

**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 скальператора»

Шифр 35.03.06.289.18

Студент группы 2311 \_\_\_\_\_  
подпись

Стахеев А.М.  
Ф.И.О.

Руководитель доцент \_\_\_\_\_  
ученое звание \_\_\_\_\_  
подпись

Дмитриев А.В.  
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 Стакеева А.М. выполненную на тему «Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна с разработкой скальператора».

Данная работа состоит из пояснительной записи 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 скальператора. Приведены требования к скальператору. Описана работа приспособления, выполнены конструктивные расчеты. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения скальператора.

Пояснительная записка завершается заключением и списком использованной литературы.

## ANNOTATION

At the final qualifying work of AM Stakeev. made on the topic "Perfection of post-harvest grain processing technology with the development of scalper".

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 scalper 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 scalper design is developed. Requirements for the scalper 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 scalper application is given.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>
<b>1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР .....</b>
1.1 Общие сведения.....
1.2 Анализ существующих технологий послеуборочной обработки зерна.....
1.2.1 Технологическая линия переработки зерна с производительностью 3 т/ч.....
1.2.2 Технологическая схема послеуборочной обработки зерна по патенту РФ 2369081 .....
1.3 Анализ существующих конструкций скальператоров.....
<b>2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>
2.1 Общие принципы построения схем очистки зерна от примесей.....
2.2 Предлагаемая технологическая линия послеуборочной обработки зерна...
2.3 Технологические расчёты .....
2.3.1 Технологические расчёты цеха.....
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.....
<b>3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>
3.1 Конструкторская разработка.....
3.2 Конструктивные расчёты.....
3.2.1 Подбор мотор-редуктора .....
3.2.2 Подбор ременной передачи.....
3.2.3 Расчет вала барабана.....
3.2.4 Подбор шпонок.....

3.2.7 Расчет шнека.....	.....
3.3 Экономическое обоснование конструкции скальператора.....	.....
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 воздушного сепаратора.....	.....
ВЫВОДЫ.....	.....
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	.....
СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	.....
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	.....

## ВВЕДЕНИЕ

Данная тема выпускной квалификационной работы была выбрана, как наиболее актуальная в настоящее время для зерноочистительной отрасли в целом. Любое зерноперерабатывающее производство нуждается не просто в зерне, а в качественном материале для дальнейшей его переработки в продукт. От качества исходного материала, поступаемого на зерноперерабатывающие заводы, во многом зависит и качество выпускаемого ими продукта, а значит и их конкурентоспособность на рынке. Заботясь о потребителях нашей продукции мы, тем самым, заботимся и о себе. Данный взгляд на проблему позволит не только повысить степень конкурентоспособности продукции, но и повысить культуру общения в целом между изготовителями и потребителями. Ни для кого не секрет, что потребитель купит тот продукт, который при аналогичной стоимости обладает и рядом отличительных от конкурентов положительных свойств. В аспекте данного проекта им является один из важнейших показателей, как качество очистки зерна. Выпускаемые, на данный момент, зерноочистительные комплексы либо не обеспечивают высокий уровень очистки, либо очень дороги. Мы же берем один из лучших зерноочистительных комплексов производительностью 40 т/ч, которые выпускаются на Российском рынке, и пытаемся на его основе повысить эффективность очистки и уменьшить материалоемкость всей конструкции в целом.

Новые зерноперерабатывающие линии, позволяющие получать зерно высокой степени очистки и имеющие меньшую материалоемкость, будут всегда востребованы на рынке.

# 1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Общие сведения

Основным видом поставляемого сырья на предприятие являются зерновые культуры. К ним относятся пшеница, рожь, овес, ячмень и др.

При приемке зерна руководствуются схемой его послеуборочной обработки. Зерно злаковых культур после первичной очистки при повышенной влажности сушат, затем вторично очищают от просушенных годных зерновых отходов и отправляют на хранение. Хранящиеся зерновые партии вентилируют и при необходимости обеззараживают от вредителей. Применение в определенной последовательности с соблюдением обоснованных режимов очистки, сушки, вентилирования и обеззараживания принятого зерна и составляет сущность технологии приемки и превичной обработки зерна.

В зерновой массе всегда содержатся, кроме основной культуры, некоторое количество семян сорных растений, зерен других культур, органические и минеральные примеси, а также поврежденные, дефектные и мелкие зерна.

Одна из первых и важнейших технологических операций при приемке, обработке, хранении и переработке зерна – сепарирование, т. е. разделение сыпучих материалов на фракции, отличающиеся свойствами частиц. Степень очистки зерна и семян существенно влияет на стабильность качества хранящейся массы.

Очистка от примесей создает лучшие условия для хранения зерновой массы, повышает исходное качество помольных партий, выделяет ценные зерновые отходы, пригодные для комбикормовой промышленности, сокращает потери от распыла и травмирования, а также снижает издержки на обработку, хранение и перевозки. Для достижения необходимых результатов очистки и сортирования зерна необходимо знать сущность их технологии.

Очистку зерна от примесей и сортирование его на фракции осуществляют по следующим основным различиям: размерам (длине, ширине, толщине); аэродинамическим свойствам (скорости витания); форме и состоянию поверхности (фрикционных свойств); плотности (гравитационных свойств); цвету; магнитным свойствам; упругости и др.

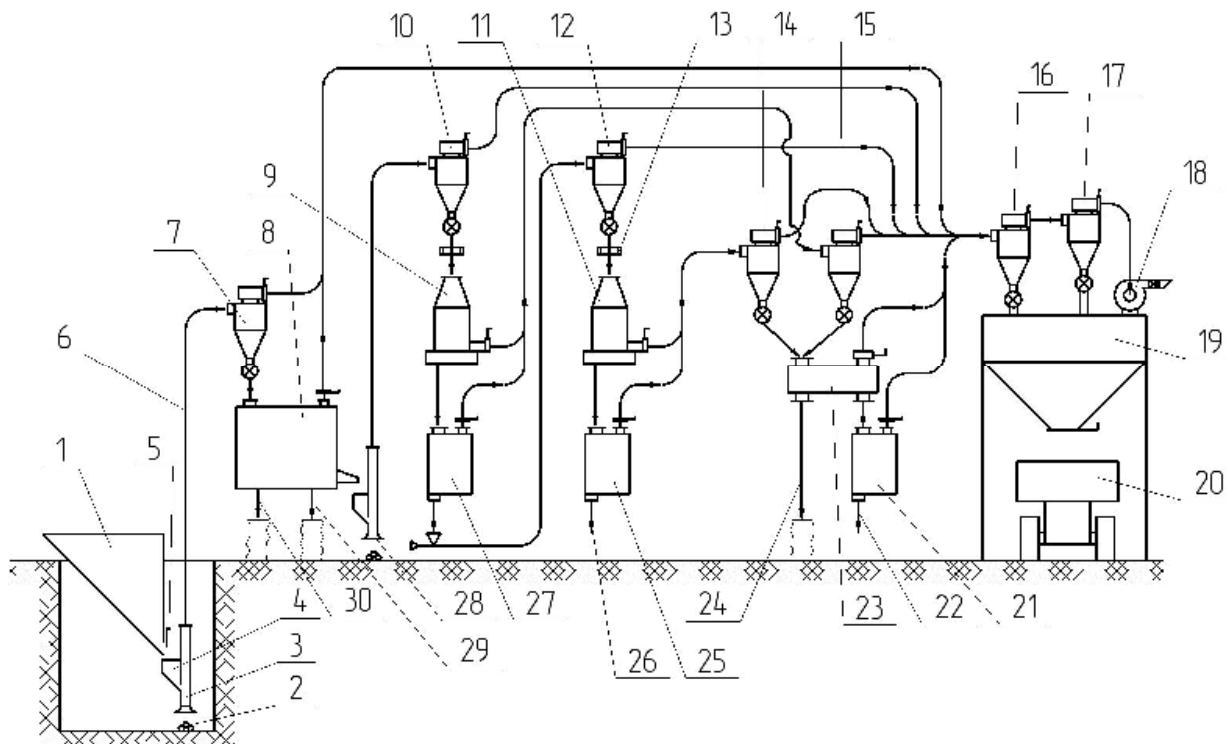
К очистке партии зерна приступают только после установления оптимального режима работы зерноочистительного оборудования.

## 1.2 Анализ существующих технологий послеуборочной обработки зерна

### 1.2.1 Технологическая линия переработки зерна с производительностью 3 т/ч

На схеме представлена технологическая схема цеха переработки зерна на 3 т/ч и остаточное количество нешелушеных зерен 29...30%. Оборудование установлено в три этажа в холодном помещении, а отработанный воздух выбрасывается на улицу. Пневмотранспорт рассчитан и привязан к конкретному помещению и схеме расстановки оборудования.

Продукт переработки из завальной ямы 1 поступает самотеком в пневмоканал 3 пневмотранпорта, где из зерна отбираются камни и другие тяжелые примеси, а ячмень подается через циклон-загрузитель 7 в решетный сепаратор БИС-12. На нем из зерна выделяются мелкие примеси, песок и крупные примеси, которые собираются в мешки. Очищенный продукт пневмотранспортом подается на шелушильно-шлифовальные машины 9 и 11. На выходе из каждой шелушильно-шлифовальной машины зерно подвергается очистке от мучки, дробленого зерна и шелухи в пневмосепараторах 25 и 27. Мучка, дробленое зерно и шелуха пневмотранспортом через циклоны-разгрузители 14 и 15 подаются на бурат 23, который выделяет мучку, а дробленое зерно выделяет пневмосепаратор 21. Шелуха из пневмосепаратора 21 пневмостранспортом через циклон-разгрузитель 16 подается в бункер шелухи 19.



1 – завальная яма; 2 – камни; 3 – пневмоканал пневмотранспорта; 4 – бункер; 5 – шибер; 6 – материалопровод; 7 – циклон-разгрузитель; 8 – решетный сепаратор БИС-12; 9, 11 – шелушильно-шлифовальные машины А1-ЗШН-3; 10, 12, 14, 15 – циклоны-разгрузители; 13 – магнитная ловушка; 16 – циклон отделитель шелухи; 17 – циклон-пылеотделитель; 18 – вентилятор; 19 – бункер шелухи; 20 – транспорт; 21, 25, 27 – пневмосепараторы ПСП-3; 22 – выход дробленого ячменя; 23 – бурат; 24 – выход мучки; 26 – выход шелущенного ячменя; 28 – пневмоканал пневмостранспорта; 29 – выход крупных примесей с БИС-12; 30 – выход мелких примесей с БИС-12.

Рисунок 1.1 - Технологическая линия переработки зерна с производительностью 3 т/ч

Если требуется довести остаточное количество нешелущенных зерен ячменя до 3...5%, то необходимо установить третью пару шелушильно-шлифовальных машин А1-ЗШН-3 работающих последовательно, а если необходимо 50% шелущенных зерен, то наоборот, нужно убрать одну машину А1-ЗШН-3.

### 1.2.2 Технологическая схема послеуборочной обработки зерна по патенту РФ 2369081

Зерновой ворох из приемного устройства ленточными транспортерами подается в приемник нории. Нория поднимает зерновой ворох и подает в промежуточный бункер и далее в воздушно-решетную фракционную зерноочистительную машину с двумя аспирационными системами и двумя решетными станами.

Воздушно-решетная машина может работать в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки.

В режиме предварительной очистки зерновой ворох за один пропуск доводится до необходимых требований к качеству фуражного зерна. Из зернового вороха перед подачей на решета в первой аспирационной системе выделяются легкие примеси, а затем на подсевных решетах – мелкие, на колосовых - крупные примеси. Очищенный ворох подается во вторую аспирационную систему, выделяются оставшиеся легкие примеси, поступают в бункер для отходов и их вывозят за пределы санитарной зоны предприятия.

