

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: Проектирование технологической линии переработки зерна с разработкой экструдера

Шифр ВКР 35.03.06.199.17

Студент *дипломник* _____ *Исмагилов Л.М.*
подпись Ф.И.О.

Руководитель *доцент* _____ *Лушнов М.А.*
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол №8 от 2 февраля 2017 г.)

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

Казань – 2017 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль Технические системы в агробизнесе

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

_____ / Халиуллин Д.Т. /

«_____» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Исмагилову Ленару Марселевичу

Тема ВКР Проектирование технологической линии переработки зерна с разработкой экструдера

утверждена приказом по вузу от «_____» _____ 2017 г. № _____

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР _____

3. Исходные данные

Патенты РФ;

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор
2. Технологическая часть
3. Конструктивная часть

5. Перечень графических материалов

1. Обзор конструкций
2. Технологические схемы
3. Сборочный чертеж и детализовка

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
БЖ	Гаязиев И.Н.
ТЭП	Булгариев Г.Г.

7. Дата выдачи задания _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный обзор		
2	Технологические расчеты		
3	Конструктивные расчеты		

Студент _____ (Исмагилов Л.М.)

Руководитель ВКР _____ (Лушнов М.А.)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Исмагилова Л.М. на тему: Проектирование технологической линии переработки зерна с разработкой экструдера.

Каждый из методов переработки осуществляется на том или ином оборудовании. Современная промышленность переработки располагает многочисленным и разнообразным парком машин, предназначенным для изготовления изделий самого различного назначения и насчитывающим более 3500 различных типов машин и аппаратов. Многие из этих машин представляют собой сложные полуавтоматические или полностью автоматические агрегаты, при создании которых широко используются современные достижения в области гидравлики, электроники и микропроцессорной техники.

У существующих машин высокая металлоемкость, большие затраты мощности, высокие эксплуатационные затраты. Поэтому возникла задача создания наиболее универсальной машины, позволяющей совместить трудоемкие операции.

Целью данной выпускной квалификационной работы является Проектирование технологической линии переработки зерна.

ВКР состоит из пояснительной записки на ____ листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает ____ рисунков, ____ таблиц. Список использованной литературы содержит ____ наименований.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	7
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	21
2.1 Технология экструдирования и ее применение в пищевой промышленности и сельском хозяйстве.....	21
2.2 Общая характеристика процесса.....	22
2.3 Классификация оборудования обработки продуктов прессованием.....	27
2.4 Предлагаемая технологическая линия экструдирования кормового сырья.....	30
2.5 Технологические расчеты процесса экструдирования.....	31
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	38
3.1 Расчет основных параметров шнекового экструдера.....	38
3.1.1 Расчет шнекового механизма.....	38
3.1.2 Определение мощности и подбор мотор – редуктора для шнекового механизма.....	39
3.1.3 Подбор муфт.....	40
3.1.4 Приближенный расчет валов.....	41
3.1.5 Расчет шпонки вала шнека под муфту.....	41
3.1.6 Расчет долговечности радиально-упорного подшипника.....	42
3.1.7 Определение диаметра стяжных болтов.....	43
3.1.8 Выбор и расчет элементов корпуса.....	43
3.1.9 Расчет крышки.....	44
3.2 Безопасность жизнедеятельности.....	45
3.2.1 Анализ безопасности жизнедеятельности на производстве.....	45
3.2.1.1 Анализ состояния безопасности жизнедеятельности на предприятии.....	45
3.2.1.2 Планирование мероприятий по безопасности жизнедеятельности и улучшения условий труда.....	46

3.2.1.3 План мероприятий по безопасности жизнедеятельности при работе на экструдере.....	47
3.2.1.4 Инструкция по охране труда при эксплуатации экструдера.....	48
3.2.1.5 Расчет вентиляции.....	50
3.3 Техничко-экономическая оценка конструкции	50
3.3.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности распылительной установки.....	50
3.3.1.1 Расчеты массы и балансовой стоимости конструкции.....	50
3.3.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	58
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Переработка включает в себя три основные группы процессов: подготовительные, формующие и вспомогательные. К подготовительным процессам относятся приготовление композиций, гранулирование и сушка. Формующие все основные процессы переработки, с помощью которых осуществляется изготовление изделий. Их можно разделить на две группы; непрерывные процессы (экструзия и каландрование) и периодические процессы (литье под давлением, прессование, выдувное формование, термоформование листовых материалов пневмо- и вакуум-формование, ротационное формование, напыление и ряд других методов). К вспомогательным относятся процессы механической обработки и доделки отформованных изделий, окрашивание и металлизация их поверхности, сварка и склеивание отдельных частей, переработка отходов, образующихся при формовании изделий.

