

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 – Агроинженерия
Профиль Технические системы в агробизнесе
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Совершенствование технологии приготовления кормов с разработкой
транспортера – очистителя корнеклубнеплодов

Шифр ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ

Студент _____ Фатхуллин Л.Ш.
подпись Ф.И.О.

Руководитель доцент _____ Нафиков И.Р.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 9 от «5» февраля 2018 г.)

Зав. кафедрой доцент _____ Халиуллин Д.Т.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление 35.03.06 - Агроинженерия

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

_____/_____
« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Фатхуллину Линару Шаукатовичу

Тема ВКР Совершенствование технологии приготовления кормов с разработкой транспортера – очистителя корнеклубнеплодов

утверждена приказом по вузу от « 12 » января 2018 г. № 9

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 02.02.2018 г.

3. Исходные данные

1. Научно-техническая и справочная литература.
2. Патенты и авторские свидетельства по теме ВКР.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор по теме ВКР
2. Технологическая часть;
3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов
 1. Анализ существующих конструкций;
 2. Схемы механического разделения;
 3. Конструктивно-технологическая схема;
 4. Общий вид;
 5. Сборочный чертеж;
 6. Рабочие чертежи.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	

7. Дата выдачи задания 11.12.2017

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный обзор	28.12.17	
2	Технологическая часть	15.01.18	
3	Конструкторская часть	01.02.18	

Студент _____ (Фатхуллин Л.Ш.)

Руководитель ВКР к.т.н., доцент _____ (Нафиков И.Р.)

АНОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Фатхуллина Линара Шаукатовича на тему «Совершенствование технологии приготовления кормов с разработкой транспортера – очистителя корнеклубнеплодов»

Объем ВКР 59 страниц, он содержит 16 рисунков, 10 таблиц, 20 источников литературы и 6 графических материалов.

Ключевые слова: корнеклубнеплоды, корма, очиститель, кормоцех.

Объектом исследования ВКР является кормоцех.

Предмет исследования – конструкция шнекового очистителя.

ВКР состоит из введения, 3 глав, заключения, литературы и приложения.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи исследования, указывается объект и предмет исследования.

Первая глава посвящена исследованию теоретических вопросов, в ней раскрываются понятие, сущность очистки и транспортирования, также представлен обзор существующих конструкций очистителей.

Во второй главе приведена технология приготовления транспортировки корнеклубнеплодов, описание кормоцеха. Здесь же приведен расчет по производительности транспортера и потребляемая мощность.

В третьей главе проводится разработка конструкции транспортера – очистителя корнеклубнеплодов, описание его основных частей, работы и регулировки, описание правил безопасной. Также рассчитывается технологические, прочностные расчеты и технико-экономический эффект данной конструкции.

Заключение содержит основные выводы и предложения, направленные на повышение эффективности использования разработанных устройств и технологических линий смешивания, транспортирования и раздачи кормов.

Приложение включает два патента и спецификацию.

ABSTRACT

To the final qualification work of Fatkhullin Linar Shaukatovich on the theme "Perfection of the technology of preparation of forages with development of the conveyor - cleaner of root crops"

The volume of the WRC is 59 pages, it contains 16 figures, 10 tables, 20 literature sources and 6 graphic materials.

Key words: root crops, forage, cleaner, forage.

The object of investigation of stimulated Raman scattering is the food shop.

The subject of the study is the design of a worm cleaner.

WRC consists of an introduction, 3 chapters, conclusion, literature and annex.

In the introduction, the relevance of the selected topic is substantiated, the goal and tasks of the research are formulated, the object and subject of the research are indicated.

The first chapter is devoted to the study of theoretical issues, it reveals the concept, the essence of cleaning and transportation, as well as an overview of existing designs of cleaners.

In the second chapter, the technology of preparation of transportation of root crops, a description of the feed mill, is given. Here, too, a calculation is made of the conveyor productivity and the power consumption.

In the third chapter, the design of the conveyor - the cleaner of root crops, description of its main parts, work and regulation, description of the rules of safe. It also calculates the technological, strength calculations and the technical and economic effect of this design.

The conclusion contains the main conclusions and proposals aimed at increasing the efficiency of the use of the developed devices and technological lines of mixing, transportation and distribution of feed.

The application includes two patents and a specification.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	.....
1. Литературно-патентный обзор .....	.....
1.1. Анализ технологического процесса транспортирования кормов .....	.....
1.2. Обзор и анализ машин для транспортирования, очистки и сепарирования корнеклубнеплодов .....	.....
1.3. Винтовой конвейер .....	.....
1.3.1. Назначение и устройство винтового конвейера .....	.....
1.3.2. Устройство винтового конвейера.....	.....
2. Технологическая часть .....	.....
2.1. Обзор и анализ технологических процессов «сухой» и «мокрой» очистки корнеклубнеплодов .....	.....
2.2. Технологический расчет шнековых транспортеров.....	.....
2.3. Физическая культура на производстве .....	.....
3. Конструкторская часть .....	.....
3.1. Разработка конструкции шнекового устройства для транспортирования, очистки и сепарирования сельскохозяйственных кормов.....	.....
3.2. Конструкция и принцип действия концентрично-шнекового транспортера-очистителя корнеклубнеплодов и пищевых отходов.....	.....
3.3. Конструктивный расчет шнекового транспортера-очистителя корнеклубнеплодов и влажных кормов на базе пищевых отходов .....	.....
3.4. Обеспечение безопасности в конструкции шнекового транспортера- очистителя корнеклубнеплодов.....	.....
3.5. Расчет освещения на участке приготовления корма для животноводческого помещения .....	.....
3.6. Расчет заземления .....	.....
3.7 Расчет вентиляции .....	.....
3.8 Технико-экономическая оценка конструкторской разработки .....	.....
3.8.1 Расчет массы и стоимости конструкции.....	.....

3.8.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение с базовыми	
Выводы	
Список использованной литературы.....	
Спецификации	
Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

Корма в структуре себестоимости производства мяса, молока и других продуктов составляют 60 и более процентов. От качества кормов и их подготовки к скармливанию скоту во многом зависит эффективность работы животноводческих ферм и комплексов. Физико-механические и реологические свойства кормов, включенных в рацион, а также тип кормления, определяют состав машин и оборудования для комплексной механизации процессов заготовки, переработки, погрузки и раздачи кормов.

Кормовые корнеклубнеплоды повышают продуктивность сельскохозяйственных животных, так как содержат много витаминов, сахара микроэлементов. В рацион коров и других животных можно включать до нескольких десятков килограммов кормовых корнеплодов в день и добиваться при этом высоких надоев и привесов. Однако, как правило, доля кормовых корнеплодов не превышает нескольких килограммов в сутки, из-за ограниченности запасов на ферме, так как корнеклубнеплоды требуют больших трудозатрат при их заготовке и подготовке к скармливанию [13].

Технологический процесс приготовления кормов, начиная от уборки корнеклубнеплодов с полей, вплоть, до раздачи готовых кормов животным, является наиболее трудоемким и энергоемким, требующих сложных многофункциональных технических средств. Разрабатываемый в данной работе сортировочно-транспортный очиститель, должен быть универсальным, помимо транспортирования должен обладать качественной сортировки с возможностью очистки корнеклубнеплодов, в составе поточных технологических линий кормоцехов.

Для осуществления большинства вышеперечисленных операций широкое распространение получили шнековые (винтовые) конвейеры (ШК), поэтому для разработки теории и обоснование параметров устройства сортировок и транспортирования корнеклубнеплодов, в данной работе рассматриваем винтовой конвейер т. е. шнек.

Шнековые (винтовые) конвейеры применяются для транспортировки сложных разнородных материалов, для которых использование других моделей конвейеров проблематично. Эти конвейеры позволяют подавать пищевые и промышленные отходы, обезвоженные растворы, вязкие и липкие смеси, гранулированные материалы и многое другое. Трудно представить себе современное производство, в котором бы не нашли место винтовые конвейеры, в основу которых положен принцип подачи продукта вращающимся спиральным винтом [8,12]. Они нашли широкое применение в пищевой промышленности, при переработке мяса, рыбы, овощей, корнеклубнеплодов, фруктов, сахара и зерновых. Простота устройства, эксплуатации и достаточно высокая производительность винтовых конвейеров позволяют широко использовать их в сельском хозяйстве в виде самостоятельных агрегатов, а так же в машинах в виде встроенных узлов, выполняющих иногда помимо транспортирования, и технологические операции, такие, как на пример: мойка, сортировка, дозирование, раздача, смешивание, прессование материала и.т.д.

Внедрение шнековых конвейеров сдерживалось недостаточной разработкой теоретических основ расчета и методики проектирования. Ошибки при проектировании приводили к тяжелым и громоздким конструкциям, повышенной энергоемкости и порче материала [1].

За последние годы проявился повышенный интерес к исследованиям шнеков и наметилась тенденция более широко применения винтовых транспортеров во многих отраслях сельскохозяйственного производства и машиностроении [5].

В типовых схемах кормоцехов применяют корнеклубнеплодомойки с вертикальным шнеком. На мойку 1 т корнеклубнеплодов затрачивается до 250 кг воды, Кроме того, вместе с корнеклубнеплодами с полей вывозится плодородная почва (до 10 % от массы корнеклубнеплодов), которая уносится промывочной водой. Поэтому необходимо грамотно эксплуатировать

очиститель как корнеклубнеплодов, так и пищевых отходов. На полях применять сухую очистку, в кормоцехах – мокрую и очистку пищевых отходов.

Для осуществления большинства вышеперечисленных операций широкое распространение получили шнековые (винтовые) конвейеры (ШК). В этом случае процесс транспортирования заключается в преобразовании вращательного движения шнека в поступательное движение перемещаемого материала. На транспортируемый материал со стороны поверхности шнека действует осевая сила и вращающий момент. Основное условие транспортирования - наличие сил сопротивления, которые тормозят вращательное движение материала, вызывая тем самым его осевое перемещение. Сопротивление создают силы тяжести и трения со стороны желоба и окружающей среды. Осевое перемещение материала производится по руслу, образованному неподвижными или подвижными поверхностями.

Шнековые конвейеры применяются для транспортирования сыпучих материалов, корнеклубнеплодов, обезвоженного навоза и пищевых отходов (ПО). Достоинствами их являются закрытый транспортный тракт, компактность по сравнению с другими транспортерами при одинаковой производительности. Достоинством также является возможность загрузки и разгрузки в нескольких пунктах, отсутствие потерь транспортируемого материала, безопасность и надежность в работе и обслуживании.

Определяющим фактором снижения себестоимости кормов, повышение качества их, является совмещение технологических процессов в кормопроизводстве и кормоприготовлении [5]. Для реализации указанных процессов используются различные технические средства, в том числе шнековые. Особый интерес представляют эксцентричные шнековые транспортеры, позволяющие перемещать материал, очищать его от посторонних включений, и при необходимости калибровать. Цель выполнения ВКР состоит, во-первых в том, что на основании изучения материала по теме проекта, разработать конструкцию эксцентричного транспортера - очистителя

сельскохозяйственных материалов. Особенность предлагаемой конструкции состоит, во первых - в использовании вращающейся перфорированной втулки-сепаратора, позволяющего осуществить несколько операций в одном агрегате. Во вторых - рассчитать параметры, эксцентричного транспортера – очистителя, разработать мероприятия по технике безопасности и охране труда, провести технико-экономическое обоснование проекта и разработанной конструкции.

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ КОРМОВ

Увеличение производства животноводческой продукции зависит от обеспеченности кормами, причем разнообразными и высокого качества. Для снижения себестоимости производимой продукции необходимо, чтобы рентабельными были технологические процессы приготовления и раздачи кормов. Сюда можно отнести мойку, дробление, измельчение, смешивание и дозированную раздачу кормов. Серьезной проблемой является очистка, сепарирование и транспортирование корнеклубнеплодов, которую предстоит решить с помощью выпускной квалификационной работы.

Для осуществления большинства вышеперечисленных операций широкое распространение получили шнековые (винтовые) конвейеры (ШК). В этом случае процесс транспортирования заключается в преобразовании вращательного движения шнека в поступательное движение перемещаемого материала. На транспортируемый материал со стороны поверхности шнека действует осевая сила и вращающий момент. Основное условие транспортирования – наличие сил сопротивления, которые тормозят вращательное движение материала, вызывая тем самым его осевое перемещение. Сопротивление создают силы тяжести и трения со стороны желоба и окружающей среды. Осевое перемещение материала производится по руслу, образованному неподвижными или подвижными поверхностями.

ШК применяются для транспортирования сыпучих материалов, корнеклубнеплодов, обезвоженного навоза и пищевых отходов (ПО). Достоинствами их являются закрытый транспортный тракт, компактность по сравнению с другими транспортерами. При этом производительность,

возможность загрузки и разгрузки в нескольких пунктах, отсутствие потерь транспортируемого материала, безопасность и надежность в работе и обслуживании одинаковые.

Шнековые транспортеры (шнеки) применяют для горизонтального, вертикального и наклонного перемещения различных грузов. Устройства таких транспортеров отличаются отсутствием гибкого тягового органа. Груз перемещается основным рабочим органом-шнеком, расположенным в открытом и закрытом желобе.

Простота конструкции конвейеров, надежность в эксплуатации, компактность и высокая производительность позволяют широко использовать их в животноводстве. Шнеки применяют в виде самостоятельных агрегатов, а также в качестве встроенных сборочных единиц в других машинах. Помимо транспортировки грузов, шнеки выполняют и некоторые другие технологические операции, например смешивание, очистка и дозирование кормов.

