

**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 триера»

Шифр 35.03.06.557.18.00.00.00

Студент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О.

Руководитель \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 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 Замалова Р.А. выполненную на тему «Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна с разработкой триера».

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 ситовых 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 триера. Приведены требования к триеру. Описана работа приспособления, выполнены конструктивные расчеты. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения триера.

Пояснительная записка завершается заключением и списком использованной литературы.

## ANNOTATION

At the final qualifying work Zamalova RA made on the theme "Perfection of post-harvest grain processing technology with the development of a trier".

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, the existing designs of screen separators are analyzed. 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, a triere design is developed. The requirements for the trier 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 the trier 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 Поточная технологическая линия послеуборочной обработки зерна  |  |
| 1.2.2 Технологическая схема послеуборочной обработки семян зерновых культур по патенту №2352099                                  |  |
| 1.3 Анализ существующих конструкций дисковых триеров.....  |  |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....   |  |
| 2.1 Предлагаемая технологическая линия послеуборочной переработки зерна.....   |  |
| 2.2 Технологические расчёты.....   |  |
| 2.3 Разработка мероприятий по улучшению безопасности жизнедеятельности и условий труда при послеуборочной переработке зерна..... |  |
| 2.4 Разработка мероприятий по улучшению пожарной безопасности при послеуборочной переработке зерна.....                          |  |
| 2.5 Разработка мероприятий по охране окружающей среды при послеуборочной переработке зерна.....                                  |  |
| 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....   |  |
| 3.1 Конструкторская разработка.....  |  |
| 3.2 Энергетический расчет  |  |
| 3.2.1 Кинематический расчет  |  |
| 3.3 Конструктивный расчет  |  |
| 3.3.1 Расчет вала ротора   |  |
| 3.3.2 Расчет ременной передачи   |  |
| 3.4 Экономическое обоснование конструкции триера.....  |  |
| 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 дискового триера.....

ВЫВОДЫ.....

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....

ПРИЛОЖЕНИЯ.....

СПЕЦИФИКАЦИЯ.....

## **Введение**

Триерные блоки предназначены для очистки от длинных и коротких примесей зерна и семян различных культур кондиционной влажности, прошедших предварительную очистку в воздушно-решетных машинах. Применение триеров позволяет качественно провести очистку зерновых.

Триерные блоки очень чувствительны к влиянию окружающей среды и быстро изнашиваются. Их рабочие органы изготавливаются из чугуна. Они очень высокоточные и трудоемкие при изготовлении. Поэтому дорогостоящие. Кромки ячеек быстро изнашиваются, и восстановить их очень сложно. Поэтому им необходим тщательный уход и хранение в подготовленных хранилищах. Разработка полимерных материалов дает возможность значительно понизить стоимость триерных блоков и возможность их ремонта. Из полимерных материалов изготавливают накладки. Которые потом устанавливают на рабочие органы цилиндрических триеров. А для дисковых триерных блоков изготавливают диски из полимерных материалов, что снижает их стоимость и облегчает рабочие органы. Уменьшение массы рабочих органов дает возможность увеличить угловую скорость при той же мощности двигателя, что, несомненно, ведет за собой повышение производительности триерных блоков.

В связи с этим целью выполнения выпускной квалификационной работы является то, что на основании изученного материала работы, разработать конструкцию триера. Рассчитать ее конструктивные параметры, разработать мероприятия по технике безопасности и по охране труда, провести технико-экономическое обоснование разработанной конструкции.

# 1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Общие сведения

С целью очистки и сортировки зерна по длине на приемных пунктах сельских хозяйств, семеноводческих станциях, комбинатах хлебопродуктов, мукомольных и крупяных заводах широко применяют цилиндровые и дисковые триеры.

Основные рабочие органы триеров — сортирующие цилиндрические обечайки и диски, которые в процессе выполнения работы подвергаются интенсивному абразивному влиянию зерновой массы, которая содержит в своем составе твердые минеральные частицы, из-за чего они теряют своё свойство и выходят из строя в первую очередь. К примеру, если срок службы цилиндровых и дисковых триеров вплоть до капитального ремонта составляет 13 лет и более, то из-за износа рабочих элементов ячеистых поверхностей цилиндрические обечайки требуют замены уже через два-три, а триерные диски — через один-два года непрерывной работы.

Зарубежная и отечественная практика показывает, что в современных условиях добиваются успеха, повышения конкурентоспособности продукции лишь те фирмы (предприятия), которые постоянно обновляют номенклатуру выпускаемых изделий, одновременно сокращая сроки разработки и подготовки производства новой продукции. Именно поэтому большое внимание следует уделять разработке новых конструкций.

Обеспечение высоких эксплуатационных параметров изделий может быть достигнуто путем оптимизации комплекса работ в системе «конструкция – материалы - технология».

Возрастающие требования к повышению эффективности работы выпускаемого машиностроительными предприятиями оборудования, обеспечению технологичности изделий, снижению трудоемкости и стоимости их изготовления вызывают необходимость поиска рациональных решений в этом направлении.

Все более активно на разработку новых изделий влияет уровень создания новых материалов и развития технологий. При этом новые конструкционные материалы и технологии изготовления изделий являются средствами реализации достижений передовых наукоемких отраслей в сфере производства техники и оборудования для села и обеспечения выпуска машин с качественно новыми эксплуатационными характеристиками и параметрами.

Для этого необходимо, чтобы конструктор обладал достаточной информацией о перспективных материалах и технологиях, ориентированных на современные производства. Переход к такой форме создания новых машин является технологически ориентированным проектированием изделий, реализация которого осуществляется через систему конструкторско-технологических решений.

Разработка и применение новых конструкторско-технологических решений позволяет перейти к современной методологии создания изделий - технологически ориентированному проектированию оборудования нового поколения, в том числе в отрасли сельскохозяйственного машиностроения.

## 1.2 Анализ существующих технологий послеуборочной обработки зерна

### 1.2.1 Поточная технологическая линия послеуборочной обработки зерна

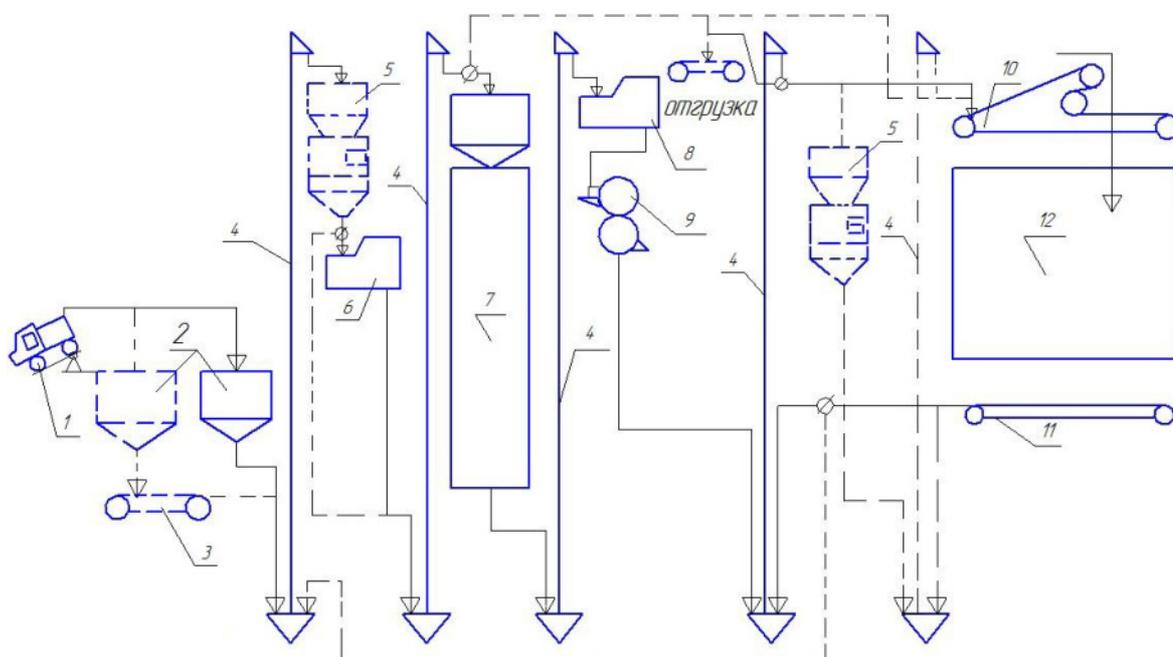
В настоящее время практически каждое крупное сельхозпредприятие, производящее зерно, имеет собственные механизированные пункты для послеуборочной обработки зерна. Структура, состав, техническая оснащенность пунктов очень разнообразны.

Поточные технологические линии могут быть стационарными или составленными из передвижных машин и механизмов.

Пользуясь данными рекомендациями, принципиальными схемами, хозяйства могут разработать индивидуальную поточную линию для

обработки зерна, используя имеющееся технологическое и транспортное оборудование. Поточные технологические (механизированные) линии предусмотрены для обработки зерна вплоть до закладки его на хранение с установленным качеством без промежуточного (между операциями) хранения.

При поточной обработке зерна трудовые затраты уменьшаются в 8 - 10 раз, улучшается качество обработки, увеличивается степень использования оборудования, формируются требования с целью продолжительного хранения зерна.



1- автомобилеразгрузчик; 2 - приемный бункер; 3 - приемный конвейер; 4 - нория; 5 - автоматические весы; 6,8 - сепараторы первой и вторичной очистки; 7 - зерносушилка; 9 - триерная установка; 10,11 - верхний и нижний конвейеры; 12 - склад.

Рисунок 1.1 – Поточная технологическая линия послеуборочной обработки 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 согласно с целевым назначением.

Пропускная способность поточных технологических линий обуславливается производительностью используемого оборудования. В большинстве случаев к таким относятся зерносушилки или зерноочистительные машины, но могут быть и автомобилеразгрузчики, конвейеры, норрии и др.

Поточные технологические линии с целью послеуборочной обработки зернового материала подразделяют на зерноочистительные установки, зерноочистительно-сушильные комплексы и специализированные линии для обработки соответствующего материала.

Зерноочистительные установки применяются для послеуборочной обработки зерна с влажностью до 16%. Установки выпускаются с различной производительностью с разными технологическими возможностями. В структуру установки входят: приемное приспособление с автотранспорта, бункеры для очищенного зерна и отходов; вентилируемые бункеры для с целью скоротечного сохранения зерна, ожидающего обработки. Технологическая схема агрегата содержит ряд дополняющих друг друга зерноочистительных машин, связанных транспортирующими машинами и механизмами.

Технологическая схема таких линий соответствует вышерассмотренным принципиальным схемам стационарных поточно-технологических линий с некоторыми особенностями, характерными для башен механизации.

Заслуживает внимания устройство стационарных поточно-технологических линий с использованием площадок для временного хранения зерна. Для механизации такой площадки строят норрийную башню (НБ), в обе стороны от которой устраивают конвейерные галереи с ленточными конвейерами. Норрийная башня, оборудованная норрией 1-100, имеет приемное устройство, состоящее из приемного бункера и автомобилеразгрузчика.

Конвейеры с помощью сбрасывающих тележек ТР-500 сбрасывают зерно на асфальтированные площадки длиной 100 м и шириной 15 м каждая, огражденные инвентарными хлебными щитами высотой 2 м. Вместимость таких площадок 8 тыс. т. Металлоконструкции изготавливаются в мастерских и монтируются на месте.

