналу 16 поступает в нижнюю часть пневмосепарирующего канала 7 также для выполнения технологического процесса очистки зерновой смеси.

Преимуществом предлагаемой полезной модели в сравнении с прототипом является повышение качества очистки зернового материала, уменьшение удельной энергоемкости процесса пневмосепарации.

Данный замкнутый пневматический сепаратор зерновых смесей имеет довольно длинную и сложную разветвленную сеть, что обуславливает увеличение суммарного сопротивления сети, а это, в свою очередь, повышает затраты энергии при генерировании воздушного потока вентилятором. Наличие такой длинной воздушной системы увеличивает металлоемкость, усложняет конструкцию и эксплуатацию машины.

Рассмотрим центробежно-пневматический сепаратор для очистки зернового материала по патенту №2266165.



1-пневмосепарирующий канал; 2-нижний патрубок; 3-верхний патрубок; 4-загрузочный патрубок; 5-вал; 6,7,8-конусы; 9,10-центральные отверстия; 11-регулирующая заслонка.

Рисунок 1.6 - Центробежно-пневматический сепаратор для очистки зернового материала по патенту №2266165.

Сепаратор содержит кольцевой пневмосепарирующий канал с нижним патрубком, предназначенным для ввода в него восходящего воздушного потока и вывода очищенного зернового материала, и верхним патрубком, отводящим из канала отработавший воздушный поток с легкими примесями, ротационный конический разбрасыватель и загрузочный патрубок для подачи обрабатываемого зернового материала. Разбрасыватель имеет ряд конусов, закрепленных на некотором расстоянии друг от друга на общем валу. Верхний патрубок имеет регулируемую заслонку. На дне конусов, за исключением последнего, выполнено центральное отверстие. Наибольший диаметр и диаметр отверстия имеет верхний конус. У последующих конусов в направлении сверху вниз, эти диаметры постепенно уменьшаются.

Процесс работы центробежно-пневматического сепаратора протекает следующим образом. Из загрузочного патрубка 4 подлежащий очистке зерновой материал подается на вращающийся верхний конус 6, от него часть материала под действием центробежной силы загружается в кольцевой пневмосепарирующий канал 1, в котором подвергается воздействию восходящего потока воздуха, поступающего в канал 1 через нижний патрубок 2. Другая часть зернового материала через отверстие 9 конуса 6 подается на вращающийся конус 7, с которого также часть материала поступает в пневмосепарирующий канал 1, в котором на него воздействует поток воздуха. Остальная часть материала с конуса 7 через его отверстие 10 направляется на вращающийся нижний конус 8, с которого она подается в пневмосепарирующий канал 1. В пневмосепарирующем канале 1 из зернового материала потоком воздуха выделяются легкие примеси, которые из сепаратора выводятся через верхний патрубок 3. Очищенный от воздушноотделимых примесей зерновой материал из пневмосепарирующего канала 1 отводится через нижний патрубок 2.

Преимущества: при работе предлагаемого центробежно-пневматического сепаратора достигается положительный эффект, заключающийся в повышении

чистоты отрабатываемого зернового материала и снижении потерь полноценного зерна.

Недостатки:

1. Существенные затраты при эксплуатации данного сепаратора.
2. Высокая цена сепаратора.

Вышеприведённый анализ конструкций пневматических сепараторов и технологий послеуборочной обработки зернового материала выявлен ряд недостатков, которые увеличивают затраты и расходы, связанные с послеуборочной обработкой зерна:

- неэффективная работа всей технологической линии;
- высокие энергетические и эксплуатационные затраты;
- нерациональное использование производственных площадей
- отсутствие научно-обоснованной технологии послеуборочной обработки зерна.

Отсюда видно, что все эти затраты оказывают большое влияние на себестоимость продукции. Следовательно, модернизировав технологическую линию послеуборочной обработки зерна, можно ликвидировать эти недостатки, это положительно скажется на себестоимости продукции. При этом необходимо адаптировать технологию послеуборочной обработки зерна под условия данного хозяйства, минимизировав количество оборудования, не снижая качества получаемого продукта. Можно заметить, что послеуборочная обработка зерна является сложной операцией, нужно правильно использовать зерноочистительные машины, чтобы после очистки выход зерна был с минимальными механическими повреждениями. Поэтому необходимо разработать машину, позволяющую качественно выполнять эту операцию в условиях данного хозяйства.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Предлагаемая технология послеуборочной обработки зерна

Послеуборочная обработка зерна имеет большое значение для дальнейшей сохранности без существенных потерь семян и зерна длительное время. Включает комплекс последовательных технологических операций, в результате улучшаются качественные показатели зерна и семян.

В общем, технология послеуборочной обработки зерна включают в себя следующие технологические операции: прием зернового вороха; взвешивание на автовесах; разгрузка зернового вороха в загрузочный бункер; предварительная очистка вороха; первичная очистка и вторичная очистка зерна; калибровка, сбор и хранение побочного и основного продукта; окончательная очистка.