Определяющим фактором снижения себестоимости кормов, повышение качества их, является совмещение технологических процессов в кормопроизводстве и кормоприготовлении. Для реализации указанных процессов используются различные технические средства, в том числе шнековые. Особый интерес представляют эксцентричные шнековые транспортеры, позволяющие перемещать материал, очищать его от посторонних включений, и при необходимости калибровать. Цель выполнения ВКР состоит в том, чтобы разработать конструкцию эксцентричного транспортера - очистителя сельскохозяйственных материалов с вращающейся перфорированной втулкой-сепаратором, позволяющего осуществить несколько операций в одном агрегате.

В общей схеме механизации ферм большое значение имеет транспортирование корнеклубнеплодов, а также жидких и полужидких кормовых смесей и других сельскохозяйственных материалов при помощи шнековых устройств. Современные линии подачи кормов животным и

транспортирования перерабатываемых материалов в технологическом цикле часто представляют собой сложную систему, включающую в себя, кроме транспортера, различных аппаратов и запорных устройств. Основным преимуществом транспортирования шнековыми транспортерами является широкая возможность автоматизации процесса транспортирования, герметизации, которая способствует полной сохранности транспортируемого материала, бесперегрузочность, а также небольшое число обслуживающего персонала. На приведенном рисунке 1.1 показаны основные кормовые транспортеры, в которых используются шнеки.

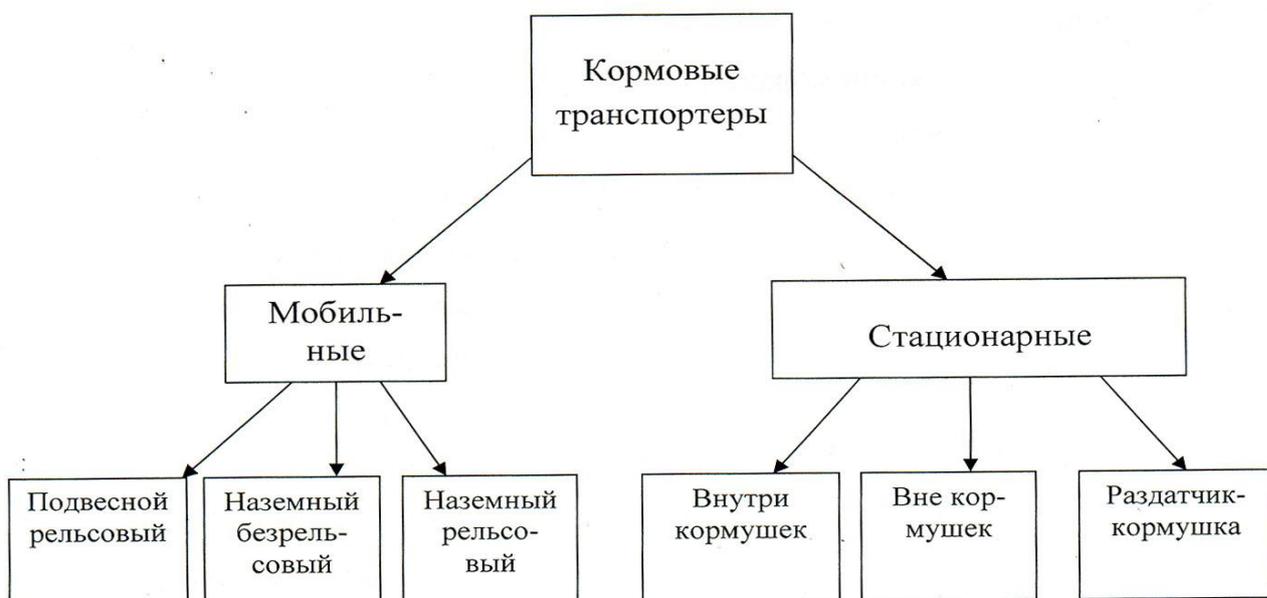
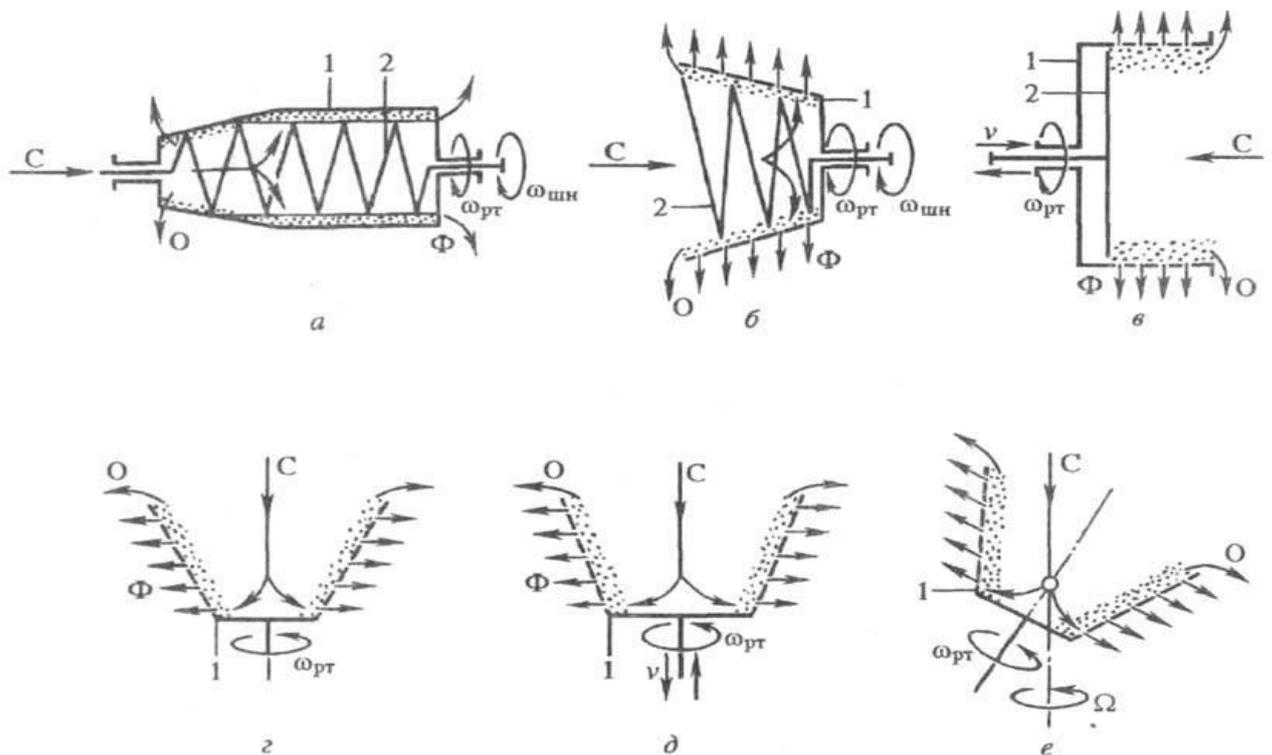


Рисунок 1.1 - Классификация кормораздатчиков.

Обзор средств отделения очищенного материала от очищающей среды

Современные средства «сухой» и «мокрой» очистки корнеклубнеплодов от почвы, а также пищевых отходов от посторонних включений приведен в разделе 1.1 и показан на рисунке 1.1. Большие трудности возникают при отделении очищенного материала от очищающей воды при «мокрой» очистке, песка, почвы и т.п. при «сухой» очистке [17,18].

На рисунке 1.2 приведены схемы механического разделения очищенного материала от очищающей среды.



C - Смесь, предназначенная для разделения; O - очищенный материал;
 Φ - загрязненная среда.

a - горизонтальный шнек; b - горизонтальный шнек с наклонными стенками; v - горизонтальный экструдер; z - вертикальный экструдер стационарного вращения; d - вертикальный экструдер стационарного вращения и возвратно-поступательного вертикального движения; e - наклонный

экструдере стационарного вращения и возвратно-поступательного вертикального движения.

Рисунок 1.2 - Схемы механической разделения очищенного материала от очищающей среды.

1.2 Обзор и анализ машин для транспортирования, очистки и сепарирования корнеклубнеплодов

Установка для сухой очистки корнеклубнеплодов

Установка предназначена для очистки корнеклубнеплодов от почвенных примесей перед скармливанием сельскохозяйственным животным. Очиститель корнеклубнеплодов, показанный на рисунке 1.3, состоит из двухзаходного шнека, витки 1 которого жестко закреплены на валу 2 посредством кронштейна 3. Вальцы 4 имеют спиральную навивку и расположены под острым углом от вертикали по направлению вращения шнека и параллельно валу 2 шнека. Обрешетка шнека состоит из планок 5, установленных по образующей кожуха шнека с зазором между собой и параллельно валу 2 шнека. Планки 5 выполнены из профиля таврового сечения и связаны между собой посредством пластин 6.

На рисунке 1.3 показан общий вид установки для очистки корнеклубнеплодов.

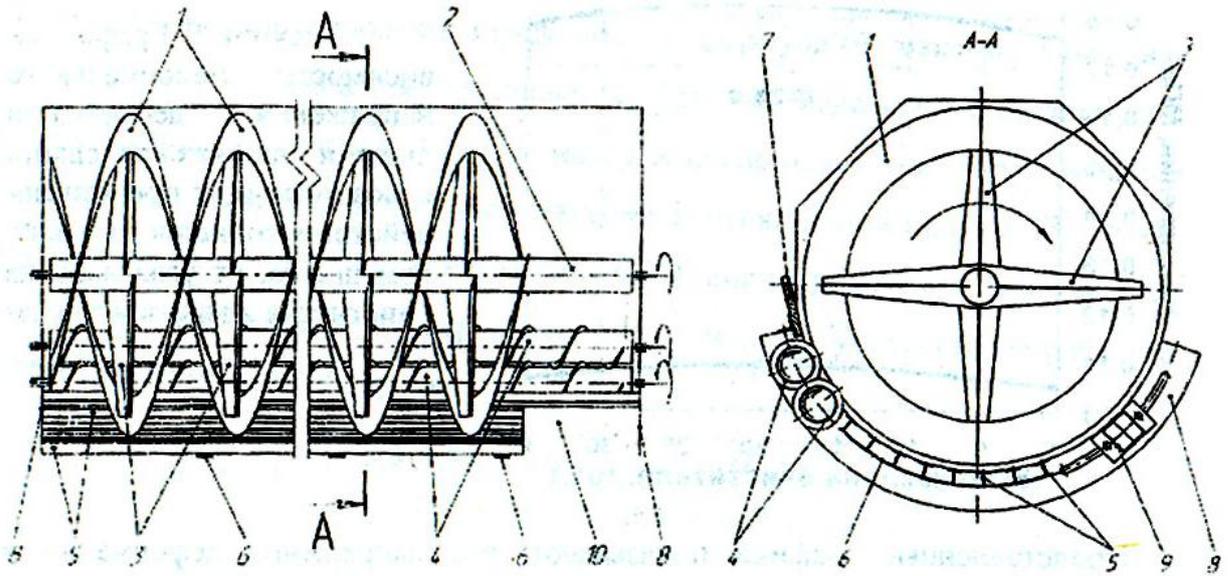


Рисунок 1.3 - Схема установки для очистки корнеклубнеплодов

Над вальцами 4 по направлению вращения шнека установлена доска 7, удерживающая корнеплоды в случае переброса их через вальцы витков 1. Вальцы 4, обрешетка и доска 7 шнека жестко связаны между собой промежуточным сектором 8 и образуют подвижную рамку, которая крепится на раме 9 и может поворачиваться вокруг шнека для изменения угла установки вальцев в зависимости от типа корнеплодов, их загрязненности, влажности почвы и т.д. [15].

На рисунке 1.4 показан шнеково-вальцевый очиститель корнеклубнеплодов

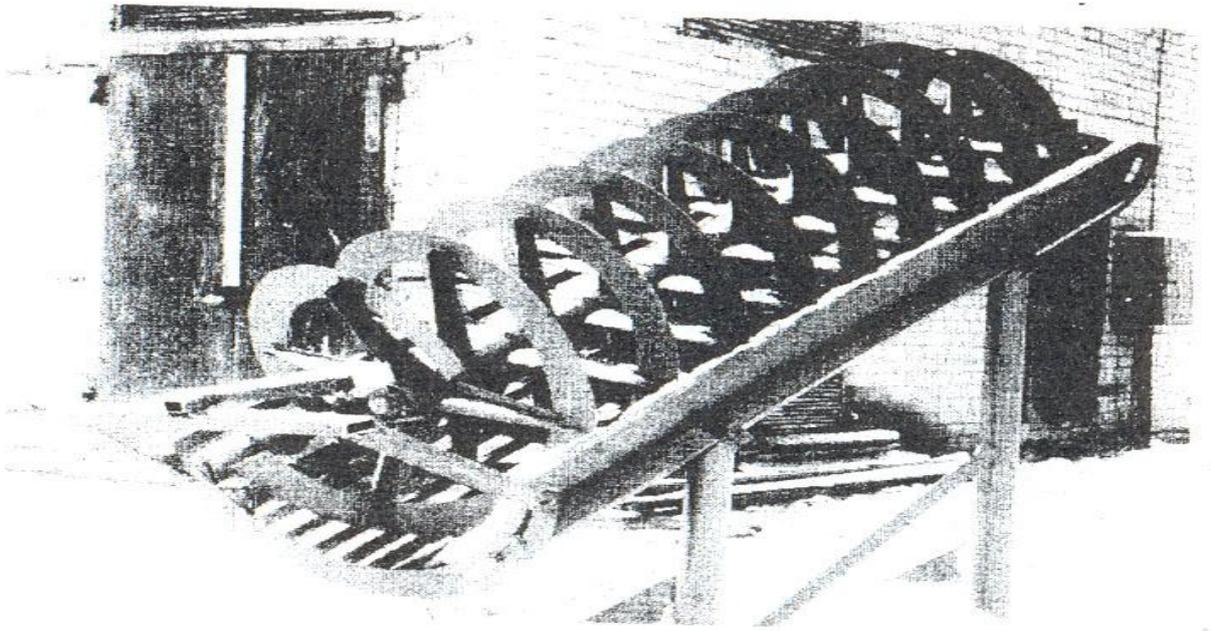


Рисунок 1.4 - Шнеково-вальцевый очиститель корнеклубнеплодов

Транспортер корнеклубнеплодов ТК-5,0Б.