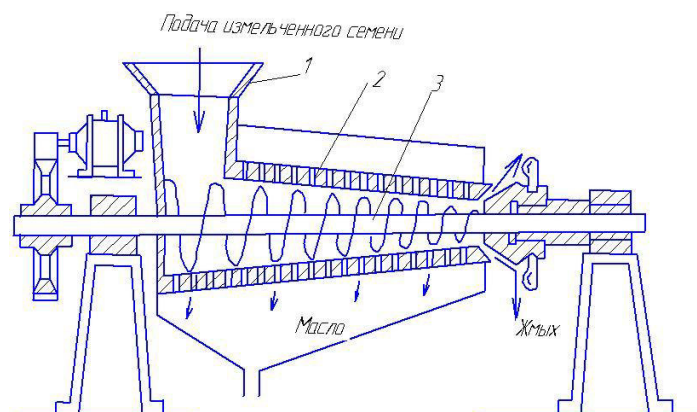
Каждый из методов переработки осуществляется на том или ином оборудовании. Современная промышленность переработки располагает многочисленным и разнообразным парком машин, предназначенным для изготовления изделий самого различного назначения и насчитывающим более 3500 различных типов машин и аппаратов. Многие из этих машин представляют собой сложные полуавтоматические или полностью автоматические агрегаты, при создании которых широко используются современные достижения в области гидравлики, электроники и микропроцессорной техники. Все более широкое распространение на заводах по переработке получают манипуляторы и роботы первого и второго поколения. Разумеется, описать все это многообразие машин в рамках одной книги практически невозможно. Авторы поставили перед собой цель охватить только основные типы машин, на которых в промышленности перерабатывается большая часть пластмасс.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

В сахарной промышленности для обезвоживания жома применяются наклонные горизонтальные и вертикальные шнековые прессы с одно- и двусторонним отжатием. Прессы двустороннего отжатия более производительны и позволяют отжимать жом до более низкой конечной влажности.

В настоящее время все большее применение находят прессы непрерывного действия, к которым относится шнековые.

На рисунке 1.1 изображена принципиальная конструкция шнекового прессы. Давление в шнековом прессе создается за счет геометрической компрессии, т.е. разности объемов, заключенных между соседними витками шнека. Жидкость непрерывно удаляется через отверстия в корпусе 2 прессы, а жмых через кольцевой регулируемый зазор в конце корпуса.

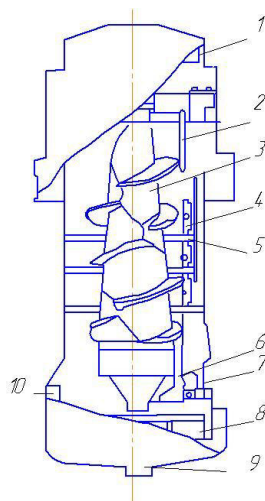


1 – воронка; 2 – корпус; 3 – шнек

Рисунок 1.1 - Шнековый пресс

Горизонтальные и наклонные прессы имеют аналогичную конструкцию. В отличие от горизонтальных прессов в наклонных не происходит частичного смешения отжатого жома с удаляемой жидкостью.

Вертикальный шнековый пресс показан на рисунке 1.2. Основная его часть — полый вертикальный шнек, установленный в специальных траверсах.



1 — приводная шестерня; 2 — загрузочная воронка; 3 — шнек;
4 — разъемное сито; 5 — контролопасть; 6 — коническое сито;
7 — болт; 8 — скребок; 9 — штуцер; 10 — канал

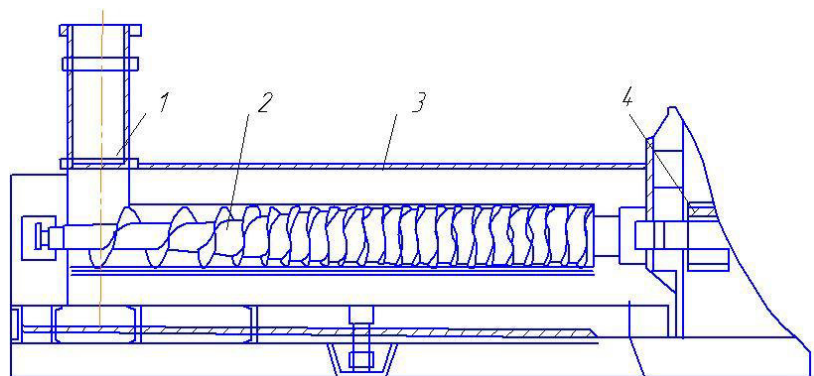
Рисунок 1.2 - Вертикальный шнековый пресс

На кожухе шнека с противоположных сторон размещены контролопасти, которые входят в промежутки между лопастями шнека и препятствуют вращению материала вместе со шнеком.

Контролопасти имеют отверстия, через которые проходит пар, подводимый по трубопроводу. Влажный жом на прессование поступает через воронку и верхними лопастями шнека направляется вниз, в зону с меньшим поперечным сечением, где происходит отжатие воды, часть ее затем выходит через отверстия цилиндрического сита, Другая — через полый вал шнека. Выделенная вода по каналу 10 и штуцеру 9 удаляется из пресса.

В нижней части цилиндрического сита расположено подвижное коническое сито, которое можно поднимать и опускать при помощи болтов 7. Изменением размера щели между этими ситами регулируется степень отжатия жома, который проходит через щель и при помощи скребков выгружается из шнека.

Двухшнековый пресс (рисунке 1.3) оборудован двумя параллельно установленными шнеками, вращающимися навстречу друг другу. В корпусе и крышках шнеков имеются цилиндрические фильтрующие сита с коническими отверстиями, изготовленные из нержавеющей стали.