Перед приемкой площадку оборудуют напольно-переносными установками для активного вентилирования зерна. Разгружают площадку средствами передвижной механизации. Зерно подают для послеуборочной обработки на существующие поточно-технологические линии.

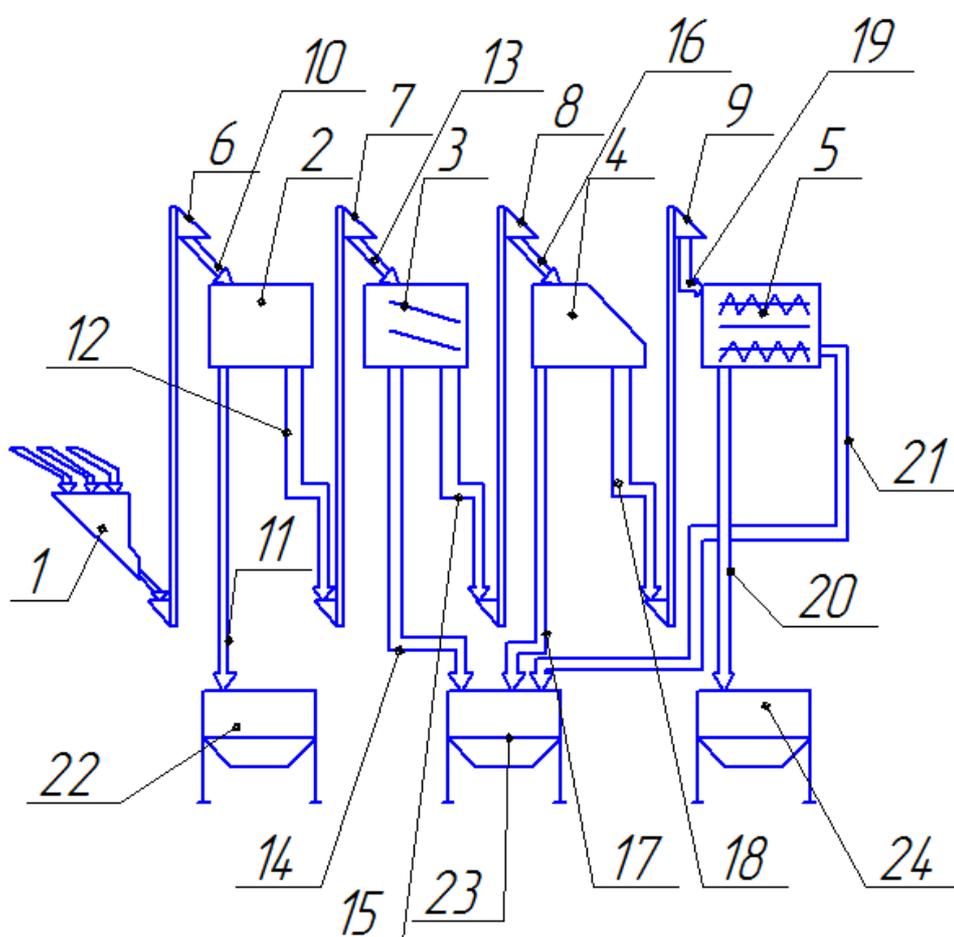
Если таковых нет или на них невозможно средствами механизации подать зерно, можно воспользоваться следующей конструкцией линии. На одном конце асфальтовой площадки шириной 18 м установлен автомобилеразгрузчик, приемный бункер и нория Н-100. По продольной оси площадки длиной 60 м на опорах смонтирована верхняя конвейерная галерея. Под ней расположена подземная конвейерная галерея с выпускными воронками через каждые 5 м.

На противоположном конце площадки построена приёмно-очистительная башня с двумя нориями I-50 и сепаратором А1-БИС-100. Рядом с башней устанавливают две передвижные зерносушилки ЗСПЖ-8. Принятое зёрно с площадки нижним конвейером подается в приёмно-очистительную башню, где очищается, сушится и секционноразборным конвейером направляется в склад.

### 1.2.2 Технологическая схема послеуборочной обработки семян зерновых культур по патенту №2352099

Технологическая схема 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-подъемно-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.

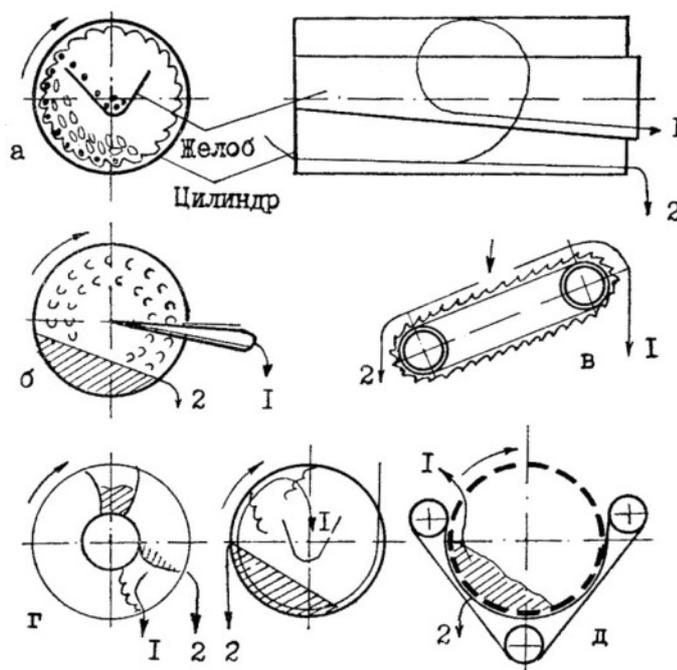
Рисунок 1.2 – Технологическая схема послеуборочной обработки семян зерновых культур по патенту №2352099

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 нории) 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-транспортного 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-транспортного 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-транспортного 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 дисковых триеров

Если компоненты смеси различаются по длине семян, их разделяют с помощью триеров. В сельскохозяйственном производстве широкое распространение получил цилиндрический триер с внутренней рабочей ячейистой поверхностью (рисунок а). Диаметр ячеек подбирают так, чтобы семена с меньшей длиной (короткие) могли войти в них полностью, а длинные не входили бы.



а - цилиндрический триер; б - дисковый триер; в - ленточный триер (триер-горка); г - лопастные триеры; д - триер со сквозными отверстиями; 1 - короткие примеси; 2 — длинные примеси.

Рисунок 1.3 - Схема технологического процесса триеров

Внутри цилиндра расположен желоб, высота рабочей кромки которого регулируется. При вращении цилиндра короткие семена, находящиеся в ячейках, будут подняты на большую высоту и выпадут в желоб, длинные примеси, которые в ячейки не входят, будут осыпаться меньшей высоты и в желоб не попадут. Поскольку ячейки триера осуществляют поштучный отбор семян, то производительность цилиндрического триера остается низкой.

Скоростной режим триера ограничен, так как при большей частоте вращения семена, находящиеся в ячейках, могут не выпасть в желоба, а будут удерживаться в них центробежными силами.

Известны и другие типы триеров, такие, как дисковый, (рисунок б), ленточный (рисунок в), лопастной (рисунок г), со сквозными отверстиями в цилиндре (рисунок д). Рабочим органом дискового триера является плоский кольцеобразный диск, по всей поверхности которого с обеих сторон расположены карманообразные ячейки специальной формы. Ряд таких дисков насаживается на общий горизонтальный вал. При вращении дисков, погруженных в зерновую смесь, ячейки вычерпывают из смеси короткие примеси и перебрасывают их в приемные лотки, расположенные между дисками. Зерновой материал постепенно передвигается из одного междискового пространства в другое с помощью лопастей, закрепленных на том же общем валу. Дисковые триеры более эффективно используют рабочий объем машины, так как количество ячеек в единице объема у них больше, чем у цилиндрических. Недостатком этих устройств является большая зависимость показателей работы. От вибраций машины, поэтому дисковые триеры обычно устанавливаются на фундаменте. Применяют дисковые триеры в основном на предприятиях мукомольного производства.

Ленточный тип триера (рисунок в) может обеспечить одинаково оптимальные условия заполнения всех ячеек, контактирующих с зерном, и значительное удаление зоны выпадения коротких примесей от зоны заполнения ячеек. Но стабильность геометрических параметров ячеек эластичной ленты трудно сохранить, так как она подвержена деформациям, связанным с натяжением полотна, влиянием температуры, изменением нагрузки и т. п.

Лопастные триеры более полно используют рабочий объем машины, но значительно сложнее в изготовлении и обслуживании, чем цилиндрические (рисунок г).

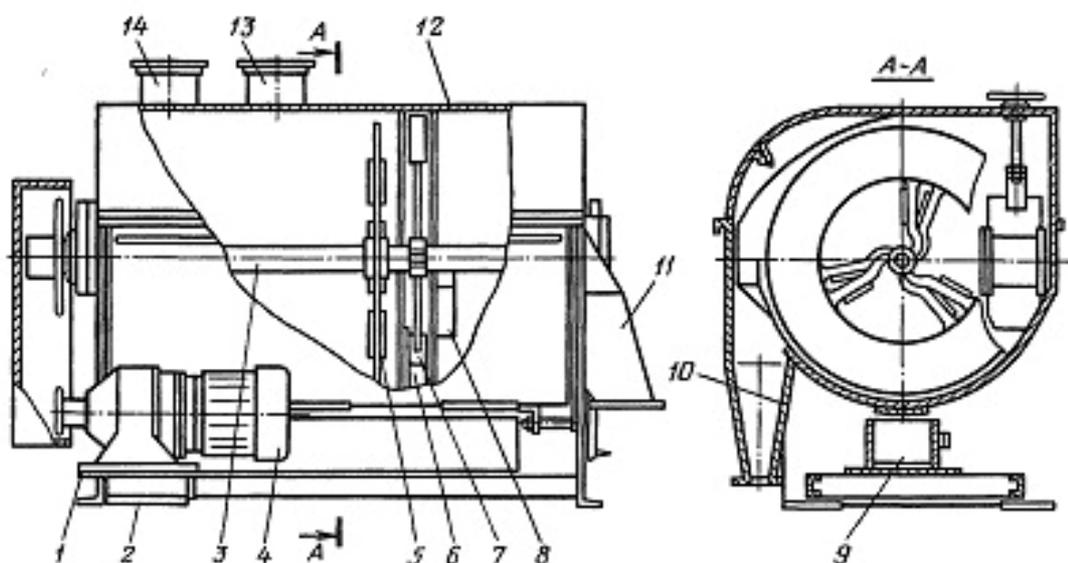
Триеры со сквозными отверстиями могут работать при большей частоте вращения цилиндра, так как центробежные силы у них способствуют, а не препятствуют (как у обычных цилиндрических) выпадению семян из ячеек.

Рассмотри некоторые из них:

#### 1) Дискový триер ЗТО-5М

Основные его узлы следующие: станина, верхняя и нижняя части кожуха, приемный и аспирационный патрубки, дискový ротор, сборники зерна и отходов, устройства периодического удаления минеральных примесей, скапливающихся на дне нижней части кожуха, приводное устройство.

Основной рабочий механизм триера — диски 5, которые на боковых поверхностях имеют карманообразные ячейки. На спицах дисков зафиксированы гонки, которые применяются для перемешивания зерновой консистенции и перемещения её вдоль триера. Диски 5 размещены так, что гонки формируют винтовую линию вдоль оси вала.



1-станина, 2-кронштейн; 3-вал, 4-электропривод, 5-диск, 6-накопительное отделение, 7- ковшовое колесо, 8-лоток, 9, 10, 11-патрубки; 12-кожух, 13-патрубок для аспирационного воздуховода, 14-приемный патрубок.