Транспортер корнеклубнеплодов предназначен для выгрузки корнеклубнеплодов из приемного бункера-накопителя и подачи их /в измельчитель. ТК-5,0Б-1 входит в комплект технологического оборудования КЦС-6 («Маяк-6») в составе кормоизмельчительных цехов откормочных свиноферм на 3000 и 6000 свиней.

На рисунке 1.5 показан транспортер корнеклубнеплодов ТК-5,0Б.

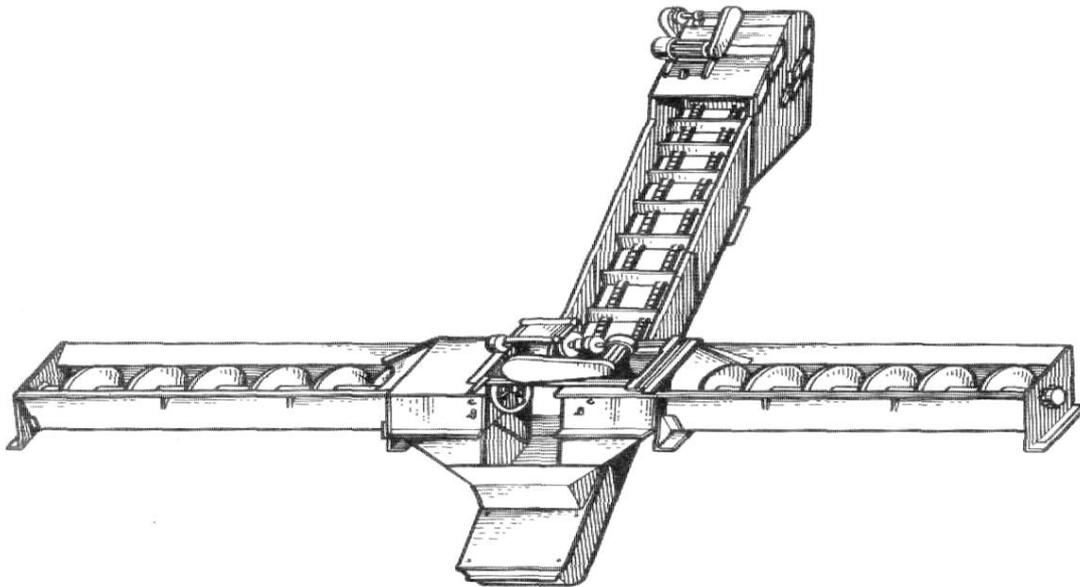


Рисунок 1.5 - Транспортер корнеклубнеплодов ТК-5,0Б

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип	стационарный.
Производительность, $m^3/ч$	5,3
Число электродвигателей	2
Мощность электродвигателей, $кВт$	3
Скорость движения рабочего органа, $м/с$	0,38
Высота скребков, $мм$	90
Ширина скребков, $мм$	390
Шаг скребков, $мм$	304
Число обслуживаемых бункеров	2
Габаритные размеры: $мм$	7440×660
Масса, $кг$:	
ТК-5,0 Б-1	1320
ТК-5,0 Б-2	1340

Транспортер корнеклубнеплодов ТК-5.

Транспортер предназначен для подачи корнеклубнеплодов из приемного бункера в измельчитель кормов «ИКС-5М» в кормоприготовительных цехах.

Состоит из шнекового питателя и наклонного скребкового транспортера.

Наклонный транспортер установлен под углом 45°. Привод шнека и скребков осуществляется от отдельных электродвигателей.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип	стационарный.
Производительность, <i>т/ч</i>	5
Мощность электродвигателей, <i>кВт</i>	3
Число электродвигателей	2
Габаритные размеры: <i>мм</i>	
питателя.....	2970×725×1381
скребкового транспортера.....	7440×660
Масса, <i>кг</i>	920

Шнек загрузочный сборный, модернизированный ШЗМ-40,0М

Шнек предназначен для загрузки измельченных корнеклубнеплодов, сенной муки, концентратов и зеленой массы в смеситель.

Выпускается в двух модификациях: шнек ШЗМ-40,М-1 для работы в кормоцехе «Маяк-б» и других кормоцехах аналогичных конструкций, шнек ШЗМ-40,М-2 для самостоятельного исполнения.

На рисунке 1.6 приведен шнек ШЗМ-40,0М.

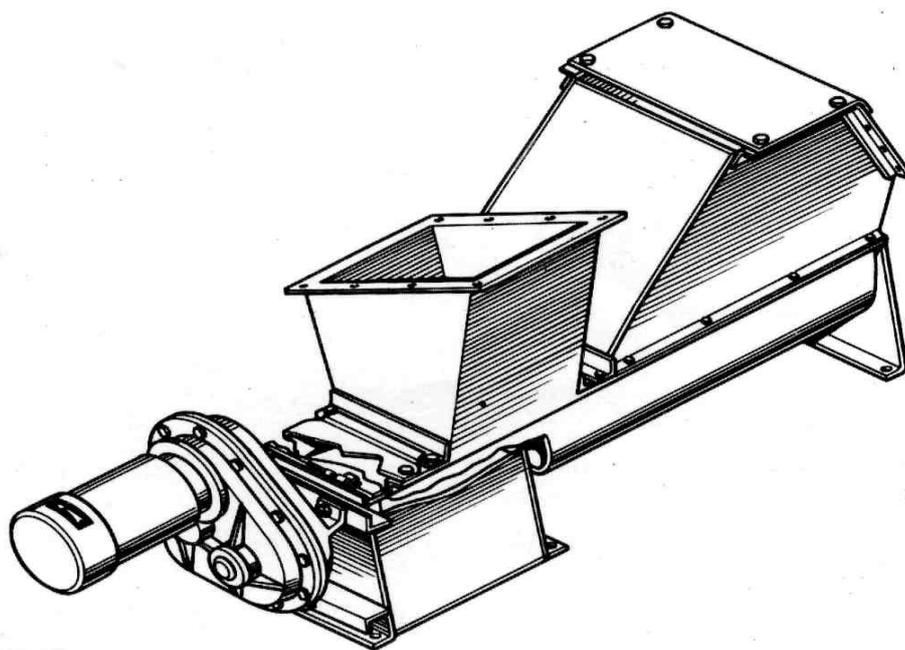


Рисунок 1.6 - Шнек загрузочный сборный, модернизированный ШЗМ-40,0М.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип	стационарный.
Производительность, <i>т/ч</i>	40
Установленная мощность, <i>кВт</i>	2.2
Длина шнека	4740
Шаг витка шнека, <i>мм</i>	250
Частота вращения шнека, <i>об/мин</i>	88
Габаритные размеры: <i>мм</i>	5390×690×1045
Масса, <i>кг</i>	347

Шнек загрузочный сборный, модернизированный ШВС-40,0М.

Шнек загрузочный *предназначен* для подачи готовых смешанных кормов от смесителя С-12 к выгрузному скребковому транспортеру ТС-40,0М, а также для транспортирования измельченных корнеклубнеплодов, сеной муки, концентратов и зеленой массы в кормоцехах откормочных свиноферм.

На рисунке 1.7 приведен шнек загрузочный сборный, модернизированный ШВС-40,0М.

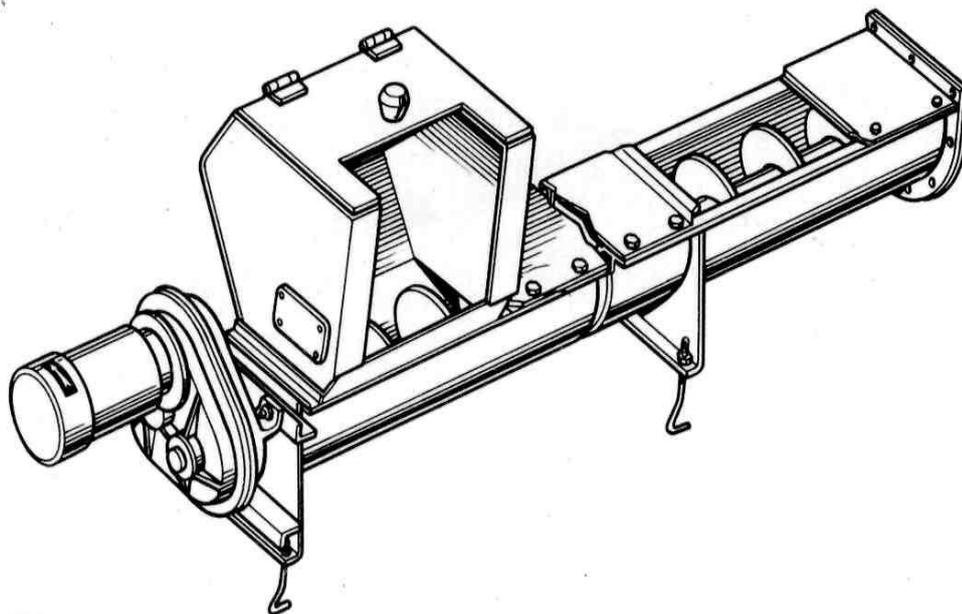


Рисунок 1.7 - Шнек загрузочный сборный, модернизированный ШВС-40,0М

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип	стационарный.
Производительность, <i>т/ч</i>	40
Установленная мощность, <i>кВт</i>	2.2
Длина шнека, <i>мм</i>	5140
Шаг витка шнека, <i>мм</i>	250
Частота вращения шнека, <i>об/мин</i>	88
Габаритные размеры: <i>l×b×h</i> , <i>мм</i>	650×600×995
Масса, <i>кг</i>	317

Транспортер для подачи корнеклубнеплодов из хранилищ к кормоцеху ТПК-5/10

Транспортер ТПК-5/10 имеет две последовательно расположенные секции, каждая из которых снабжена индивидуальным приводом и состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, приводного вала, пружинных стоек,

опорных рам и желобов. Загрузка транспортера осуществляется по всей его длине и с любого места.

Транспортер работает по принципу вибрации.

Управление осуществляется при помощи электроаппаратуры, помещенной в шкаф управления. Работает в двух режимах вибрации: 290 и 340 колебаний в минуту.

1.3 Винтовой конвейер

1.3.1 Назначение и устройство винтового конвейера

Винтовой конвейер (иначе шнек) состоит из таких деталей, как корпус, винт, подшипниковые опоры, загрузочное и разгрузочное отверстия, присоединительные фланцы, редуктор и приводной электродвигатель. Во время вращения винта материал, который транспортируют, передвигается от загрузочного отверстия к разгрузочному.

Высокая производительность и простота конструкции конвейера, а также его надежность являются причинами их широкого применения в разных областях деятельности, которая связана с перевозкой сыпучих грузов.

1.3.2 Устройство винтового конвейера

Привод подающего винта в составе технологических линий выполняется по тянущей или по толкающей схеме.

При толкающей схеме привод подающего винта находится со стороны отверстия для загрузки материала. При тянущей схеме, привод подающего винта располагают со стороны отверстия для выгрузки. Эти схемы по установке привода подающего винта на производительность конвейера не влияют, их назначают в зависимости от того, как будет обеспечен доступ к приводу для его обслуживания.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Обзор и анализ технологических процессов «сухой» и «мокрой» очистки корнеклубнеплодов

Шнековые транспортеры-очистители используются для приготовления кормов, а именно для очистки и сепарирования корнеклубнеплодов и пищевых отходов. Они могут быть использованы в кормоцехах животноводческих ферм и комплексов [1,14].

На рисунке 2.1 показаны основные типы очистителей корнеклубнеплодов и их принципиальные схемы.

Современный очиститель-транспортер должен быть универсальным, т.е. обладать возможностью качественной очистки различных корнеклубнеплодов в составе поточных технологических линий кормоцехов.

Работа устройства для очистки корнеклубнеплодов определяется и рядом других показателей. На стадии разработки можно принять в качестве основных показателей следующие:

- качество технологического процесса (эффективность отделения почвы, в том числе комков, эффективность отделения растительных остатков, повреждаемость корнеклубнеплодов);
- надежность работы (отсутствие забивания очистителя почвой и растительными остатками);
- технологичность (подъемно-транспортирующая способность, простота конструкции, металлоемкость).

Проведенные экспертные оценки для основных семи типов очистителей корнеклубнеплодов по каждому из семи предложенному показателю (таблица 2.1 [18]) позволило определить ранги очистителей.