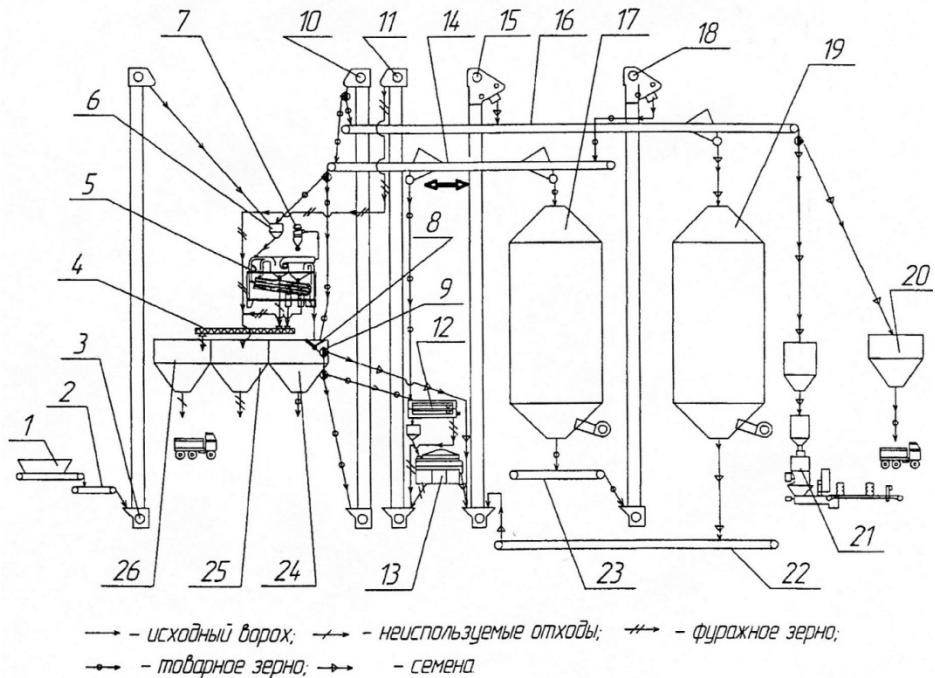
Очищенная часть вороха подается на направляющий клапан, его можно установить в два положения. В первом - зерновой ворох подают в бункер чистого зерна, а во втором - в делитель, где зерновой ворох поступает в норию.

Если зерно реализуют сразу или загружают в склад, то его подают в бункер очищенного зерна и по мере его заполнения его выгружают в транспортное средство и вывозят к местам назначения.

Если зерно оставляют на временное хранение на месте, то его подают в норию, оно подается на ленточный транспортер и после в бункер активного вентилирования.

Если зерно подлежит дальнейшей обработке, то его в нужном количестве подают из бункера активного вентилирования на ленточный транспортер, затем в норию, которая поднимает зерно и подает на ленточный транспортер. При дальнейшем использовании зерна для товарных целей зерно сбрасывают в промежуточный бункер, потом подают в воздушно-решетную машину, где зерно повторно очищают в режиме первичной очистки и подают в бункер

очищенного зерна, после чего зерно направляют в свободный бункер активного вентилирования для хранения.



1-приемное устройство, 2, 14, 16, 22, 23-ленточные транспортеры, 3, 10, 11, 15, 18-нории, 4-шнек, 5-воздушно-решетная фракционная зерноочистительная машина, 6-промежуточный бункер, 7-воздухоочиститель, 8-направляющий клапан, 9-делитель, 12-триер, 13-пневмосортировальный стол, 17, 19-бункеры активного вентилирования, 20-разгрузочный бункер, 21-участок протравливания и затаривания семян, 24, 25-бункер очищенного и фуражного зерна, 26-бункер неиспользованных отходов.

Рисунок 2.2 – Технологическая схема послеуборочной обработки зерна по патенту РФ 2369081

Предварительную очистку зернового вороха и последующую повторную очистку следует проводить тогда, когда зерно- и семяочистительный агрегат не обеспечивает полную поточную обработку поступившего зернового вороха в режиме первичной очистки.

В процессе первичной очистки зерновой ворох за один пропуск через воздушно-решетную машину доводится до требований к качеству товарного зерна.

При этом из зернового вороха перед подачей на решета в первой аспирационной системе выделяются легкие, а затем на сортировальных решетах - фуражное зерно, на колосовых – крупные, а на подсевных - мелкие примеси из фуражного зерна. Очищенный зерновой ворох подается во вторую аспирационную систему, здесь выделяются биологически неполноценные зерновки и оставшиеся легкие примеси.

Если товарное зерно сразу реализуют, то направляющий клапан устанавливают в таком положении, чтобы оно поступало в бункер очищенного зерна. После заполнения бункера зерно выгружают в транспортное средство и вывозят к местам назначения.

При обработке семенного зерна после воздушно-решетной машины его направляющим клапаном подают к делителю, где разделяют зерно на два потока. Один поток подают последовательно в триеры и на пневмосортировальный стол, где завершается подготовка семян, которые направляют в норию и далее с помощью ленточного транспортера в бункер активного вентилирования.

Второй поток подают в норию и затем ленточным транспортером в бункер активного вентилирования. После окончания обработки зернового вороха зерно из бункера ленточным транспортером подают в норию и далее ленточным транспортером в триеры и пневмосортировальный стол, здесь завершается очистка семян.

Отходы триеров и пневмосортировального стола подают в норию, затем в бункер фуражного зерна. После заполнения бункера фуражное зерно выгружают в транспортное средство и вывозят в склад комбикормового цеха.

В процессе вторичной очистки при отсутствии трудноотделимых примесей зерновой ворох за один пропуск через воздушно-решетную машину доводится до требований, предъявляемых к качеству семян. Из зернового вороха перед подачей на решета в первой аспирационной системе выделяются легкие примеси, а затем на сортировальных решетах- фуражное зерно, на колосовых- крупные примеси, на подсевных- мелкие примеси. Очищенные

семена подают на ленточный транспортер, который транспортирует зерно в бункер активного вентилирования или в разгрузочный бункер.

Отходы поступают в бункер неиспользуемых отходов и после заполнение их выгружают в транспортное средство и вывозят за пределы санитарной зоны предприятия.

### 1.3 Анализ существующих конструкций скальператоров

Засоренность поступающего с полей зерна – актуальная проблема для зерновой отрасли России. Наличие примесей снижает класс партии зерна и его стоимость. Но вред сорных частиц не ограничивается только этим. Именно в примесях после уборки в большей степени содержится влага. В хранилищах влага перераспределяется, повышая влажность основной культуры. Соответственно увеличиваются затраты на сушку, зерновой материал быстрее портится.

Проблема решается путем организации предварительной очистки урожая. При этом необходимо учесть одно обстоятельство. Основной влагообмен происходит в первые сутки. Поэтому первичную очистку важно провести сразу же после поступления зерноматериала на ток.

На этапе предварительной очистки из зерновых продуктов удаляются частицы соломы, древесины, веревки или бумага, початки кукурузы. Для выполнения этой процедуры используются скальператоры или ворохочистители.

Машинами в обязательном порядке оборудуют объекты:

- Пункты приемки зерна в хранилища силосного типа;
- Установки для перевалки продукта;
- Перерабатывающие комплексы.

При предварительной очистке повышается сыпучесть продукта, он лучше подготовлен для помещения в сушилки. Из зерна удаляются легковесные и

крупные примеси, а также очаги инфекции: земля, остатки растений, минералы. Рассмотрим существующие конструкции скальператоров.

Машина ЗД-10 предназначена для предварительной очистки зернового вороха в поточной линии перед поступлением его в сушилку. Основными рабочими органами ЗД-10 являются воздушно-очистительная часть с приемной и отстойной камерами и ситовой стан, которые смонтированы на раме. Приемная камера воздушно-очистительной части машины ЗД-10 представляет собой бункер, изготовленный из листовой стали. Внизу расположены питающие валики 10 (рисунок 1.3), подающие зерно из камеры в воздушные каналы 9. Под каждым валиком для регулирования подачи вороха расположен подпружиненный клапан.

Воздуховод служит для соединения воздушного канала 9 с отстойной камерой 3. В ней помещен вентилятор среднего давления. К корпусу камеры кожух вентилятора крепят шпильками. В нижней части отстойной камеры расположен шнек 6 для вывода осевших в ней продуктов. На выходной части вентилятора закреплен патрубок, в котором помещена заслонка 1 для регулирования воздушного потока. Сетчатый барабан 2 предназначен для очистки воздуха, поступающего в вентилятор. Он смонтирован на розетках, закрепленных на валу.

В ситовом стане два сита установлены в трех направляющих. При замене сит среднюю направляющую, закрепленную винтами, необходимо снять. Основу этой части машины составляют цельноштампованные стальные боковины, соединенные между собой поперечными связями. Для выхода фракций, полученных в результате разделения зернового вороха, предусмотрены поддон и скаты.

Ситовой стан подвешен к раме машины на вертикальных металлических подвесках (пружины) 4 и уравновешен противовесами. Он приводится в возвратно-поступательное движение с помощью двух шатунов 7. Одни концы этих шатунов крепят к хвостовику головки эксцентрика приводного вала 8, другие – к поддону ситового стана.

Сита очищаются скребками 5 специального конвейера, установленного над ними. Он состоит из двух ветвей втулочно-роликовой цепи, которые несут десять скребков (резиновые пластины в металлическом корпусе), прикрепленных к специальным звеньям цепи.

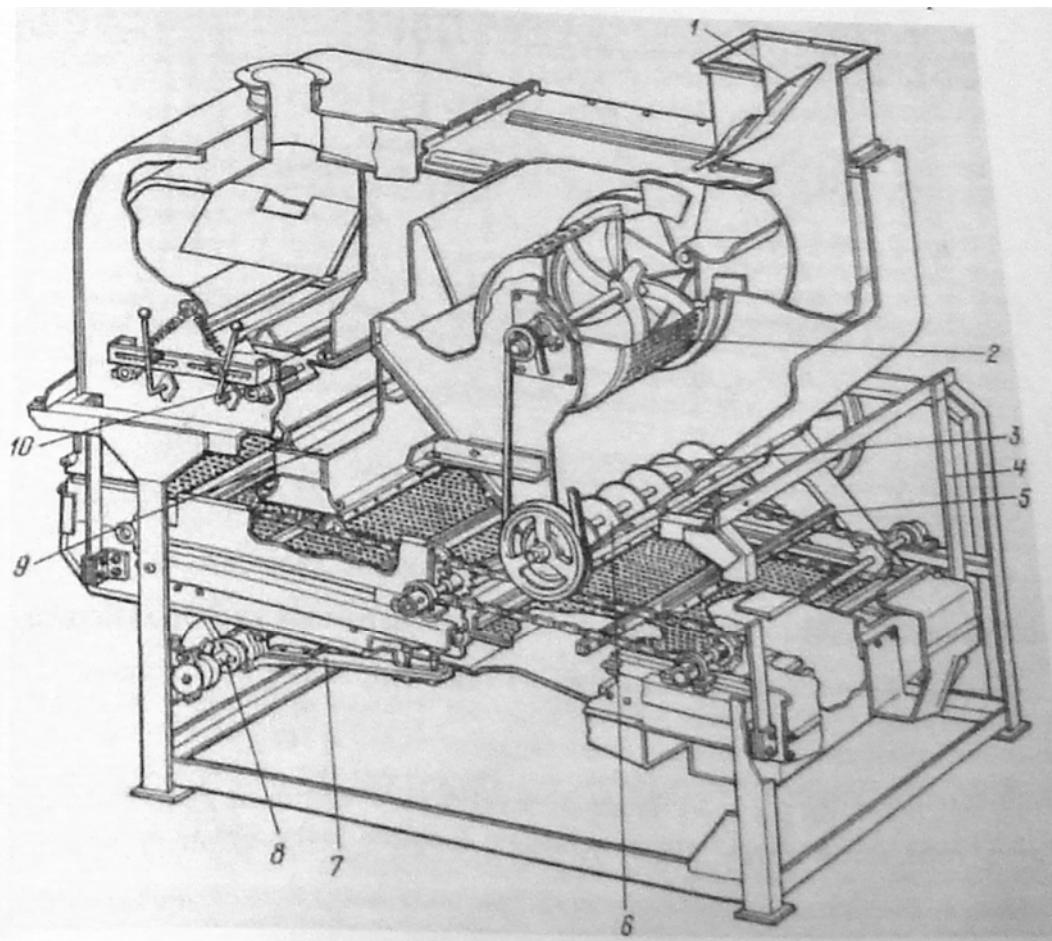
Рабочие органы машины приводит в движение электродвигатель, установленный на раме. С электродвигателя одним клиновым ремнем движение передается вентилятору, а другим – эксцентриковому валу машины, который вращается в шариковых подшипниках, смонтированных на вертикальных уголках рамы. Между подшипниками насажена пара эксцентриков и противовесов. Эксцентрики через шатуны приводят в колебательное движение стан машины.

Клиновым ремнем с эксцентрикового вала движение передается валу шнека, а с вала шнека – валу сетчатого барабана и валу конвейера. От вала 8 клиновым ремнем движение передается питающим валикам.

Зерновой ворох, подлежащий очистке, загрузочным устройством подается в приемную камеру. Питающие валики этой камеры равномерно подают его в воздушные каналы (рисунок 1.4). Здесь восходящие потоки воздуха выносят все легкие примеси (включая солому, колосья, головки сорняков и т.д.), а также щуплое зерно в осадочную камеру, которые из нее выводятся шнеком. Очищенный от легких примесей ворох попадает на сита, на которых выделяются крупные примеси, они идут сходом по ситам. Очищенное зерно (проход через сита) поддоном выводится наружу.

При регулировании рабочих органов машины следует добиваться выделения лишь легких и крупных примесей, не допуская потерь зерна в отходы. Подача зернового вороха при заполненной приемной камере зависит от зазора между клапаном и питающим валиком. Его устанавливают в зависимости от обрабатываемой культуры и намечаемой производительности, поворачивая ось клапана. Положение клапана фиксируется гайкой-барашком и пружиной, закрепленным на боковой стенке приемной камеры.