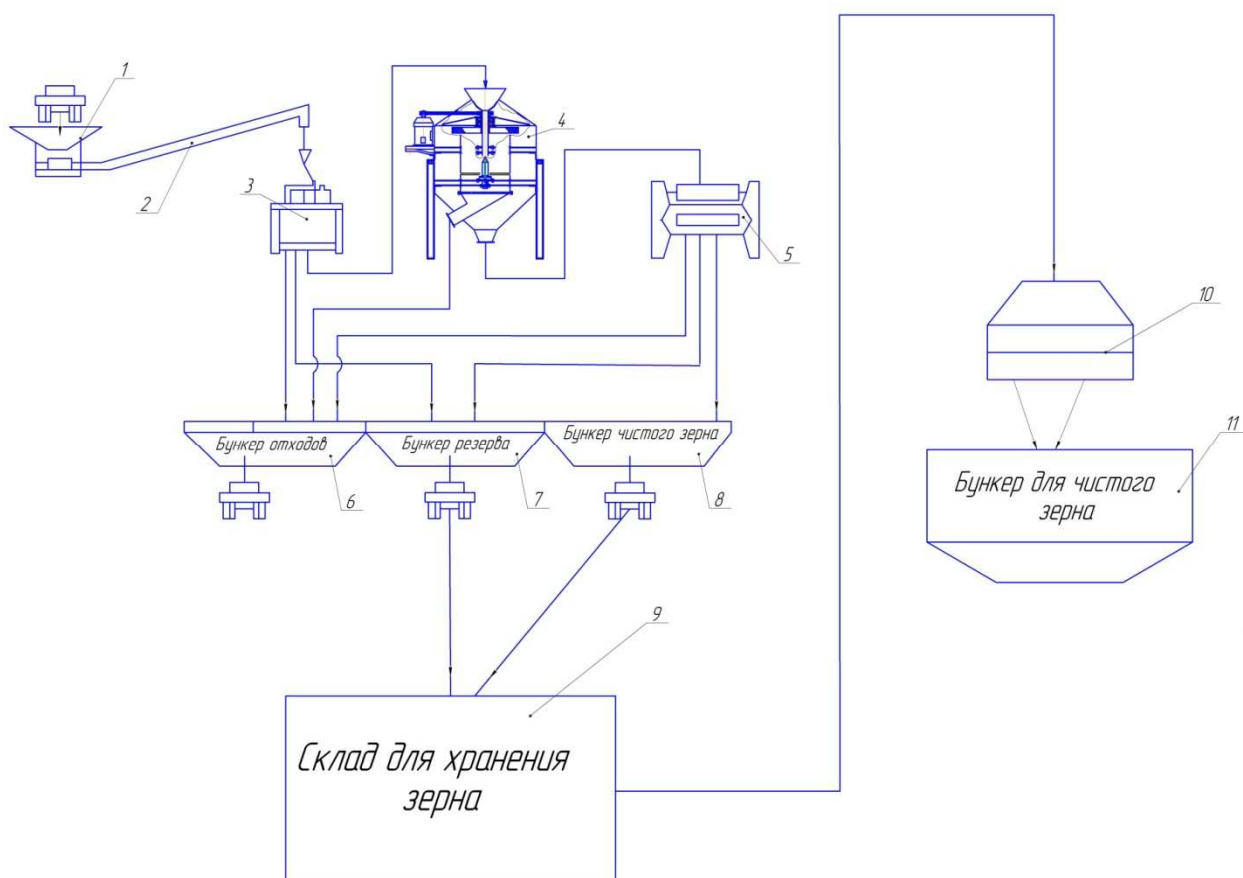
На основе рассмотренных технологических линий послеуборочной обработки зерна, мы предлагаем усовершенствованную технологию послеуборочной обработки зернового вороха.

Зерновой ворох сначала взвешивается на автовесах, после выгружается на загрузочный бункер. Зерновая масса с помощью транспортёра направляется в машину предварительной очистки. Предварительная очистка зернового вороха проводится с целью увеличения стойкости зерна и обеспечения высокой эффективности последующей обработки. Она должна осуществляться незамедлительно при задержке с очисткой на 3-4 часа семена увлажняются на 1-2%.

В процессе предварительной очистки зерновой ворох разделяют на 2 фракции: очищенное зерно и отходы. В процессе предварительной очистки зернового вороха должно быть выделено не менее 5% сорных примесей и вся солома, а содержание полноценного зерна в отходах не должно превышать 0,05%.

После предварительной очистки на модернизированном МПО-50 зерно направляется с транспортёром в бункер накопительный, а примеси, выделенные

в процессе предварительной обработки зернового вороха, отбрасываются в бункер отходов. После чего зерно с помощью транспортёра направляется в машину вторичной очистки СРСВ, где проводится воздушная очистка зернового вороха. После этого очищенное зерно направляется на калибровку, а примеси в бункер отходов. Калибровка предназначена для очистки и сортировки зерновых, зернобобовых и семян трав, которые могут использоваться как для посева, так и для продовольственных целей.



1-загрузочный бункер; 2-загрузочный транспортёр; 3-машина предварительной очистки; 4-машина вторичной очистки; 5-калибровочная машина; 6,7,8,11-бункера; 9-склад; 10-пневмосортировальный стол.

Рисунок 2.1 - Предлагаемая технология послеуборочной обработки зерна

После калибровки зерно попадает в бункер чистого зерна и выгружаются на автомобили. Затем зерно помещают в склад для хранения. В период хранения зерно тщательно проверяют, снимают пробы, контролируют

влажность зерновой массы.

Весной проводят воздушно-тепловую обработку зерна на пневмосортировальной машине. Это машина предназначена для окончательной очистки семян крупяных, колосовых и зернобобовых культур от низкопродуктивных, невсхожих семян и трудноотделимых примесей, также для очистки продовольственного зерна и доведения его до лучших хлебопекарных качеств. После этого, зерно выгружают в бункер для чистого зерна и готовят к дальнейшей обработке.

2.2 Технологические расчеты

Для качественного проведения послеуборочной обработки зерна в данном хозяйстве, расчет оборудования необходимо начать с максимально среднесуточного поступления зерна, которое лежит в основе всех расчетов потребности зернотока в технологическом оборудовании, а также определении площадей крытого тока или профилированной площадки.

Произведём расчёт зерноочистительной линии.

Рассчитываем валовой сбор зерна в хозяйстве:

$$Q_{пл} = \sum_{i=1}^n q_i \times S_i \quad (2.1)$$

где: $Q_{пл}$ - плановый валовой сбор зерна, т;

q_i - плановая урожайность, т/га;

S_i - посевная площадь, га;

n - число культур.

При очистке различных культур производительность зерноочистительных машин различна.

Количество зерна, обрабатываемого на зерноочистительной линии, определяем с учётом обрабатываемой культуры и физико-механических свойств зерна.

$$Q_{po} = \Sigma Q_{пл i} \cdot (100 - W_{oi}) / (100 - W_i) \cdot \varphi_{oi} / \varphi_i - K_o [1 - 0,05(W_i - 16)] \cdot [1 - 0,02(90 - \varphi_i)], \quad (2.2)$$

где: Q_{po} - расчётная сезонная нагрузка на очистительный пункт, т;

$Q_{пл}$ - плановый валовой сбор зерна;

W_{oi}, ϕ_{oi} - базисная влажность и чистота зерна;

W_i, ϕ_i - средняя фактическая влажность и чистота зерна, %;

K_o – коэффициент эквивалентности для пшеницы, $K_o=1$.