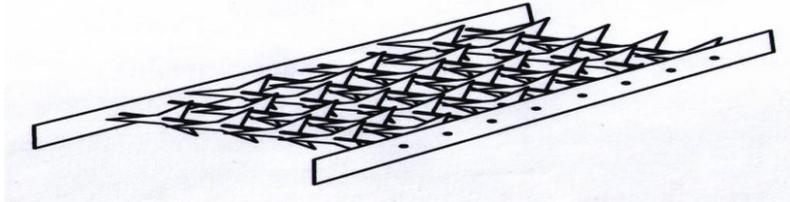
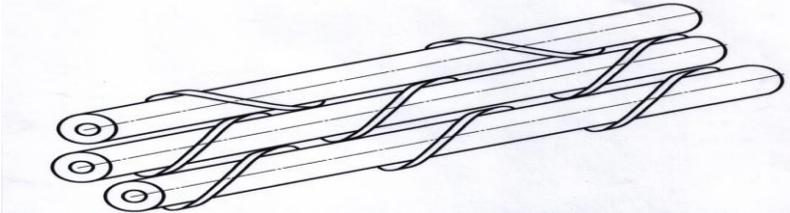
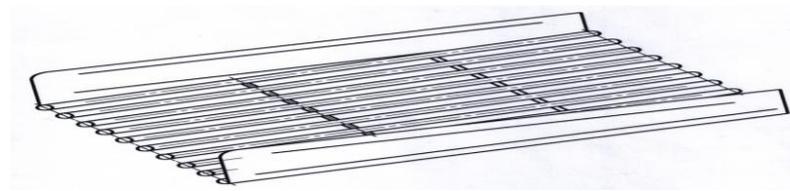
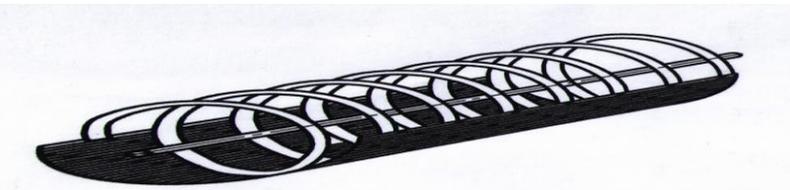
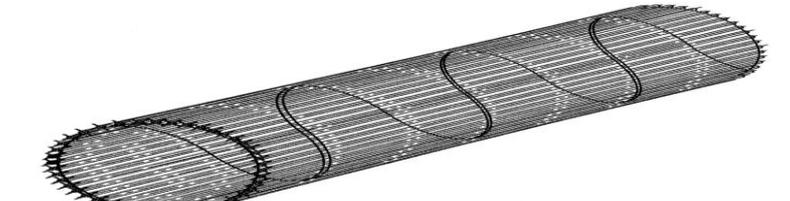
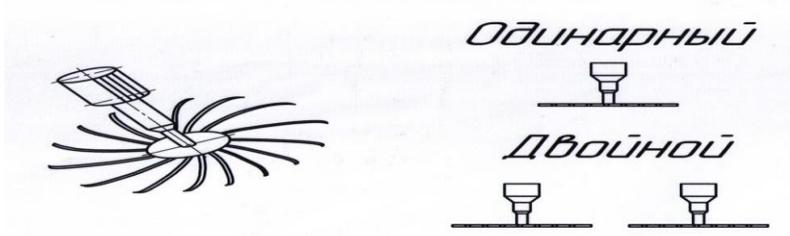
№	Тип очистителя	Принципиальная. схема очистителя
1	Ротационно-кулачковый	
2	Вальцовый	
3	Решетчатый грохот	
4	Шнековый	
6	Прутковый барабан	
7	Прутковый диск (турбинный)	

Рисунок 2.1 - Основные типы очистителей корнеклубнеплодов от почвы

Винтовой конвейер в зависимости от типа материала, который транспортироваться, может быть оснащен ленточным или сплошным винтом. Для транспортировки корнеклубнеплодов обычно используют ленточный винт.

На рисунке 2.2 показан конвейер винтовой горизонтальный толкающий

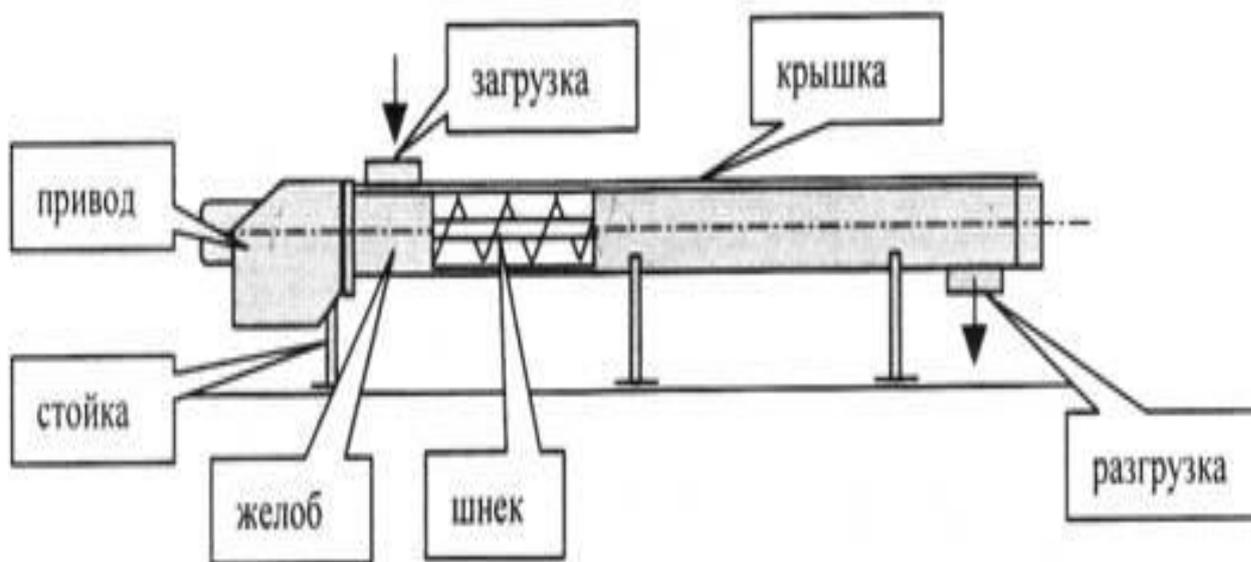


Рисунок 2.2 - Конвейер винтовой горизонтальный толкающий

На рисунке 2.3 показан конвейер винтовой горизонтальный тянущий

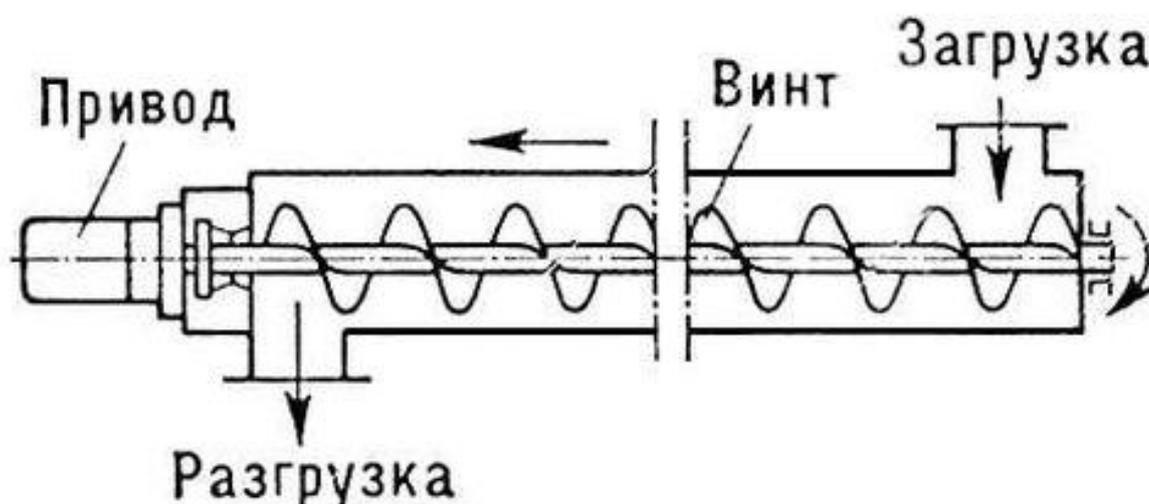


Рисунок 2.3 - Конвейер винтовой горизонтальный тянущий

На рисунке 2.4 показан конвейер винтовой передвижной наклонный

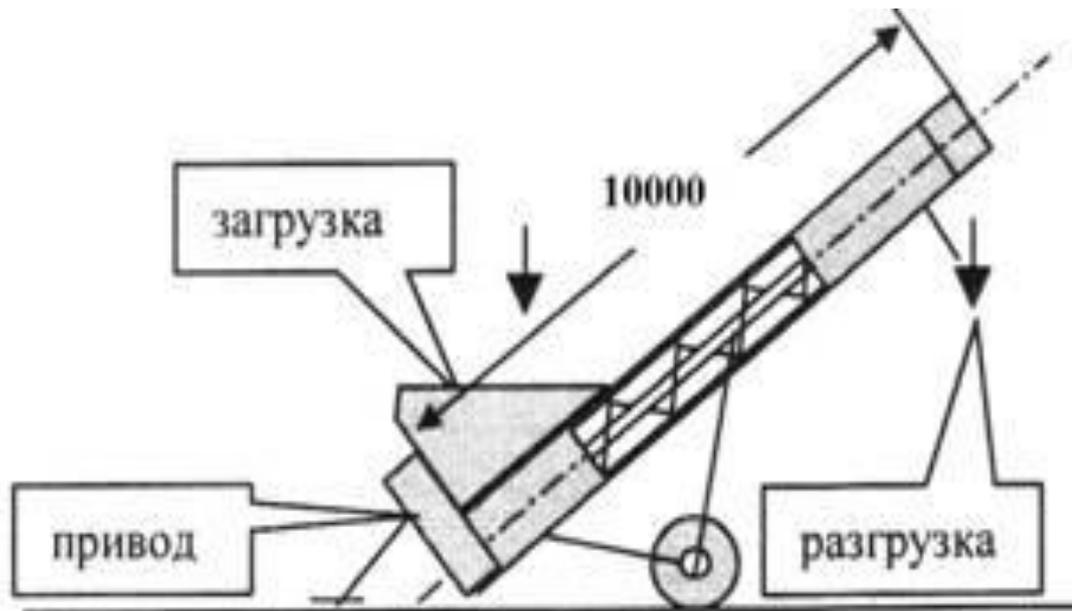


Рисунок 2.4 - Конвейер винтовой передвижной наклонный

2.2 Технологический расчет шнековых транспортеров

2.2.1. Производительность шнекового транспортера

Производительность транспортера (т/ч). определяется по формуле:

$$W_{ш} = 0,145 D_{ш}^2 \cdot l_{ш} n_{ш} \rho k_{\beta} k_z, \quad (2.1)$$

где $D_{ш}$ - диаметр шнека, м;

$L_{ш}$ - шаг шнека м;

n – частота вращения шнека, $мин^{-1}$;

ρ - плотность перемещаемого материала, $кг/м^3$;

k_{β} - коэффициент изменения производительности;

k_z – коэффициент заполнения шнека [1, 4, 6].

Для раздачи кормов применяют транспортеры с однозаходным шнеком диаметром $0,1 \dots 0,4$ м и шагом навивки $(0,6 \dots 0,8) D_{ш}$.

Исходя из условий сохранения корма, обеспечивают минимальную частоту вращения ($мин^{-1}$) $n_{ш} = 30/D_{ш}$ [11].

Коэффициент изменения k_{β} зависит от угла наклона транспортера:

угол наклона транспортера, град	значение k_β
- 90	1,16
- 60	1,1
- 30	1,06
0	1,0
+ 30	0,58
+ 60	0,44
+ 90	0,3

Примечание: знак (-) относится к наклону шнека вниз, знак (+) - вверх.

Коэффициент заполнения k_z шнека при транспортировке кормов и кормосмесей принимают равным 0,36...0,5, при транспортировке комбикормов и зерна - 0,5...0,6, транспортировке жидких смесей - 0,9.

$$W_{ш} = 0,145 \cdot 0,4^2 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1400 \cdot 0,58 \cdot 0,5 = 200 \text{ кг / мин}$$

2.2.2 Установленная мощность шнекового транспортера

Установленная мощность (кВт), электродвигателя определяется по формуле:

$$N_{ш} = \frac{8W_{ш}L_{ш}}{367\eta} (f \cos \beta + \sin \beta k_z), \quad (2.2)$$

где $L_{ш}$ - длина шнека, м;

f - коэффициент трения материала по стали.

Значения η и k_z те же, что и для скребкового и ленточного транспортеров.

$$N_{ш} = \frac{8 \cdot 200 \cdot 2}{367 \cdot 0,7} (0,9 \cdot 0,9659 + 0,2588 \cdot 0,5) = 7,0253 \text{ кВт}$$

По паспортным данным принимаем электродвигатель серии АО, мощность которого равна 7,6 кВт.

Отметим, что рассчитанная мощность расходуется на преодоление сил трения материала о стенки желоба и винт шнека, спрессовывание материала и перетирание его, перемещение в горизонтальном и вертикальном направлениях.

2.3. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда.

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

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Разработка конструкции шнекового устройства для транспортирования, очистки и сепарирования сельскохозяйственных кормов

Согласно зоотехническим требованиям загрязненность корнеклубнеплодов не должна превышать 2...3 %.

Массовая доля загрязненности корнеклубнеплодов находится по формуле:

$$\delta_z = \frac{m_1 - m}{m_1},$$

где m_1 - масса порции загрязнений корнеклубнеплодов;

m - масса той же порции совершенно чистых корнеклубнеплодов.