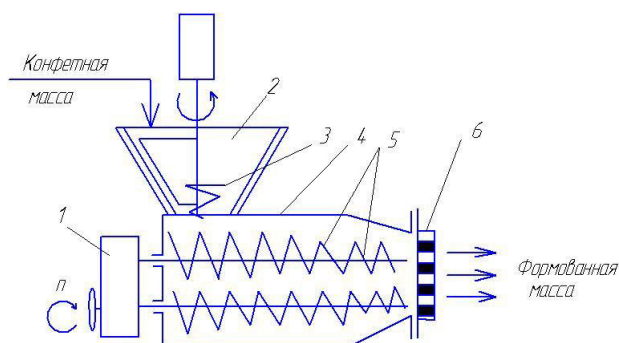


1 — загрузочный бункер; 2 — шнек; 3 — крышка; 4 — привод
Рисунок 1.3 - Двухшнековый пресс

Конструкция пресса позволяет быстро проводить процесс обезвоживания. Частоту вращения шнеков можно регулировать гидромуфтой от 1,45 до 3,00 мин⁻¹. От нее зависят производительность шнека, влажность отпрессованного жома и расход энергии.

Показатели работы пресса обусловлены равномерностью его питания жомом. При недостаточной загрузке влажность жома увеличивается. На степень отжатия жома оказывают влияние форма проходной части прессов и время пребывания жома в прессе.

Двухшнековый формующий пресс (рисунок 1.4) используется в производстве конфет, в частности пралине. Конфетная масса продавливается через фильеру. Фильера представляет собой плоский металлический диск с калиброванными отверстиями, форма которых определяет вид изделия. Жгуты конфетной массы рубятся на гранулы эксцентрично установленными ножами, расположенными с определенным зазором у фильеры.

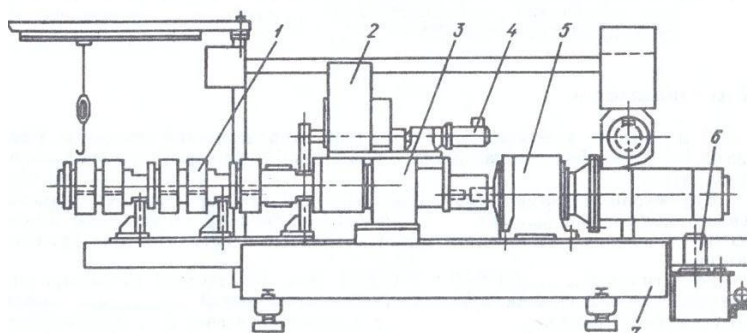


1 - привод; 2 - загрузочный бункер; 3 - дозирующий шнек;
4 - корпус пресса; 5 - шнеки; 6 — фильера
Рисунок 1.4 - Двухшнековый формующий пресс

Давление, создаваемое шнеком, зависит от гидравлического сопротивления в отверстиях фильеры, которое определяется консистенцией конфетной массы, формой и размером отверстий.

Рубящие ножи закреплены на вращающемся валу, имеющем собственный привод. Эксцентричное расположение ножевого крыла позволяет заполнить материалом все сечение фильеры. Для регулировки зазора между фильерой и рубящими ножами ножевой вал может перемещаться в осевом направлении. Для этого кожух гранулятора отводится в сторону вместе с приводом. При демонтаже шнека грануляционная головка может быть отведена от нагнетающего шнека.

Экструдер РЗ-КЭД-88



1 – корпус, 2 – бункер, 3 – распределительная коробка, 4 – электродвигатель привода ворошителя, 5 – электродвигатель привода пресса, 6 – цилиндр со шнеком, 7 – станина.

Рисунок 1.5 - Экструдер РЗ-КЭД-88

Применяется при производстве готовых к употреблению фигурных крупяных изделий, сухих завтраков; может быть использован для получения пищевых концентратов быстрого приготовления. Экструдер (рисунок 1.5) состоит из привода, станины 7, дозатора, оборудования для дозированной подачи воды, двухшнекового пресса, нагревателя, гранулятора, транспортера, шкафа управления процессом и электроприводами, оборудования для смазки.

Двухшнековый пресс состоит из корпуса 1 с каналами для охлаждения водой, двух шлицевых валов с набором из шнековых элементов, сменных

матриц с фильерами. Привод пресса осуществляется от электродвигателя 5 постоянного тока через редуктор и распределительную коробку 3 и обеспечивает вращения валов в одну сторону. Конструкция пресса обеспечивает быструю разборку корпуса. Блокировка исключает работу экструдера при открытом корпусе и повышенном давлении.

Дозатор состоит из загрузочного бункера с ворошителем и двухшнекового регулируемого дозирующего устройства. Привод ворошителя осуществляется от электродвигателя 4 постоянного тока через редуктор и распределительную коробку, обеспечивающую вращение шнеков в одну сторону.

Бункер 2 дозатора снабжен смотровым окном для контроля наличия сырья, предохранительной решеткой и датчиком уровня с контактным выходом для использования в схеме управления устройством загрузки бункера.