После того как установили величину подачи зернового вороха, можно приступать к регулированию воздушного потока в каналах заслонкой 1 (рисунок 1.3), добиваясь выделения легких примесей и легких щуплых семян очищаемой культуры. Если в очищенном зерне остаются легкие примеси, то скорость воздушного потока нужно увеличить, если же воздухом отделяется много хороших зерен – уменьшить. Для нормальной очистки сит необходимо отрегулировать скребки. Периодически по мере истирания резиновых пластин конвейер опускают по пазам вертикальных уголков рамы.

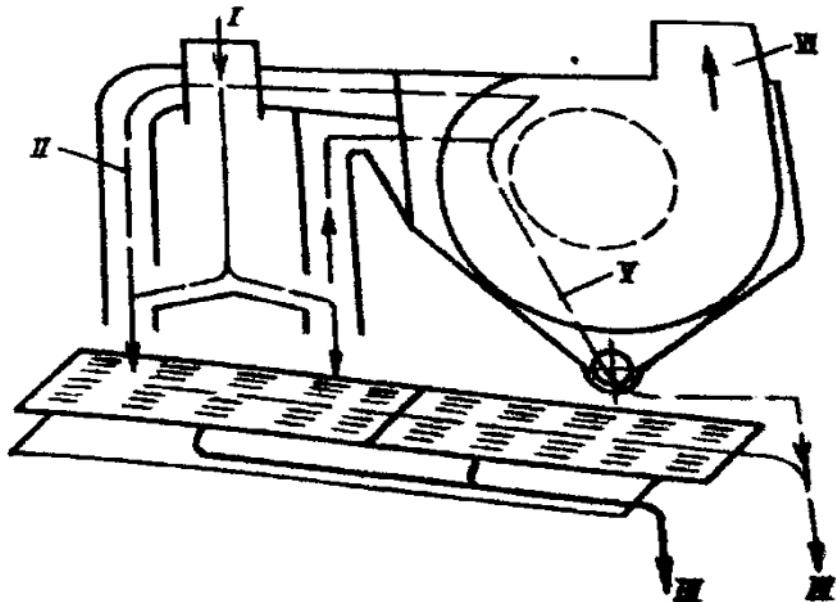


1 – заслонка; 2 – сетчатый барабан; 3 – отстойная камера; 4 – подвеска;  
5 – скребок; 6 – шнек; 7 – шатун; 8 – вал; 9 – воздушный канал;  
10 – питающие валики.

Рисунок 1.3 - Машина для предварительной очистки зерна ЗД-10

После работы, а также при переходе к очистке зерна другой культурой машину тщательно очищают от остатков зерна и сора. Эту операцию

выполняют при работе машины вхолостую при открытых клапанах приемной камеры и максимальных скоростях воздушного потока.



I – зерновой ворох; II – воздушный поток с примесями; III – очищенное зерно; IV – крупные примеси; V - легкие примеси; VI – очищенный воздушный поток.

Рисунок 1.4 - Технологическая схема машины ЗД-10

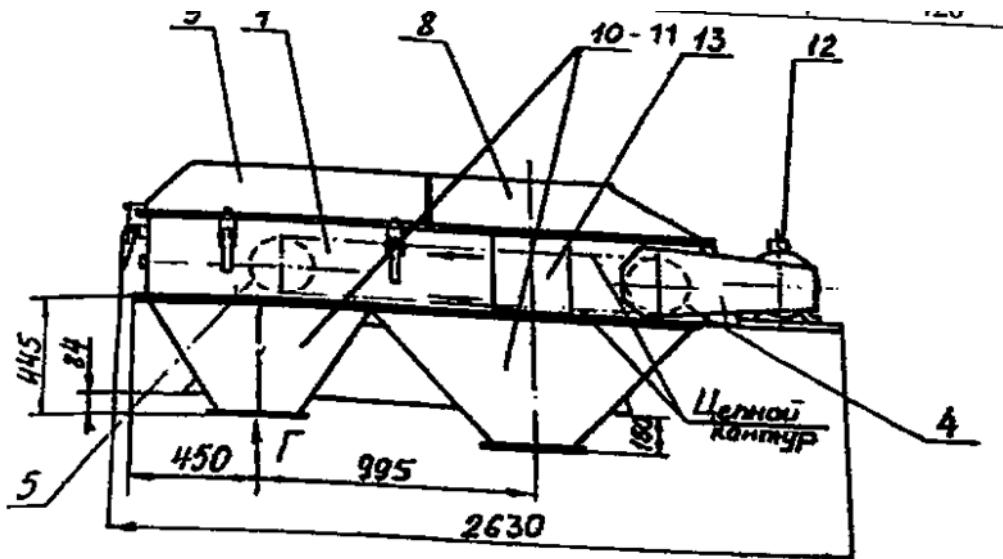
Когда все остатки зернового вороха сойдут, машину останавливают, вынимают сита, обметают щеткой все части, затем вставляют сита для новой культуры.

Далее рассмотрим конвейер-скальператор марки У2-УСК.1. Конвейер-скальператор марки У2-УСК.1 предназначен для удаления из зернопотока крупных (грубых) примесей в виде камней, металлических предметов и т.д., случайно попавших в зерно при его уборке и транспортировании.

Скальператор применяется в транспортных линиях, обеспечивающих подачу неочищенного зерна (например на приеме зерна с автотранспорта, передачи на зерносушилку и т.д.).

Скальператор представляет собой машину, обеспечивающую, удаление крупных примесей из потока зерна и состоит из следующих составных частей: корпус (1) представляет собой сварную конструкцию и является остовом

скальператора, на котором собираются все узлы. Основным рабочим органом скальператора является движущееся бесконечное полотно-решетка (2). Тяговым элементом этого полотна являются две бесконечные цепи (3), огибающие приводные звездочки (4) и натяжные диски (5). Звездочки и диски находятся на валах, закрепляемых к корпусу скальператора (рисунок 1.5).



1-корпус; 2-полотно-решётка; 3-цепь; 4-приводная звёздочка; 5-натяжной диск; 6-стержень; 7-пруток; 8-приёмная коробка; 9-кожух; 10,11-патрубки; 12-электропривод; 13-патрубок аспирационной сети.

Рисунок 1.5 – Схема конвейера-скальператора марки У2-УСК.1

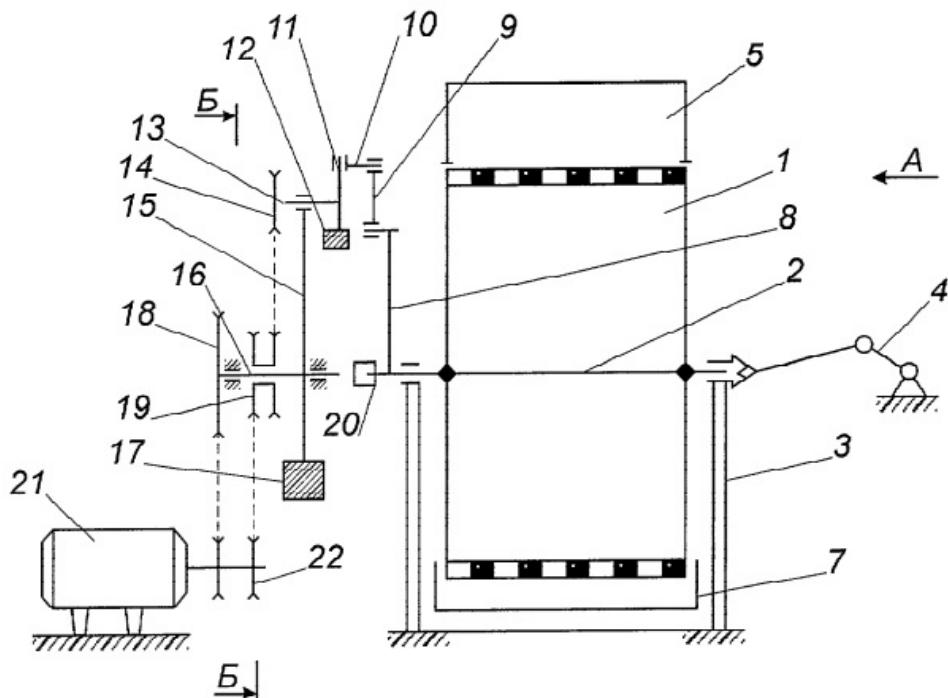
Между двумя цепными контурами располагается непосредственно полотно-решетка, выполненное из круглых стержней (6) с приваренными к ним короткими прутками (7), свободные концы которых опираются на соседние стержни (6). Таким образом ячей решетки образуются между двумя соседними стержнями и прутками, что составляет в свету отверстие размером 15x22 мм. Решетка, расположенная перпендикулярно потоку зерна, практически не изменяет направления и скорости движения зерна. Сверху корпуса установлена приемная коробка (8), к которой может подсоединяться сбрасывающая коробка ленточного, конвейера подающего зерно на скальператор или непосредственно самотек, также подающий зерно на скальператор.

Между верхом полотна-решетки и крышкой коробки имеется зазор, который может обеспечить вынос из потока зерна достаточно крупных предметов (например, норийные ковши). Приемная коробка снабжена легкоубираемым кожухом (9) благодаря которому обеспечивается удобный доступ к рабочему органу скальператора. К нижней части корпуса присоединяются два патрубка (10) и (11) предназначенные для выхода зерна и крупных примесей из скальператора. Электропривод (12) закрепляется к корпусе скальператора и обеспечивает движение полотна-решетки. В зоне прохождения основного потока зерна в корпусе предусмотрен патрубок (13) для подключения скальператора к аспирационной сети.

Известен скальператор по патенту Ru №2275251, который относится к области сепарации сыпучих материалов и может быть использовано в сельском хозяйстве при разделении зерновых материалов.

Скальператор (рисунок 1.6) содержит перфорированный барабан 1, жестко закрепленный на валу 2. Вал 2 установлен на вертикальных стойках 3, которые выполнены с возможностью колебаний в плоскости, перпендикулярной валу 2. Барабан 1 через вал 2 соединен с виброприводом 4 осевых колебаний. Над барабаном 1 со смещением от его центра расположен загрузочный бункер 5. Ниже вала 2 со стороны, противоположной бункеру 5, установлен приемник 6 крупных частиц, а под барабаном 1 установлен приемник 7 мелких частиц. Вал 2 жестко соединен с радиальным стержнем 8, через который барабану 1 передается вращательное и круговые движения. Стержень 8 выполнен с возможностью колебаний в плоскости, перпендикулярной валу 2. Такое выполнение прутка 8 позволяет воздействовать на барабан 1 одновременно осевыми и круговыми колебательными движениями при одновременном вращении барабана 1. Пруток 8 соединен с шатуном 9, который при помощи шарниров 10 соединен с кривошипом 11 кривошипно-шатунного механизма круговых колебаний. На кривошипе 11, на конце, противоположном шарнирному соединению 10, расположен противовес 12. Кривошип 11 через вал 13 соединен со шкивом 14

привода круговых колебаний. Вал 13 соединен через пруток 15 с основным приводным валом 16. Проток 15 установлен перпендикулярно валам 13 и 16. Вал 16 размещен соосно с валом 2 барабана 1. На свободном конце прутка 15 установлен противовес 17. Установка противовесов обеспечивает уравновешивание динамических нагрузок механизма привода. На валу 16 закреплен шкив привода 18 и свободно расположен блок шкивов 19. На валу 2 установленна муфта 20, которая может занимать два положения: "Включено" и "Выключено". При первом положении муфты 20 вращательное движение от вала 16 передается на барабан 1 без колебательных круговых движений (при этом механизм привода колебательных круговых движений отключен). При отключенной муфте 20 барабан 1 совершаает вращательное и круговые колебательные движения. Вращательное движение к шкивам 18 и 19 передается от электродвигателя 21 и блока шкивов 22.



1-перфорированный барабан; 2-вал; 3-стойка; 4-вибропривод; 5-загрузочный бункер; 6-приёмник крупных частиц; 7-приёмник мелких частиц; 8-пруток; 9-шатун; 10-шарнир; 11-кривошип; 12-противовес; 13, 16-вал; 14-шкив; 15-пруток; 17-противовес; 18-привод; 19-блок шкивов; 20-муфта; 21-электродвигатель; 22-блок шкивов.

Рисунок 1.6 – Скальператор барабанный по патенту Ru №2275251

Скальператор работает следующим образом.

Исходный сыпучий материал из бункера 5 поступает на внешнюю поверхность барабана 1. Барабан 1 приводится во вращательное движение и совершает круговые и осевые колебательные движения. Частицы, находящиеся в материале под действием сложных силовых полей, распределяются по поверхности барабана 1. Крупные частицы попадают в приемник 6, а мелкие - в приемник 7. При сепарации легкоразделимых материалов круговые и осевые колебательные движения могут быть отключены. При этом включают муфту 20.