Фактическая загрязненность корнеклубнеплодов после уборки находится в пределах 15...20 %.

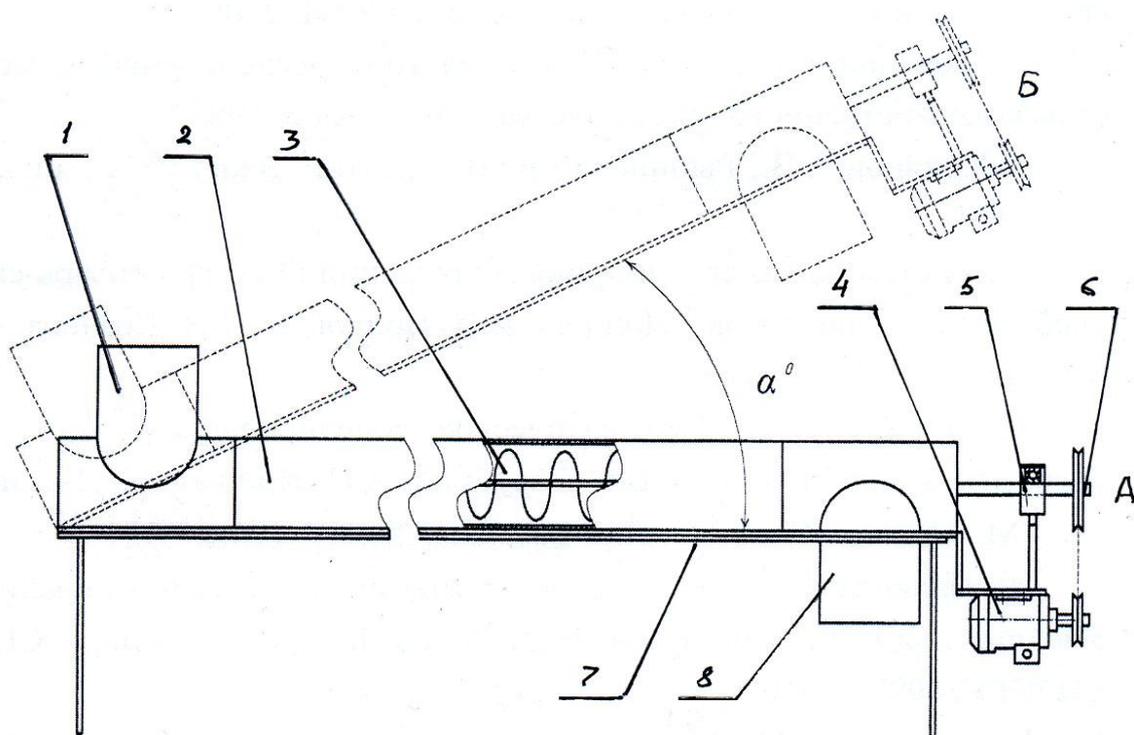
Общее время пребывания корнеклубнеплодов в воде при их промывке в устройствах непрерывного действия, согласно ГОСТу 5705 – 51 должно быть равно 60...120 с. Это время складывается из времени отмыкания (60...90 с) и времени мойки (30...40 с).

Содержание металлических примесей размером не более 2 мм с неострыми краями допускается не более 30 мг на 1 кг корнеклубнеплодов. Такая же норма металлических примесей допускается для кормов, приготовленных из пищевых отходов [4].

					<i>ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ</i>			
					<i>Транспортер- очиститель</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>			-	-
<i>Разр</i>		<i>Фатхуллин ЛШ</i>						
<i>Провер.</i>		<i>Нафиков И.Р.</i>						
<i>Т. Контр.</i>						<i>Лис</i>	1	<i>Листов</i> 12
<i>Реценз.</i>						<i>Казанский ГАУ каф. МОА 2411 с группа</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нафиков И.Р.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Халиуллин Д.Т.</i>						

Выбор типа транспортирующего шнекового механизма зависит от заданной производительности, схемы и размеров трассы транспортирования. Расчет шнека состоит в определении его основных параметров, выборе и расчете рабочего органа, определении мощности двигателя [25].

Внедрение шнековых механизмов сдерживалось недостаточной разработкой теоретических основ расчета и методики проектирования. Ошибки при проектировании приводили к тяжелым и громоздким конструкциям, повышенной энергоемкости и порче материала [25].



1-загрузочный патрубок; 2-корпус шнека; 3 - шнек; 4-электродвигатель; 5 - узел крепления электродвигателя; 6-цепная передача; 7-рама; 8-выгрузной патрубок.

Рисунок 3.1 - Центально-шнековый транспортер-очиститель
корнеклубнеплодов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ

Лист

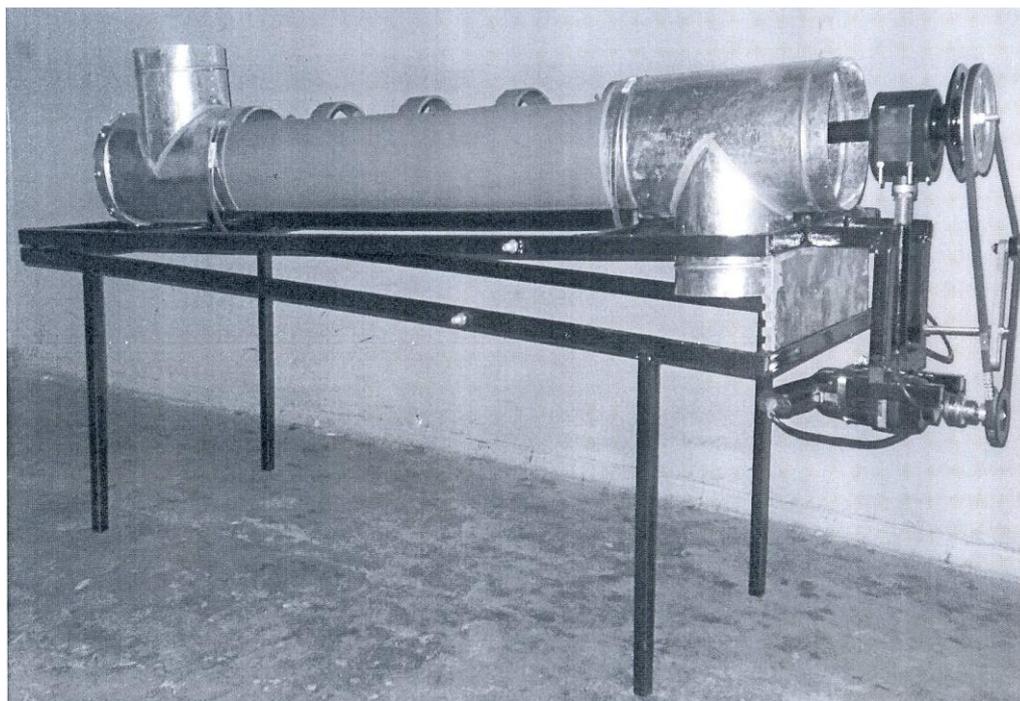


Рисунок 3.2 - шнековый транспортер-очиститель общий вид

На рисунке 3.2 приведено фото экспериментального центрально-шнекового транспортер-очиститель Казанского ГАУ.

Разработанный транспортер-сепаратор корнеклубнеплодов может применяться на малых и средних фермах. Также он может эффективно использоваться для определенных половозрастных групп на крупных фермах и комплексах [25].

3.2.2 Параметры концентрично-шнекового транспортера-очистителя корнеклубнеплодов

Согласно зоотехническим требованиям загрязненность корнеклубнеплодов не должна превышать 2...3 %.

Массовая доля загрязненности корнеклубнеплодов находится по формуле:

$$\delta_3 = \frac{m_1 - m}{m_1},$$

где m_1 - масса порции загрязнений корнеклубнеплодов;

m - масса той же порции совершенно чистых корнеклубнеплодов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ

Лист

$$\gamma = 0,54 \div 0,65 \text{ м/м}).$$

Данная зависимость позволяет определить диаметр шнека для $\frac{S}{D} = 1$, так как для корнеклубнеплодов рекомендуется $S = (0,5 \div 0,6) D$, тогда $\frac{S}{D} = (0,5 \div 0,6)$, согласно данным приведенным [2]. Данное значение обозначим через символ (далее ε) и приравняем его к 0,6 ($\varepsilon = 0,6$). Вставим ε в формулу и получим:

$$D = 0,28 \sqrt[3]{\frac{Q}{\Psi c n \gamma \varepsilon}} \quad (3.2)$$

Произведем порядок расчета для примера, по данным: $n = 23,6$ об/мин и угол наклона винтового конвейера $\alpha = 0^\circ$, расчеты по остальным параметрам приведены в таблице 3.1.

$$D = 0,28 \sqrt[3]{\frac{1}{0,65 \cdot 1 \cdot 23,6 \cdot 0,65 \cdot 0,6}} = 0,154 \text{ м.}$$

Таблица 3.1 – Показатели расчетного диаметров винтового конвейера

C \ n	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 20^\circ$	$\beta = 30^\circ$	$\beta = 45^\circ$
	$c_\beta = 1$	$c_\beta = 0,8$	$c_\beta = 0,65$	$c_\beta = 0,5$	$c_\beta = 0,35$
23,6 об/мин	$D = 0,154$ м	$D = 0,166$ м	$D = 0,178$ м	$D = 0,194$ м	$D = 0,219$ м
30 об/мин	$D = 0,142$ м	$D = 0,153$ м	$D = 0,164$ м	$D = 0,179$ м	$D = 0,202$ м
37,5 об/мин	$D = 0,132$ м	$D = 0,142$ м	$D = 0,153$ м	$D = 0,166$ м	$D = 0,188$ м
60 об/мин	$D = 0,113$ м	$D = 0,122$ м	$D = 0,130$ м	$D = 0,142$ м	$D = 0,160$ м
75 об/мин	$D = 0,105$ м	$D = 0,113$ м	$D = 0,121$ м	$D = 0,132$ м	$D = 0,149$ м

Исходя из данных приведенных в таблице 3.1 видно, что наименьший расчетный диаметр $D_{\min} = 0,105$ м, а наибольший диаметр $D_{\max} = 0,219$ м. Средним этих двух значений является:

$$D_{\text{ср}} = \frac{(D_{\text{max}} + D_{\text{min}})}{2} = \frac{(0,219 + 0,105)}{2} = 0,162 \text{ м.}$$

Полученный диаметр винта округляют до ближайшего стандартного и проверяют на возможность пропуска кускового материала.

Данный диаметр проверяется по формуле:

$$D \geq (x_1 - x_2) A_{\text{max}}, \quad (3.3)$$

где x_1, x_2 – коэффициент, учитывающий неоднородность материала

($x_1 = 4, x_2 = 6$ – для рядового материала; $x_1 = 8, x_2 = 10$ – для сортированного материала).

A_{max} – наибольший размер куска, мм. (примем $A_{\text{max}} = 20$ мм)

$$D \geq 8 \cdot 20 = 160 \text{ мм.}$$

По рекомендациям ГОСТа 2037 – 65, который предусматривает нормальный ряд диаметров винтов $D = 150; 160; 200; 250; 300; 400; 500; 600$ мм, – по данным, приведенным в [1].

Наиболее подходящий, исходя полученных данных, рекомендации ГОСТом 2037 – 65 и по конструктивным соображениям, принимаем диаметр шнека для малогабаритной установки $D = 0,160$ м.

Величину шага винта S принимают в зависимости от диаметра [2]:

$$S = \delta \cdot D, \quad (3.4)$$

где δ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств транспортируемого груза. Оптимальное значение δ для корнеклубнеплодов находится в пределах $0,6 \div 0,8$. На исследуемой малогабаритной установке, предусматривает не только перемещение, но и очистку корнеклубнеплодов. Нахождения материала в межвитковом пространстве – более одного. Условия очистки – перетирание, значения δ примем ($\delta = 1,2$). Значение выбрано по рекомендованному оптимальному соотношению $S:D$. Значение $\delta > 1,2$ приводят

к снижению производительности из-за уменьшения осевой скорости перемещения материала.

D – диаметр винта, м.

$$S = 1,12 \cdot 0,160 = 0,179 \text{ м.}$$

Согласно ГОСТу 2037 – 65 примем шаг $S = 0,180$ м.

$$D = 0,283 \sqrt[3]{\frac{3}{0,8 \cdot 5 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,7}} = 0,366 \text{ м.}$$

Диаметр шнека уточняем в соответствии с диаметрами, предусмотренными ГОСТом 2037-65.

Выбираем $D = 400$ мм.