Рисунок 1.4 - Дискový триер ЗТО-5М

Принцип работы: Перерабатываемый материал поступает в триер через приемный патрубок 14 и заполняет внутреннюю полость между дисками. При вращении дисков продукт заполняет карманообразные ячейки и под воздействием центробежной силы и силы тяжести загружается в выходной патрубок 10 и затем выводится из триера. Длинные примеси не захватываются ячейками. Гонками на дисках они перемещаются вдоль триера к стенке перегружателя, накапливаются в конце рабочего отделения и через отверстие в боковой стенке попадают в накопительное отделение 6, откуда ковшовым колесом 7 направляются в контрольное отделение. Здесь отделяются зерновки пшеницы, попавшие вместе с длинными примесями. Примеси выпускают из триера через разгрузочный патрубок 11 в боковой стенке кожуха 12.

Преимущества. Уровень загрузки зерна в контрольном отделении регулируют с помощью заслонки, которая установлена на разгрузочном патрубке 11, что даёт возможность корректировать попадание зерна в отходы, доводя его до нормируемой величины.

Недостатки: невысокая производительность, большие энергозатраты, сложность при ремонте.

## 2) Быстроходный цилиндрический триер МБТС

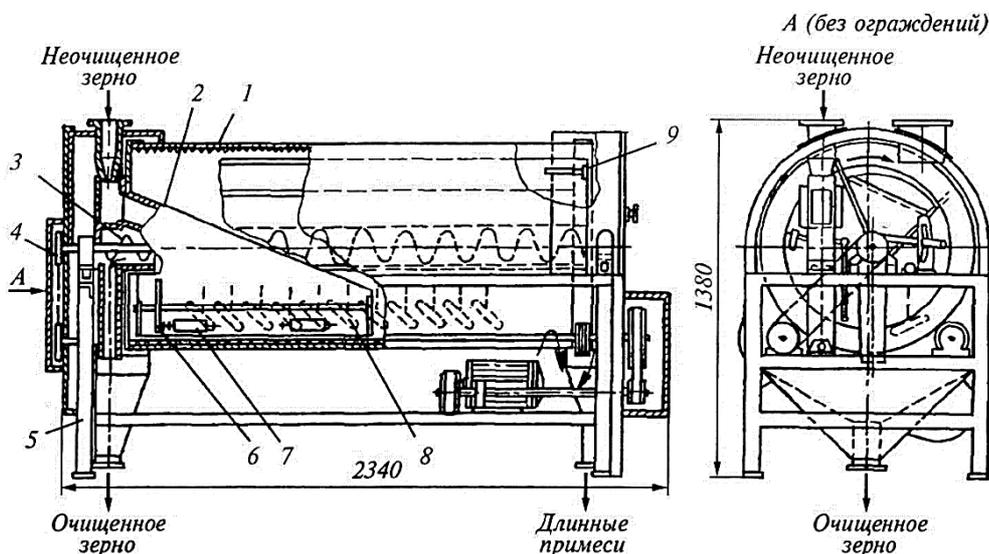
Основной узел триера - цилиндр 1 диаметром 800 мм и длиной 1700 мм, который изготовлен из стали и установлены ячейки диаметром 8,5 мм. Цилиндр легко опирается на четыре ролика, которые зафиксированы на станине 5 и сообщают ему равномерное вращательное перемещение относительно горизонтальной оси.

Вдоль участка, равного  $\frac{2}{3}$  длины цилиндра, установлено питающее устройство 2 одинаково распределяющее исходный зерновой материал. Регулятором производительности питателя служит устройство 6 с противовесом 7.

Семена короткой фракции (пшеницы) стабильно западают в ячейки цилиндра, с которых затем направляются в желоб выводящего шнека 3, который вращается от привода с помощью шкива 4. Длинные примеси постепенно передвигаются вдоль цилиндра к сборнику. Скорость продольного перемещения засорителей регулируют посредством системы из одиннадцати поворотных пластин-плужков 8, изменяя их уклон и размещение по вертикали.

Фронтальные части цилиндра оборудованы кольцевыми диафрагмами-фланцами высотой 50 мм с целью поддержания в цилиндре конкретного уровня зерна. При этом в правой части цилиндра накапливаются овсюг и прочие длинные примеси, направляемые в отход. С целью избежать попадания в отходы зерен пшеницы, следует основательно контролировать длинную фракцию.

Для этого диафрагма оснащена четырьмя ворошителями 9, которые, в добавок разрыхляют зерновую смесь, упрощая проникновение в ячейки цилиндра ещё невыделенных зерен пшеницы.



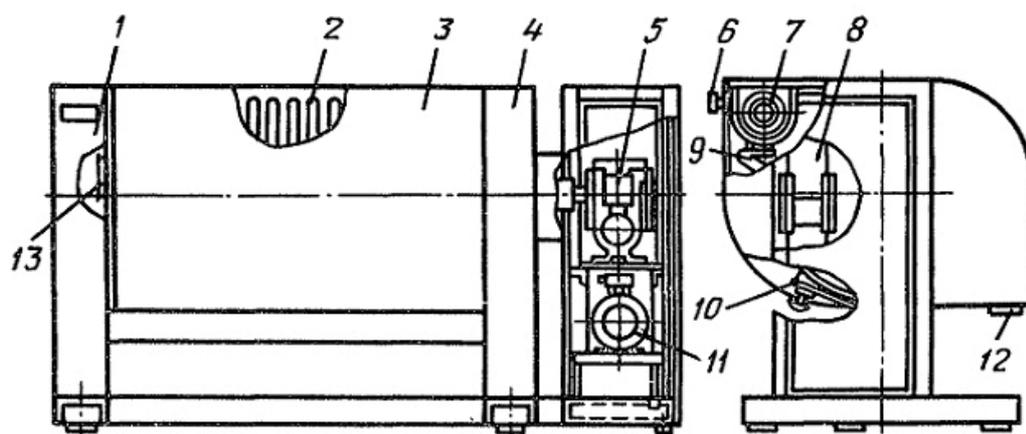
1-цилиндр, 2-питающее устройство, 3-выводящий шнек, 4-шкив, 5-рама, 6-регулятор; 7-противовес, 8-платины-плужки, 9-ворошитель.

Рисунок 1.5 - Быстроходный цилиндрический триер МБТС

Рассмотренная конструкция триера относительно несложна и достаточно эффективна. Недостатком считается небольшой срок службы приводных и поддерживающих роликов, подобранных в виде пакетов из плоских прорезиненных дисков. В следствии износа контактных поверхностей роликов нарушается плавность хода триеров, что вызывает пульсацию и уменьшает эффективность сепарирования.

### 3) Дискový триер А9-УТО-6

Устройство А9-УТО-6 используется с целью очистки зернового материала от примесей более длинных, чем зерна основной культуры (овсюг, овес и др.), его применяют в зерноочистительном отделении мукомольного завода.



1,4-стойки, 2-диск, 3-корпус, 5-редуктор, 6-механизм управления задвижкой, 7-приемно-распределительное устройство, 8, 9-задвижки, 10-люк для минеральных примесей, 11-электродвигатель, 12, 13-выпускные патрубki.

Рисунок 1.6 - Дискový триер А9-УТО-6

Технологические операции в дисковом триере осуществляется следующим образом. Зерновой материал направляется через приемное отверстие в верхней части корпуса в приемно-распределительное устройство 7, которое равномерно разделяет её по всей длине желоба. Разделение зернового материала по приемно-рабочим дискам 2 выполняется задвижкой 9. Исходный зерновой материал поступает одновременно на семь приемно-

рабочих дисков 2, в ячейки которых попадают зерно и овсюг. Зерновой материал поднимается ячейками, попадает в лотки и выгружается через патрубок 12. Длинные примеси выпадают из ячеек и вместе с остальным зерном передвигается гонками дисков вдоль триера к накопительную часть, куда они поступают посредством специального отверстия в перегородке. Количество зернового материала регулируется задвижкой 8 с рычажно-винтовым приводом. Ковшовое колесо захватывает зерно с длинными примесями и направляет его в контрольное отделение, где будет происходить окончательная очистка. Овсюг и прочие длинные примеси выгружаются из машины через отверстие в торцевой стенке и патрубок 13, где также установлена задвижка. Расположение задвижек влияет на качество работы триера, так как ими можно регулировать работу контрольного отделения. Для выгрузки примесей в нижней части корпуса расположен люк 10.

Характерной чертой триера А9-УТО-6 является функциональное распределение дисков на приемно-рабочие и контрольные, а также наличие накопительного отделения с ковшовым колесом. Очередность переработки зерновой смеси и контроль переходной фракции существенно различаются в триерах-куколеотборниках, невзирая на схожесть их конструкции.

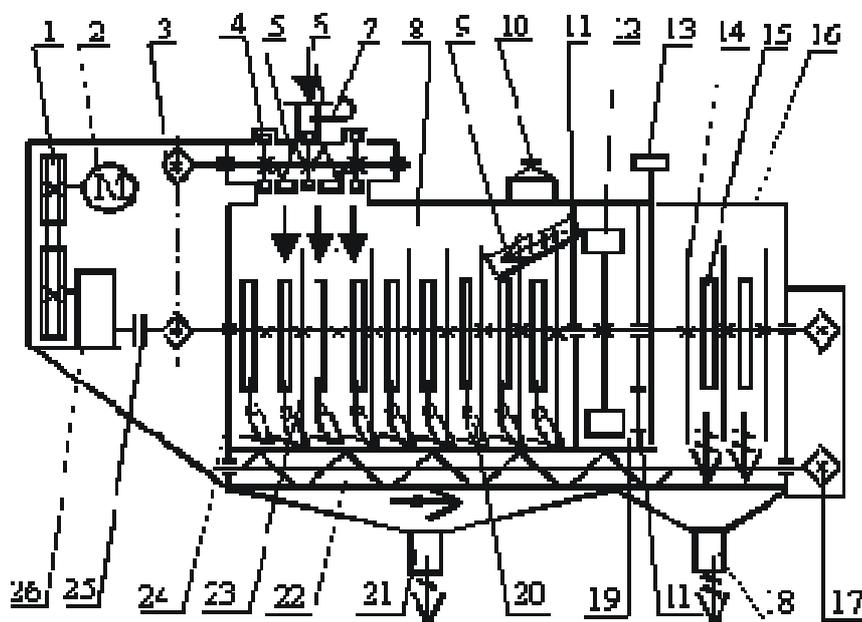
Недостатки. Снижение эффективности работы при износе дисков, которые в этом случае подлежат замене. При работе триера возможно также задевание дисков за лотки, что искажается посторонним звуком, скрежетом. Иногда в приемно-распределительное устройство или корпус триера попадают крупные посторонние примеси, что нарушает равномерность подачи зерна и режим работы триера.

#### 4) Дисковый триер куколеотборник А9-УТК

Дисковые триеры А9 – УТК предназначены для выделения из смесей коротких примесей (преимущественно куколя). Основной рабочий орган триера – диски с ячейками на боковых поверхностях.