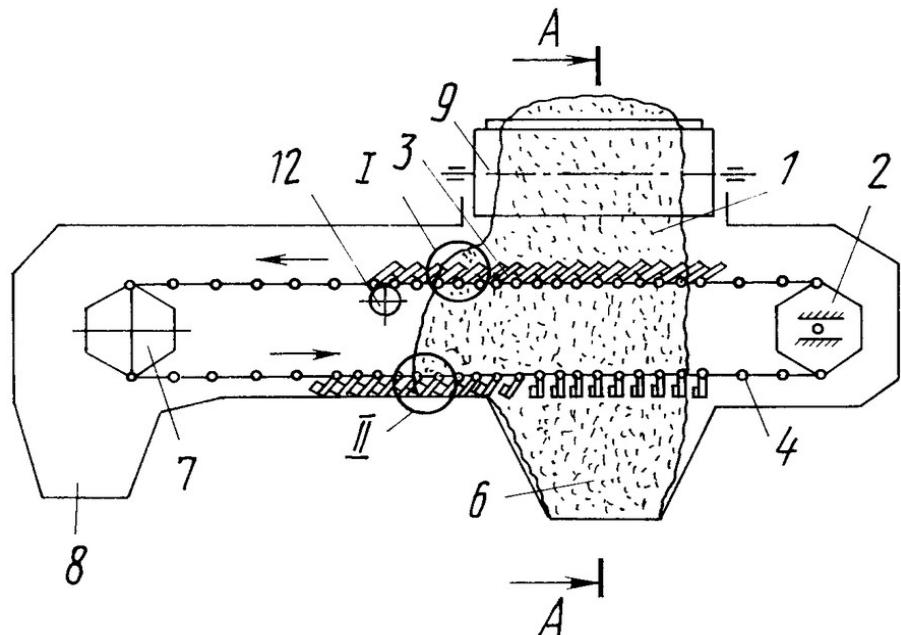
Применение заявляемого скальператора обеспечивает повышение качества процесса сепарации за счет улучшения расслоения зернового слоя и повышения просеиваемости проходовых частиц через поверхность перфорированного барабана. Улучшение эффективности просеивания достигается за счет наложения сложного силового поля, составляющими которого являются круговые и осевые колебательные движения на зерновой слой, находящийся на цилиндрической перфорированной поверхности. Например, при сепарации семян пшеницы качество разделения в заявляемом скальператоре на 12...16% выше, чем в прототипе и известных аналогах.

Известен скальператор по патенту RU №2054337, который предназначен для разделения сыпучих продуктов на фракции.

Скальператор (рисунок 1.7) включает в себя приемный патрубок 1, цепной конвейер 2 и решетку, выполненную в виде поперечных наклонных планок 3 и прикрепленную к тяговым органам (цепям) 4 конвейера 2 консольно с помощью шарниров 5 (узел 1). Под конвейером 2 находится разгрузочный патрубок 6, а в головной части конвейера под приводными звездочками 7 расположен отводящий патрубок 8 крупных частиц. Над приемным патрубком может быть установлен конвейер 9.

Скальператор работает следующим образом. Продукт из приемного патрубка 1 поступает на поверхность решетки, образованной шарнирно прикрепленными наклонными планками 3 с перегородками (пластинами) 10.

Крупные частицы остаются на поверхности движущейся решетки, и в момент огибания тяговых органов приводных звездочек 7 они направляются в отводящий патрубок 8.



1-приёмный патрубок; 2-цепной конвейер; 3-решётка; 4-цепь; 5-шарнир; 6-разгрузочный патрубок; 7-приводная звёздочка; 8-отводящий патрубок; 9-конвейер; 10-перегородки; 11-колебатель

Рисунок 1.7 – Скальператор с использованием пульсирующих воздушных потоков

При этом планки опрокидываются и решетки самоочищаются от застрявших в отверстиях частиц. Благодаря наклонному расположению планок 3 решетки длинномерные (соломистые) крупные частицы не могут попасть в отверстия, а упираются о боковые поверхности планок 3 и, падая на поверхность решетки, занимают горизонтальное положение. Затем они уносятся в отводящий патрубок 8. Мелкие частицы, проходя через отверстия решетки верхней и нижней ветвей конвейера, поступают в пневмосепарирующую камеру 13. В результате вибрации решетки верхней ветви конвейера с помощью колебателя 12 на решетчатой поверхности не образуется накопления мелких частиц. Они полностью проходят через отверстия решетки. Наклонные планки 3 решетки нижней ветви конвейера

скользят по поверхности днища желобчатого лотка 11 и перемещают продукт к разгрузочному патрубку. Над разгрузочным патрубком планки 3 решетки занимают строго вертикальное положение, тем самым увеличивается живое сечение решетки.

Таким образом, наклонное расположение планок решетки и наличие колебателя верхней ветви конвейера значительно повышают эффективность работы скальператора.

После прохождения мелких частиц через отверстия решетки верхней ветви конвейера внутри потока продукта в пневмосепарирующей камере 13 образуется множество свободных пространств для лучшего взаимодействия легких частиц с воздухом, подаваемым со стороны жалюзийной стенки 14. Благодаря свободным межзерновым пространствам в слоях продукта легкие частицы увлекаются воздухом и направляются через всасывающий (воздухоотводящий) патрубок 15 и воздухопровод в отделитель. При этом существенно уменьшается сопротивление движению легких частиц вместе с воздухом внутри потока в пневмосепарирующей камере 13, т.е. не требуется большое давление и расход воздуха. Клинообразная форма вертикального всасывающегося патрубка 15 обеспечивает постоянство скорости воздуха по всей высоте пневмосепарирующей камеры 13. Верхнее расположение выходного отверстия всасывающего патрубка позволяет плавно изменить горизонтальное направление движения воздушного потока в вертикальное, при котором увеличивается разница между скоростями витания легких и тяжелых частиц продукта и повышается эффективность процесса разделения. Наличие гибкой пластины (фартука) 16 предотвращает подсос воздуха из нерабочей верхней зоны приемного патрубка 1, так как она во время работы скальператора находится в контакте с потоком воздуха. Тяжелые частицы продукта, перемещаясь вниз, поступают в разгрузочный патрубок 6.

Таким образом, расслоение продукта при прохождении его через отверстия решетки с образованием большого количества свободного

межзернового пространства в пневмосепарирующей камере значительно повышает эффективность отделения легких частиц от продукта.

Проведя анализ существующих конструкций скальператоров, 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 вышесказанному, можно сделать заключение, что повышение эффективности послеуборочной обработки зерна, возможно за счет создания машин с повышенной эффективностью очистки и энергосберегающие исполнение.

В связи с этим, перед настоящей выпускной квалификационной работой были поставлена задача, разработать конструктивно- технологическую схему скальператор.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

В начале работ за каждой культурой и сортом, если уборка их проходит одновременно, закрепляют уборочные машины, транспортные средства для перевозки семян, четко определяют места обработки, а также места временного и постоянного хранения. В ходе уборки в зависимости от сложившихся условий и качеств зерна определяют технологическую схему послеуборочной обработки.

На семеочистительно-сушильных поточных линиях машины работают по поточной технологии, что обеспечивает снижение трудовых затрат в 8 – 10 раз, а стоимости обработки – в 2 – 3 раза.

Для осуществления более совершенной технологии подготовки и хранения посевного материала в соответствии с современными требованиями агротехники должна быть создана развитая система машин и механизмов. Соединенные в поточные технологические линии они должны составить стационарное оборудование семеочистительно-сушильных заводов и пунктов и дать возможность осуществить полную механизацию и автоматизацию процессов послеуборочной обработки и предпосевной обработки семян.

Основное требование ко вновь создаваемой системе машин заключается в том, чтобы внедрение ее обеспечивало снижение затрат труда на единицу выпускаемой продукции и повышение качества посевного материала.

Система машин должна строиться с учетом всего многообразия технологических требований, обусловленных различием физико-механических свойств семян сельскохозяйственных культур и зональными особенностями их производства. Введение систем машин должно служить средством удешевления производства на заводах сельскохозяйственного машиностроения в результате типизации элементов и унификации узлов и деталей.

Система машин должна охватывать весь комплекс операций, составляющий технологический процесс подготовки и хранения семенного материала, а именно: автоматическое взвешивание поступающего на обработку исходного материала; механизированную разгрузку автомашин; предварительную очистку, сушку, окончательную очистку, сортирование, протравливание, затаривание семян в мешки с одновременным автоматическим взвешиванием и последующей механической зашивкой мешков; механизацию транспортных операций; штабелевку мешков на складах и погрузку в автомашины или железнодорожные вагоны; временное и длительное хранение семян насыпью в вентилируемых закромах и в мешках; обеспылевание.

Все машины, за немногим исключением, нужны стационарные. Каждую операцию технологического процесса должна выполнять отдельная машина с индивидуальным приводом. Это позволит агрегатировать машины в различных комбинациях в соответствии с назначением технологической линии (набор культур), ее производительностью и свойствами поступающего на обработку материала (влажность, засоренность, состав сорных примесей).

Требование о разделение сложных агрегатов на простейшие машины выдвигается также условиями автоматизации управления производственным процессом.

К машинам и устройствам, входящим в систему, предъявляются прежде всего такие требования, как удобство в эксплуатации и возможность быстрой и полной очистки при переходе к очистке семян другой культуры. Машины и транспортные механизмы не должны наносить семенам повреждений.

В систему машин должен входить комплекс приборов для постоянного контроля качества поступающего материала, обрабатываемого и выпускаемого продукта.

К основным факторам, определяющим условия обработки зерна в различных зонах, относятся: объем производства и заготовок зерна, радиус внутрихозяйственных перевозок, обеспеченность транспортом, продолжительность периода уборки и послеуборочной обработки, количество

сельскохозяйственных культур, совпадающих по срокам уборки с уборкой зерновых, погодные условия зоны.

В практике организации послеуборочной обработки зерна в хозяйствах с посевной площадью зерновых 15 – 20 тыс. га и более сооружают пункты обработки зерна на отделениях, что позволяет сократить радиусы перевозки зерна от комбайна с 15 – 18 до 7 – 10 км.

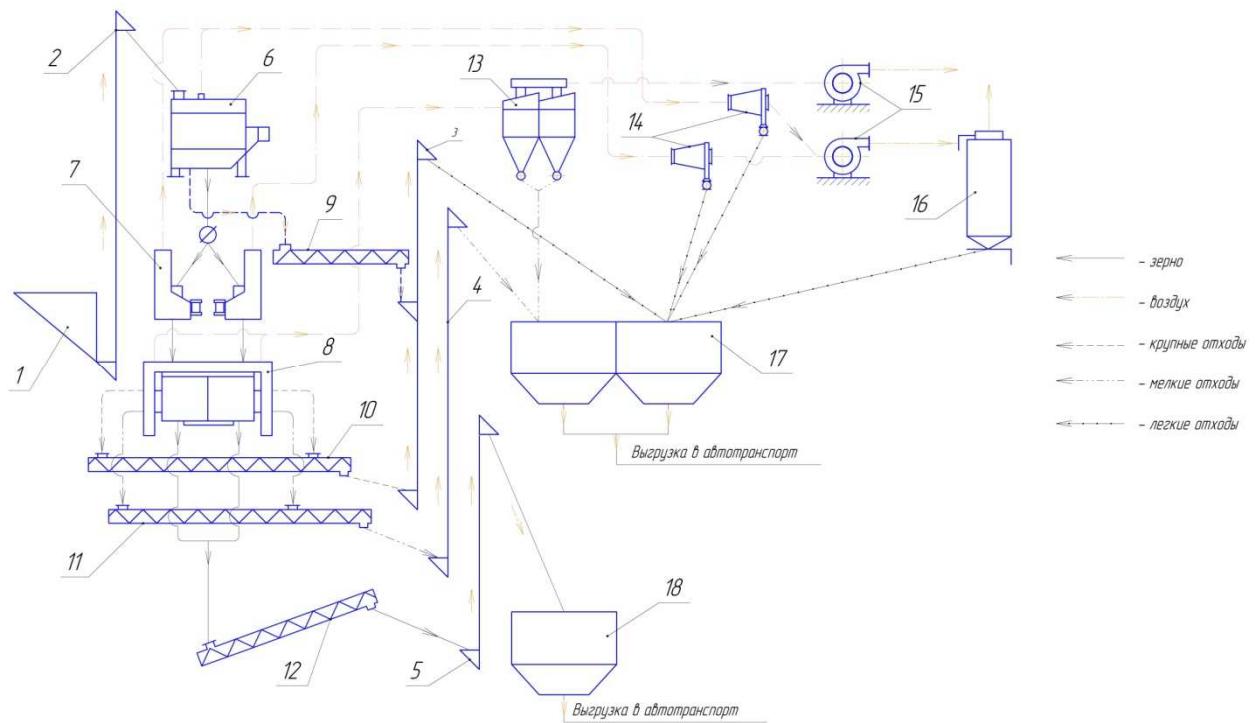
Как правило, в состав оборудования входят очистительный агрегат, площадка для временного хранения зерна и погрузочно-разгрузочные средства.