Принятый диаметр проверяем по крупности транспортируемого материала:

$$D \geq k \cdot a,$$

где k – коэффициент, учитывающий неоднородность материала, $k = 6 - 8$;

a - наибольший размер кускового груза.

$$D \geq 8 \cdot 20 = 160 \text{ мм.}$$

Диаметр вала выбирается из соотношения:

$$D = (4 \dots 6) d, \text{ откуда имеем } d = 400/5 = 80 \text{ мм.}$$

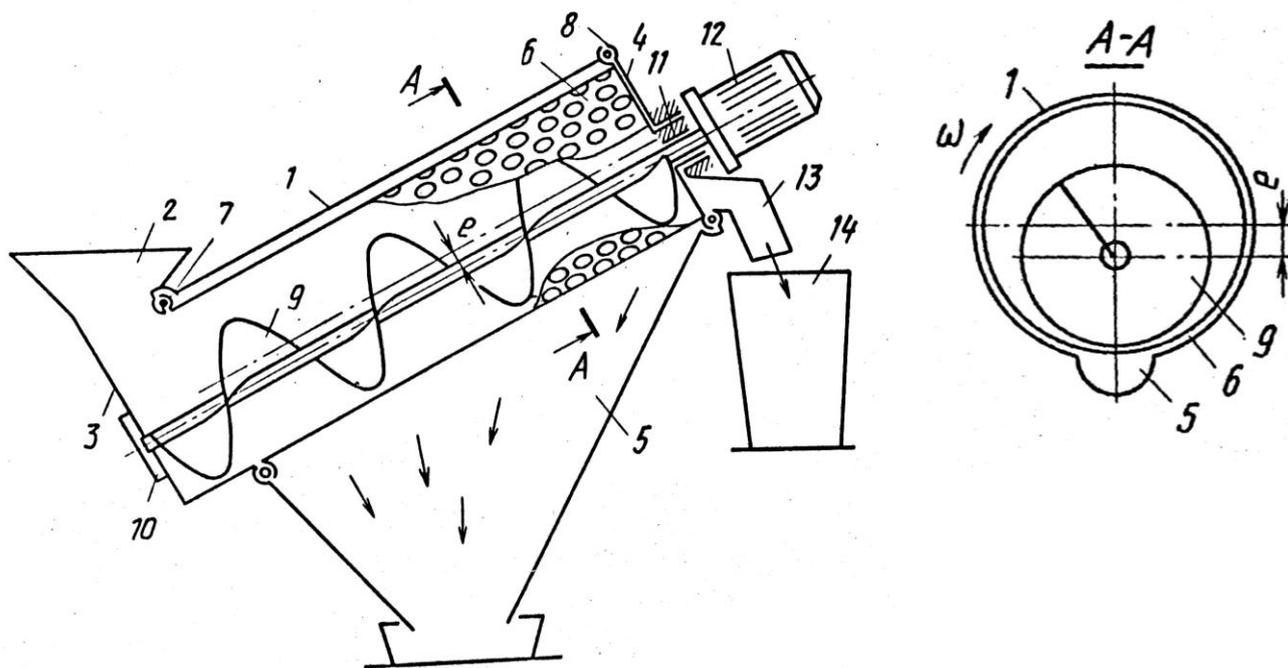
Для транспортирования корнеклубнеплодов производительностью менее 2-х кг/с угол подъема винтовой линии шнека составляет 18 - 20° [2]. Шаг винта равен $S = 0,8D = 320$ мм.

3.3 Конструктивный расчет шнекового транспортера-очистителя корнеклубнеплодов и влажных кормов на базе пищевых отходов

3.3.1 Установка для очистки и сепарирования корнеклубнеплодов.

На рисунке 3.3 приведена установка для сепарирования сельскохозяйственных материалов, и сечение ее по А-А.

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ					



1 - пустотелый цилиндр; 2 - загрузочный бункер; 3,4 - боковые крышки; 5 - желоб; 6 - цилиндрическая пустотелая втулка; 7,8 - кольцевые опоры; 9 - транспортирующий шнек; 10, 11 - подшипниковые узлы; 12 - привод шнека; 13 - выгрузная горловина; 14 - приемник очищенного материала.

Рисунок 3.3 - Установка для сепарирования сельскохозяйственных материалов.

Как уже говорилось выше, целью выполнения ВКР явилось, на основании изучения технической литературы и патентов шнекового транспортера-очистителя корнеклубнеплодов и влажных кормов на базе пищевых отходов, разработать конструкцию эксцентричного транспортера-очистителя сельскохозяйственных материалов с вращающейся перфорированной втулкой-сепаратором, позволяющего осуществить несколько операций в одном агрегате [2,4,8].

Установка для сепарирования сельскохозяйственных материалов работает следующим образом. Сепарируемый материал загружается в бункер 2. Далее, в зависимости от вида обрабатываемого материала производится его очистка и сепарирование.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ

Лист

Очистка и сортировка корнеклубнеплодов.

Пускается в работу шнековый механизм 9, который очищает и сортирует перемещаемую массу в зависимости от размера ячеек перфорированной втулки 6. Очищаемые корнеклубнеплоды при своем движении контактируют друг с другом и со стенками втулки 6. Таким образом, происходит сухая очистка корнеклубнеплодов от земли, которая через отверстия во втулке ссыпается в желоб 5 и сборник 15. За счет трения между обрабатываемым материалом и стенкой перфорированной втулки, шнек приводит ее во вращение. Наличие вращающейся втулки приводит к снижению расхода энергии, так как сила трения скольжения материала о неподвижный цилиндр превышает силу трения качения в опорах 7 и 8. Перемещение и одновременные очистка и сепарирование корнеклубнеплодов производится в нижней части пространства между витками шнека 9 и втулки 6. Уменьшение площади контакта материала со стенками втулки 6 также снижает энергию, затрачиваемую шнеком на перемещение обрабатываемой массы. Очищенные и отсортированные корнеклубнеплоды через выгрузную горловину 13 направляются в сборник 14.

Очистка пищевых отходов от посторонних включений.

Пускается в работу шнековый механизм 9, который перемещает обрабатываемую массу, производя вытеснение кормовой фракции пищевых отходов через ячейки втулки 6 в желоб 5 и далее в сборник 15. Посторонние включения, под действием вращающегося шнека 9, транспортируются по внутренней поверхности втулки 6 в верхнюю ее часть и через выгрузную горловину 13 поступают в сборник 14. Размер отделяемых посторонних включений определяется подбором размеров ячеек втулки 6, которая может быть сменной и установкой взаимного положения втулки и шнека с необходимым эксцентриситетом.

Использование установки для сепарирования сельскохозяйственных материалов увеличивает степень отделения посторонних включений из

					<i>ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пищевых отходов, а также качество очистки корнеклубнеплодов, снижает энергоемкость процесса, расширяет технологические возможности ее. Все это позволяет использовать установку для различных категорий сельскохозяйственных кормов.

3.3.2 Конструкция и принципа работы шнекового транспортера - очистителя для мойки и сепарирования корнеклубнеплодов.

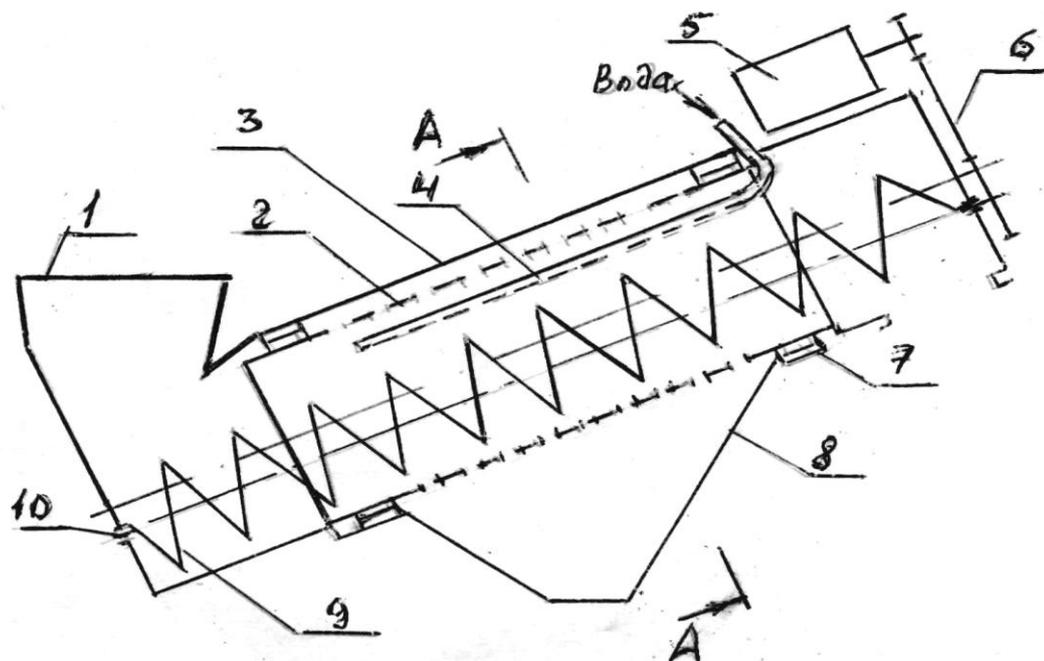
Расчет геометрических и режимных параметров, приведенный выше, выполнен для сухой очистки корнеклубнеплодов. Во многих случаях сухая очистка не приносит должного эффекта. Часто шнековый конвейер не отвечает экологическим требованиям. В этих случаях более эффективной является очистка материала с одновременной подачей промывочной

Шнековый транспортер, предназначенный для мойки корнеклубнеплодов, оборудован системой подачи моечной воды, сбора загрязненной воды. Для подачи воды применен гидравлический центробежный насос.

Корнеклубнеплоды, подвергаемые мойки, загружаются в бункер 1 шнекового очистителя-сепаратора. Из бункера они захватываются наклонным шнеком 9 и транспортируются к выгрузной горловине. Во время движения по шнеку корнеклубнеплоды активно промываются водой, подаваемой по трубам.

3.3.3. Расчет режимных параметров шнекового транспортера- очистителя для мойки корнеклубнеплодов.

На рисунке 3.4 представлена установка для мойки и сепарирования корнеклубнеплодов



1-загрузочный бункер; 2-перфорированная втулка; 3-желоб; 4-нагнетательный рукав для подачи воды; 5-электродвигатель; 6-цепная передача; 7-кольцевые опоры; 8-приемник разделенных фракций; 9-транспортирующий шнек; 10-подшипниковые узлы;

Рисунок 3.4 - Установка для мойки и сепарирования корнеклубнеплодов

Общее время пребывания корнеклубнеплодов в моющей жидкости в мойке непрерывного действия, согласно ГОСТу 3705 – 71 должно находиться в пределах 60....120 с. Это время складывается из времени отмыкания ($t_{отм} = 60 \dots 90$ с), т.е. пребывания корнеклубнеплодов в загрузочной ванне и времени непосредственной мойки ($t_m = 30 \dots 40$ с), т.е. пребывания в желобе шнека.

Важным размером шнекового очистителя-мойки является длина шнека L , которая определяется исходя из времени мойки корнеклубнеплодов t_m .

$$L \geq S \cdot t_m \cdot \omega / 2\pi, \quad (3.5)$$

где S – шаг винтовой линии шнека, м; t_m - время мойки, принятое равным 40 с;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ

Лист

$$mg \cos \psi \geq f (mg \sin \psi + m \omega^2 R \sin \alpha), \quad (3.8)$$

где ψ - угол между наружной кромкой винта и вертикалью: $\psi = \alpha + \lambda$;

α - угол подъема винтовой линии;

λ - угол наклона шнека; R - радиус шнека, м;

f - коэффициент трения корнеплодов при движении по мокрой ленте;

для картофеля - 0,64...0,68, для сахарной свеклы - 0,8...0,84.

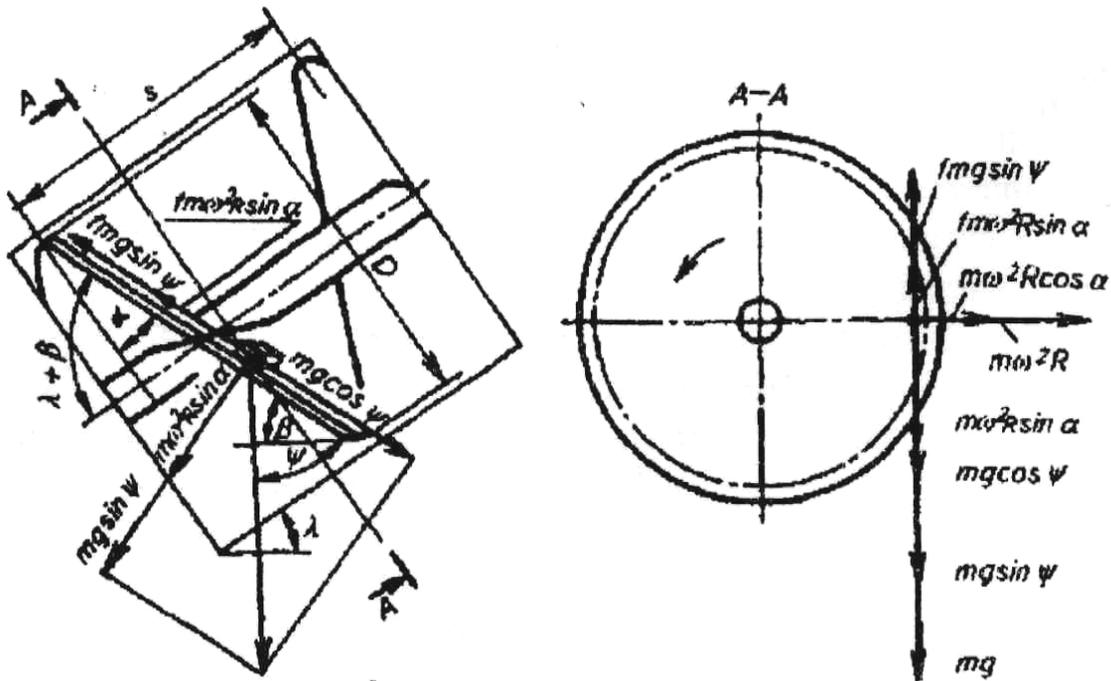


Рисунок 3.5 - Схема для расчета шнека мойки

Максимально допустимая скорость шнека определяется из условия:

$$mg \cos \psi \geq f (mg \sin \psi + m \omega_{\max}^2 R \sin \alpha),$$

откуда

$$\omega_{\max} = 0,1 \sqrt{2g \left(-\operatorname{tg} \psi \right) \cos \psi / (f D \sin \psi)}. \quad (3.9)$$