Гранулятор имеет блокировку, исключающую работу ножа при открытом кожухе. Конструкция его обеспечивает быстрое снятие ножей, пристыковку лезвий в поверхности матрицы и точное регулирование положения ножа. Конструкция кожуха гранулятора предусматривает наблюдение за работой ножа и свободное испарение влаги.

Оборудование для дозированной подачи воды обуславливает непрерывную дозированную подачу питьевой воды с регулируемым расходом. Подвод воды к двухшнековому прессу производится через гидроразъем.

На транспортере предусмотрена возможность регулирования угла его наклона.

Шкаф управления процессом и электроприводами включает элементы дистанционного контроля и управления с необходимыми защитами и блокировками и размещается, как и все узлы и системы экструдера, в станине.

При работе экструдера обеспечивается дистанционное управление и регулирование частоты вращения электродвигателей пресса и ножа, температуры в зоне нагрева.

Экструдеру придается аппаратура, контролирующая частоту вращения двигателя пресса, нагрузку двигателя пресса, давление в корпусе пресса, температуру в зоне нагрева и охлаждения, время наработки. В экструдере предусмотрено ручное аварийное отключение кнопки аварийной остановки.

Сыпучая зерновая смесь подается в зону загрузки. По мере продвижения шнековыми валами сырье подвергается интенсивному перемешиванию, измельчению и гидротермической обработке при повышенном давлении. При выходе из отверстий матрицы происходит резкий сброс давления, в результате чего продукт увеличивается в объеме. Вращающимся ножом гранулятора выходящий из отверстий матрицы продукт нарезается. Длину изделий можно изменять, регулируя частоту вращения ножа. Продукт направляют на дальнейшую технологическую обработку в зависимости от назначения.

Экструдер ШТАК-80М



Рисунок 1.6 - Экструдер ШТАК-80М

Штак 80-М – единственный одношнековый российский экструдер максимально приближенный по технологическим возможностям в двухшнековым машинам, позволяющий получать качественный продукт сложных экструзионных технологий. Две зоны охлаждения корпуса,

возможность подачи питьевой воды внутрь экструзионной зоны позволяют точно поддерживать технологический режимы и добиваться отличного качества продукта, а при производстве кукурузной палочки и пищевых отрубей вообще отказаться от предварительного увлажнения смеси. Эти машины отличаются хорошей управляемостью, удобством обслуживания. В штатном режиме ШТАК-80М обслуживает один оператор.

В 2007 году 27 машин работает на предприятиях России, Украины, Беларуси, Казахстана, Молдавии, Латвии, Эстонии по производству соевого текстурата, подушечек и батончиков с начинкой, хлебцев, кормов для животных, пищевых отрубей. Увеличен ресурс быстро изнашивающихся частей (шнеки, рабочий корпус) по сравнению с другими одношнековыми экструдерами более чем в 2.5 раза. Выход на технологический режим – 5 минут.

Простая и надежная конструкция опорного узла с применением самоустанавливающихся импортных подшипников позволяет обеспечить его работу без ремонта более 10000 часов.

Минимальное отношение стоимости к производительности позволяет выделить ШТАК-80М, как лидера среди одношнековых экструдеров по технико-экономическим показателям.

Износостойкость шнеков (на выходе продукта) 2000 часов, корпуса 4000 часов при работе на муке.

Современная модификация обладает улучшенными характеристиками загрузочной зоны, что позволяет эффективно применять ШТАК-80М при производстве быстрозавариваемых каш, набухающей муки, основы для клея, крахмалосодержащего реагента, модифицированного крахмала, строительных крахмалосодержащих смесей.

Экструдер одношнековый ШТАК-180

Экструдер ШТАК-180 предназначен для переработки (100% провар) способом варочной экструзии различных видов крахмалосодержащего сырья для получения готовых пищевых продуктов или полуфабрикатов. Внешний вид продуктов определяется видом формующей матрицы. Типичные виды выпускаемой продукции: хлебопекарные улучшители (набухающая мука), модифицированный крахмал, корма для животных и т.д. Экструдер предназначен для эксплуатации в помещениях категории В при температуре от 15 до 25С и относительной влажности не выше 75%.

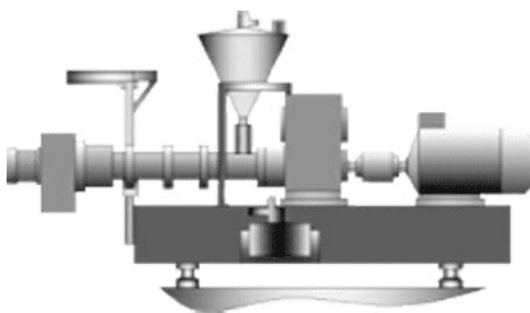


Рисунок 1.7 - ШТАК-180

Четыре зоны охлаждения корпусов, возможность подачи питьевой воды внутрь экструзионной зоны позволяют точно поддерживать технологические режимы и добиваться отличного качества продукта. А при производстве кукурузной палочки и пищевых отрубей, а также не формованного экструдата из любого типа муки/крупы, вообще отказаться от предварительного увлажнения смеси. Эти машины отличаются хорошей управляемостью, простотой сборки и разборки, высокой ремонтпригодностью, удобством обслуживания. В штатном режиме ШТАК-180 обслуживает один оператор. Простая и надежная конструкция опорного узла с применением самоустанавливающихся импортных подшипников позволяет обеспечить его работу без ремонта более 10 000 часов. Ресурс

износа шнеков (на выходе продукта) 2000 часов, корпуса 4000 часов при работе на муке.