## 2.2 Предлагаемая технологическая линия послеуборочной обработки зерна

Предлагаемая технология предназначена для послеуборочной очистки зерна (пшеницы, ржи, ячменя, овса, вики, гороха и подсолнечника) от примесей, отличающихся от него толщиной, шириной и аэродинамическими свойствами. Оборудование линий может быть использовано взамен устаревших комплексов типа ЗАВ.

Принцип работы технологической линии заключается в следующем. Зерно из завальной ямы с помощью нории подаётся в скальператор 6, в котором происходит выделение крупных примесей из зерна. Очищенное в скальператоре зерно распределяется на пневмосепарирующие каналы 7, а отходы направляются в транспортер.

Зерно в пневмосепарирующих каналах очищается от аэродинамически легких примесей и поступает на решетный сепаратор 8, где из зерна выделяются крупные и мелкие примеси, а при необходимости и мелкое зерно, которые направляются в винтовые транспортеры, а затем нориями – в накопительный бункер.



1-затирка яма; 2, 5-нория НМ 40/13; 3,4-нория 10/13; 6-скальператор; 7-пневмоканал; 8-сепаратор; 9,10,11,12-транспортёры; 13-батарейная установка циклонов; 14-циклоны; 15-вентиляторы; 16-пылеотделитель; 17-бункер для отходов; 18-бункер для очищенного зерна.

Рисунок 2.1 - Предлагаемая технологическая линия послеуборочной обработки зерна

Зерно, очищенное на решетах сепаратора от крупных и мелких примесей, на выходе из секций дополнительно продувается воздушным потоком и из него выделяются оставшиеся мелкие примеси. Зерно после очистки на сепараторе подается винтовым транспортером к нории, которая поднимает зерно в накопительный бункер.

Воздух с примесями от пневмосепарирующих каналов по воздуховодам направляется в горизонтальные циклоны, в которых осаждаются легкие примеси, выделенные из зерна. Легкие примеси выводятся из циклонов через шлюзовые затворы в накопительный бункер для примесей.

К основному технологическому оборудованию линии относятся: 1 – скальператор, 2 – зерноочистительный сепаратор (типа А1-БИС-100), 3 – два пневмоканала. Отличительной особенностью в размещении оборудования

является установка пневмосепарирующих каналов перед решетным сепаратором, а не после него, как это рекомендовано в типовом решении.

#### Преимущества:

1. Линия оснащена надежным современным оборудованием (сепаратор А1-БИС-100, скальператор, нории НМ), хорошо зарекомендовавшими себя при эксплуатации в условиях мельзаводов, элеваторов, ХПП. Это позволяет обеспечить стабильную работу, что очень важно в уборочный период.

2. Оборудование линий позволяет готовить семенное зерно. В этом случае линия комплектуется концентратором А1-БЗК-9 и триерным блоком (куколе - и овсюгоотборником).

3. В линиях применяется оборудование закрытого типа с эффективной системой аспирации, позволяющей обеспечить комфортные условия труда персонала и соответствие экологическим нормам.

4. Используя данное оборудование, вы сможете получать зерно, очищенное до элеваторной кондиции;

5. Срок службы оборудования не менее 10-12 лет.

### 2.3 Технологические расчеты

Основными параметрами работы скальператоров являются производительность, частота вращения барабана, мощность электродвигателя.

Насыпная плотность зерна пшеницы  $\rho_n = 850 \text{ кг/м}^3$ , частота вращения барабана скальператора  $n=56 \text{ об/мин}$ , коэффициент разрыхления  $\mu=0,7$ , угол наклона граней к оси барабана  $\alpha=4^\circ$ , наибольшая толщина слоя зерна в барабане  $h=0,316 \text{ м}$ .

Расчёт приведенного радиуса барабана:

$$R = \frac{1}{h} \cdot \sqrt[3]{\left( \frac{60 \cdot Q}{12 \cdot \mu \cdot \rho_n \cdot n \cdot \tan 2\alpha} \right)}, \quad (2.1)$$

где  $h$  – наибольшая толщина слоя зерна в барабане, (0,2м);

$Q$  – производительность (предварительная) скальператора, (27 кг/с);

$\mu$  – коэффициент разрыхления (0,7);

$\rho_n$  – насыпная плотность зерна пшеницы, (850 кг/м<sup>3</sup>);

$n$  – частота вращения барабана скальператора, (56 об/мин);

$\alpha$  – угол наклона граней к оси барабана, град (4°).

$$R = \frac{1}{0,2} \cdot \sqrt[3]{\left( \frac{60 \cdot 27}{12 \cdot 0,7 \cdot 850 \cdot 56 \cdot 0,1405} \right)^2} = 0,470 \text{ м}$$

Принимаем  $R=0,470 \text{ м}$ .

Производим пересчет производительности скальператора:

$$Q = 12 \cdot \mu \cdot \rho_n \cdot n \cdot \tan 2\alpha \cdot \sqrt{R^3 \cdot h^3}, \quad (2.2)$$

$$Q = 12 \cdot 0,7 \cdot 850 \cdot \frac{56}{60} \cdot 0,1405 \cdot \sqrt{0,470^3 \cdot 0,2^3} = 27,0 \text{ кг/с}$$

$$= 97,2 \text{ т/ч}$$

$$Q=27,0 \text{ кг/с} = 97,2 \text{ т/ч} \approx 100 \text{ т/ч}.$$

Проверяем частоту вращения барабана:

$$n_\delta = \frac{12}{\sqrt{R}} - \frac{19}{\sqrt{R}}, \quad (2.3)$$

$$n_\delta = \frac{12}{\sqrt{0,470}} - \frac{19}{\sqrt{0,470}} = 17,5 - 27,7 \text{ об/мин}$$

Определяем общую площадь ситовой поверхности:

$$F_c = \frac{Q}{q}, \quad (2.4)$$

Где  $q$  – удельная производительность, (8,5кг/(м<sup>2</sup>·с)).

$$F_c = \frac{27,0}{8,5} = 3,18 \text{ м}^2$$

Определяем площадь одной ситовой рамки:

$$F = \frac{F_c}{z}, \quad (2.5)$$

где  $z$  – число граней ситового барабана, (5 шт).

$$F = \frac{3,18}{8} = 0,395 \text{ м}^2$$

Определяем длину окружности основания барабана:

$$l = 2 \cdot \pi \cdot R, \quad (2.6)$$

$$l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,470 = 2,95 \text{ м}$$

Рассчитываем длину ситового барабана:

$$L = \frac{F}{l}, \quad (2.7)$$

$$L = \frac{0,32}{0,300} = 1,06 \text{ м}$$

### 2.3.1 Технологические расчёты цеха

Расчетная производительность вычисляется по формуле:

$$Q_p = k \cdot Q_z \text{ т/сут}, \quad (2.8)$$

где,  $Q_p$  – расчетная производительность цеха, т/сут;

$k$  – коэффициент запаса, при переработке гречихи  $k = 1,2$ ;

$Q_z$  – заданная производительность цеха, т/сут.

$$Q_p = 1,2 \cdot 50 = 60 \text{ т/сут.}$$

Расчет вместимости бункеров

Объем бункеров для неочищенного зерна рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{Q_p \cdot \tau \cdot 1000}{24 \cdot \gamma \cdot \text{Ки}}, \quad (2.9)$$

где  $V$  – объем бункеров,  $\text{м}^3$ ;

$Q_p$  – расчетная производительность цеха, т/сут;

$\tau$  – длительность нахождения продукта в бункере, ч (на 24-30 ч работы цеха);

$\gamma$  – объемная масса продукта, кг/м<sup>3</sup> (пшеница средняя 764 кг/м<sup>3</sup>)

$K_i$  - коэффициент использования бункера ( $K_i = 0,6$  при отношении высоты к ширине, равном 1)

$$V = \frac{60 \cdot 30 \cdot 1000}{24 \cdot 764 \cdot 0,6} = 163 \text{ м}^3.$$

Скальператор

Паспортная производительность - 90 т/сут

Потребляемая мощность - 2,5 кВт

Годовая производительность скальператора определяется по формуле:

$$Q_{\text{год.}} = Q_{\text{сут.}} \times T, \quad (2.10)$$

где,  $Q_{\text{сут.}}$  – суточная производительность скальператора, т/сут;

$T$  – количество рабочих дней в году.

$$Q_{\text{год.}} = 90 \times 60 = 5400 \text{ т.}$$

Расход электроэнергии сепаратора за одну смену находим по формуле:

$$N_{\text{см}} = N \times t, \quad (2.11)$$

где,  $N$  – мощность, сепаратора, кВт

$t$  – время, час.

$$N_{\text{см}} = 2,5 \times 8 = 20 \text{ кВт} \cdot \text{смена}$$

Суточный расход электроэнергии скальператора определяется по формуле:

$$N_{\text{сут}} = N_{\text{ср}} \times t, \quad (2.12)$$

где,  $N_{\text{ср}}$  – мощность, сепаратора, кВт

$t$  – время, час.

$$N_{\text{сут}} = 2,5 \times 24 = 600 \text{ кВт} \cdot \text{сутки.}$$

Аспирационная колонка А1-БКА

Производительность – 3 т/ч

Мощность – 0,4 кВт

Годовая производительность аспирационной колонки определяется по формуле:

$$Q_{\text{год.}} = Q_{\text{сут.}} \times T, \quad (2.13)$$

где,  $Q_{\text{сут.}}$  – суточная производительность аспирационной колонки, т/сутки;

$T$  - количество рабочих дней в году.

$$Q_{\text{год.}} = 72 \times 60 = 4320 \text{ т.}$$

Расход электроэнергии аспирационной колонки за одну смену находим по формуле:

$$N_{\text{см}} = N \times t, \quad (2.14)$$

где,  $N$  – мощность, аспирационной колонки, кВт

$t$  – время, час.

$$N_{\text{см}} = 0,4 \times 8 = 3,2 \text{ кВт} \cdot \text{смена}$$

Суточный расход электроэнергии аспирационной колонки:

$$N_{\text{сут}} = N_{\text{ср}} \times t, \quad (2.15)$$

где,  $N_{\text{ср}}$  – мощность, аспирационной колонки, кВт

$t$  – время, час.

$$N_{\text{сут}} = 0,4 \times 24 = 9,6 \text{ кВт} \cdot \text{сутки.}$$

Сепаратор А1-БИС-100

Производительность – 100 т/сут

Мощность – 1,5 кВт

Годовая производительность сепаратора определяется по формуле:

$$Q_{\text{год.}} = Q_{\text{сут.}} \times T, \quad (2.16)$$

где,  $Q_{\text{сут.}}$  – суточная производительность сепаратора, т/сутки;

$T$  – количество рабочих дней в году.

$$Q_{\text{год.}} = 100 \times 60 = 6000 \text{ т.}$$

Расход электроэнергии сепаратора за одну смену находим по формуле:

$$N_{\text{см}} = N \times t, \quad (2.17)$$

где  $N$  – мощность сепаратора, кВт  
 $t$  – время, час.

$$N_{\text{см}} = 1,5 \times 8 = 12 \text{ кВт} \cdot \text{смена}$$

Суточный расход электроэнергии сепаратора:

$$N_{\text{сут}} = N_{\text{ср}} \times t, \quad (2.18)$$

где  $N_{\text{ср}}$  – мощность сепаратора, кВт  
 $t$  – время, час.

$$N_{\text{сут}} = 0,4 \times 24 = 9,6 \text{ кВт} \cdot \text{сутки.}$$

Расчет вместимости выгрузного бункера

Объем бункеров для очищенного зерна рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{Q_p \cdot \tau \cdot 1000}{24 \cdot \gamma \cdot K_i} \text{ м}^3, \quad (2.19)$$

где,  $V$  - объем бункеров, м<sup>3</sup>

$Q_p$  - расчетная производительность цеха, т/сут;

$\tau$  – длительность нахождения продукта в бункере, ч (на 24-30 ч работы цеха);

$\gamma$  – объемная масса продукта, кг/м<sup>3</sup> (пшеница средняя 764 кг/м<sup>3</sup>)

$K_i$  - коэффициент использования бункера ( $K_i = 0,4$  при отношении высоты к ширине, равном 1)

$$V = \frac{60 \cdot 30 \cdot 1000}{24 \cdot 764 \cdot 0,4} = 245 \text{ м}^3.$$

Потребляемая мощность линии

$$N_{\text{год}} = N_{\text{ск}} + N_{\text{асп}} + N_c \quad (2.20)$$

где  $N_{\text{ск}}$  – мощность скальператора;  
 $N_{\text{асп}}$  - мощность аспирационной колонки;  
 $N_c$  - мощность сепаратора.

$$N_{\text{год}} = 2,5 + 0,4 + 1,5 = 4,4 \text{ кВт}$$

## 2.4 Разработка мероприятий по улучшению безопасности

жизнедеятельности и условий труда при послеуборочной обработке зерна

Мероприятия по охране труда и окружающей среды являются обязательными для всех видов производств. В соответствии со спецификой зерноперерабатывающей отрасли разработка эффективных и современных мер защиты и профилактики здоровья, а также современных технологий переработки зерна способствуют сохранению здоровья, жизни и безопасности окружающей среды в первозданном виде. Не надо забывать что, работа на зерноочистительном комплексе подразумевает использование взрыво- и пожароопасного оборудования, электроустановок, вращающихся и двигающихся элементов узлов оборудования, высотных площадок для работы и обслуживания технологического оборудования. Несоблюдение элементарных правил безопасности по работе и обслуживанию данного оборудования могут повлечь его порчу и привести к человеческим жертвам. Чтобы предотвратить данные ситуации при работе на зерноочистительном комплексе необходимо решить следующие вопросы по охране труда и окружающей среды:

- обеспечение безопасности при эксплуатации оборудования, входящего в состав зерноочистительного комплекса;
- мероприятия по борьбе с шумом;
- мероприятия по борьбе с вибрацией;
- мероприятия по снижению запыленности и загазованности воздуха;
- мероприятия по обеспечению нормативной освещенности рабочего места;
- взрывопожаробезопасность;
- меры по обеспечению электробезопасности;
- мероприятия по охране окружающей среды.