Технологический процесс в дисковом триере осуществляется следующим образом. Исходная смесь поступает в приёмно-питающее устройство, состоящее из приёмного патрубка 6, трёх ковшевых колёс 4, шнека 5 и регулирующих устройств откуда тремя потоками направляется в корпус 20. Корпус 20 корытообразной конструкции разделён двумя перегородками 11 на рабочее 8, контрольное 16 и перегружающее 19 отделения, в которых помещается вращающийся ротор. Ротор представляет собой вал, на котором закреплены диски рабочего отделения 23, диски контрольного отделения 14 и ковшовое колесо 12. Привод ротора осуществляется от электродвигателя 2 через клиноремённую передачу 1 и цепную муфту 25. Зёрна смеси, поступившие в рабочее отделение, попадают в ячейки вращающихся дисков и поднимаются на определённую высоту. При этом длинные частицы (зёрна пшеницы или ржи) занимают неустойчивое положение в ячейках и при небольшом угле поворота дисков выпадают, попадая в лотки (на рис. 12.5 не показаны), откуда очищенное зерно через патрубок 21 выводится из машины. Короткая фракция (битые зёрна и семена куколя) занимают устойчивое положение в ячейках и выпадают под действием сил инерции и тяжести при значительно большем угле поворота ротора в лотки 24, расположенные между дисками, по которым направляется в шнек 22. Последний транспортирует короткую фракцию и попавшие сюда зёрна основной культуры (пшеницы или ржи) в контрольное отделение 16, где вращаются диски контрольного отделения 14. Здесь короткие примеси, попадая в ячейки, поднимаются вверх, выпадают в лотки 15, а по ним поступают в сборник и через патрубок 18 выводятся из машины. Длинные частицы накапливаются в контрольном отделении и гонками дисков поджимаются к перегородке 11, разделяющей контрольное и перегружающее отделения. При достижении определённого уровня зёрна пшеницы (или ржи) через окно в стенке 11 поступают в перегружающее отделение и ковшовым колесом 12 поднимаются вверх, а затем по наклонному лотку 9 возвращаются в рабочее отделение.

Шнеки и ковшовые колёса питающего устройства приводятся в движение от основного ротора через цепные передачи 3 и 17. Аспирация триера осуществляется через патрубок 10.



1-ремённая передача; 2-электродвигатель; 3-цепная передача привода питающего устройства; 4-ковшовое колесо питающего устройства; 5-питающий шнек; 6-приёмный патрубок; 7-заслонка питающего устройства; 8-рабочее отделение; 9-лоток перегружающего устройства; 10-аспирационный патрубок; 11-перегородка; 12-ковшовое колесо перегружающего устройства; 13-заслонка контрольного отделения; 14-диск контрольного отделения; 15-лоток контрольного отделения; 16- контрольное отделение; 17-цепная передача привода шнека для короткой фракции; 18-патрубок для выпуска короткой фракции; 19-перегружающее отделение; 20-корпус; 21-патрубок для выпуска очищенного зерна; 22-шнек; 23-диски рабочего отделения; 24-лотки; 25-цепная муфта; 26-редуктор.

Рисунок 1.7 - Дискový триер куколеотборник А9-УТК

Преимущества. Равномерность распределения и подачу (производительность) исходной смеси регулируют с помощью флажкового распределителя и заслонки 7. Уровень зерна, находящегося в контрольном отделении, изменяют путём перекрытия заслонкой 13 окна в перегородке, разделяющей контрольное и перегружающее отделения.

Недостатком данного устройства является быстрый износ рабочих дисков и перегруз приёмно-питающего устройства, что может привести к забиванию их продуктом переработки, а вследствие этого - к снижению эффективности триерирования.

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

- Одним из важнейших направлений совершенствования устройств для послеуборочной переработки зерна является создание конструкций дисковых триеров, которые позволяют выделить примеси, отличающихся от зерен основной культуры длиной, при этом увеличивать производительность, получать высокую степень выхода продукта и чистоту получаемого продукта.

- Качество получаемого продукта зависит как от физико-механических, технологических, пищевых свойств зерна, так и от конструкции дискового триера, рабочего органа (диска), способа воздействия его на перерабатываемый продукт.

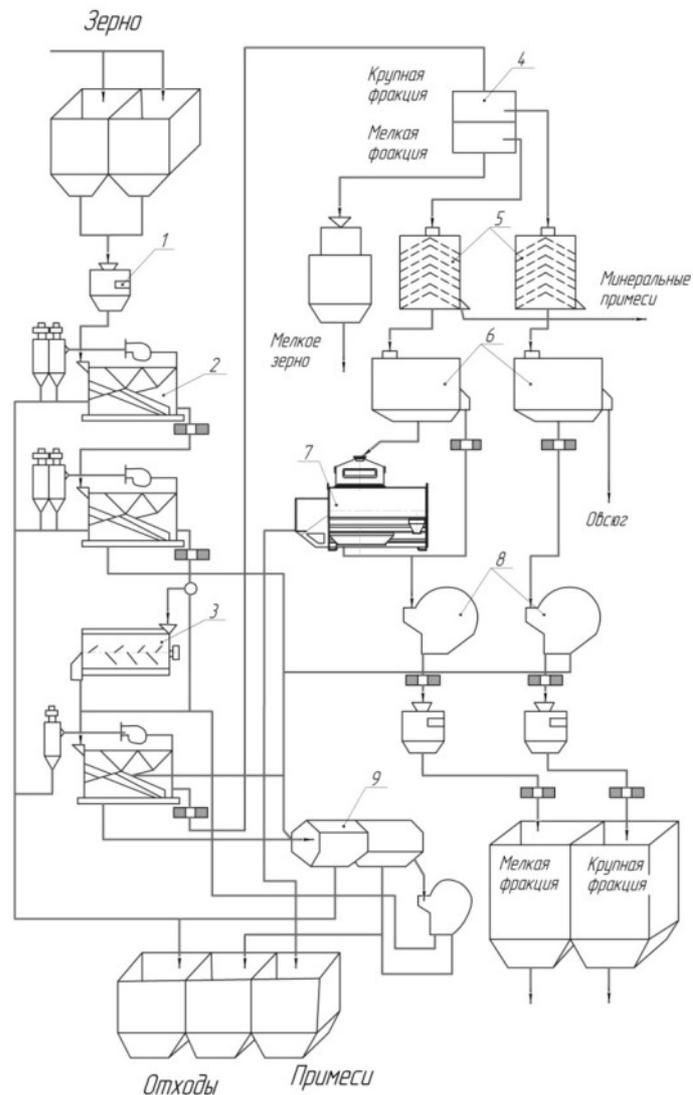
- Приведенный анализ конструкций дисковых триеров и их рабочих органов показал существование перспективных различных направлений их развития.

Таким образом, целью настоящей выпускной квалификационной работы является повышение эффективности выделения примесей в результате совершенствования технологии послеуборочной переработки зерна, усовершенствовании конструкции дискового триера.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Предлагаемая технологическая линия послеуборочной переработки зерна

Предлагаемая нами механизированная технологическая линия осуществляет обработку семян по многоконтурной схеме, позволяющей многократное повторение отдельных операций очистки и сортировки семян для доведения их до необходимого качества.



1-автоматические весы; 2-сепараторы; 3-бичевая машина; 4-рассев; 5-камнеотделительная машина; 6-триеры; 7-контрольный триер; 8-аспираторы; 9-бурат.

Рисунок 2.1 - Предлагаемая технологическая линия послеуборочной переработки зерна

В технологической схеме очистки зерна крупяных культур (рисунок 2.1) последовательность проведения отдельных операций позволяет выделить максимальное количество примесей. Зерно после предварительной очистки в элеваторе подают в закрома, емкость которых принимают равной 28—30-часовой производительности крупяного завода. Это позволяет принимать зерно один раз в сутки — во время дневной смены. Зерно взвешивают на автоматических весах до и после очистки. По разности показаний весов определяют количество отходов.

В начале очистки рекомендуется не менее двух раз очищать зерно в сепараторах. Первая сепараторная система должна позволить полностью отделить крупные примеси и не менее 80% мелких и легких, т. е. массу некормовых основную отходов.

Размер отверстий сортировочных сит должен соответствовать крупности зерна, а размер отверстий подсевного сита — обеспечивать отбор мелких примесей. Для лучшей очистки сортировочное сито целесообразно разделить по длине на два: вначале установить сито с более мелкими отверстиями, а затем с более крупными. В номенклатуре по использованию таких машин приведены размеры отверстий сит, рекомендуемые для очистки зерна различных культур. Для очистки риса, кукурузы в связи с разнообразием форм и размеров зерен величину отверстий сортировочных сит необходимо уточнять для каждой партии.

После сепараторных систем устанавливают магнитные аппараты для отделения основной массы металломагнитных примесей. Для того чтобы лучше выделить мелкое зерно, а вместе с ним мелкие примеси, на второй и третьей сепараторных системах устанавливают подсевные сита с несколько большим размером отверстий, чем те, которые по государственному стандарту предназначены для отбора мелкого зерна. Проход подсевных сит сепараторов направляют в контрольные просеивающие машины. При большом количестве мелкого зерна его не удастся выделить полностью в сепараторах. Поэтому используют

просеивающие машины, в которых иногда предварительно сортируют зерно по крупности на 2—3 фракции, а затем отдельно их очищают. Триеры устанавливают после камнеотделительных машин, что уменьшает износ дисков и удлиняет работу.

При очистке ячменя и пшеницы мелкую фракцию можно очищать в куколеотборочных, а крупную — в овсюгоотборочных машинах. В конце очистки зерно аспирируют, пропускают через магнитные аппараты, взвешивают в автоматических весах и направляют в гидротермическое или шелушильное отделение. При разработке схем для определенной крупяной культуры следует, сохраняя в основном изложенные общие принципы, внести ряд изменений, обусловленных специфическими особенностями культуры. Например, при переработке гречихи следует сочетать сортирование на фракции с отбором трудноотделимых примесей на ситах с треугольными отверстиями; при очистке гороха — устанавливать специальные машины.

Итак, выполнение поточной механизированной технологической линии в виде системы очистительно-сортировальных, триерных, пневмосортировальных машин и приемных и накопительных бункеров, объединенных устройствами загрузки и перемещения семян и устройствами переключения потока семян по многоконтурной схеме обработки, позволяет в едином цикле работы доводить исходный семенной материал до высококачественной сортировки и очистки, подготовить его к хранению и предпосевной обработки.

## 2.2 Технологические расчеты

Производительность дискового триера определяется по формуле:

$$Q = 2\pi(R_1^2 - R_2^2)qz, \quad (2.1)$$

где  $R_1$  — радиус диска по внешним ячейкам, м;

$R_2$  — радиус диска по внутренним ячейкам, м;

Принимаем радиусы по внешним и внутренним ячейкам условно равными внешним и внутренним радиусам диска. В соответствии с аналогами принимаем  $R_1 = 315$  мм,  $R_2 = 190$  мм. Так же принимаем шаг дисков на валу 64,5 мм. [1, с. 428];

$q$  – удельная нагрузка, кг/ (ч·м<sup>2</sup>); при выделении коротких примесей и обычном режиме работа  $\left( q = 900 \div 1200 \frac{\text{кг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2} \right)$ , [2, табл. III–3, с.61];

$z$  – число дисков.

Из формулы 2.1 определяем количество дисков:

$$z = \frac{Q}{2\pi(R_1^2 - R_2^2) \cdot q}, \quad (2.2)$$

$$z = \frac{6000}{2 \cdot 3,14 \cdot (0,315^2 - 0,19^2) \cdot 900} = 16,8 \text{шт}$$

Для дисковых триеров:  $12 \leq z = 17 \leq 30$  – условие соблюдается.