ДВУХЧЕРВЯЧНЫЙ ЭКСТРУДЕР (ПАТЕНТ RU 2051038)

Двухчервячный экструдер содержит привод 1, технологический узел с червяками 2 и секционный корпус 3. Червяки 2 установлены в корпусе 1 с возможностью зацепления друг с другом и связаны с приводом 1. Корпус 2 в зоне загрузки материала выполнен с окном 4 для отвода жидкости, расположенным под червяками 2. Экструдер содержит также полый перфорированный барабан 5, установленный параллельно червякам 2 в подшипниках 6 и перекрывающий окна 4 для отвода жидкости. Ось барабана 5 через трансмиссионный вал 7 соединена с приводом 1.

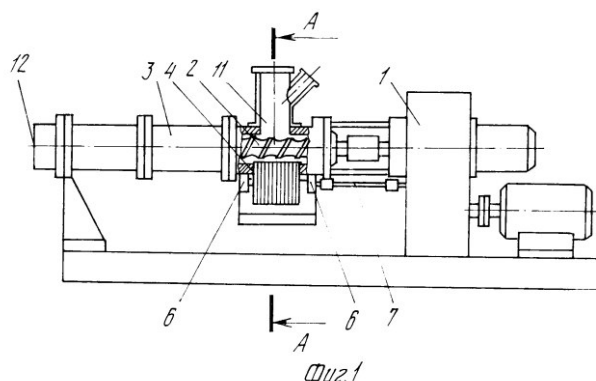


Рисунок 1.8 – Двухчервячный экструдер (патент RU 2051038)

Обечайка барабана 5 состоит из набора колец 8, а перфорация барабана выполнена в виде кольцевых прорезей 9 на образующей поверхности. Барабан 5 содержит устройство для его очистки в виде закрепленных на корпусе перпендикулярно образующей барабана ножей 10 с лезвиями, заходящими в прорези 9 барабана. На корпусе 3 смонтированы загрузочное 11 и разгрузочное 12 устройства.

Экструдер работает следующим образом.

При включении привода 1 синхронно червякам осуществляется вращение барабана 5. Суспензия материала через загрузочное устройство

корпуса 3 заполняет его объем. Вода проходит через кольцевые прорези барабана 5 и отводится в сборник (не показан), а материал в виде плотного осадка твердых частиц перемещается червяками вдоль технологического узла на дальнейшую переработку. Частицы вещества, попадающие в щели барабана, устраняются ножами 10, в результате этого поверхность фильтрования непрерывно очищается на протяжении всего процесса переработки.

В случае переработки материалов с высоким удельным сопротивлением осадка, например сжимаемых тонкодисперсных материалов, частота вращения фильтрующего барабана может быть увеличена, что приводит к увеличению скорости подачи вещества в экструдер, а следовательно, к повышению производительности процесса переработки. Производительность экструдера при переработке материалов из их суспензий может быть также увеличена за счет создания разрежения в полости барабана или избыточного давления в загрузочном устройстве.

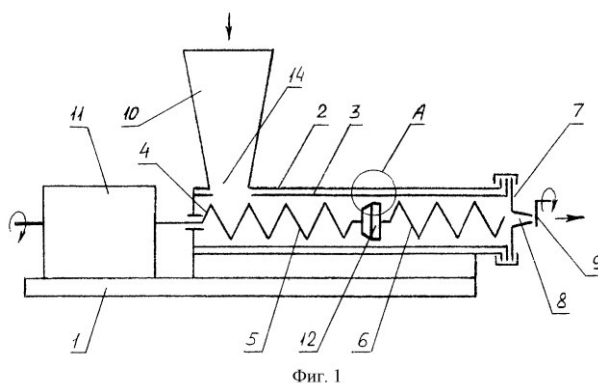


Рисунок 1.9 – патент RU 2225145

Экструдер состоит из станины 1, корпуса 2, втулки 3 с винтовой нарезкой, шнека 4 с винтовой нарезкой, разделенного на дозирующую 5 и нагнетательную 6 зоны, матрицы 7 с формующим отверстием 8, устройства резки 9, бункера 10, узла 11 с подшипниками и привода (привод условно не показан). В средней части, между дозирующей 5 и нагнетательной 6 зонами, шнек содержит кольцевой выступ 12, который имеет коническую и цилиндрическую поверхности для постепенного уменьшения зазора между выступом и внутренней винтовой поверхностью втулки. На цилиндрической

поверхности выступа 12 выполнены винтовые или наклонные канавки 13 с трапецеидальным поперечным сечением. В корпусе 2 экструдера в зоне расположения бункера 10 выполнено загрузочное отверстие 14, совпадающее с отверстием во втулке 3.

Экструдер работает следующим образом.