Определяем среднее поступление зерна:

$$Q_d = Q_{po} / \tau, \quad (2.3)$$

где: Q_d - среднее поступление зерна, т/день;

τ - продолжительность уборки, дней;

Максимальное суточное поступление зерна для увлажнённых районов.

$$Q_{d \max} = (2,2-3,2) \cdot Q_d, \quad (2.4)$$

Принимаем $Q_{d \max} = 2,6 \cdot Q_d$

Расчётная часовая производительность линии принимается равной:

$$P_p \geq \frac{Q_{d \max}}{T \cdot K_{cm}}, \quad (2.5)$$

где P_p - расчётная производительность, т/ч;

T - продолжительность работы линии за сутки, $T=8$ ч;

K_{cm} - коэффициент использования времени смены, $K_{cm}=0,8$.

Используя формулу (2.1) определим плановый валовой сбор:

$$Q_{пл} = 2000 \cdot 2,8 = 5600 \text{ т}$$

По формуле (2.3) определим расчётную сезонную нагрузку на очистительный пункт:

Для пшеницы:

$$Q_{п.р.о} = 9600 \cdot (100-14) / (100-18) \cdot 90 / 98 - 1 [1-0,05(18-16)] \cdot [1-0,02(90-90)] = 8850 \text{ т}$$

Рассчитываем среднее поступление зерна по формуле (2.3):

$$Q_d = 8850/30 = 295 \text{ т}$$

Находим максимальное суточное поступление зерна по формуле (2.4):

$$Q_{d,\max} = 295 \cdot 2,6 = 767 \text{ т}$$

Определяем расчетную часовую производительность зерноочистительной линии по формуле (2.5):

$$\Pi_p = 767/8 \cdot 0,8 = 119 \text{ т}$$

Для предварительной очистки зернового вороха планируем использовать предлагаемую нами установку.

Производительность Q пневматического сепаратора 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 $\alpha = 90^\circ$.

Принимаем удельную нагрузку $q = 60$ кг/ч·см.

Рассчитаем производительность предлагаемой нами установки по следующей формуле:

$$Q = B \cdot q; \quad (2.6)$$

где Q - производительность машины предварительной очистки, кг/ч

B – ширина пневмосепарирующего канала, см;

q - удельная нагрузка, кг/ч·см.

$$Q = 68 \cdot 60 = 4080 .$$

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

$$V_{B1} = (0,4 - 0,8) \cdot V_{кр}, \quad (2.7)$$

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

$$V_B = 0,8 \cdot 0,86 = 6,88 \text{ м/с.}$$

Определим расход воздуха необходимый для сепарации зерна гречихи по формуле:

$$Q_{B1} = B \cdot L \cdot V_B, \quad (2.8)$$

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 в пневмосепарирующем канале по формуле:

$$\Delta H = \kappa_m \cdot Q_{B1}^2, \quad (2.9)$$

где κ_m - коэффициент сопротивления машины, зависящий от конструкции пневмосепарирующего канала.

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

Таким образом, знание расхода воздуха и величин местных сопротивлений пневмосистемы позволяют определить габаритные размеры машины предварительной очистки.

Мощность электропривода определяется по следующей формуле:

$$N = \frac{n \cdot G}{\eta_{cm}}, \text{ кВт} \quad (2.10)$$

где n – удельная мощность на единицу длины, кВт/см;

G -производительность, т/ч;

$$\eta = 0,941 - \text{КПД}, \text{ равный: } \eta = \eta_{nc^2} \cdot \eta_{on} = 0,99^2 \cdot 0,96 = 0,941$$

$$N = \frac{0,4 \cdot 8}{0,941} = 2,5 \approx 3 \text{ кВт}$$

Выбираем электродвигатель следующего типа АИР132М8, мощностью которого 3 кВт, число оборотов 1450 об/мин.

Затраты на электроэнергию определяются по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_z = N \cdot t_{cm}, \quad (2.11)$$

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

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

$$\Xi_3 = 3 \cdot 8 = 24 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Выполненный расчет позволяет сделать вывод, что разрабатываемая установка для предварительной очистки зерна достаточно мало потребляет электроэнергии и может быть эффективна в работе, как отдельно, так и в комплексе с другими машинами в условиях постоянного роста цен на энергоносители.

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

В процессе послеуборочной переработки зернового материала возможно воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов.

Самым главным элементом влияющим на безопасность является человек, который нарушает трудовую дисциплину, находится на рабочем месте в нетрезвом состоянии, нарушающий правила безопасности жизнедеятельности на ЗОСП, к которым относятся: курение в помещении где находится установки и местах хранения зернового материала, ремонт работающего оборудования, использование неэффективных механизмов без защитных ограждений.

Недостаток естественного и искусственного освещения (менее 150 лк). Содержание в помещении пыли выше установленной предельно-допустимой концентрации – более 6 мг/м³. 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 сеяноочистительных 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.

2.4 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;

2.5 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 заправке установок путем использования специализированных передвижных средств заправки;
- Производить контроль над общественным семенным материалом с целью недопущения примесей семян – засорителей.

2.6 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда.