Нормальная работа моечной машины осуществляется при $\psi = (0,5 \dots 0,7) \omega_{\max}$. С учетом этого соотношения частоту вращения шнека можно определить по формуле:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.370.18.ШТОК.00.00.ПЗ

Лист

$$n_{ш} = 0,1 \sqrt{\frac{2g \cos \psi (-ftg \psi) \zeta \cos \psi}{fD \sin \alpha}} \quad (3.10)$$

Как было сказано выше, подача шнека зависит от угловой скорости и для нормальной работы шнека необходимо, чтобы корнеклубнеплоды не перебрасывались через вал шнека, а равномерно скользили по ленте винта.

$$\omega_{сmax} = \sqrt{\frac{g \cos \varphi (-ftg \varphi)}{d \sin \alpha}}, \quad (3.11)$$

где $\varphi = \alpha + \lambda$ - угол между наружной кромкой и вертикалью;

λ - угол наклона шнека к горизонту;

f – коэффициент трения движения корнеклубнеплодов по ленте винта:

$f = 0,8 \dots 0,84$ – для свеклы;

$f = 0,64 \dots 0,68$ – для картофеля.

$$\omega_{сmax} = \sqrt{\frac{9,81 \cos 45^\circ (-0,8tg 45^\circ)}{0,8 \cdot 0,4 \sin 20^\circ}} + 4,5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_{сmax} = 4,5 \cdot 30/3,14 = 43 \text{ мин}^{-1}.$$

$$N_{раб} = (0, \dots 0,7) = 0,5 \cdot 43 = 21,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Скорость движения груза вдоль желоба определится как:

$$V = S \cdot n / 60 = 0,35 \cdot 5/60 = 0,026 \text{ м/с}.$$

У наклонного винтового сепаратора мощность привода затрачивается на преодоление следующих сопротивлений:

- усилий вдоль винта для подъема материала;
- на преодоление сил трения материала о дно желоба;
- усилий вдоль винта, эквивалентное моменту трения винта о материал;
- усилий, эквивалентное моменту трения винта в упорных подшипниках;
- усилий, эквивалентное моменту внутреннему трению материала.

Усилий вдоль винта для подъема материала равно:

$$W_1 = g \cdot q \cdot L \cdot \sin \beta, \quad (3.12)$$

где L -длина конвейера;

β - угол наклона шнека к горизонту;

q – масса перемещаемого материала, приходящаяся на 1 м длины желоба.

$$Q = Q/3,6 \cdot V,$$

где V - скорость перемещения материала, $V = 0,415$ м/с.

В таком порядке определены все усилия:

$$W_1 = 720 \text{ H}; W_2 = 4335 \text{ H}; W_3 = 1384 \text{ H}; W_4 = 378 \text{ H}; W_5 = 799 \text{ H}/$$

Мощность двигателя в кВт определится по формуле:

$$N = \frac{k_3 \cdot V \sum_{i=1}^5 W_i}{\eta_0}, \quad (3.13)$$

где η_0 – общий КПД передачи = 0,75.

$$N_{\text{дв}} = 1,25 \cdot 0,026 \cdot 20 / 0,75 = 0,89 \text{ кВт}.$$

С учетом мощности водяного насоса 1,5 К-6 мощность привода равна

$$N_{\text{дв}} = 0,89 + 0,5 = 1,39 \text{ кВт}$$

Подбираем электродвигатель 4А90 LG, $N_{\text{дв}} = 1,5$ кВт, $n = 976$ об/мин.

Мощность привода шнековой мочной машины можно определить по эмпирической формуле:

$$N^{\text{ЭМ}} = \frac{Q(W_1 + H) \varphi_m}{367}, \quad (3.14)$$

где $W_1 = 1,2 \dots 2,0$ кг/м – удельный коэффициент;

H - высота подъема корнеплодов, м;

φ_m - коэффициент, учитывающий угол подъема шнека; при $\alpha = 0 \dots 45^\circ$

$$\varphi_m = 1 \dots 1,4, \text{ при } \alpha = 45 \dots 90^\circ \varphi_m = 1,4 \dots 3.$$

Шнековые механизмы обычно имеют небольшую частоту вращения (не более 100 мин^{-1}). По этой причине используются понижающие редукторы.

3.4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В КОНСТРУКЦИИ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ОЧИСТИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Согласно «Единым требованиям к конструкциям машин для механизации животноводства» при эксплуатации технологического оборудования, установленного в животноводстве, необходимо выполнение работающими следующими мероприятиями и обеспечением их средствами защиты:

Транспортер - сепаратор изготовлен в комплекте с электродвигателем, имеет приспособления для заземления, гарантирующие полную электробезопасность обслуживающего персонала. Все токоведущие части на транспортере недоступны для случайного прикосновения, защищены от механического повреждения, имеется отдельная розетка низкого напряжения для освещения малодоступных мест при техническом осмотре и очистке машин. Одна из клемм вторичной обмотки понижающего трансформатора заземлена.

Цепные, соединительные муфты машины ограждены. Защитные ограждения откидные и легкоъемные.

Ниже приведена инструкция по охране труда при эксплуатации транспортера-сепаратора сельскохозяйственных материалов [9, 10].

3.5 РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ НА УЧАСТКЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Освещение рассчитываем по формуле [20]:

$$n = \frac{E_n \times S_n \times L \times K_3}{\Phi_n \times \eta}, \quad (3.15)$$

где $E_n = 300$;

$S_n = 54 \text{ м}^2$ - площадь освещаемого помещения;

$L = 1,3$ - коэффициент номинальной освещенности;

$K_3 = 2$ - коэффициент запаса;

$\eta = 0,5$ - коэффициент использования светового потока

$\Phi_n = 5220 \text{ мм}$.

$$n = \frac{300 \times 54 \times 1,3 \times 2}{5220 \times 0,5} = 16 \text{ шт.}$$

Выбираем светильник ПВП, в котором установлены 2 лампы по 80 Вт. Тогда количество светильников ровно 8 шт.

3.6 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Сопротивление растекания тока одного стреевнего заземлителя рассчитана по формуле [9]:

$$R_c = \frac{0.366 P/l \times (\lg 2l/d + 0.5 d \times 4h + 1)}{4h - 1}, \quad (3.16)$$

где h - глубина заземления стреевней, $h = 1,00 \text{ м}$.

3.7 РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ

Необходимый воздухообмен определяем по нормативной потребности воздухообмена [9,21].

$$W_\epsilon = W_p \times K_h, \quad (3.17)$$

где W_e - необходимый воздухообмен;

W_p - объем помещения, m^3 ;

K_h - нормативная кратность обмена воздуха в течении часа.

Принимаем во внимание, что:

$$W_p = 1000 m^3; \quad K_h = 5;$$

$$W_e = 1000 m^3; \quad \text{значит за 5 ч. - } 5000 m^3.$$

Выбираем вентилятор серии ВЦУ-70№6 производительностью $5000 m^3/ч$.

Рассчитываем мощность электродвигателя вентилятора:

$$P_{дв} = \frac{H_g \times W_g}{3,6 \times 10^6 \eta_n \times \eta_e}, \quad (3.18)$$

где H_v - полное давление вентилятора;

η_n - КПД передачи, η_e - КПД вентилятора.

$$P_{дв} = \frac{800 \times 600}{3,6 \times 10^6 \times 0,45 \times 0,75} = 2,5 \text{ кВт.}$$

Выбираем электродвигатель марки А-100 серии 4А $n = 800 \text{ мин}^{-1}$:

P - удельное сопротивление грунта;

$$P = 3000 \text{ Ом/см};$$

l - длина стержня $l = 1,5 \text{ м}$;

d - диаметр заземления $d = 50 \text{ мм}$.

$$R_c = 0,366 \times \frac{3000}{150} \lg \frac{2 \times 150}{50} + 0,5 \lg \frac{400 + 150}{400 - 150} = 6,95 \text{ Ом.}$$

$$N = \frac{R_c \times K_c}{R_m \times \eta}, \quad (3.19)$$

где K_c - коэффициент сезонности ($K_c = 1,7$);

R_n - сопротивление заземления ($R^H = 4 \text{ Ом}$)

$\eta_э$ - коэффициент использования заземления, $\eta_э = 0,7$.

$$n = \frac{6,95 \times 0,7}{4 \times 0,7} = 4 \text{ шт}$$

3.8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКТОР-СКОЙ РАЗРАБОТКИ

Технико-экономическая оценка конструкторских разработок выполнялся в следующей последовательности [3,16]:

- обоснования базового оборудования для сравнения технико-экономических показателей;
- расчет массы конструкции и покупных деталей и узлов, а также стоимости разработанной конструкции;
- расчет технико-экономических показателей и их сравнение с базовыми показателями.

Так как разработанная конструкция транспортера-очистителя позволяет выполнять три операции: транспортирование, очистку и сепарирование корнеклубнеплодов, то в качестве сравнения выбираем серийный транспортер корнеклубнеплодов ТК-5,0 Б-2.

3.8.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Масса конструкции и стоимости конструкции определяем по формуле:

$$G_l = (G_k + G_p) \times K, \quad (3.20)$$

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

G_p - масса готовых деталей узлов и агрегатов, кг;

K - коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции, монтажных материалов (для расчетов применяется $K = 1,05...1,15$).

Масса сконструированных деталей и узлов приведена в таблице 3.2.

Масса готовых деталей узлов и агрегатов при "сухой" очистке складывается из массы одного электродвигателя - $G_{эл.дв}$, муфт - G_m , двух подшипниковых узлов - $G_{п.у.}$, болтов и других примененных изделий - $G_{прим.}$

$$G_m = G_{эл.дв} + G_m + G_{выгр} + G_{п.у.} + G_{прим.}; \quad (3.21)$$

$$G_m = 36 + 5,6 + 26 + 14 = 81,6 \text{ кг.}$$

Общая масса проектируемой конструкции составит 589,3 кг.

Таблица 3.2 - Расчет массы сконструированных деталей.

№	Наименование	Объем, $см^3$	Удельный вес, $кг/см^3$	Масса детали, кг
1	Пустотелый цилиндр	18858	$7,8 \cdot 10^{-3}$	147,1
2	Загрузочный бункер	5487	$7,8 \cdot 10^{-3}$	42,8
3	Крышка боковая 2 шт	1949	$7,8 \cdot 10^{-3}$	15,2
4	Желоб	11410	$7,8 \cdot 10^{-3}$	89,0
5	Втулка перфорированная	9807	$7,8 \cdot 10^{-3}$	76,5
6	Шнек	8551	$7,8 \cdot 10^{-3}$	66,7
7	Выгрузная горловина	8167	$7,8 \cdot 10^{-3}$	63,7
8	Итого:	64243	$7,8 \cdot 10^{-3}$	507,7

Определяем балансовую стоимость конструкции:

$$C_{\sigma} = \frac{M_{np} \cdot C_{\sigma}^{TK-5,0B-2}}{M^{TK-5,0B-2}}, \quad (3.22)$$

где M_{np} - масса проектируемой конструкции;

$C_{\sigma}^{TK-5,0B-2}$, $M^{TK-5,0B-2}$ - соответственно балансовая стоимость и масса серийного транспортера корнеклубнеплодов ТК-5,0 Б-2.

$$C_{\sigma} = \frac{589,3 \cdot 12150}{1340} = 5343 \text{ руб.}$$

3.8.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности
конструкции и их сравнение с базовыми.

Определение энергоёмкости процесса:

$$\mathcal{E}_9 = N_e / W_2, \quad (3.23)$$

где N_e - потребляемая мощность конструкции, *кВт*;

W_2 - годовая производительность, *т/ч*.

Для удобства расчетов применяем индекс "1" для исходной конструкции и индекс "0" для проектируемой.