Число ячеек на одной стороне диска  $X_1$ , шт. определяем по формуле:

$$X_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4 \cdot (l + b)^2}, \quad (2.3)$$

где  $D, d$  – наружный и внутренний диаметры диска, мм;

$l$  - размер ячейки, мм;

Принимаем рекомендованный размер ячменя для куколотборника 4x4x2 мм.

$b$  - ширина перемычки между ячейками, мм. (принимаем рекомендованный размер 1,5 мм.).

тогда

$$X_1 = \frac{3,14 \cdot (630^2 - 380^2)}{4 \cdot (4 + 1,5)^2} = \frac{3,14 \cdot 250000}{121} = 6487 \text{шт}$$

Проверочный расчет триера, выполняется по формуле:

$$z = \frac{Q \cdot a}{60 \cdot n \cdot X_1 \cdot \Delta \cdot k \cdot \gamma} \quad (2.4)$$

где  $Q$  – производительность, т/ч;

$a$  – содержание короткой примесей в исходном продукте, %;

$n$  – частота вращения дисков, об/мин;

$\Delta$  – вместимость одной ячейки, шт., ( $\Delta = 1$ );

$X_1$  – число ячеек на одной стороне диска;

$k$  – коэффициент использования ячеистой поверхности, ( $k = 0.03 \div 0.035$  для куколеотборника);

$\gamma$  – вес одного зерна, кгс. ( $3,1 \cdot 10^{-5} \div 5,1 \cdot 10^{-5}$ ).

Предельная частота вращения ротора дискового триера определяется по формуле;

$$n_{пред} = \frac{27}{\sqrt{R_1}}, \quad (2.5)$$

$$n_{пред} = \frac{27}{\sqrt{0,315}} = 48 \text{ об/мин},$$

Максимально допустимую угловую скорость вращения ротора дискового триера определяют по формуле;

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R_1} \cdot \left[ \frac{\sin \alpha}{\sin \varphi} \cdot \cos(\beta + \varphi) + \cos \alpha \right]}, \quad (2.6)$$

где  $\varphi$  – угол трения зерна о поверхность триера, град (для ячменя  $20^\circ$ );

$\alpha$  – полярный угол (угол между вертикальной осью и радиусом, проведенным через ячейку из которой выпадает зерно), (в пределах  $32 - 45^\circ$ );

$\beta$  – угол, зависящий от формы и глубины погружения пуансона при образовании ячейки, (в пределах  $45 - 50^\circ$ ).

$$\omega = \sqrt{\frac{9,81}{0,315} \cdot \left[ \frac{\sin 35}{\sin 20} \cdot \cos(45 + 20) + \cos 35 \right]} = 6.9 \text{ с}^{-1},$$

Расчетная частота вращения определяется по формуле:

$$n_{расч} = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \quad (2.7)$$

$$n_{расч} = \frac{30 \cdot 6.9}{3,14} = 65.9 \text{ об / мин},$$

Рабочую частоту вращения ротора принимаем меньше расчетной и предельной:  $n_{раб} = 50 \text{ об/мин} < n_{расч} \approx n_{пред}$

Уточняем угловую скорость ротора:

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 50}{30} = 5.23 \text{ с}^{-1}$$

Из этого следует:

$$a = \frac{z \cdot 60 \cdot n \cdot x_1 \cdot \Delta_1 \cdot k \cdot \gamma}{Q}, \% \quad (2.8)$$

$$a = \frac{17 \cdot 60 \cdot 50 \cdot 6487 \cdot 1 \cdot 0,03 \cdot 4 \cdot 10^{-5}}{6} = 6.6\%$$

Как видно из расчетов разрабатываемый триер обеспечивает очистку базисного зерна за один проход при его засоренности короткими примесями на 6,6%. В требованиях при заготовках и поставках указано, что засоренность зерна при приемке на производство куколом не должна превышать 3%, данный триер обеспечит полную очистку.

Проверочный расчет производительности триера:

$$Q = \frac{60}{a} z n \Delta X_1 \varepsilon, \quad (2.9)$$

где  $z$  - число дисков, шт;

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

$\Delta$  - средняя масса зерна, выбираемого одной ячейкой, кг;

$X_1$  - число ячеек на одной стороне диска;

$\varepsilon$  - коэффициент использования ячеистой поверхности;

$a$  - подача мелкой фракции, кг/ч.

$$Q = \frac{60}{441} \cdot 17 \cdot 50 \cdot 0,04 \cdot 1308 \cdot 0,03 = 6000 \text{ кг / ч.}$$

Кинематический режим работы триера определяется по следующей

формуле:

$$K = \frac{\omega^2 R_1}{g}, \quad (2.10)$$

где  $R_1$  – радиус по внешним ячейкам.

Угловая скорость вала рабочего диска определяется следующим образом:

$$\omega = \sqrt{\frac{K \cdot g}{R_1}}; \quad (2.11)$$

где  $K$  – коэффициент работы триера.

$$\omega = \sqrt{\frac{K \cdot g}{R_1}} = \sqrt{\frac{0,87 \cdot 9,81}{0,315}} = 5,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

откуда получаем:

$$K = \frac{5,2^2 \cdot 0,315}{9,81} = 0,87.$$

Частота вращения дискового ротора:

$$n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{R_1}}, \quad (2.12)$$

$$n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{0,315}} = 54 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

$$n_{кр} \leq n_{доп} = 55 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \text{ (условие выполняется).}$$

Мощность привода будет равна:

$$N = 0,6 \cdot Q, \quad (2.13)$$

где  $Q$  – проверочная производительность триера, кг/ч.

$$N = 0,6 \cdot 6000 = 3630 \text{ Вт}$$

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

В процессе труда человек подвергается воздействию многих производственных факторов, разнообразных по своему происхождению, формам проявления, характеру действия и др. Иногда это действие может быть неблагоприятной. Такая ситуация возникает тогда, когда система «человек-производственная среда» несбалансированная, количественные характеристики производственных факторов отклоняются от нормативного уровня и не соответствуют нормативному функционированию человека в среде.

Производственные факторы, воздействие которых при определенных условиях приводит к повреждению организма (травмы), внезапного резкого ухудшения здоровья (заболевания), снижение работоспособности, называются опасными или вредными.

Опасные производственные факторы - электрический ток, части машин, механизмов, имеющих незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, действие которых наносит ущерб здоровью человека почти мгновенно и приводит к такому негативному явлению, как производственный травматизм, характеризующееся совокупностью производственных травм.

Вредные производственные факторы - это такие, воздействие которых на работника при определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности. В зависимости от уровня и времени воздействия такие факторы могут стать опасными. Это шум, вибрации машин и оборудования, недостаточная освещенность, запыленность и загазованность производственной среды, чрезмерное нервно-психическое и нервно-эмоциональную нагрузку. Действие вредных производственных факторов на человека приводит к такому негативному явлению, как профессиональное заболевание.

Современный этап развития науки и техники характеризуется комплексной автоматизацией и механизацией трудовых процессов, широким внедрением систем управления, крупных комплексов «человек-машина». С развитием автоматизации функции человека претерпевают существенных изменений, перемещаясь на более высокий уровень развития, и становятся функциями контроля и управления. Происходит изменение факторов, влияющих на формирование условий труда. Они ослабляют физиологическую систему человека, снижая его работоспособность, а также могут провоцировать опасные действия работника. Известно, что количество несчастных случаев, произошедших вследствие таких действий, значительно больше, чем вызванных опасными условиями.

В условиях научно-технического прогресса на предприятиях перерабатывающей области вопросы охраны труда приобретают особое значение.

Важным условием новых технологий и современных механических средств является обеспечение высокой надежности и полной безопасности их эксплуатации.

Предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию (пищевые, мясомолочные, хлебопекарные и др.), имеют достаточно сложное технологическое оборудование, характеризуются физико-химическими процессами, тяжелыми условиями труда. Здесь применяются автоматические линии большой мощности, к которым относятся: фасовочные автоматы, аппараты, работающие под давлением и разрезанием, энергетические установки и т.д. Нехватка квалифицированных кадров, слабые знания по охране труда и низкая производственная дисциплина определяют достаточно высокий производственный травматизм и профессиональные заболевания.

## 2.4 Разработка мероприятий по улучшению пожарной безопасности при послеуборочной переработке зерна

Главными факторами пожаров при обслуживании зерноочистительных машин и комплексов считаются искры, вылетающие с трущихся элементов, неосторожное обращение с огнём, несоблюдение мер противопожарной безопасности. По этой причине при обслуживании зерноочистительных машин и комплексов, и в особенности при уборке необходимо все время наблюдать за исправностью электрооборудования, а также наличие исправного искрогасителя. При осмотре и проведении технического обслуживания машин в темное время суток необходимо использовать только электрическое освещение.

Пожарная безопасность – состояние объекта труда при котором отпадает вероятность пожара, а в случае его появления предотвращается влияние на людей опасных факторов пожара и поддерживается охрана материальных ценностей.

Пожарная безопасность объекта поддерживается системой предупреждения пожара и системой пожарной охраны. Пожарная взрывоопасность обязана выполнять требования ГОСТа 12.1.007-89. С целью обеспечения пожарной безопасности в помещении дискового триера предусматриваются следующие средства пожаротушения: водозаборный кран, два ящика с песком, лопата, топор, огнетушитель ОП-3, брезент.

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 переработке зерна

На условия труда рабочих, занимающихся в секторах экономики сельскохозяйственного производства, оказывают большое влияние разнообразные неблагоприятные факторы, из числа которых наиболее часто проявляются следующие: метеорологические, запыленность, загазованность и т. д.

Метеорологические условия – это температура, влагосодержание и скорость движения воздуха. От этих трёх характеристик зависит формирование требуемого микроклимата в кабине машины или в производственном помещении, что в свою очередь устанавливает состояние трудящегося и эффективность работы.

Запылённость рабочей зоны нетоксична, а только лишь влияет на организм человека, оказывая вредное воздействие через органы дыхания, зрения, кожный покров. Она формируется при проведении абсолютно всех полевых работ, в особенности в сухую погоду, а также в период уборки урожая.

Чрезмерная загрязнённость на трудовом месте, например в помещении с тепловой установкой, может стать предпосылкой к кишечной инфекции. Главным вредоносным и опасным для здоровья человека является газ, с которым возможен его контакт – окись углерода.