Решение этих вопросов позволит обеспечить нормальные условия труда, снизить травматизм и заболеваемость, повысить производительность труда и сохранить экологическую обстановку.

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

Согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной безопасности» весь зерноочистительный комплекс, в том числе и проектируемый скальператор, относится к категории В (пожароопасная) по взрыво и пожароопасности помещений и зданий.

По СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» степень огнестойкости зерноочистительного комплекса – 1.

Причиной пожара на комплексе может послужить только короткое замыкание электрооборудования. Поэтому одним из важнейших мероприятий по предупреждению пожаров является правильный выбор и монтаж электрооборудования.

Условия созданные на предприятии по предупреждению пожаров и борьбы с ними должны соответствовать требованиям СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».

Так как единственной причиной пожара на предприятии является неосторожное или неправильное обращение с электрооборудованием которое может привести к поражению электрическим током, из-за короткого замыкания, то среди мер по тушению пожаров можно выделить углекислотные огнетушители ОУ-5.

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

Для предотвращения загрязнения окружающей среды на данном комплексе используют аспирационные комплексы, в состав которых входят аспирационные каналы, вентилятор, горизонтальный осадительный циклон, пневмоканалы и накопительный бункер для мелких примесей. Помимо накопительного бункера для мелких примесей (пыли) на данном зерноочистительном комплексе также присутствуют накопительные бункера

для очищенного зерна, средних и крупных примесей. Всё используемое оборудование (скальператор, пневмоканалы, сепаратор) подключено к аспирационной сети, что позволяет существенно снизить запыленность воздуха на комплексе и не наносить вред окружающей среде.

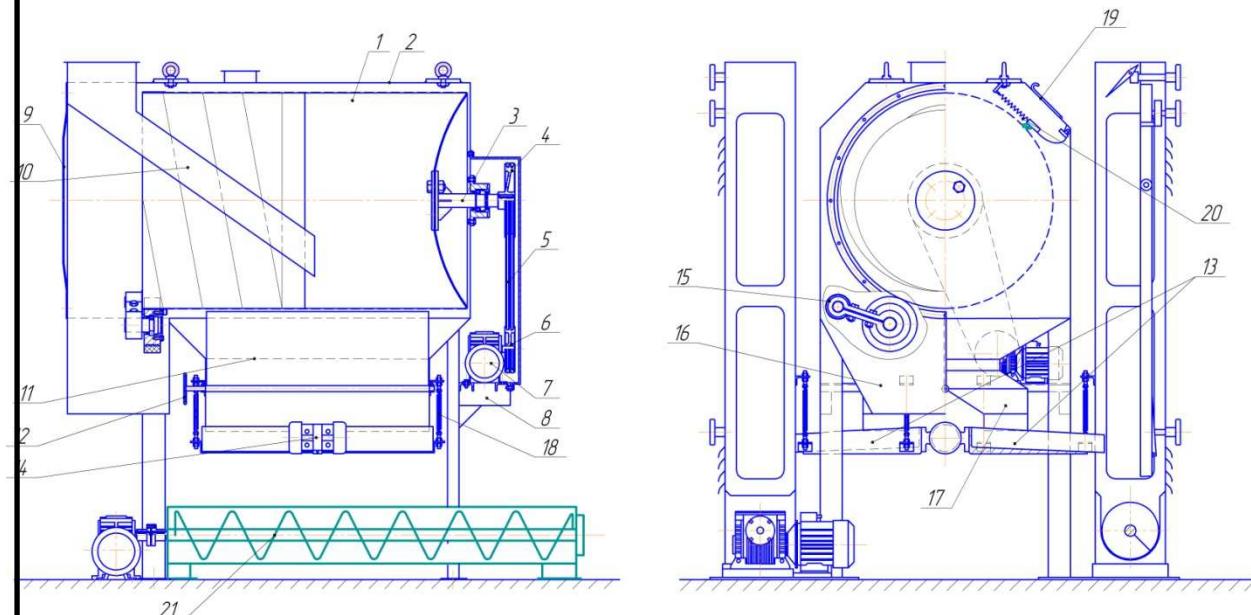
Наличие таких факторов как аспирация всего технологического оборудования, работа комплекса под открытым небом, удаленность от жилых районов позволяет сделать вывод, что содержание пыли и других вредных веществ в воздухе рабочей зоны намного меньше предельно допустимых значений для зерновой пыли ( $\text{ПДК}_{\text{зерн.пыли}} = 4 \text{ мг/м}^3$  ) и удовлетворяет самым строгим требованиям безопасности и ГН 2.2.5.1313-03 «ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Применяемые на комплексе воздухоочистительные установки обеспечивают удаление зерновой пыли из воздуха до 99%, поэтому выбросы в атмосферу снижены до минимальных значений и намного меньше предельно допустимого выброса в атмосферу для зерновой пыли  $\text{ПДВ} \leq 60 \text{ мг/м}^3$ .

### 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Конструкторская разработка

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка новой конструкции скальператора, который предназначен для предварительной очистки зерна от крупных примесей (камней, палок, крупных стеблей растений и др.), попавших в зерно во время его уборки, хранения и транспортирования. Его устанавливают на элеваторах и механизированных складах (рисунок 3.1).



1-ситовый цилиндр; 2-корпус; 3-вал; 4-шкив ведомый; 5-ременная передача; 6-ведущий шкив; 7-мотор-редуктор; 8-станина; 9-съёмная крышка; 10-лоток; 11-поворотная заслонка; 12-поворотная рукоятка; 13-вибролоток; 14-вибропривод; 15-резиновое покрытие; 16-выпускной патрубок; 17-выпускной патрубок; 18-пружинные подвесы; 19-смотровое окошко; 20-щёткоочиститель; 21-шнек.

Рисунок 3.1 – Предлагаемая конструкция скальператора.

Корпус 2 скальператора, изготовлен из листовой стали и имеет рабочую зону для размещения ситового цилиндра 1. К корпусу приварены

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 25.03.06.289.18.00.00.00.П3		
Разраб.	Стахеев						
Пров.	Дмитриев						
Н. контр	Дмитриев						
Утв.	Халиуллин						
Скальператор					Lит.	Лист	Листов
					Казанский ГАУ каф. МОА		

три стойки с опорными пластинами. На одной торцевой стенке корпуса с внешней стороны с помощью болтового соединения крепится подшипниковый корпус, служащий для крепления подшипниковых опор приводного вала 3, на котором установлен ведомый шкив 4, приводящийся в движение через ременную передачу 5 и ведущего шкива 6 посредством мотор-редуктора 7. Сам мотор-редуктор 7 установлен на станине 8.

На другой стенке имеется отверстие для съема и установки ситового цилиндра, закрываемое съемной крышкой 9.

Ситовой цилиндр 1 с горизонтальной осью вращения закреплен на приводном валу 3 через болтовые соединения. Ситовой цилиндр и вал барабана закреплены в опорах скальператора следующим образом: с одной стороны, ситовой цилиндр опирается на два опорных ролика с резиновым покрытием 15, а со стороны вала, сам вал 3 закреплен в подшипнике качения, установленном в подшипниковом корпусе вала барабана.

Щеткоочиститель 20 с эластичными прутками расположен сверху вдоль ситового цилиндра и закреплена в держателе, откидывающемся на шарнирах. Для доступа и визуального осмотра внешней поверхности ситового барабана предусмотрено смотровое окошко 19.

Приемное устройство, для зерна, состоит из поворотной заслонки 11, выпускного патрубка 17 и двух вибролотков 13. Зерно, прошедшее через ситовую поверхность 1 перенаправляется в правый и левый выпускной патрубок для зерна, посредством поворотной заслонки 11, которая служит для деления потока проходящего через сита зерна на два равных потока или для блокирования одного из выпускных патрубков (правого или левого), во время ремонта оборудования по правой или левой ветви технологического процесса. Поворот заслонки осуществляется посредством поворотной рукоятки 12. Далее через выпускной патрубок 17 зерно попадает на вибролоток 13 имеющий угол наклона поверхности относительно поверхности монтажа 6°, который совершают виброколебания вибропривода 14.

Изм.	№ докум.	Подпись	Дат	Лист
				ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ

Вибролоток крепится к скальператору на 8 пружинных подвесах 18, из них 4 крепятся к скальператору, а оставшиеся 4 – к двум пневмоканалам, установленными по обе стороны от скальператора.

Выпускное устройство, для отходов (вороха), состоит из выпускного патрубка 16.

Принцип работы предлагаемого скальператора заключается в последовательной очистке зерна от курупных примесей. Исходная зерновая смесь равномерно поступает через приемный патрубок по лотку 10 внутрь приемной части ситового цилиндра 1. Очищенное от примесей зерно, проходя по выпускному патрубку 17, образованному нижними наклонными стенками корпуса, выводится из машины и подается на последующую очистку. Зерно, прошедшее через ситовую поверхность 1 перенаправляется в правый и левый выпускной патрубок для зерна, посредством поворотной заслонки 11, которая служит для деления потока проходящего через сита зерна на два равных потока. Поворот заслонки осуществляется посредством поворотной рукоятки 12. Далее через выпускной патрубок 17 зерно попадает на вибролоток 13 имеющий угол наклона поверхности относительно поверхности монтажа  $6^\circ$ , который совершает виброколебания вибропривода 14.

Отобранные примеси (ворох), постепенно перемещаясь к открытой части ситового цилиндра, сбрасываются винтовой лопастью в выпускной патрубок 16 для отходов и также попадают на вибролоток 13 с левой стороны, который совершая виброколебания выгружает примеси в шнек 21 и выгружаются из скальператора.

Особенность барабанного скальператора – высокая эффективность очистки от крупных примесей, простая замена сит, хорошая доступность при эксплуатации.

					Лист
Изм.	№ докум.	Подпись	Дат	ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ	

### 3.2.1 Подбор мотор-редуктора

Для передачи вращающего момента на вал барабана в скальператоре используется мотор-редуктор и ременная передача.

Подберем мотор-редуктор:

$$T = 125 \text{ Н}\cdot\text{м}, n = 45 \text{ мин}^{-1}$$

$$P = T \cdot \pi \cdot n / 30, \quad (3.1)$$

$$P = 125 \cdot \pi \cdot 45 / 30 = 589 \text{ Вт}$$

По каталогу подбираем мотор-редуктор 2МЧ-63-45-51-1110-УЗ, 380, ТУ УЗ. 26-00224828-343-98, со следующими параметрами:  $P = 0,75 \text{ кВт}$ ,  $T=125 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $n = 45 \text{ об/мин}$ ,  $\eta = 0,7$ ,  $D_{\text{вых}} = 28 \text{ мм}$

### 3.2.2 Подбор ременной передачи

Исходные данные:

вращающий момент:  $T = 125 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;

частота вращения:  $n_1 = 45 \text{ мин}^{-1}$ ;

передаваемая мощность:  $P_1 = 0,75 \text{ кВт}$ .

Для регулировки частоты вращения ситового барабана предусмотрены сменные шкивы различного диаметра.

Рассчитаем ременную передачу по трем вариантам, в зависимости от частоты вращения ситового барабана  $n_2 = 21, 25, 30 \text{ мин}^{-1}$

a)  $n_2 = 21 \text{ мин}^{-1}$

$$U = n_1 / n_2 = 45 / 21 = 2,143$$

Принимаем сечение ремня Б.