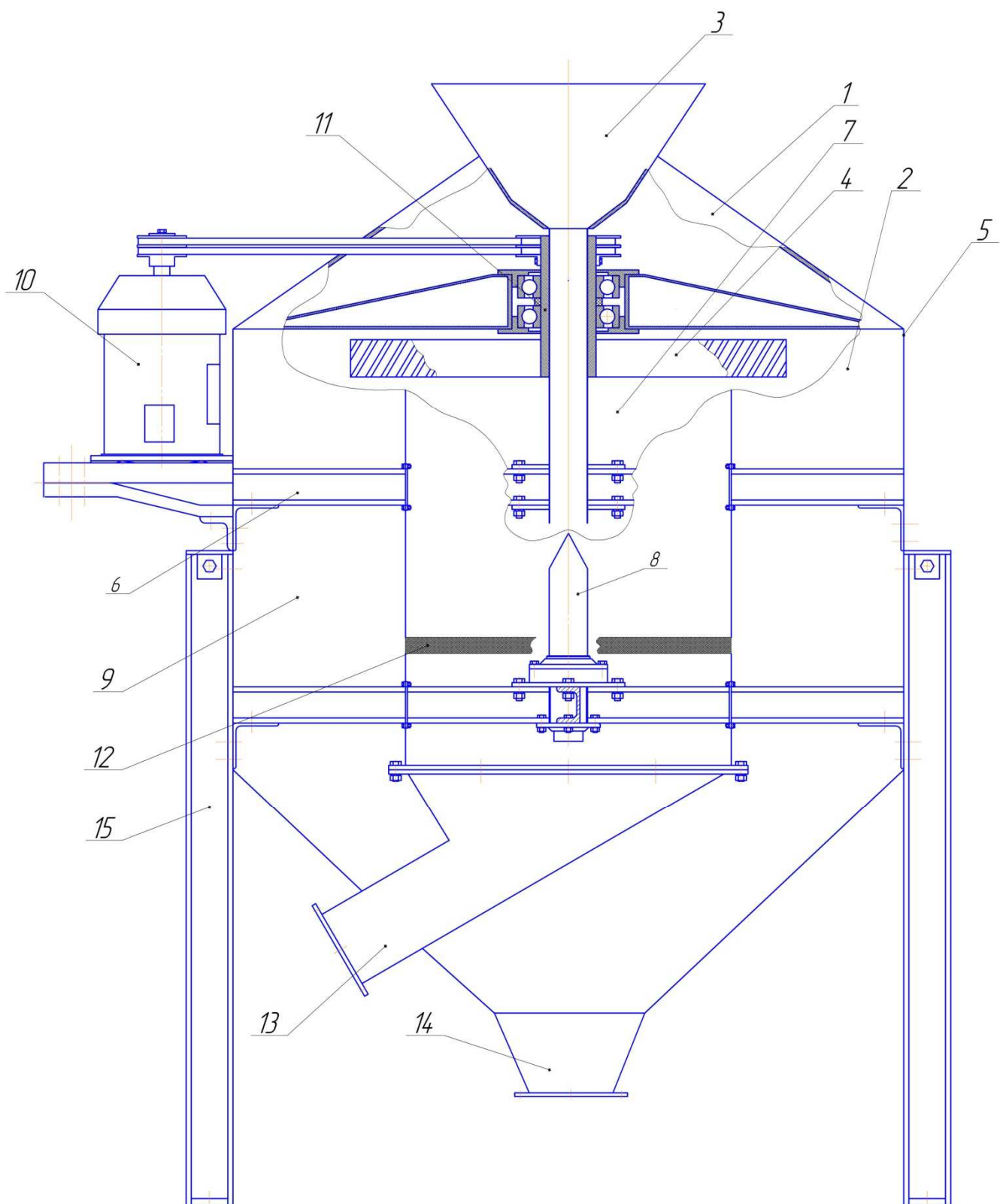
С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Конструкторская разработка

Анализируя рассмотренные выше конструкции сепараторов для послеуборочной обработки зерна, можно сделать вывод, что у них есть большие недостатки: сложность конструкции, трудность в обслуживании, большие затраты на электроэнергию, низкая производительность и сложность в эксплуатации и т.д.

Исходя из этого, мы предлагаем новую конструкцию сепаратора для очистки зернового материала. Сепаратор для очистки зернового материала включает загрузочную воронку 3, вертикальный кольцевой пневмосепарирующий канал 8, расположенный внутри осадочной камеры 11, вентилятор 4 с полым валом 13, электродвигатель привода вентилятора, соединенный с регулятором скорости воздуха, при этом регулятор скорости воздуха соединен с расходомером зерна и датчиком потерь зерна. Датчик потерь зерна размещен на стенке осадочной камеры в зоне соударения ускоренных лопастями вентилятора семян, а расходомер зерна размещен на распределительном устройстве ввода зерна в пневмосепарирующий канал. Расположение датчика потерь зерна в зоне соударения обладающих высокой кинетической энергией семян о стенку осадочной камеры позволяет точно определять потери зерна в отходы. Расположение расходомера зерна на распределительном устройстве ввода зерна в пневмосепарирующий канал не увеличивает габариты пневмосепаратора. В зависимости от параметров сигналов, поступающих с датчика потерь зерна и расходомера зерна, регулятор скорости воздуха изменяет частоту вращения вала электродвигателя (колеса вентилятора), что обеспечивает поддержание оптимальной скорости воздуха в пневмосепарирующем канале в условиях реального функционирования при изменяющихся входных воздействиях.



1-крышка корпуса; 2-корпус сепаратора; 3-загрузочная горловина; 4-вентилятор;
5-боковая стенка; 6-опора; 7-пневмосепарирующий канал; 8-отсекатель; 9-осадочная камера;

10-электродвигатель; 11-полый вал; 12-кольцевое окно; 13-выгрузная горловина для зерна; 14-выгрузная горловина для лёгких примесей; 15-рама сепаратора.

Рисунок 3.1 – Конструктивная схема пневматического сепаратора

Сепаратор для послеуборочной обработки зерна работает следующим образом. Зерновой материал, поступающий в загрузочный корпус 1, подается через полый вал 11 вентилятора 2 на отсекающий 7 ввода зерна в пневмосепарирующий канал 3. Из зернового материала в пневмосепарирующем канале 3 восходящий поток воздуха выделяет легкие примеси, а зерновой материал выводится через нижнюю часть пневмосепарирующего канала 3 из машины. Воздух с легкими примесями в верхней части пневмосепарирующего канала 3 попадает в межлопаточные каналы колеса вентилятора 2, закручивается лопатками и под действием центробежных сил отводится к боковой стенке 5 осадочной камеры 9. Далее легкие примеси по спирали вдоль наружной стенки 5 опускаются в нижнюю часть осадочной камеры 9 и выводятся из машины, а воздух возвращается через кольцевое окно между осадочной камерой 9 и пневмосепарирующим каналом 3 в зону очистки зернового материала.

Отличается от других сепараторов для послеуборочной обработки зерна тем, что пневмосепарирующий канал выполнен в виде вертикальной кольцевой системы, которая образована за счёт установки внутри осадочной камеры вентилятора с полым валом. Такая установка вентилятора с полым валом позволяет засасывать воздух с лёгкими примесями и качественно отделять его от основного семенного материала.