Зерно загружается в бункер 10, далее через загрузочное отверстие 14 в корпусе 2 экструдера попадает во втулку 3, захватывается вращающейся винтовой нарезкой шнека 4 и транспортируется дозирующей частью шнека к кольцевому выступу 12. Вследствие постепенного уменьшения зазора между наружной поверхностью выступа 12 и внутренней винтовой поверхностью втулки 4 происходит плавное сжатие, измельчение и разогрев перерабатываемого материала, что исключает подгорание материала. В результате воздействия высокой температуры, влаги и давления зерно превращается в пластическую массу, которая нагнетательной частью шнека выдавливается из матрицы 7 через цилиндрическое формующее отверстие 8. Выходящая из отверстия пористая масса расширяется и разрезается устройством резки 9 на кукурузные палочки требуемой длины. Винтовые или наклонные канавки 13 на цилиндрической поверхности выступа 12 способствуют лучшему измельчению и перемешиванию перерабатываемого материала, обеспечивают многократное разрезание и деформирование материала в зоне действия высокого давления. Трапецеидальная форма винтовой канавки 13 позволяет уменьшить поток пластической массы в обратном направлении в сторону загрузочного отверстия, исключить задержку массы при уменьшении зазора между выступом и втулкой за счет преимущественного движения материала вдоль канавок в направлении матрицы 7.

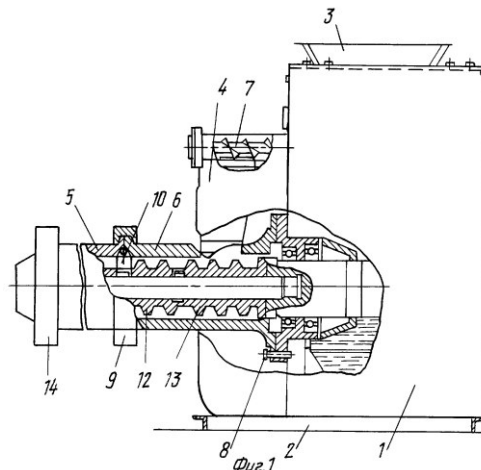


Рисунок 1.10 – Пресс-экструдер (патент RU 2153270)

Пресс-экструдер содержит корпус основного привода 1, установленный на сварной раме 2; загрузочный бункер 3; питатель 4; разъемные части корпуса шнека 5 и 6; расположенный в питателе 4 подающий шнек 7; крепежные болты 8; хомуты 9; жестко закрепленное кольцо 10, установленное в кольцевые проточки на внутренней поверхности разъемных корпусов шнека 5 и 6 в месте их соединения с пазами 11, выполненными по оси кольца 10 или под углом к ней; шнек, состоящий из разъемных частей 12 и 13; экструзионную головку 14.

Пресс-экструдер работает следующим образом. Продукт загружают в бункер 3, посредством подающего шнека 7 продукт транспортируется в питатель 4, где происходит регулирование подачи материала в зону загрузки, перерабатываемый материал продвигается к выдавливающему концу шнека 12 и 13, при этом происходит нагрев его до необходимой температуры за счет внутреннего превращения механической энергии в тепловую, расплавление, перемешивание и выдавливание через экструзионную головку 14. В месте соединения разъемных частей корпуса шнека 5 и 6 и шнека 12 и 13 установлено жесткозакрепленное кольцо 10, с пазами 11, выполненными на внутренней поверхности кольца 10. В месте установки кольца винтовая поверхность шнека 5 и 6 отсутствует. При исполнении пазов 11 без наклона, продукт под давлением упирается в кольцо 10, рассекаясь на некоторое число потоков, равных количеству пазов 11, выполненных на внутренней

поверхности кольца 10. Проходя через пазы 11, продукт подхватывается витками шнека 5 и 6 и под давлением продолжает движение к выходу. При этом величина давления доходит до максимально возможного и в обычном случае падает в результате обратного потока материала. В данном случае продукт в обратном потоке материала доходит лишь до кольца 10, упираясь с одной стороны в потоки материала через пазы 11, идущих под значительным давлением, большим по величине давления, создаваемого противотоком, подхватывается ими и продвигается к выходу. С другой стороны продукт упирается в межпазовые сегменты на внутренней поверхности кольца 10, смещается витками и продолжает движение в прямом направлении, тем самым происходит циркуляция продукта в замкнутой зоне. Если пазы 11 выполнены под углом, то происходит срезание продукта кольцом 10, обеспечивая свободное прохождение потоком области кольца 10. Обратный поток материала ведет себя как в случае с прямыми пазами, но получая дополнительное препятствие в виде внутренних стенок пазов 11. Давление, возросшее до максимального, не падает от утечки материала, а распределяется лишь по этой зоне, способствуя равномерному перемешиванию, расплавлению нерасплавленных частиц и выдавливанию материала через экструзионную головку 14.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Технология экструдирования и ее применение в пищевой промышленности и сельском хозяйстве

Шнековая экструзионная техника, в настоящее время является наиболее перспективной в производстве продуктов питания и кормов для живот-ных. С ее помощью перерабатывают белки, полисахариды, смеси белков и полисахаридов, цельно смолотое зерно, вторичное сырье мясной и рыбной промышленности.