Принимаем диаметр меньшего шкива  $d_{p1} = 200 \text{ мм}$

Расчетный диаметр большего шкива:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot U \cdot 0,985, \quad (3.2)$$

$$d_{p2} = 200 \cdot 2,143 \cdot 0,985 = 422 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ $d_{p2} = 450 \text{ мм}$	Лист
ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ	
Изм.	№ докум.

Фактическое передаточное число:

$$U_{\phi} = d_{p2} / (d_{p1} \cdot 0,985), \quad (3.3)$$

$$U_{\phi} = 450 / (200 \cdot 0,985) = 2,28$$

Предварительно межосевое расстояние принимаем равным:

$$a' = 1,2 \cdot d_{p2}, \quad (3.4)$$

$$a' = 1,2 \cdot 450 = 540 \text{ мм}$$

Длина ремня:

$$l' = 2a' + 0,5\pi(d_{p2} + d_{p1}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4a'}, \quad (3.5)$$

$$l' = 2 \cdot 540 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (450 + 200) + \frac{(450 - 200)^2}{4 \cdot 540} = 2129 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ  $l = 2500$  мм

Уточняем межосевое расстояние:

$$a = \frac{2l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8}, \quad (3.6)$$

$$a = \frac{2 \cdot 2500 - 3,14 \cdot (450 + 200) + \sqrt{[2 \cdot 2500 - 3,14 \cdot (450 + 200)]^2 - 8(450 - 200)^2}}{8} \\ = 729 \text{ мм}$$

Количество ремней:

$$z = P_1 / (P_p \cdot C_z), \quad (3.7)$$

$$P_p = P_o \cdot C_{\alpha} \cdot C_l \cdot C_i / C_p, \quad (3.8)$$

$$P_p = 750 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot 1,13 / 1,1 = 768 \text{ Вт}$$

$$\alpha = 180 - 57(d_{p2} - d_{p1})/a, \quad (3.9)$$

$$\alpha = 180 - 57 \cdot (450 - 200) / 729 = 160^\circ$$

$C_{\alpha} = 0,95$  при  $\alpha = 160^\circ$ ;  $C_l = 1,05$ ;  $C_i = 1,13$ ;  $C_p = 1,1$ ;  $C_z = 0,95$  при  $z = 2$

$$z = 768 / (589 \cdot 0,95) = 1,37$$

Принимаем число ремней равным  $z = 2$  шт.

Найдем предварительное натяжение одного ремня:

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot P \cdot C_p \cdot C_l}{z \cdot v \cdot C_{\alpha} \cdot C_i} + F_v, \quad (3.10)$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_1}{60}, \quad (3.11)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,2 \cdot 45}{60} = 0,47 \text{ м/с}$$

Изм.	№ докум.	Подпись	Дат	60	ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ	Лист
------	----------	---------	-----	----	---------------------------------	------

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot 750 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,47 \cdot 0,95 \cdot 1,13} = 730 \text{ Н}$$

Сила, действующая на вал:

$$F_r = 2F_0 \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right), \quad (3.12)$$

$$F_r = 2 \cdot 730 \cdot \cos(10) = 1442 \text{ Н}$$

$$\frac{\beta}{2} = \frac{180 - \alpha}{2} = \frac{180 - 160}{2} = 10$$

### 3.2.3 Расчет вала барабана

Вал скальператора служит для передачи вращающего момента от шкива, закрепленного на одном конце вала, к ситовому барабану, установленному на противоположном конце вала.

Материал вала – сталь 45; вращающий момент –  $T = 125 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;

предел выносливости –  $\sigma_b = 750 \text{ МПа}$ ;

сила, действующая на вал от ременной передачи –  $F_1 = 1442 \text{ Н}$ ;

сила действующая на вал со стороны барабана –  $F_2 = 1150 \text{ Н}$ .

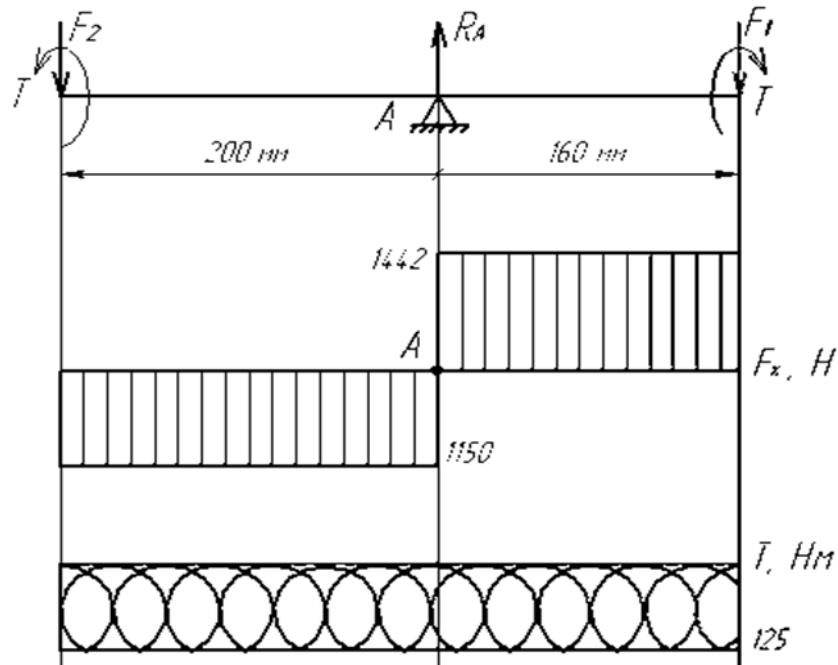


Рисунок 3.2 – Расчётная схема вала скальператора

Определим реакцию в опоре А:

Изм.	№ документ.	Подпись	Дат	Лист
				ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ

$$\Sigma F_y = 0, \quad R_A = F_1 + F_2, \quad (3.13)$$

$$R_A = 1442 + 1150 = 2596 \text{ Н}$$

$$M_{изг} = F_2 \cdot a, \quad (3.14)$$

$$M_{изг} = 1150 \cdot 0,2 = 230,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Опасным является сечение II т.к. в нем действует максимальный изгибающий момент.

При совместном действии напряжений изгиба и кручения запас сопротивлению усталости определяется по формуле:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S] = 1,5 \quad (3.15)$$

Запас сопротивления усталости по изгибу:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a \cdot K_\sigma}{K_d \cdot K_f} + \varphi_\sigma \cdot \sigma_m}, \quad (3.16)$$

Запас сопротивления усталости по изгибу:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a \cdot K_\tau}{K_d \cdot K_f} + \varphi_\tau \cdot \tau_m}, \quad (3.17)$$

где  $\sigma_a$  и  $\tau_a$  – амплитуды переменных составляющих циклов напряжений;

$\sigma_m$  и  $\tau_m$  – постоянные составляющие;

$$\sigma_m = 0; \quad \sigma_a = M_{изг} / (0,1 \cdot d^3), \quad (3.17)$$

$$\sigma_a = 230,8 / (0,1 \cdot 0,05^3) = 18,5 \text{ МПа.}$$

$$\tau_m = \tau_a = 0,5 \cdot \tau = 0,5 \cdot T_{круч} / (0,2 \cdot d^3), \quad (3.18)$$

$$\tau_m = \tau_a = 0,5 \cdot 125 / (0,2 \cdot 0,05^3) = 2,5 \text{ МПа.}$$

$\varphi_\sigma$  и  $\varphi_\tau$  – коэффициенты, зависящие от механических характеристик материала,  $\varphi_\sigma = 0,05$   $\varphi_\tau = 0,1$ ;

$\sigma_{-1}$  и  $\tau_{-1}$  – пределы выносливости,

$$\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_b, \quad (3.19)$$

$$\sigma_{-1} = 0,4 \cdot 750 = 300 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{-1} = 0,2 \cdot \sigma_b, \quad (3.20)$$

$$\tau_{-1} = 0,2 \cdot 750 = 150 \text{ МПа.}$$

$K_d$  и  $K_f$  – масштабный фактор и фактор шероховатости поверхности,

Изм.		№ докум.	Подпись	Дат	ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ	Лист
------	--	----------	---------	-----	---------------------------------	------

$$K_d = 0,7 \quad K_f = 0,9$$

$K_\sigma$  и  $K_\tau$  – эффективные коэффициенты концентраций напряжений при изгибе и кручении,  $K_\sigma = 1,8 \quad K_\tau = 1,4$ .

$$S_\sigma = \frac{300}{\frac{18,5 \cdot 1,8}{0,7 \cdot 0,9} + 0,05 \cdot 0} = 5,6$$

$$S_\tau = \frac{150}{\frac{2,5 \cdot 1,4}{0,7 \cdot 0,9} + 0,1 \cdot 2,5} = 25,8$$

$$S = \frac{5,6 \cdot 25,8}{\sqrt{5,6^2 + 25,8^2}} = 5,4 \geq [S] = 1,5$$

Условие прочности вала выполняется.

### 3.2.4 Подбор шпонок

Диаметр вала  $D = 50$  мм

Вращающий момент на валу  $T = 125$  Н·м

Выбираем шпонку по ГОСТ 23360-78,  $b \times h = 14 \times 9$ ,

$$l_p = l - b = 63 - 14 = 49 \text{ мм}$$

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \cdot T}{D \cdot l_p \cdot h}, \quad (3.21)$$

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \cdot 125 \cdot 10^3}{50 \cdot 49 \cdot 9} = 22,7 \text{ МПа} \leq [\sigma_{cm}] = 100 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, следовательно, шпонка выбрана, верно.

### 3.2.5 Подбор подшипников

Подбираем подшипник для вала диаметром  $d_b = 55$  мм,  $n = 30$  об/мин, нагрузка на подшипник  $F_{rA} = R_A = 2596$  Н.

Определим эквивалентную нагрузку:

$$P_{ekb} = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_6 \cdot K_T, \quad (3.22)$$

$$P_{ekb} = 1 \cdot 1 \cdot 2596 \cdot 2 \cdot 1 = 5192 \text{ Н.}$$

где  $K_6 = 2$  – коэффициент безопасности;

$K_T =$	– температурный коэффициент;	<i>Лист</i>
Изм.	№ докум.	Подпись Дат

ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ

$V = 1$  – вращается внутреннее кольцо подшипника;

$X$  и  $Y$  – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок,  $X = 1$ ,

$Y = 0$  т.к. осевая нагрузка на подшипники отсутствует.

Рассчитаем ресурс работы подшипника:

Предварительно выбираем подшипник шариковый радиальный однорядный №211,  $C = 43,6$  кН,  $C_0 = 25,0$  кН.

$$L = \left( \frac{C}{P_{\text{экв}}} \right)^p \cdot a_1 \cdot a_2, \quad (3.23)$$

где  $p = 3$  – для шарикоподшипников;

$a_1 = 1$  – коэффициент надежности;

$a_2 = 0,7$  – коэффициент совместного влияния качества металла и условий эксплуатации.

$$L = \left( \frac{43600}{5192} \right)^3 \cdot 1 \cdot 0,7 = 414,5$$

Расчетный ресурс в часах:

$$L_{h\text{расч}} = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}, \quad (3.24)$$

$$L_{h\text{расч}} = \frac{414,5 \cdot 10^6}{60 \cdot 30} = 230278 \text{ час}$$

$L_{h\text{расч}} = 230278 \text{ час} > [L] = 5520 \text{ час}$ , условие выполняется.

В связи с тем, что размер вала нельзя уменьшить по конструктивным соображениям, то подшипники имеют повышенный срок службы.

### 3.2.7 Расчет шнека

Производительность  $Q = 20$  т/ч; частота вращения  $n = 95$  об/мин; объемная масса перемещаемого продукта (пшеницы) –  $\gamma = 0,74$  т/м<sup>3</sup>; длина шнека  $L = 1,8$  м.

Диаметр винта шнека:

					ВКР 35.03.06.289.18.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	№ докум.	Подпись	Дат			

$$D = 0,275 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{E \cdot n \cdot \varphi \cdot \gamma \cdot K_\beta}}, \quad (3.25)$$

$$D = 0,275 \cdot \sqrt[3]{\frac{20}{1 \cdot 95 \cdot 0,32 \cdot 0,74 \cdot 1}} = 0,264 \text{ м}$$

Принимаем диаметр винта  $D = 250$  мм, шаг винта  $S = 250$  мм.

Максимальная допустимая частота вращения шнека:

$$n_{max} = \frac{A}{\sqrt{D}}, \quad (3.26)$$

$$n_{max} = \frac{50}{\sqrt{0,25}} = 100 \text{ мин}^{-1}$$

$n = 95 \text{ об/мин} < n_{max} = 100 \text{ мин}^{-1}$  – условие выполняется.