3.2 Конструктивные расчеты

3.2.1 Расчет клиноременной передачи привода полого вала вентилятора

Исходные данные:

$N=3\text{ кВт}$; $n_1=1450\text{ об/мин}$.

Согласно данных для передачи мощности 3 кВт можно применить следующие ремни. Поскольку передача должна быть выполнена с наименьшим межосевым расстоянием, расчет производим по следующим данным: площадь сечения $F=60\text{мм}^2$, высота $h=78\text{ мм}$.

Принимаем наименьший рекомендуемый диаметр ведущего шкива $D_1=80\text{ мм}$.

Скорость ремня определяется по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60}, \quad (3.1)$$

где D_1 – диаметр ведущего шкива, мм;

n_1 – угловая скорость, об/мин;

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1450}{60} = 6,07 \text{ м/сек.}$$

Принимаем коэффициент скольжения $\varepsilon=0,01$ и определяем диаметр ведомого шкива по формуле следующей:

$$D_2=i \cdot D_1 \cdot (1-\varepsilon), \quad (3.2)$$

где i – передаточное число;

D_1 – диаметр ведущего шкива, мм²;

ε – коэффициент скольжения;

$$D_2=5,5 \cdot 80 \cdot (1-0,01) = 435 \text{ мм.}$$

Ближайшее значение диаметр по ГОСТу 1284-57, $D_2=450\text{ мм}$. При этом определим фактическое передаточное число по следующей формуле:

$$i = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1-\varepsilon)}, \quad (3.3)$$

где D_2 – диаметр ведомого шкива, мм;

D_1 – диаметр ведущего шкива, мм;

ε – коэффициент скольжения;

$$i = \frac{450}{80 \cdot (1 - 0,01)} = 5,7$$

Минимальное межосевое расстояние определяем по следующей формуле:

$$A = 0,55 \cdot (D_2 + D_1) + h, \quad (3.4)$$

где D_2 – диаметр ведомого шкива, мм;

D_1 – диаметр ведущего шкива, мм;

h – высота сечения, мм;

$$A = 0,55 \cdot (450 + 80) + 8 = 295 \text{ мм.}$$

Длина ремня определяется по следующей формуле:

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

где A – минимальное межосевое расстояние, мм;

D_2 – диаметр ведомого шкива, мм;

D_1 – диаметр ведущего шкива, мм;

$$L = 2 \cdot 295 + \frac{3,14}{2} \cdot (450 + 80) + \frac{(450 - 80)^2}{4 \cdot 295} = 1538 \text{ мм}$$

Определяем внутреннюю длину ремня:

$$L_B = L - X, \quad (3.6)$$

где L – длина ремня, мм;

X – разность между расчетной и внутренней длиной, мм;

$$L_B = 1538 - 38 = 1500 \text{ мм.}$$

Ближайшая внутренняя длина по ГОСТу 1284-57, $L_B = 1500$ мм. При этом расчетная длина ремня будет рассчитываться по следующей формуле:

$$L_0 = L_B + X, \quad (3.7)$$

где L_B – внутренняя длина ремня, мм;

X – разность между расчетной и внутренней длиной, мм;

$$L_0 = 1500 + 38 = 1538 \text{ мм.}$$

Число пробегов в секунду определяется по следующей формуле:

$$U = \frac{V}{L_0}, \quad (3.8)$$

где V – скорость ремня, м/сек;

L_0 – длина ремня, мм;

$$U = \frac{6,01}{1538} = 3,9 < [U]$$

Уточнение межосевого расстояния определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{1}{8} \{ 2 \cdot L_0 - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2 \cdot L_0 - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2} \},$$

(3.9)

где L_0 – расчетная длина ремня, мм;

D_2 – диаметр ведомого шкива, мм;

D_1 – диаметр ведущего шкива, мм/

$$A = \frac{1}{8} \{ 2 \cdot 1538 - 3,14(450 + 80) + \sqrt{[2 \cdot 1538 - 3,14(450 + 80)]^2 - 8(450 - 80)^2} \} = 220$$

Угол обхвата на малом шкиве определяется по следующей формуле:

$$\alpha_1^0 = 180 - 60 \cdot \frac{D_2 - D_1}{A}, \quad (3.10)$$

где D_2 – диаметр ведомого шкива, мм;

D_1 – диаметр ведущего шкива, мм;

A – межосевое расстояние, мм.

$$\alpha_1^0 = 180 - 60 \cdot \frac{450 - 80}{220} = 69^\circ$$

Поправочные коэффициенты определяются по следующей формуле:

$$C_v = 1,05 - 0,0005 \cdot V^2, \quad (3.11)$$

где V – скорость ремня, м/сек;

$$C_v = 1,05 - 0,0005 \cdot 6,01^2 = 1,032.$$

При $D_1 = 80$ мм и началом напряжения $\sigma_0 = 0,12$ кг/мм², приведенное напряжение (смотри таблицу 10.5) [28], $K_0 = 0,61$ кг/мм², и допускаемая величина – полезное напряжение определяется по следующей формуле:

$$[K_n] = K_0 \cdot C_\alpha \cdot C_v \cdot C_p, \quad (3.12)$$

где K_0 – приведенное напряжение, кг/мм²;

C_α – геометрический коэффициент, учитывающий влияние на работоспособность передачи угла обхвата малого шкива, $C_\alpha = 0,62$;

C_v – скоростной коэффициент, учитывающий сцепление ремня со шкивом;

C_p – коэффициент режима, зависящий от характера нагрузки, $C_p = 1$.

$$[K_n] = 0,61 \cdot 0,62 \cdot 1,011 \cdot 1 = 0,101 \text{ кг/мм}^2.$$

Окружное усилие рассчитывается по следующей формуле:

$$P = \frac{102 \cdot N}{V}, \quad (3.13)$$

где N – мощность двигателя, кВт;

V – скорость ремня, м/сек.

$$P = \frac{102 \cdot 3}{6,01} = 50 \text{ кг}$$

Требуемое число ремней определяется по следующей формуле:

$$Z = \frac{P}{[K_n] \cdot F}, \quad (3.14)$$

где P – окружное усилие, кг;

$[K_n]$ – допускаемое полезное напряжение, кг/мм²;

F – площадь сечения, мм².

$$P = \frac{50}{0,101 \cdot 60} = 8,2$$

Принимаем $Z = 8$.