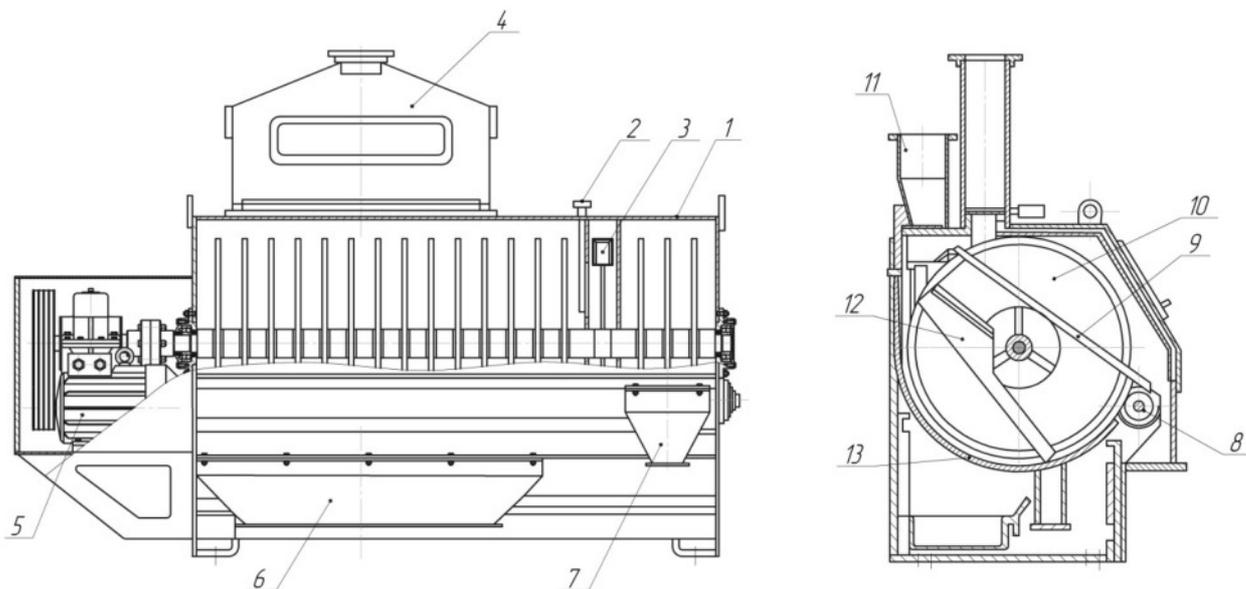
С позиции защиты окружающей среды выход из создавшегося положения состоит в том, чтобы свести до минимального количества негативное влияние используемых технологических процессов.

Создание безотходных производств относится к крайне сложному и продолжительному процессу, промежуточным этапом которого считается малоотходное производство. При этом по техническим, экономическим, организационным причинам часть используемого продукта может переходить в отходы и перенаправляться на длительное хранение или захоронение.

### 3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Конструкторская разработка

Разрабатываемый триер (рисунок 3.1) предназначен для очистки зерна от коротких примесей (куколя и других семян сорных растений).



1-корпус; 2-заслонка; 3-ковшовое колесо; 4-приёмное устройство; 5-привод; 6-патрубок; 7-выпускное устройство; 8-шнек; 9-лотки; 10-дисковый ротор; 11-аспирационный диффузор; 12-лотки; 13-задвижка люка.

Рисунок 3.1 – Общий вид триера

Основные узлы предлагаемой конструкции: цилиндрический корпус 1 с дисковым ротором, приемно-распределительный механизм, аспирационный диффузор 11, выпускные устройства 7, привод 5. В корпусе на горизонтальном валу установлено 22 кольцевых диска с карманообразными ячейками. Триер разделен на три последовательно работающих отделения: рабочее, накопительное и контрольное.



Перерабатываемый продукт накапливается в контрольном отделении, гонками дисков транспортируются к стенке перегружающего устройства и через окно, перекрытое регулируемой заслонкой 2, поступают в зону действия ковшового колеса 3, поднимаются им и по наклонному коленообразному лотку возвращаются в рабочее отделение триера.

В машине регулируется распределение зерна заслонками приемного устройства, а уровень зерна в контрольном отделении – заслонкой 2. Минеральные примеси выпускаются из корпуса триера не реже одного раза в сутки и удаляются при открывании задвижек люков 13.

Отличительная особенность предлагаемого триера – функциональное разделение дисков на приемно-рабочие и контрольные, а также наличие накопительного отделения, что позволяет добиваться высокой производительности и эффективности при меньшем количестве дисков.

Для нормальной работы машин на предприятиях необходимо, чтобы уровень зерна в дисковых триерах во время работы был не ниже 100...120 мм от задвижки питающей коробки.

Настройку и регулирование процесса в триере производят с помощью трех заслонок, установленных в приемном устройстве, в перегородке между рабочим и перегружающим отделениями и в задней стенке триера. При открытии заслонки в приемном устройстве устанавливают заданную производительность, не допуская пересыпания зерновой смеси через переднюю кромку днища в канал для очищенного зерна. С помощью заслонки в задней стенке триера устанавливают режим работы, обеспечивающий требуемую эффективность, которую контролируют методом отбора проб исходного и очищенного зерна и отходов.

Преимущества комбинированных дисков по сравнению с чугунными: высокая износостойкость рабочих поверхностей увеличивает срок их службы в 3...5 раз, при этом снижается повреждаемость зерна; оптимальные углы раскрытия ячеек, геометрическая точность и высокая чистота обработки

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |



$$N_2 = \frac{m_0 \cdot V^2}{2 \cdot 3600 \cdot 102} + \frac{G_0 \cdot h_1}{3600 \cdot 102}, \text{кВт} \quad (3.5)$$

где  $V$  – скорость поверхности диска, м/с

$h_1$  – высота подъема короткой фракции, м

$m_0$  и  $G_0$  – масса и вес зерен, попавшие в ячейки за один час работы триера.

Вес зерна определяется по формуле:

$$G_0 = G \cdot z \cdot n \cdot x_1 \cdot 60, \text{гс} \quad (3.6)$$

где  $G$  – вес одного зерна,  $G = 0.007 \div 0.01$  гс /3.

$$G_0 = 0,007 \cdot 17 \cdot 50 \cdot 6487 \cdot 60 = 2.3 \cdot 10^6 \text{ гс}$$

$$m_0 = \frac{9.81 \cdot G_0}{1000} \approx 2.3 \cdot 10^4 \text{ кг}$$

Скорость поверхности диска определяется по формуле:

$$V = \omega \frac{R_1 + R_2}{2}, \text{м/с} \quad (3.7)$$

$$V = 5.23 \cdot \frac{0,315 + 0,19}{2} = 1,32 \text{ м/с}$$

Высота подъема короткой фракции определяется по формуле:

$$h_1 = R_2 + \frac{R_1 - R_2}{2} \quad (3.8)$$

$$h_1 = 0.19 + \frac{0.315 - 0.19}{2} = 0,25 \text{ м}$$

Полученные значения подставляем в 3.5:

$$N_2 = \frac{2.3 \cdot 10^4 \cdot 1,32^2}{2 \cdot 3600 \cdot 102} + \frac{2.3 \cdot 10^6 \cdot 0,25}{3600 \cdot 102} = 1,6 \text{ кВт}$$

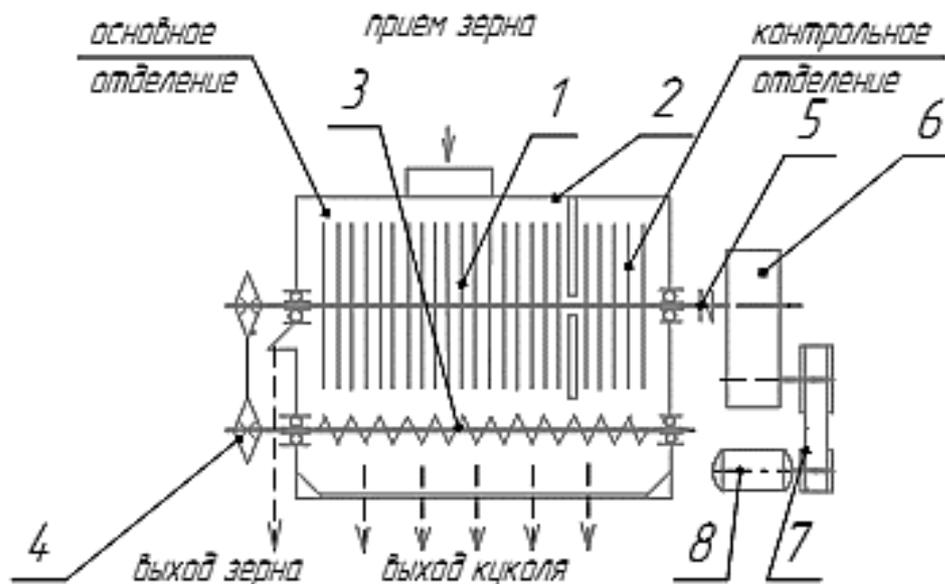
Получаем расчетную мощность на роторе триера:

$$N = 1.04 \cdot (1,1 + 1,6) = 2,8 \text{ кВт}$$

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

### 3.2.1 Кинематический расчет

Кинематическая схема триера А9-УТК-6 представлена на рисунке 3.1



1 – ротор с дисками, 2 – корпус триера, 3 – шнек, 4 – цепная передача, 5 – муфта, 6 – редуктор, 7 – ременная передача, 8 – электродвигатель.

Рисунок 3.2 – Кинематическая схема предлагаемого триера

Требуемая мощность электродвигателя для привода определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_p}{\eta_p} + \frac{N_{\text{шнек}}}{\eta_{\text{шнек}}}, \quad (3.9)$$

где  $N_p$  - мощность на рабочем органе привода, Вт;

$N_{\text{шнек}}$  - необходимая мощность на винте шнека, Вт (для шнекового транспортера длиной 1,5 м., с производительностью 5 т/ч  $N_{\text{шнек}} = 0,55 \text{ кВт}$ );

$\eta_p$  - КПД привода от двигателя до триера;

$\eta_p$  - КПД привода от триера до шнека,  $\eta$  определяется по формуле:

$$\eta = \sum \eta_i, \quad (3.10)$$

где  $\eta_i$  – КПД, учитывающий потери в ременной передаче,

$\eta_2, \eta_3$  – КПД, учитывающий потери в паре подшипников,

$\eta_4$ , – КПД зубчатой передачи,

$\eta_5$ , – КПД муфты,

$\eta_6$ , – КПД цепной передачи.

Принимаем:

$$\eta_1 = 0,955;$$

$$\eta_2, \eta_3 = 0,99;$$

$$\eta_4 = 0,85;$$

$$\eta_5 = 0,985;$$

$$\eta_6 = 0,95.$$

тогда

$$\eta_p = 0,955 \cdot 0,99 \cdot 0,985 = 0,93$$

$$\eta_{шнек} = 0,99 \cdot 0,85 = 0,84$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{2800}{0,93} + \frac{550}{0,84} = 3665,5 \text{ Вт}$$

Приемлемая угловая скорость вращения вала электродвигателя определяется по следующей формуле:

$$\omega = u_{oc} \omega_p, \quad (3.11)$$

где  $\omega_p$  - угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с

$u_{oc}$  - оценочное передаточное отношение привода, которое связано с передаточным отношением последовательно соединяемых передач зависимостью, представленной в следующей формуле:

$$u_{oc} = u_1 u_2, \quad (3.12)$$

Принимаем:  $u_1 = 4$ , ременная передача,

$u_2 = 5$ , редуктор,

$$u_{oc} = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 = 4 \cdot 5 \cdot 20$$

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

откуда

$$\omega = u_{oc} \cdot \omega_p = 20 \cdot 5.23 = 104.6 \text{ рад / с}$$

Выбираем электродвигатель, для этого находим частоту вращения его вала по формуле:

$$n = \frac{30\omega}{\pi}, \text{ об / мин} \quad (3.13)$$

$$n = \frac{30 \cdot 104.6}{3.14} = 999.3 \text{ об / мин}$$

По полученным данным выбираем асинхронный трехфазный двигатель серии 4А112МВ6У3, у которого  $N_{ДВ}=4\text{кВт}$ ,  $d_{\text{вых}}=32\text{мм}$ , синхронная частота вращения  $n = 1000 \text{ об / мин}$ ,  $\frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{ном}}} = 1,9$ .