Мощность на валу винта для работы конвейера:

$$P_0 = \frac{Q}{367} \cdot L \cdot \omega + 0,02 \cdot K \cdot q_k \cdot L \cdot v \cdot \omega_B, \quad (3.27)$$

$$q_k = 80 \cdot D, \quad (3.28)$$

$$q_k = 80 \cdot 0,25 = 20 \text{ кг/м}$$

$$v = S \cdot n, \quad (3.29)$$

$$v = 0,25 \cdot 95 = 23,8 \text{ м/мин}$$

$$P_0 = \frac{20}{367} \cdot 1,8 \cdot 1,6 + 0,02 \cdot 0,2 \cdot 20 \cdot 1,8 \cdot 23,8 \cdot 0,01 = 0,2 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя для привода:

$$P = \frac{k \cdot N_0}{\eta}, \quad (3.30)$$

$$P = \frac{1,25 \cdot 0,2}{0,48} = 0,52 \text{ кВт}$$

Выбираем мотор-редуктор 2МЧ-63 с  $n_{вых} = 90 \text{ мин}^{-1}$  и  $P = 1,5 \text{ кВт}$

Вращающий момент на валу винта:

$$M_0 = 97,5 \cdot \frac{P_0}{n}, \quad (3.31)$$

$$M_0 = 97,5 \cdot \frac{1500}{90} = 163 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

### 3.3 Экономическое обоснование конструкции скальператора

### 3.3.1 Расчёт массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле:

$$G = (G_k + G_e) \cdot K \quad (3.3.1)$$

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

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

$K$  – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ( $K=1,05\dots1,15$ ).

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	60	1	60
2	Приёмная часть	30	1	30
3	Ситовый цилиндр	180	1	180
4	Съёмная крышка	10	1	10
5	Кожух	10	1	10
6	Рама	80	1	80
Итого:				370

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	30	0,02	0,6	70	2100
2	Гайки	25	0,01	0,25	40	1000
3	Шайбы	30	0,005	0,15	30	900
4	Подшипники	4	0,2	0,8	5000	20000
5	Шпонка	2	0,015	0,03	100	200
6	Шкив ведомый	1	4	4	6700	6700
7	Шкив ведущий	1	6	6	6800	6800
8	Крышка подшипника	2	1,5	3	4600	9200
9	Крышка подшипника	3	1,6	4,8	5000	15000
10	Мотор-редуктор	1	20	20	20000	20000
11	Мотор-редуктор	1	28	28	36000	36000
12	Вал	2	30	60	8000	16000
Итого:			217,63		133900	

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

$$G = (370 + 217,63) \cdot 1,05 = 617 \text{ кг}$$

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:

$$C_6 = [G_k \cdot (C_3 \cdot E + C_m) + C_{no}] \cdot K_{nau} \quad (3.3.2)$$

где  $G_k$  – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

$C_3$  – издержки производства приходящиеся на 1 кг, массы конструкции, руб. ( $C_3 = 0,02 \dots 0,15$ );

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

$C_m$  – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг. ( $C_m = 0,68 \dots 0,95$ );

$C_{no}$  – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.;

$K_{нац}$  – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ( $K_{нац} = 1,15\dots1,4$ ).

$$C_{в} = [370 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,8) + 133900] \cdot 1,25 = 167849 \text{ руб}$$

### 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	617	650
Балансовая стоимость, руб.	167849	220000
Потребная мощность, кВт	2,5	5
Часовая производительность, т/ч	40	30
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:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_z} \quad (3.3.3)$$

где  $N_e$  – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

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

Подставив значения в формулу (3.3.3) получим:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_e^0 &= \frac{5}{30} = 0,16 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч} \\ \mathcal{E}_e^1 &= \frac{2,5}{40} = 0,06 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}\end{aligned}$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} \quad (3.3.4)$$

где  $G$  – масса конструкции, кг;

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

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

$$\begin{aligned}M_e^0 &= \frac{650}{30 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,0021 \text{ кг/т} \\ M_e^1 &= \frac{617}{40 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,0015 \text{ кг/т}\end{aligned}$$

Фондоёмкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_6}{W_z \cdot T_{год}} \quad (3.3.5)$$

где  $C_6$  – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$\begin{aligned}F_e^0 &= \frac{220000}{30 \cdot 1000} = 7,3 \text{ руб./ед} \\ F_e^1 &= \frac{167849}{40 \cdot 1000} = 4,1 \text{ руб./кг}\end{aligned}$$

Трудоёмкость процесса определяют по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z} \quad (3.3.6)$$

где  $n_p$  – количество рабочих, чел.

$$\begin{aligned}T_e^1 &= \frac{1}{40} = 0,025 \text{ чел} \cdot \text{час/кг} \\ T_e^0 &= \frac{1}{30} = 0,03 \text{ чел} \cdot \text{час/кг}\end{aligned}$$

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{зп} + C_9 + C_{pmo} + A \quad (3.3.7)$$

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

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

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

$A$  – амортизационные отчисления, руб/ед.

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$C_{zp} = Z \cdot T_e \quad (3.3.8)$$

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

$$C_{zp}^1 = 100 \cdot 0,025 = 2,5 \text{ руб/кг}$$

$$C_{zp}^0 = 100 \cdot 0,03 = 3 \text{ руб./кг}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_e = \Pi_e \cdot \mathcal{E}_e \quad (3.3.9)$$

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

$$C_e^1 = 2,8 \cdot 0,06 = 0,168 \text{ руб./кг}$$

$$C_e^0 = 2,8 \cdot 0,16 = 0,448 \text{ руб./кг}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{pmo} = \frac{C_e \cdot H_{pmo}}{100 \cdot W_u \cdot T_{zod}} \quad (3.3.10)$$

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

Полученные значения подставим в формулу 3.4.10:

$$C_{pmo}^1 = \frac{167849 \cdot 10}{100 \cdot 40 \cdot 1000} = 0,41 \text{ руб./ кг}$$

$$C_{pmo}^0 = \frac{2200000 \cdot 10}{100 \cdot 30 \cdot 1000} = 0,73 \text{ руб./кг}$$

Затраты на амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_e \cdot a}{100 \cdot W_u \cdot T_{zod}} \quad (3.3.11)$$

где  $a$  - норма амортизации, %.

$$A^1 = \frac{167849 \cdot 12,5}{100 \cdot 40 \cdot 1000} = 0,52 \text{ руб./кг}$$

$$A^0 = \frac{220000 \cdot 12,5}{100 \cdot 30 \cdot 1000} = 0,91 \text{ руб./кг}$$

Полученные значения подставим в формулу 3.4.7:

$$S_{\text{екc}}^1 = 2,5 + 0,168 + 0,41 + 0,52 = 3,59 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{екc}}^0 = 3 + 0,448 + 0,73 + 0,91 = 5,08 \text{ руб./кг}$$

Приведённые затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_h \cdot F_h \cdot k \quad (3.3.12)$$

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

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

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

$$C_{\text{прив}}^1 = 3,59 + 0,1 \cdot 4,1 = 4 \text{ руб/кг}$$

$$C_{\text{прив}}^0 = 5,08 + 0,1 \cdot 7,3 = 5,81 \text{ руб/кг}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_q \cdot T_{\text{год}} \quad (3.3.13)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (5,08 - 3,59) \cdot 40 \cdot 1000 = 59600 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W_q \cdot T_{\text{год}} \quad (3.3.14)$$

$$E_{\text{год}} = (5,81 - 4) \cdot 40 \cdot 1000 = 72400 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\delta 1}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \quad (3.3.15)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{167849}{59600} = 2,8 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{эод}}}{C_{\delta}} \quad (3.3.16)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{59600}{167849} = 0,35$$

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	30	40	133
2	Фондоёмкость процесса, руб./т	7,3	4,1	76
3	Энергоёмкость процесса, кВт./кг	0,16	0,06	37
4	Металлоёмкость процесса, кг/т	0,0021	0,0015	71
5	Трудоёмкость процесса, чел*ч/кг.	0,03	0,025	83
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг	5,08	3,59	70
7	Уровень приведённых затрат, руб./кг.	5,81	4	68
8	Годовая экономия, руб.	59600		
9	Годовой экономический эффект, руб.	72400		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	2,8		
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	0,35		

Как видно из таблицы 3.4.4 спроектированная конструкция скальператора является экономически эффективной, так как срок окупаемости равен: менее 3 лет и коэффициент эффективности равен: 0,35.

### 3.5 Техника безопасности при эксплуатации скальператоа

Перед монтажом скальператора в соответствии с установочным чертежом подготавливают отверстия в перекрытии для его крепления анкерными болтами и установки переходников. При этом со стороны съемной крышки необходимо предусмотреть свободное пространство для съема и установки ситового цилиндра.

Машину устанавливают на перекрытии по уровню и закрепляют анкерными болтами. База для уровня – верхняя горизонтальная поверхность корпуса. Затем прикрепляют болтами все переходники, подсоединяют к ним самотечные трубы, подключают машину к контуру заземления (при помощи стальной шины), затем к электродвигателю и кнопочному посту. Перед включением машины обязательно проверяют напряжение в сети, направление и частоту вращения вала электродвигателя, отсутствие посторонних предметов в машине, наличие смазки в редукторе и подшипниках, свободное вращение (от руки) ситового цилиндра.

После монтажа скальператор обкатывают в течении двух часов. При этом проверяют отсутствие посторонних шумов, стуков и течи смазки в подшипниковых узлах и редукторе, степень нагрева подшипников, радиальное биение ситового цилиндра (оно не должно превышать 3 мм), равномерности прилегания щетки-очистителя по длине ситового цилиндра. Далее проверяют затяжку резьбовых соединений скальператора и анкерных болтов, натяжение приводного ремня.

После устранения обнаруженных дефектов оператор подает зерно в машину, постепенно увеличивая производительность до паспортной величины. Во время работы скальператора необходимо следить за равномерной подачей зерна, не допускать попадания полноценного зерна в отходы. В процессе эксплуатации машину нужно осматривать не реже одного раза в месяц. При этом проверяют состояние ситового цилиндра и щетки-очистителя. Заменять масло в редукторе и смазывать подшипниковые узлы надо в соответствии со схемой смазки.

Во время декадных ремонтов устраняют неполадки, проверяют состояние ситового цилиндра, натяжение приводного ремня и регулируют степень поджатия щетки-очистителя к ситовому цилинду, уровень масла в редукторе. При необходимости его добавляют.

## ВЫВОДЫ

В процессе разработки технологии и конструкции установки для послеуборочной очистки зерна (скальператора), были использованы все необходимые агротехнические требования к качеству получения очищенного зерна.

Внедрение предлагаемой технологии может дать большой экономический эффект.

Предлагаемая установка, имеющая простоту конструкции и себестоимость 4,1 руб/т и производительность – 40 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 3 лет, соответственно коэффициент эффективности капитальных вложений равен 0,35, что показывает экономическую целесообразность ее приобретения и применения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Процессы и аппараты пищевой технологии / Г. Д. Кавецкий, Б. В. Васильев - М.: Колос, 2001. – 208 с.
- 2.Машины и аппараты пищевых производств. В 3-х кн. : учебник для студ. вузов по спец. "Машины и аппараты пищ. произ-в". Кн. 1 / С. Т. Антипов [и др.]; Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ"; под ред. В. А. Панфилова, В. Я. Груданова. - Минск: БГАТУ, 2007. – 420 с.
- 3.Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебник для вузов / С.Г. Силенок и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
- 4.Основы конструирования деталей машин. / В.А. Агейчик – Мн. БГАТУ.
5. Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев, М.М. Темиров, Ю.М. Огурцов. Технологическое оборудование предприятий отрасли (зерноперерабатывающие предприятия) – М.: ДеЛи прингт, 2006.
6. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. Пособие для студ. техн. спец. вузов/ П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
7. Патент РФ № 2369081. Зерно- и семяочистительный агрегат / Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Гиевский А.М. Заявл. 28.04.2008, опубл. 10.10.2009, бюл. № 28.
8. Патент РФ № 2275251. Скальператор / Павлов С.А., Дорджиев Н.Г., Шахсаидов Б.И., Дринча В.М. Заявл. 20.08.2005, опубл. 27.04.2006, бюл. № 12.
- 9.Пурфилов В.А. / «Машины и аппараты пищевых производств» / В.Я. Груданов - Минск, 2007.
10. Расчеты деталей машин: Справочное пособие 3-е издание перераб. и доп. / А. В. Кузьмин и др. - Мн.: Выш. школа 1986.
11. Технологическое оборудование пищевых производств./ Ю. М. Азаров, Х. Аурих, С. Дичев и др.; Ред. Б. М. Азаров - М.: Агропромиздат, 1988.

-463 с.

12. Технология и оборудование мукомольной, крупяной и комбикормовой промышленности/ Г. А. Егоров, Я. Ф. Мартыненко, Т. П. Петренко-М.: Изд. комплекс МГАПП, 1996. – 209 с.
13. Шейнблит А. Е. / Курсовое проектирование деталей машин / А. Е. Шейнблит – М.: Высшая школа, 1991 г. – 432с.
14. Чернавский С. А. / Курсовое проектирование деталей машин /. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1987. - 416 с.