Основные размеры шкивов. Наружные диаметры шкивов определяются по следующей формуле:

$$D_{H1}=D_1+2C, \quad (3.15)$$

где D_1 -диаметр ведущего шкива, мм²;

$$D_{H1}=80+2 \cdot 3,5=87 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр шкива определяется по следующей формуле:

$$D_{H2}=D_2+2C, \quad (3.16)$$

где D_{H2} - наружный диаметр шкива, мм²;

D_2 - диаметр ведомого шкива, мм²;

$$D_{H2}=450+2 \cdot 3,5=457 \text{ мм.}$$

Ширина шкивов определяется по следующей формуле:

$$B=(Z-1) \cdot t+2S, \quad (3.17)$$

где Z - число ремней.

$$B=(8-1) \cdot 16+2 \cdot 10=132 \text{ мм.}$$

3.2.2 Расчет шпоночного соединения

Проведем расчет шпоночного соединения вала электродвигателя и ведущего шкива в сепараторе. В этом соединении используется призматическая шпонка. Посадка ступицы на вал производится с натягом. Момент передается с вала на ступицу боковыми узкими гранями шпонки. При этом на них возникают напряжения смятия $\sigma_{см}$, а в продольном сечении шпонки – напряжение среза τ . Шпонка врезана в вал на половину своей высоты. Напряжения $\sigma_{см}$ распределяются равномерно по высоте и длине шпонки (рисунок 3.2.).

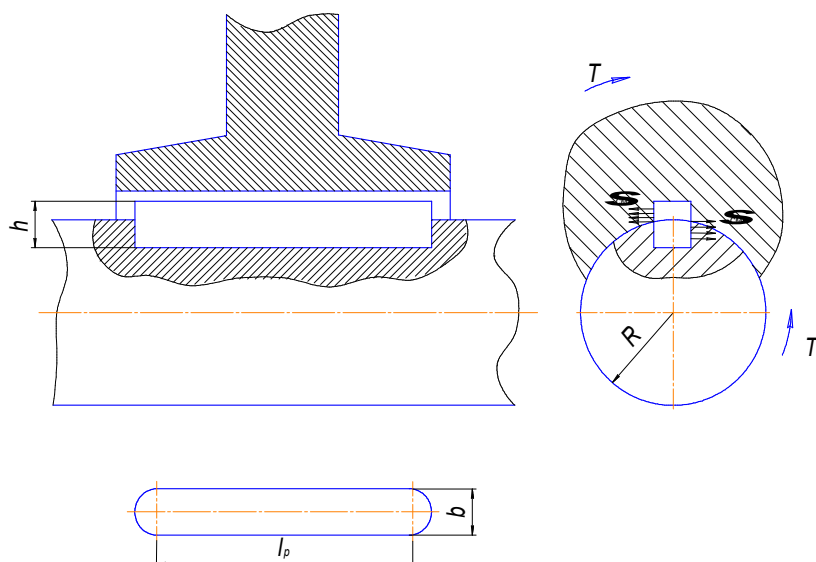


Рисунок 3.2 - К расчету шпоночного соединения.

Получаем условия прочности в виде:

$$\sigma_{см} = \frac{4T}{h d l_p} \leq [\sigma_{см}] \quad (3.18)$$

где T - момент, действующий на шпонку, Нм;

h - высота шпонки, м;

l_p - длина посадочного места, м;

d - диаметр вала, м;

$[\sigma_{см}]$ - допускаемое напряжение смятия, для посадки с натягом в чугунной ступице $[\sigma_{см}] = 200 \text{ МПа}$.

$$\tau = \frac{2T}{b d l_p} \leq [\tau] \text{ Па}$$

(3.19)

где b - ширина шпонки, м;

У стандартных шпонок b и h подобраны так, что нагрузку соединения ограничивают не напряжения среза, а напряжения смятия. Поэтому при расчетах обычно используют только формулу.

Проведем расчет шпоночного соединения. Шпонка стандартная из шпоночной стали ГОСТ 8787-68 6×6×40 мм. Двигатель АИР132М8. Мощность 3 кВт, число оборотов $N=1450$ [23], $T=750/47,12=15,91 \text{ Нм}$.

Определим напряжение смятия по следующей формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \times 15,91}{0,006 \times 0,04 \times 0,022} = 120 \text{ МПа.}$$

Полученное значение $\sigma_{\text{см}}$ ниже допустимого 200 МПа [5].

3.3 Расчет болтового соединения

Материал болта Ст.3 класс прочности 3.6

Предел прочности $\sigma_b = 3,30 = 30 \text{ кг/мм}^2 = 30 \text{ МПа.}$

Предел прочности $\sigma_T = 3,6 = 18 \text{ кг/мм}^2 = 180 \text{ МПа.}$

Допускаемое напряжение на расстоянии определяем по следующей формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{[n]}, \quad (3.20)$$

где $[n]$ - требуемый коэффициент запаса прочности;

$[n] = 4 \dots 5$ для болтов с диаметром резьбы $b = 16 \text{ мм.}$

$$[\sigma] = \frac{180}{4,5} = 40 \text{ МПа}$$

Болт поставлен с зазором, в этом случае должно, выполняться условно, определяем по следующей формуле:

$$F_{\text{тр}} > Q, \quad (3.21)$$

$$F_{\text{тр}} = P \cdot f > Q,$$

где P - усилие затяжки;

f - коэффициент скольжения, $f = 0,1 \dots 0,5$ без смазки.

$$f_p = K \cdot Q, \quad (3.22)$$

где K - коэффициент запаса прочности, $K = 1,7$;

$$P = \frac{K \cdot Q}{F \cdot i}, \quad (3.23)$$

где i - число болтов.

$$P = \frac{1,7 \cdot 480}{0,2} = 2040 \text{ МПа}$$

$$\zeta = [\zeta]_p < \frac{4P}{d}, \quad (3.24)$$

$$d > \frac{4P \cdot 1,3}{\pi \cdot [\zeta_p]}, \quad (3.25)$$

Отсюда:

$$d > \frac{4P \cdot 1,3}{\pi \cdot [\zeta_p]},$$

(3.26)

Определим диаметр стержня d_1 по следующей формуле:

$$d > \frac{4 \cdot 2040 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 40} = 84,8 = 8,4 \text{ мм}$$

Диаметр стержня болта принимается равным: $d_1=10$ мм.