Асинхронная частота вращения вала электродвигателя с учетом скольжения при номинальной нагрузке определяется по формуле:

$$n_{\text{дв}} = (1 - S)n \quad (3.14)$$

где  $n$ - синхронная частота вращения вала электродвигателя, об/мин;

$S$  – скольжение, при номинальной нагрузке,  $S = 0,05$ ;

$$n_{\text{дв}} = (1 - S)n = (1 - 0,05) \cdot 1000 = 950 \text{ об / мин}$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 950}{30} = 99,4 \text{ рад / с}$$

Передаточное отношение привода определяем по формуле:

$$u_{\text{общ}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_p} = \frac{99,4}{5.23} = 19 \quad (3.15)$$

т.к.  $U_{\text{общ}} = 19$ , тогда принимаем:

$u_1=2,375$ , ременная передача,

$u_2=8$ , закрытая зубчатая передача

Уточняем общее передаточное отношение:

$$u_{\text{общ}} = u_1 u_2 = 2.375 \cdot 8 = 19$$

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

Угловые скорости и частоты вращения на валах:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 99,4 \text{ рад/с}$$

$$n_1 = \frac{30\omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 99,4}{3,14} = 950 \text{ об/мин}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_1} = \frac{99,4}{2,375} = 41,85 \text{ рад/с}$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 41,85}{3,14} = 399,8 \text{ об/мин}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_2} = \frac{41,85}{8} = 5,23 \text{ рад/с}$$

$$n_3 = \frac{30\omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 5,23}{3,14} = 50 \text{ об/мин}$$

Для шнекового транспортера максимальная угловая скорость определяется по следующей формуле:

$$\omega_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot A}{30\sqrt{D}}, \text{ рад/с} \quad (3.16)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от транспортируемого груза, для зерна  $A=60$ ;

$D$  – диаметр витка шнека, м.

Для ранее принятого шнека  $D = 100$  мм.

$$\omega_{\text{max}} = \frac{3,14 \cdot 60}{30\sqrt{0,1}} = 17,7, \text{ рад/с}$$

Принимаем  $\omega_4 = \omega_3 = 5,23$  рад/с  $< \omega_{\text{max}}$

$$n_4 = \frac{30\omega_4}{\pi} = \frac{30 \cdot 5,23}{3,14} = 50 \text{ об/мин}$$

Мощности на валах для всех валов привода определяется по формуле:

$$N_{i+1} = N_i \eta_i \quad (3.17)$$

$$N_{\text{дв1}} = N_1 = 4000 \text{ Вт}$$

$$N_2 = N_1 \eta_{\text{пр}} = 4000 \cdot 0,955 = 3820 \text{ Вт}$$

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

$$N_3 = N_2 \eta_{zn} \eta_{nm} = 3820 \cdot 0,985 \cdot 0,99 = 3725 \text{ Вт}$$

$$N_4 = N_3 \eta_{ген} \cdot \eta_{nm} - N_p = 3725 \cdot 0,95 \cdot 0,99 - 2800 = 703,3 \text{ Вт}$$

Крутящие моменты на валах на валах определяются по следующей формуле:

$$T_i = \frac{N_i}{\omega_i} \quad (3.18)$$

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{4000}{99,4} = 40,24 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$T_2 = \frac{N_2}{\omega_2} = \frac{3820}{41,85} = 91,28 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = \frac{N_3}{\omega_3} = \frac{3725}{5,23} = 712,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = \frac{N_4}{\omega_4} = \frac{703,3}{5,23} = 134,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По полученным значениям подбираем цилиндрический редуктор тип Ц2У–160–8–12К–У3, с передаточным числом  $i=8$ , крутящим моментом на выходном валу  $T_{\text{вых}}=1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

### 3.3 Конструктивный расчет

#### 3.3.1 Расчет вала ротора

Ориентировочный (предварительный) расчет вала проведем из расчета на кручение, по пониженным допускаемым напряжениям, косвенно учитывая тем самым действие на валы изгибающих моментов.

Допускаемые напряжения для валов из сталей ст.6, ст. 45, ст.40ХН и т.д.

$$[\tau] = 15 \dots 20 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \text{ - для быстроходного (ведущего) вала;}$$

$$[\tau] = 25 \dots 40 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \text{ - для тихоходного вала;}$$

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВС3 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

Тихоходный вал ротора. Крутящий момент на валу  $T_3 = 590,66 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Диаметр вала в месте посадки ведомого шкива клиноременной передачи определяется по формуле:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_7}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (3.19)$$

где  $T$ - крутящий момент на валу,  $\text{Н} \cdot \text{мм}$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{712,24 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 40}} = 44,65 \text{ мм}$$

Округляем по ГОСТ 6636-69 до  $d_1 = 45 \text{ мм}$

Диаметр вала под подшипником (местом посадки):

$$d_2 = d_1 + 1 = 45 + 1 = 46 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_2 = 50 \text{ мм}$

Диаметр вала под дисками триера:

$$d_3 = d_2 + 4 = 50 + 4 = 54 \text{ мм}$$

### 3.3.2 Расчет ременной передачи

Расчет клиноременной передач от электродвигателя к редуктору привода со следующими кинематическими параметрами: мощность двигателя  $N_1 = 4000 \text{ Вт}$ , число оборотов  $n_1 = 950 \text{ об/мин}$ , передаточным отношением  $U = 2,375$ .

В зависимости от передаваемого крутящего момента на ведущем валу выбираем тип ремня и минимальный допустимый диаметр.

При  $T_1 = 40,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$  принимаем ремень клиноременной передачи типа Б.

Принимаем диаметр ведущего шкива  $D_1 = 125 \text{ мм}$ , поперечного сечения ремня  $A_1 = 138 \text{ мм}^2$ .

Определяем диаметр ведомого шкива по формуле:

$$D_2 = D_1 \cdot U_1 = 125 \cdot 2,375 = 296,9 \text{ мм}, \quad (3.20)$$

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

где  $D_1$  – диаметр ведущего шкива, мм

$U_1$  – передаточное отношение

$D_2$  – диаметр ведущего шкива, мм

Принимаем из стандартного ряда (ГОСТ 1284-82) диаметр  $D_2=300$  мм.

Уточняется угловая скорость ведомого вала по формуле:

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{D_1(1-\varepsilon)}{D_2} \text{ с}^{-1}, \quad (3.21)$$

где  $\varepsilon = 0,01$  коэффициент упругого скольжения.

$\omega_1$  – угловая скорость вращения ведущего вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\omega_2$  – угловая скорость вращения ведомого вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$$\omega_2 = 99,4 \frac{125 \cdot (1-0,01)}{300} = 41 \text{ (рад/с)},$$

Фактическое передаточное отношение определяется по формуле:

$$U = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{99,4}{41} = 2,42 \quad (3.22)$$

Скорость ремня определяется по следующей формуле:

$$v = \frac{D_1 \cdot \omega_1}{2000} = \frac{125 \cdot 99,4}{2000} = 6,2 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) \quad (3.23)$$

Межосевое расстояние принимаем в зависимости от передаточного отношения: при  $U=2,5$  принимаем значение межосевого расстояния по формуле:

$$a_{\text{мин}} = 0.55(D_1 + D_2) + H = 0.55(125 + 300) + 10,5 = 244,25 \text{ мм} \quad (3.24)$$

где  $a$  – минимальное межосевое расстояние, мм;

Определяем расчетную длину ремня по выбранному межосевому расстоянию по формуле:

$$L = 2a + \frac{\pi(D_2 + D_1)}{2} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a} \quad (3.25)$$

$$L = 2 \cdot 245 + \frac{3,14(300+125)}{2} + \frac{(300-125)^2}{4 \cdot 245} = 1188 \text{ (мм)}$$

где  $L$  – рабочая длина ремня, мм.

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВС3 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

Принимаем стандартное значение длины ремня  $L=1200(\text{мм})$ .

Частота пробега ремня определяется по формуле:

$$i = \frac{V}{L} \leq [i], \quad (3.26)$$

где  $[i]=10 \text{ с}^{-1}$  – допускаемая частота пробега.

$$i = \frac{6.2}{1.2} = 5.16 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

По принятой стандартной длине ремня определяем соответствующее межосевое расстояние по формуле:

$$a = \frac{2L - \pi(D_2 + D_1) + \sqrt{[2L - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8}, \quad (3.27)$$

$$a = \frac{2 \cdot 1200 - 3.14(125 + 300) + \sqrt{[2 \cdot 1200 - 3.14(125 + 300)]^2 - 8(300 - 125)^2}}{8} = 251 \text{ мм}$$

Угол обхвата на малом шкиве определяется по формуле:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} \cdot 57^\circ = 180 - \frac{300 - 125}{251} \cdot 57 = 140^\circ \quad (3.28)$$

Окружное усилие определяется по формуле (3.28) /5, с.289/:

$$F_t = \frac{N_1 \cdot 10^3}{v} = \frac{4000}{6.2} = 645,1(\text{Н}), \quad (3.29)$$

где  $F_t$  – окружное усилие, Н;

$N$  – мощность, Вт;

$v$  – скорость ремня, м/с.

Число ремней определяется по формуле:

$$Z \geq \frac{F_t}{A_1 \cdot [k]}, \quad (3.30)$$

где  $A_1$  – площадь поперечного сечения одного ремня;

$[k]$  – допускаемое полезное напряжение,  $\text{Н/мм}^2$  определяется по формуле (3.30) /5, с.290/

$$[k] = \kappa_0 \cdot C_\alpha \cdot C_v \cdot C_p, \quad (3.31)$$

где  $\kappa_0$  – исходное удельное кружное усилие для определенных условий работы.

|      |  |          |         |     |  |  |  |  |      |
|------|--|----------|---------|-----|--|--|--|--|------|
|      |  |          |         |     |  |  |  |  | Лист |
|      |  |          |         |     |  |  |  |  |      |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |  |  |  |  |      |
|      |  |          |         |     |  |  |  |  |      |

Определяется  $k_0$  при напряжении от предварительного натяжения  $\sigma_0=1,2 \text{ Н/мм}^2$ . При поперечном сечении А принимаем  $k_0=1,55$ .

$C_\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата на меньшем шкиве, определяется по формуле (3.31) /5, с.290/

$$C_\alpha = 1 - 0,003 \cdot (180^\circ - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 140) = 0,88, \quad (3.32)$$

$C_v$  – коэффициент, учитывающий влияние центробежной силы;

$C_p$  – коэффициент режима работы передачи:  $C_p=1,0$ .

$$C_v = 1,04 - 0,0004v^2 = 1,04 - 0,0004 \cdot 6,2^2 = 1,02$$

$$k_0 = 1,55 \cdot 0,88 \cdot 1,02 \cdot 1,0 = 1,39$$

$$Z \geq \frac{645,1}{138 \cdot 1,39} = 3,36$$

Принимаем число ремней  $Z=4$ .