Таблица 3.3- Исходные данные расчета технико-экономических показателей

№	Наименование показателей	ТК-5,0 Б-2	Проект
1	Часовая производительность, <i>т/ч</i>	5,3	3,0
2	Масса конструкции, <i>кг</i>	1340	589,3
3	Потребляемая мощность, <i>кВт</i>	3,0	1,5
4	Балансовая стоимость, <i>тыс. руб.</i>	12,15	5,343
5	Годовая загрузка, <i>час</i>	1000	1000
6	Обслуживающий персонал, <i>чел</i>	1	1
7	Разряд	3	3
8	Тарифная ставка, <i>руб.</i>	17,01	17,01
9	Норма амортизации, <i>%</i>	14,28	14,28
10	Норма затрат на ремонт и ТО, <i>%</i>	16,6	16,6

$$\mathcal{E}_9^1 = 3,0/5,3 = 0,57 \text{ кВтч/т}, \quad \mathcal{E}_9^0 = 1,5/3 = 0,5 \text{ кВтч/т}.$$

Определяем металлоёмкость процесса:

$$M_e = G/W_2 \cdot T_2 \cdot T_{сл}, \quad (3.24)$$

где G - масса конструкции, *кг*;

T_2 - годовая загрузка машины, *час*;

$T_{сл}$ - срок службы, *год*.

$$M_e^1 = 1340/5,3 \cdot 1000 \cdot 7 = 0,361 \text{ кг/т};$$

$$M_e^0 = 589,3/3 \cdot 1000 \cdot 7 = 0,026 \text{ кг/т}.$$

Определяем фондоемкость процесса:

$$F_e = C_{\bar{b}} / W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.25)$$

где $C_{\bar{b}}$ - балансовая стоимость, руб.

$$F_e^1 = 12150 / 5,3 \cdot 1000 = 2,29 \text{ руб/м};$$

$$F_e^0 = 5343 / 3 \cdot 1000 = 1,78 \text{ руб/м}.$$

Определяем себестоимость работы:

$$S = C_{\text{зн}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рмо}} + A, \quad (3.26)$$

где $C_{\text{зн}}$ - затраты на оплату труда, руб/м.

$$C_{\text{зн}} = Z \cdot T_e \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (3.27)$$

где Z - тарифная ставка, руб/ч;

T_e - трудоемкость, чел/час;

$K_1 \dots K_4$ - коэффициенты.

$$T_e = \Pi_p / W_{\text{ч}}, \quad (3.28)$$

где Π_p - число работающих, чел.

$$T_e^1 = 2 / 5,3 = 0,378 \text{ чел}\cdot\text{ч/м};$$

$$T_e^0 = 1 / 3 = 0,33 \text{ чел}\cdot\text{ч/м}.$$

$$C_{\text{зн}}^1 = 17,01 \cdot 0,378 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 10,27 \text{ руб/м};$$

$$C_{\text{зн}}^0 = 17,01 \cdot 0,33 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 8,96 \text{ руб/м}.$$

$C_{\text{э}}$ - затраты на электроэнергию, руб/м,

$$C_{\text{э}} = \Pi_{\text{э}} \cdot \text{Э}_{\text{э}}, \quad (3.29)$$

где $\Pi_{\text{э}}$ - отпускная цена электроэнергии, руб/кВт.

$$C_{\text{э}}^1 = 2,04 \cdot 0,57 = 1,162 \text{ руб/м};$$

$$C_{\text{э}}^0 = 2,04 \cdot 0,5 = 1,02 \text{ руб/м}.$$

$C_{\text{рмо}}$ - затраты на ремонт и ТО конструкции.

$$C_{\text{рмо}} = C_{\bar{b}} \cdot H_{\text{рмо}} / 100 \cdot W \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.30)$$

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

$$C_{\text{рмо}}^1 = 12150 \cdot 16,6 / 100 \cdot 5,3 \cdot 1000 = 0,53 \text{ руб/м};$$

$$C_{pmo}^0 = 5343 \cdot 16,6 / 100 \cdot 3 \cdot 1000 = 0,295 \text{ руб/м.}$$

Затраты на амортизацию (руб/м) определяем из выражения:

$$A = C_b \cdot a/100 \cdot W_2 \cdot T_{год}, \quad (3.31)$$

где a - норма амортизации.

$$A^I = 12150 \cdot 14,28 / (100 \cdot 5,3 \cdot 1000) = 0,32 \text{ руб/м;}$$

$$A^0 = 5343 \cdot 14,28 / (100 \cdot 3 \cdot 1000) = 0,249 \text{ руб/м.}$$

$$S = C_{zn} + C_э + C_{pmo} + A,$$

$$S^I = 10,27 + 1,162 + 0,53 + 0,32 = 12,282 \text{ руб;}$$

$$S^0 = 8,96 + 1,02 + 0,295 + 0,249 = 10,524 \text{ руб.}$$

Уровень приведенных затрат (руб/м) на работу конструкции определяют по формуле:

$$C_{прив} = S + E_n \cdot F_e, \quad (3.32)$$

где E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

$$C_{прив}^I = 12,282 + 0,15 \cdot 2,29 = 12,625 \text{ руб/м;}$$

$$C_{прив}^0 = 10,524 + 0,15 \cdot 1,78 = 10,791 \text{ руб/м.}$$

Определяем годовую экономию в рублях по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = (S^I - S^0) W_q \cdot T_{год}, \quad (3.33)$$

где $T_{год}$ - годовая проектируемая нормативная нагрузка инструкции, ч.

$$\mathcal{E}_{год} = (12,282 - 10,524) 3 \cdot 1000 = 5274 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект находим по формуле:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E \left(\frac{K_1}{W_{ч1} \cdot T_{год}} - \frac{K_0}{W_{ч0} \cdot T_{год}} \right) \cdot W_{ч1} \cdot T_{год}, \quad (3.34)$$

где K_1 и K_0 - капитальные вложения проектируемой и существующей конструкции, руб.

$$E_{год} = 5274 - 0,1(12150/5300 - 5343/3000) \cdot 5300 = 2970,7 \text{ руб.}$$

Определяем срок окупаемости капитальных дополнительных вложений по формуле:

$$T_{ок} = \Delta K / \mathcal{E}_{год} = (K^1 / W_ч \cdot T_{год} - K^0 / W_ч \cdot T_{год}) \cdot (W_ч \cdot T_{год} / \mathcal{E}_{год}). \quad (3.35)$$

$$T_{ок} = (12150/5300 - 5350/3000) \cdot 5300/5274 = 0,511 \text{ год.}$$

Определяем эффективность дополнительных капитальных вложений:

$$E_{эф} = 1/T_{ок}. \quad (3.36)$$

$$E_{эф} = 1/0,511 = 1,956 \text{ 1/год.}$$

Данные расчетов сводим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции.

№	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект к базов. %
1	Часовая производительность, <i>т/ч</i>	5,3	3,0	57
2	Фондоемкость процесса, <i>руб/т</i>	2,29	1,78	78
3	Энергоемкость процесса, <i>кВт/т</i>	0,57	0,5	87,8
4	Металлоемкость процесса, <i>кг/т</i>	0,361	0,026	7,2
5	Трудоемкость процесса, <i>чел·ч/т</i>	0,375	0,33	88
6	Уровень эксплуатационных затрат, <i>руб/т</i>	0,53	0,295	55,6
7	Уровень приведенных затрат, <i>руб/т</i>	12,625	10,377	84
8	Годовая экономия, <i>тыс.руб.</i>		5274	
9	Годовой экономический эффект, <i>тыс.руб.</i>		2970,7	
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, <i>год</i>		0,511	
11	Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений, <i>1/год</i>		1,956	

3.8.3 Расчет технико-экономических показателей эффективности производства продукции животноводства и их сравнение с базовыми

Среднегодовое поголовье КРС - 940 голов, расход кормов устанавливается по фактическому рациону на 1 голову.

Расход кормов - 30 кг.

Число часов работы машины в течение года определяем по формуле:

$$T_{\text{маш}} = \Omega_{\text{год}} / W_{\text{ч}},$$

где $\Omega_{\text{год}}$ - годовой объем работ m ;

$W_{\text{ч}}$ - часовая производительность машины $m/\text{час}$.

$$\Omega = 30 \cdot 940 \cdot 365 = 10293 \text{ час.}$$

Для смешивания кормов в данном свинарнике применяется смеситель-раздатчик, часовая производительность которого $W = 3 m/\text{ч}$.

Количество персонала - 2 человека.

$$T_{\text{маш}} = 10293/2 = 5146,5 \text{ час.}$$

Определяем годовую наработку одной машины:

$$W_{\text{год}} = W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{г}} \cdot D_{\text{р}},$$

где $T_{\text{г}}$ - нормативная продолжительность работы одной машины:

$$W_{\text{год}} = 3 \cdot 12 \cdot 365 = 13740 m.$$

Потребность в машинах:

$$M_{\text{м}} = \Omega_{\text{год}} / W_{\text{год}} = 10293/5146 = 2$$

Разряд работы устанавливается на основе нормативов тарификации работ. Смеситель-раздатчик кормов 3 разряда. Определяем затраты труда по формуле:

$$T = n_{\text{обс}} \cdot T_{\text{маш}},$$

где $n_{\text{обс}}$ - количество обслуживающего персонала для одной машины, чел.

$T_{\text{маш}}$ - число часов работы машины в год. $T = 2 \cdot 5146 = 10293 \text{ час}$.

Затраты на оплату труда определяем по формуле:

$$C_{\text{зн}} = (Z_{\text{дн}} \cdot T / T_{\text{сп}}) \cdot K_{\text{дон}} \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{от}} \cdot K_{\text{соц}},$$

где $Z_{\text{дн}}$ - дневная тарифная ставка;

T_{cn} - средняя продолжительность рабочего дня с учетом его сокращения в предвыходные дни или предпраздничные дни, T_{cn} - 6,68 час.

T - затраты труда на данную технологическую операцию, чел.час.

$$C_{zn} = 3,6 \cdot 438 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,4 / 6,68 = 4270 \text{ руб.}$$

Расход электроэнергии в киловатт-часах определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_л = N \cdot T_{маш},$$

где N - мощность электропривода машины, кВт.

$$\mathcal{E}_л = 3 \cdot 5145 = 15435 \text{ кВт/ч.}$$

Затраты на электроэнергию подсчитываем по формуле:

$$C_э = Ц_э \cdot \mathcal{E}_э.$$

$$C_э = 1,27 \cdot 15435 = 19602 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления, а также затраты на ремонт и техническое обслуживание машин определяем по формуле:

$$A = C_б \cdot a/100;$$

$$C_{pmo} = C_б - H_{pmo}/100;$$

$$A = 94410 \cdot 226/100 = 213366 \text{ руб.};$$

$$C_{pmo} = 94410 - 94410/100 = 93466 \text{ руб.}$$

ВЫВОДЫ

Реализация шнековых транспортирующе-сепарирующих устройств решает ряд важных экономических задач:

- сокращение времени проведения технологических процессов и снижение их трудоёмкости
- снижение энергозатрат технологических процессов очистки и транспортировки.

На основании вышеизложенного вытекает следующее:

1 В работе приведены результаты исследований по актуальной теме - разработке конструкции и обоснованию геометрических и режимных параметров шнекового устройства для транспортирования и сепарирования сельскохозяйственных материалов. Результаты исследований показали высокую эффективность разработанного устройства и надежность его работы.

2 Разработанная конструкция шнекового транспортера-очистителя может быть использована как для ферм с малым поголовьем скота, так и для ферм с большим поголовьем.

3 В конструкции имеются резервы увеличения производительности процессов (путем изменения величины эксцентриситета перфорированной втулки, размеров сепарирующих отверстий и т.п.).

Библиографический список

- 1 Александров, М.П. Транспортные машины../М.П.Александров// М.: Высшая школа, 1985. - 432 с.
- 2 Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя. /В.И.Анурьев// М.: Машиностроение, 1978. - 557с.
- 3 Блянкман, Л.М. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в АПК. /Л.М. Блянкман, Н.И. Анисимова// Минск: Ураджай, 1990. - 156 с.
- 4 Брагинец, Н.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства. /Н.В.Брагинец, Д.А. Палишкин// М: Колос, 1984. - 190 с.
- 5 Гевко, Б.М Винтовые транспортеры. /Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинский// Львов: Высшая школа, изд-во Львовского ун-те, 1989.- 214 с.
- 6 Годовые отчеты за 2011...2013 г.г. ООО Агрофирмы «Игенче» Арского района РТ.
- 7 ГОСТ 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
- 8 Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры. /А.М.Григорьев// Л.: Колос, Ленинградское отд., 1972. – 220 с.
- 9 Долин, П.А. Справочник по технике безопасности. /П.А. Долин// М: Энергоиздат, 1982. - 800 с.
- 10 Единые требования безопасности и производственной санитарии конструкций ремонтно-технологического оборудования. - М.: Россельхозиздат, 1975. - 78 с.
- 11 Жерин, И.И. Расчет шнекового транспортера. /И.И. Жерин// Изд-во Томского политехнического ун-та. Томск - 2008, - 10 с.
- 12 Земсков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта: Учебное пособие для вузов. /Р.Л. Земсков и др.// М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.
- 13 Коба, В.Г Механизация и технология производства продукции животноводства. /В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф.Некрашевич// М.: Колос, 2000. - 525 с.

14 Машины непрерывного транспорта. Коллектив авторов под ред. В.А. Плановского. М.: Машиностроение, 1969.- 720 с.

15 Мельников, С.В.. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. /С.В.Мельников// М.: Колос, 1978. - 639 с.

16 Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов на факультете механизации сельского хозяйства, Казань – 1997. - 51 с.

17 Потапов, Г.П. Погрузочно-транспортные машины для животноводства. Справочник. /Г.П.Потапов// М.: Агропромиздат, 1990. - 240 с.

18 Рекомендации по проектированию очистителей корнеклубнеплодов шнекового типа от почвы. Коллектив авторов под ред. Л.П.Карташова.- Уфа: Издательский центр БГАУ, 2005.- 36 с.

19 Рудаков, А.И. Современные принципы разработки и совершенствования технических объектов в животноводстве. /А.И.Рудаков// Казань: Издательство Казанского ун-та, 2002. - 304 с..

20 СНиП 23-05 95. Естественное и искусственное освещение.

21 СН 2.2.4/2.1.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки.

22 СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.

23 Спиваковский, А.О. Транспортные машины. /А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков// М.: Машиностроение, 1983. - 764 с.

24 Суханов, Е.Л. Комплектование и изображение систем автоматизации технологических объектов. /Е.Л. Суханов// Екатеринбург: УГТУ, 1993. – 34 с.

25 Ханафиев А.Х. Разработка конструкции шнекового устройства для транспортирования и сепарирования сельскохозяйственных материалов. /А.Х. Ханафиев, А.И. Рудаков// Вестник Казанского ГАУ №4, 2011 г. с.39 -41