Проверку на прочность определяем по следующей формуле:

$$\zeta_p < [\zeta_p] \cdot \frac{4P}{\pi d_1^2}; \quad (3.27)$$

$$\zeta_p < \frac{4 \cdot 2040}{3,14 \cdot 10^2} = 25,9 \text{ МПа.}$$

$$25,9 < 40.$$

Проверка на смятие определяется по следующей формуле:

$$\zeta_{см} < [\zeta_{см}], \quad (3.28)$$

$$\zeta_{см} = \frac{Q}{F_{см}} = \frac{P \cdot i}{F_{см}}, \quad (3.29)$$

где $F_{см}$ - площадь опорной поверхности стыка, без учета отверстия, мм.

$$F_{см} = 160 \cdot 50 = 800 \text{ мм}^2,$$

$$\zeta_{см} = \frac{2040 \cdot 2}{800} = 5,1$$

$$5,1 < 14,4.$$

Проведенные конструктивные расчеты позволяют создать предложенную конструкцию пневматического сепаратора.

3.4 Экономическое обоснование пневматического сепаратора

3.4.1 Расчёт массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле:

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

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

G_g – 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	Крышка корпуса	30	1	30
2	Загрузочная горловина	10	1	10
3	Рама сепаратора	100	1	100
4	Осадочная камера	20	1	20
5	Опора	15	2	30
6	Выгрузная горловина для зерна	30	1	30
7	Выгрузная горловина для лёгких примесей	25	1	35
8	Корпус сепаратора	50	1	90
Итого:				345

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

$$G = (345 + 80) \cdot 1,05 = 446 \text{ кг}$$

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:

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

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

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

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. ($C_{\text{м}} = 0,68 \dots 0,95$);

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

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

$$C_{\text{в}} = [345 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,8) + 60000] \cdot 1,25 = 75442 \text{ руб}$$

3.4.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Прежде чем приступить к расчету технико-экономических показателей, приведём исходные данные.

Таблица 3.4.2 - Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемой	Базовой
1	2	3
Масса конструкции, кг	446	420
Балансовая стоимость, руб.	75442	100000
Потребная мощность, кВт	3	5

Продолжение таблицы 3.4.2

Часовая производительность, кг/ч	4000	3000
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб./ч.	80	80
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 сепаратора, и дается их сравнение.

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

Энергоемкость процесса определяют из выражения:

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

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_z – производительность конструкции, т/ч.

Подставив значения в формулу (3.4.3) получим:

$$\mathfrak{E}_e^0 = \frac{5}{3} = 1,66 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}$$

$$\mathfrak{E}_e^1 = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}$$

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.

$$M_e^0 = \frac{420}{3 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,014 \text{ кг/т}$$

$$M_e^1 = \frac{446}{4 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,011 \text{ кг/т}$$

Фондоёмкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_{\delta}}{W_z \cdot T_{\text{зод}}} \quad (3.4.5)$$

где C_{δ} – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^0 = \frac{100000}{3 \cdot 1000} = 33 \text{ руб./кг}$$

$$F_e^1 = \frac{75442}{4 \cdot 1000} = 18 \text{ руб./кг}$$

Трудоёмкость процесса определяют по формуле:

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

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_e^1 = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ чел.} \cdot \text{час/кг}$$

$$T_e^0 = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ чел.} \cdot \text{час/ед}$$

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{\text{зн}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рто}} + A \quad (3.4.7)$$

где $C_{\text{зн}}$ – затраты на оплату труда, руб/кг;

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

$C_{\text{э}}$ – затраты на электроэнергию, руб/кг;

A – амортизационные отчисления, руб/кг.

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

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

где Z – часовая тарифная ставка, руб/ч:

$$C_{\text{зн}}^1 = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ руб/кг}$$

$$C_{\text{зн}}^0 = 100 \cdot 0,33 = 33 \text{ руб./кг}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot \mathcal{E}_c \quad (3.4.9)$$

где $C_{\text{э}}$ - комплексная цена за электроэнергию, руб./кВт.

$$C_{\text{э}}^1 = 2,8 \cdot 0,75 = 2,1 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{э}}^0 = 2,8 \cdot 1,66 = 4,64 \text{ руб./кг}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{\text{рто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{рто}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (3.4.10)$$

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

Полученные значения подставим в формулу 3.4.10:

$$C_{\text{рто}}^1 = \frac{75442 \cdot 10}{100 \cdot 4 \cdot 1000} = 1,88 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{рто}}^0 = \frac{100000 \cdot 10}{100 \cdot 3 \cdot 1000} = 3,33 \text{ руб./кг}$$

Затраты на амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (3.4.11)$$

где a - норма амортизации, %.

$$A^1 = \frac{75442 \cdot 12,5}{100 \cdot 4 \cdot 1000} = 2,35 \text{ руб./кг}$$

$$A^0 = \frac{100000 \cdot 12,5}{100 \cdot 3 \cdot 1000} = 4,16 \text{ руб./кг}$$

Полученные значения подставим в формулу 3.4.7:

$$S_{\text{экс}}^1 = 25 + 2,1 + 1,88 + 2,35 = 31,33 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{экс}}^0 = 33 + 4,64 + 3,33 + 4,16 = 45,13 \text{ руб./кг}$$

Приведённые затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot k \quad (3.4.12)$$

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

F_c – фондоемкость процесса, руб./кг;

k – удельные капитальные вложения, руб./кг.

$$C_{\text{прив}}^1 = 31,33 + 0,1 \cdot 18 = 33,13 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{прив}}^0 = 45,13 + 0,1 \cdot 33 = 48,43 \text{ руб./кг}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (45,13 - 31,33) \cdot 4 \cdot 1000 = 55200 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

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

$$E_{\text{год}} = (48,43 - 33,13) \cdot 4 \cdot 1000 = 61200 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{75442}{55200} = 1,36 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

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

$$E_{\text{эф}} = \frac{55200}{75442} = 0,73$$

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

Таблица 3.4.3 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	2	3	4	5
1	Часовая производительность, т/ч	3	4	110
2	Фондоёмкость процесса, руб./кг	33	18	62
3	Энергоёмкость процесса, кВт./кг	1,66	0,75	62
4	Металлоёмкость процесса, кг/т	0,014	0,011	80
5	Трудоёмкость процесса, чел*ч/кг.	0,33	0,25	75
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг	45,13	31,33	70
7	Уровень приведённых затрат, руб./кг.	48,43	33,13	71
8	Годовая экономия, руб.	55200		
9	Годовой экономический эффект, руб.	61200		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	1,36		
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	0,73		

Как видно из таблицы 3.4.3 спроектированная конструкция пневматического сепаратора является экономически эффективной, так как срок окупаемости равен: 1,5 года и коэффициент эффективности равен: 0,58.