Усилие, действующее на вал, определяется по формуле:

$$Q_a = 2\sigma_0 \cdot A_1 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 1,2 \cdot 138 \cdot 4 \cdot \sin \frac{140}{2} = 1244,9 \text{ Н} \quad (3.33)$$

где  $Q$  – усилие, действующее на вал;

$\sigma_0$  – предварительное натяжение, Н

Принимаем к установке четыре ремней сечением Б по ГОСТ1284.1-89

|      |  |          |         |     |                     |      |
|------|--|----------|---------|-----|---------------------|------|
|      |  |          |         |     | ВКР ВСЗ 00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм. |  | № докум. | Подпись | Дат |                     |      |

### 3.4 Экономическое обоснование конструкции триера

#### 3.4.1 Расчёт массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле:

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

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

$G_r$  – 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

| №<br>пп | Наименование<br>деталей.  | Масса одной<br>детали, кг. | Количество<br>деталей. | Общая масса<br>деталей, кг |
|---------|---------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1       | 2                         | 5                          | 6                      | 7                          |
| 1       | Ротор                     | 200                        | 1                      | 135                        |
| 2       | Корпус триера             | 300                        | 1                      | 90                         |
| 3       | Патрубок питающий         | 50                         | 2                      | 46                         |
| 4       | Патрубок выгрузной        | 60                         | 1                      | 15                         |
| 5       | Патрубок выгрузной        | 70                         | 1                      | 20                         |
| 6       | Патрубок<br>аспирационный | 30                         | 1                      | 30                         |
| 7       | Рама привода              | 20                         | 1                      | 20                         |
| Итого:  |                           |                            |                        | 730                        |

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

Таблица 3.4.2 - Масса покупных деталей и цены

| №<br>пп | Наименование<br>деталей | Количество | Масса, кг |       | Цены, руб |       |
|---------|-------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-------|
|         |                         |            | Одной     | Всего | Одной     | Всего |
| 1       | 2                       | 3          | 4         | 5     | 6         | 7     |
| 1       | Болты М8                | 20         | 0,02      | 0,4   | 160       | 3200  |
| 2       | Болты М8                | 1          | 0,03      | 0,03  | 100       | 100   |
| 3       | Болты М8                | 1          | 0,025     | 0,025 | 120       | 120   |
| 4       | Болты М8                | 12         | 0,025     | 1,275 | 52        | 624   |
| 5       | Болты М6                | 8          | 0,022     | 0,176 | 50        | 400   |
| 6       | Винт М10                | 1          | 0,017     | 0,017 | 120       | 120   |
| 7       | Гайки М8                | 20         | 0,012     | 0,24  | 40        | 800   |
| 8       | Гайки М8                | 10         | 0,013     | 0,13  | 40        | 400   |
| 9       | Гайки М8                | 6          | 0,014     | 0,084 | 40        | 240   |
| 10      | Шайбы 8                 | 34         | 0,005     | 0,17  | 20        | 680   |
| 11      | Шайбы 10                | 12         | 0,005     | 0,06  | 20        | 240   |
| 12      | Шайбы 6                 | 8          | 0,005     | 0,04  | 20        | 160   |
| 13      | Подшипники              | 2          | 0,3       | 0,6   | 2600      | 5200  |
| 14      | Шпонка                  | 2          | 0,015     | 0,03  | 100       | 200   |
| 15      | Шкив ведомый            | 1          | 15        | 15    | 8000      | 8000  |
| 16      | Шкив ведущий            | 1          | 12        | 12    | 7500      | 7500  |
| 17      | Муфта                   | 1          | 5         | 5     | 20000     | 20000 |
| 18      | Электродвигатель        | 1          | 30        | 30    | 45000     | 35000 |
| 13      | Редуктор                | 1          | 25        | 25    | 34000     | 24000 |
| 14      | Крышка<br>подшипника    | 2          | 1         | 2     | 2000      | 2000  |
| Итого:  |                         |            | 90        |       | 84984     |       |

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

$$G = (730+90) \cdot 1,05 = 861 \text{ кг}$$

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:

$$C_{\bar{o}} = [G_{\kappa} \cdot (C_{\bar{z}} \cdot E + C_{\bar{m}}) + C_{\bar{nd}}] \cdot K_{\text{нац}} \quad (3.4.2)$$

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

$C_3$  – издержки производства, приходящиеся на 1 кг, массы конструкции, руб. ( $C_3=0,02\dots0,15$ );

$E$  – 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. ( $C_M=0,68\dots0,95$ );

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

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

$$C_B = [730 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,8) + 84984] \cdot 1,25 = 107165 \text{ руб}$$

### 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                     | 861           | 730     |
| Балансовая стоимость, руб.                | 107165        | 130000  |
| Потребная мощность, кВт                   | 3,5           | 7,5     |
| Часовая производительность, кг/ч          | 6000          | 5000    |
| 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 триера, и дается их сравнение.

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

Энергоемкость процесса определяют из выражения:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_z} \tag{3.4.3}$$

где  $N_e$  – потребляемая конструкцией мощность, кВт;  
 $W_z$  – часовая производительность конструкции; ь/ч.

Подставив значения в формулу (3.4.3) получим:

$$\mathfrak{E}_e^0 = \frac{7,5}{5} = 1,5 \text{ кВт} \cdot \text{т/ч}$$

$$\mathfrak{E}_e^1 = \frac{3,5}{6} = 0,58 \text{ кВт} \cdot \text{т/ч}$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

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

где  $G$  – масса конструкции, кг;  
 $T_{\text{год}}$  – годовая загрузка конструкции, час;  
 $T_{\text{сл}}$  – срок службы конструкции, лет.

$$M_e^0 = \frac{730}{5 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,0146 \text{ кг/т}$$

$$M_e^1 = \frac{861}{6 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,0143 \text{ кг/т}$$

Фондоёмкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_6}{W_z \cdot T_{\text{год}}} \quad (3.4.5)$$

где  $C_6$  – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^0 = \frac{130000}{5 \cdot 1000} = 26 \text{ руб./кг}$$

$$F_e^1 = \frac{107165}{6 \cdot 1000} = 17 \text{ руб./кг}$$

Трудоёмкость процесса определяют по формуле:

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

где  $n_p$  – количество рабочих, чел.

$$T_e^1 = \frac{1}{6} = 0,16 \text{ чел} \cdot \text{час/кг}$$

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

Себестоимость работы определяют по формуле:

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

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

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

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

$A$  – амортизационные отчисления, руб/кг.

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

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

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

$$C_{зп}^1 = 100 \cdot 0,16 = 16 \text{ руб/кг}$$

$$C_{зп}^0 = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ руб./кг}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{э} = Ц_{э} \cdot Э_c \quad (3.4.9)$$

где  $Ц_{э}$  - комплексная цена за электроэнергию, руб/кВт.

$$C_{э}^1 = 2,8 \cdot 0,58 = 1,6 \text{ руб./кг}$$

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

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

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

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

Полученные значения подставим в формулу 3.4.10:

$$C_{рто}^1 = \frac{107165 \cdot 10}{100 \cdot 6 \cdot 1000} = 1,78 \text{ руб./ кг}$$

$$C_{рто}^0 = \frac{130000 \cdot 10}{100 \cdot 5 \cdot 1000} = 2,6 \text{ руб./кг}$$

Затраты на амортизационные отчисления определяют по формуле:

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

где  $a$  - норма амортизации, %.

$$A^1 = \frac{107165 \cdot 12,5}{100 \cdot 6 \cdot 1000} = 2,23 \text{ руб./кг}$$

$$A^0 = \frac{130000 \cdot 12,5}{100 \cdot 5 \cdot 1000} = 3,25 \text{ руб./кг}$$

Полученные значения подставим в формулу 3.4.7:

$$S_{\text{экс}}^1 = 16 + 1,6 + 1,78 + 2,24 = 21,62 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{экс}}^0 = 20 + 4,2 + 2,6 + 3,25 = 30,05 \text{ руб./кг}$$

Приведённые затраты определяют по формуле:

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

где  $E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_{\text{н}} = 0,1$ );

$F_{\text{н}}$  – фондоемкость процесса, руб./кг;

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

$$C_{\text{прив}}^1 = 21,62 + 0,1 \cdot 17 = 23,32 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{прив}}^0 = 30,05 + 0,1 \cdot 26 = 32,65 \text{ руб./кг}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (30,05 - 21,62) \cdot 6 \cdot 1000 = 50580 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

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

$$E_{\text{год}} = (32,65 - 23,32) \cdot 6 \cdot 1000 = 55980 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

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

$$T_{ок} = \frac{107165}{50580} = 2,1 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

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

$$E_{эф} = \frac{50580}{107165} = 0,47$$

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               | 5       | 6      | 120                   |
| 2    | Фондоёмкость процесса, руб./кг                 | 26      | 17     | 65                    |
| 3    | Энергоёмкость процесса, кВт./кг                | 1,5     | 0,58   | 38                    |
| 4    | Металлоёмкость процесса, кг/т                  | 0,0146  | 0,0143 | 97                    |
| 5    | Трудоёмкость процесса, чел*ч/кг.               | 0,2     | 0,16   | 80                    |
| 6    | Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг       | 30,05   | 21,62  | 71                    |
| 7    | Уровень приведённых затрат, руб./кг.           | 32,65   | 23,32  | 71                    |
| 8    | Годовая экономия, руб.                         | 50580   |        |                       |
| 9    | Годовой экономический эффект, руб.             | 55980   |        |                       |
| 10   | Срок окупаемости капитальных вложений, лет     | 2,1     |        |                       |
| 11   | Коэффициент эффективности капитальных вложений | 0,47    |        |                       |

Как видно из таблицы 3.4.4 спроектированная конструкция дискового триера является экономически эффективной, так как срок окупаемости равен: 2 годам и коэффициент эффективности равен: 0,4731.

### 3.5 Техника безопасности при эксплуатации дискового триера

- каждый диск и ротор дискового триера в сборе должны быть статически отбалансированы;
- ячейки триера не должны иметь зазубрин и заусенцев;
- регулирующие и секторные устройства цилиндрического триера должны обеспечивать легкий поворот, а также прочное закрепление корыта в требуемом положении;
- между неподвижными частями машины и перьями шнека должны быть зазоры, исключающие трение между ними.
- триеры должны аспирироваться, а кожухи их должны быть герметизированы.
- заполнение маслом масленок и опрессовка в них масла при вращении цилиндров запрещается.

Во время эксплуатации машины необходимо соблюдать следующие правила:

- обслуживающий персонал допускается к работе только после прохождения специального инструктажа и в возрасте не моложе 18 лет.
- за выполнение настоящих правил несет ответственность машинист.
- подключать машину в электросеть и устранять неисправности электрической части разрешается только электромонтеру.
- включать и выключать машину, а также устранять неисправности разрешается только машинисту.
- кабель, подводящий электроэнергию, не должен иметь механических повреждений изоляции.
- запуск производить, убедившись, что находящиеся у машины люди не подвергаются опасности от движущихся частей механизмов.
- смазку, подтягивание болтовых соединений, надевание ремней, а также разного рода исправления выполнять только во время остановки машины.
- не допускать к работающей машине посторонних людей.

- запуск машины без зануления, а также со снятыми или неисправными ограждениями запрещается.

- запрещается укладывать токоподводящий кабель по земле. Он должен подвешиваться на надежных опорах и допускать свободный проезд транспорта.

- ежедневно проверять соединения жил токоподводящего кабеля в клеммной коробке, обращая особое внимание на соединение нулевого провода.

- в случае загорания электропроводки отключите машину от источников питания, выключить автоматы и ликвидируйте пожар любыми средствами тушения.

- при наличии большой запыленности на рабочем участке работать в защитных очках, респираторах.

- крышка щита управления должна быть всегда закрыта. Работа с открытой дверцей запрещается.

- все работы по ремонту и наладке электрооборудования производить только при полностью снятом напряжении. Для этого при неработающей машине необходимо:

## ВЫВОДЫ

В выпускной квалификационной работе отражено современное состояние технологии и процесса переработки зерна с помощью дискового триера.

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

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

Предлагаемая установка, имеющая простоту конструкции и малую себестоимость 50580 руб. и в тоже время достаточно высокую производительность – 6 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 2,1 года, соответственно коэффициент эффективности капитальных вложений равен 0,47, что показывает экономическую целесообразность ее приобретения и применения.