Интерес к переработке растительного сырья с помощью термопластической экструзии обусловлен двумя основными причинами:

- Большим объемом и разнообразием продукции, производимой с помощью этой технологии;
- Экономическим эффектом, который дает производство экструзионных продуктов.

Высокий экономический эффект производства такого типа продуктов обусловлен прежде всего тем, что один экструдер может заменить целый комплекс машин, необходимых для производства кормов (в частности, составлять композиции из нескольких компонентов, перемешивать, сжимать, нагревать, варить, стерилизовать, формовать практически одновременно). Применение экструдера позволяет сделать процесс непрерывным, контролируемым, универсальным по перерабатываемым полуфабрикатам и конечным продуктам.

Экструдеры позволяют получать очень высокие давления. Несложно осуществлять экструдирование с давлением сжатия 10 МПа. При таком высоком давлении в экструдере возникают большие силы сдвига, благодаря чему появляется возможность, например, формовать волокнистую структуру из белков растительного происхождения, что невозможно в условиях традиционной технологии тепловой обработки.

Высокое давление значительно сокращает время варки. Кроме того, на выходе из формующего устройства давление резко падает до атмосферного, это вызывает разбухание продукта, позволяющее осуществлять формовку вязких материалов. Перегретый пар буквально взрывает выдавленный материал.

2.2 Общая характеристика процесса

Процесс формования пищевых сред - один из самых сложных процессов пищевой технологии. Именно в этом процессе во всем многообразии проявляется весь диапазон физико-механических свойств формуемого материала. Поэтому конструкторские решения формующих машин полностью определяются технологическими свойствами соответствующей среды.

Формованием называется технологический процесс придания перерабатываемому продукту определенной формы.

Экструзией называется технологический процесс выдавливания жгутов перерабатываемой массы через формующие отверстия матрицы.

Процессы формования пищевых сред довольно различны и многообразны вследствие специфичности и многообразия видов перерабатываемого сырья.

Для переработки пластичного полуфабриката в готовые изделия определенной формы и размера используются следующие виды формования: отсадка, штамповка, отливка, резка, прессование, экструдирование и др.

Отсадкой называется процесс получения формованных изделий путем циклического выдавливания пластичной массы через профильные насадки на подвижную или неподвижную поверхность.

Особое внимание заслуживает производство изделий губчатой структуры (пастилы, зефира, сбивных и кремовых конфет и т.п.) формованием. Отличительными особенностями производства этих продуктов

являются как невозможность их хранения до формования (из-за разного давления происходит уменьшение пышности пенообразной структуры), так и разрушение пенообразной структуры при формовании.

Штамповка — это резка исходного продукта в виде жгута на отдельные изделия и придания им различной формы.

Резка — это деление пластов пищевых масс на отдельные части в форме параллелепипеда.

Отливка — это получение изделий определенного объема, формы и рисунка из полужидкой или жидкой кондитерской массы отливкой ее в форму.

В зависимости от теплового режима выделяют 3 типа экструзии:

1. *Холодная экструзия* — происходят только механические изменения в материале вследствие медленного его перемещения под давлением и формование этого продукта с образованием заданных форм.

2. *Теплая экструзия* — наряду с механическим осуществляется тепловое воздействие на обрабатываемый продукт, причем продукт подогревается извне.

3. *Горячая экструзия* — процесс проводится при высоких скоростях и давлениях, значительном переходе механической энергии в тепловую, что приводит к различным по глубине изменениям в качественных показателях продукта. Кроме того, может иметь место регулируемый подвод тепла как непосредственно к продукту, так и через наружные стенки экструдера. Массовая доля влаги в сырье при горячей экструзии составляет 10...20%, а температура превышает 120 С.

Каждый из температурных режимов экструзии характеризуется определенными значениями влажности экструдированной массы и давлением в экструдере.

Режим экструзии	Влажность массы, %	Давление в экструдере, МПа
Холодная	Более 28	Менее 10
Теплая	24-30	9-12
Горячая	14-20	12-20

Наибольшее распространение в производстве готовых завтраков, закусок, аналогов мясо- и рыбопродуктов получила горячая экструзия, т.е. термопластическая экструзия.

На сегодняшний день термопластическая экструзия на основе сырья растительного происхождения широко применяется в макаронной, кондитерской, хлебопекарной, крахмалопаточной, пищевом концентратной, мясной, рыбной, а также в комбикормовой отраслях промышленности.

В процессе экструзионной обработки перерабатываемый материал подвергается целому ряду фазовых превращений из хрупкого стеклообразного состояния в высоко-эластичное и затем в вязко-текучее.

Большинство одношнековых экструдеров, применяемых в промышленной переработке материалов растительного происхождения, являются пластицирующими, то есть перерабатываемое сырье загружают в них в виде твердых частиц. Основным рабочим органом экструдера является шнек. Он забирает непластицированный материал, поступающий под действием сил тяжести к загрузочному отверстию. Далее в канале шнека частицы транспортируются и сжимаются за счет сил трения, плавятся или пластицируются под действием сил трения, затем равномерно подаются в виде гомогенного расплава к головке. Наряду с плавлением происходят процессы генерирования давления и смешивания материала. Продвигаясь по каналу шнека, материал разогревается за счет работы сил внутреннего трения, возникающих вследствие больших деформаций сдвига, которые обеспечивают гомогенизацию, также может иметь место подвод тепла извне.