3.5 Техника безопасности при эксплуатации пневматического сепаратора

- к работе допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедших медицинское освидетельствование, ознакомившиеся с правилами техники безопасности в растениеводстве, а также с техническим описанием и инструкции по эксплуатации данного сепаратора, прошедшие обучение и проверку знаний правил, норм и инструкций по охране труда;

- на рабочем месте имеется вредный фактор: запыленность воздуха;
- запрещается на рабочем месте заниматься посторонними делами;
- соблюдать требования пожарной безопасности;
- соблюдать правила личной гигиены и требований охраны труда;
- за несоблюдение правил инструкции работник несет полную ответственность.

Требования безопасности до начала работы

- одеть специальную одежду;
- ознакомиться с инструкцией;
- перед началом работы подготовить рабочее место; проверить состояние рабочих органов сепаратора; убедиться, что на рабочих органах нет посторонних предметов;
- проверить и убедиться в наличии и исправности средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения.

Требования безопасности во время работы

- работник должен следить за исправностью сепаратора;

Запрещается:

- прикасаться к нагретым частям сепаратора;
- оставлять оборудование без присмотра;
- стоять около вращающихся частей оборудования;
- класть на защитные кожухи ключи, болты, гайки и другие предметы;
- присутствие посторонних лиц возле работающего сепаратора;
- при появлении неисправности на установке немедленно отключить установку.

Требования безопасности при аварийных ситуациях

- при появлении нехарактерных для нормальной работы стуков и шумов немедленно отключить оборудование;
- при несчастных случаях уметь оказать первую помощь пострадавшему и немедленно обратиться в медицинский пункт.

ВЫВОДЫ

В выпускной квалификационной работе отражено современное состояние технологии и процесса переработки зерна с помощью пневматического сепаратора.

Проведенный анализ работы оборудования и патентный поиск позволил выявить недостатки и возможности их устранения в работе пневматического сепаратора.

Внедрение предлагаемой нами технологии может дать большой экономический эффект и может быть применено на любом сельхозпредприятии.

Предлагаемая установка, имеющая простоту конструкции и малую себестоимость 61200 руб. и в тоже время достаточно высокую производительность – т т/ч, меньшие затраты электроэнергии, по сравнению с другими аналогичными машинами, может быть приобретена и использоваться практически на перерабатывающем предприятии.

По технико-экономическим расчетам срок окупаемости данной установки 1,36 года, соответственно коэффициент эффективности капитальных вложений равен 0,73, что показывает экономическую целесообразность ее приобретения и применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев А. В., Кремнев Ю. А. Механизация послеуборочной обработки семян и увеличение производства зерна - Ж. Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2000, № 5,-21 с.
2. Авдеев А. В. Механико-технологические основы расчета и проектирования сельскохозяйственных зерносушильных линий. - М.:ВИСХОМ, 1992.
3. Булгариев Г. Г., Абдрахманов Р. К., Валиев А. Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Казань: Изд-во КГАУ, 2008. – 61 с.
4. Васько В.Т. «Технология возделывания полевых культур в странах мира на рубеже 21 века». - СПб.: ПРОФИКС, - 2006.- 230 с.
5. Вобликов М.Е., Буханцов В.А., Маратов Б.К. «Технология хранения зерна» Учебник для вузов/под ред. М.Е. Вобликова. - СПб.: Издательство «Лань»,2003. - 448 с.
6. Вобликов Е.М., Буханцов В.А., Маратов Б.К., Прокопец А.С. Послеуборочная обработка и хранение зерна. – Ростов на Дону: «МарТ, 2001. - 240 с.
7. Грушин Ю.Н., Проектирование технологических линий послеуборочной обработки зерна и семян. – Вологда, 1999.- 272 с.
8. Конарёв, Ф.М. Охрана труда; Москва : Изд-во Агропромиздат, 2000.- 200с
9. Лебедев В.Б. Промышленная обработка и хранение семян. — М.: Агропромиздательство — 1991. — 255 с.
10. Личко И.М. «Стандартизация и сертификация продукции растениеводства» Москва: Юнит, 2004. – 286 с.
11. Начинов Д. С. Совершенствование линий для послеуборочной обработки зерна // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2005. - № 1. - с. 18.

12. Пасыпанов Г.С. «Растениеводство», М.: Колос, - 2007 г.- 178 с.

13. Пивень В. В. Основные направления совершенствования технологии и техники для послеуборочной обработки зерна // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. - № 8. – 205 с.

14. Сычугов Н.П. Пневмосепарирующее устройство зерноочистительной машины по патенту 2084295./Россия/ Захаров П.Н. – опубл. – 20.07.1997.

15. Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Мерчалова. Совершенствование послеуборочной обработки семян зерновых культур // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. - 1999. - № 12. - 27-28 с.

15. Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Сундеев А.А., Шередекин В.В., Гиевский А.М. Новое поколение зерноочистительных машин // Тракторы и с.-х. машины. –2007. -№ 5. –12-14 с.

16. Тючкалов Л.В., Буторина Л.К., Леконцева Т.А. Методические указания по выполнению курсовой работы на тему: «Технология послеуборочной обработки и хранения зерна в хозяйстве».– Киров, 2009.-21 с.

17. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины.-М.: Колос, 2003.- 624 с

18. Шкрабак В.С., Луковников А.В., Тургиев А.К. Безопасность жизнедеятельности. М.: Колос, 2002.- 512 С.