По характеру процессов, протекающих на каждом участке шнека его обычно можно разделить по длине на три основные зоны: зона питания (загрузочная зона), зона сжатия или зона плавления (пластификации) и дозирующая зона или зона смешивания.

В зону питания продукт попадает обычно при комнатной температуре в дисперсном состоянии. По мере продвижения вдоль

шнекового канала продукт уплотняется и вследствие работы сил трения, препятствующих его движению, происходит нагрев до температуры, изменяющейся от 60 до 80 °С. При такой температуре и содержании воды до 30 % биополимеры пластифицируются и переходят из стеклообразного состояния в высоко-эластическое.

При горячем экструдировании за зоной пластификации образуется зона плавления, в которой в результате деформации температура обычно поддерживается в пределах от 120 до 190 °С, материал переходит в вязко-текучее состояние, образуя расплав биополимеров. Под действием высокой температуры обработки, значительных механических усилий и содержания влаги в результате сжатия и сдвига происходит разрушение полимерной структуры основных компонентов крахмалосодержащего сырья: денатурация нативных (нежелати-низированных) белков и желатинизация крахмалов. При этом кристаллические области способных к кристаллизации биополимеров, например амилозы и амилопектина в составе крахмала, плавятся, а аморфные переходят из неупорядоченного высоко-эластического состояния в вязко-текучее.

В зоне дозирования завершаются процессы перехода биополимеров в вязко-текучее состояние. В начале зоны дозирования температура материала практически равна температуре плавления. Продвигаясь в зоне дозирования, продукт продолжает разогреваться до температуры экструзии. При* этом разогрев происходит за счет тепла, выделяющегося вследствие интенсивной деформации сдвига. Одновременно идет процесс гомогенизации расплава. Происходит окончательное расплавление мелких не расплавившихся в зоне плавления включений и выравнивание температурного поля. Наиболее интенсивно структурообразование расплавов биополимеров протекает под действием сил сдвига и сжатия в головке экструдера (пространстве между концом шнека и матрицей, занятом обычно насадкой типа «торпедо») и фильере, что обусловлено изменением реологических условий течения в этих зонах. В

зависимости от конструкции фильеры можно получать экструдаты всех трех типов структур: пористой, волокнистой и однородной макроструктуры. Волокнистые и однородные макроструктуры получают, используя специально охлаждаемые фильеры с отношением длины к диаметру значительно больше единицы. В них происходит постепенное охлаждение расплава биополимеров (температура ниже 110 ... 115 °С, скорость сдвига не превышает 50 с⁻¹, плотность 1200 ... 1400 кг/м³) и понижение давления, что предотвращает вспучивание полуфабриката за счет мгновенного испарения воды на выходе расплава биополимеров из фильеры. При получении экструдатов пористой макроструктуры используют короткие неохлаждаемые фильеры. Скорость сдвига при этом максимальна и лежит в пределах 50 ... 3000 с⁻¹. При выходе расплава биополимеров через такую фильеру происходит мгновенное уменьшение давления до атмосферного. Это приводит к резкому испарению воды и образованию пористой макроструктуры. Наиболее важным из перечисленных условий является получение расплава биополимеров, то есть переход в условиях экструзии в вязко-текучее состояние. Способность биополимеров переходить в вязко-текучее состояние обеспечивает проведение самого процесса и отражено в названии процесса как термопластической экструзии.

Важным технологическим параметром экструзии является продолжительность обработки материала в прессующем механизме.

Особенностью обработки крахмала в экструдере является проведение процесса при высокой температуре, больших силах сдвига, активном перемешивании полисахаридов и реагентов, введенных в аппарат. В этих условиях на полисахаридных цепях крахмала образуется большое число активных центров, что обеспечивает быстрое проведение реакции и высокий ее выход.

Экструзионные продукты, получаемые на пищевых экструдерах:

1. Закусочные изделия снекового ассортимента (чипсы, фигурные и воздушные изделия);
2. Готовые завтраки;
3. Легкие кондитерские изделия (трубочки, подушечки, батончики);
4. Заменители хлебобулочных изделий (воздушные бездрожжевые хлебцы, галеты);
5. Закусочные изделия лечебно-профилактического и оздоровительного направления;
6. Отделочные и вспомогательные продукты для пищевого производства (наполнители, панировка);
7. Функциональные регуляторы для отраслей пищевой промышленности (стабилизаторы, загустители);
8. Заменители мясо- и рыбопродуктов (фаршевые наполнители, стейки);
9. Корма для животноводства и рыбоводства.

2.3 Классификация оборудования обработки продуктов прессованием

Обработка материалов давлением производится на соответствующем оборудовании – прессах. В пищевой промышленности применяются прессы самых разнообразных конструкций. Их можно разделить на две большие группы: гидравлические и механические. На рисунке 2.1 представлена подробная классификация этого оборудования.

По типу основного рабочего органа экструдеры подразделяют на одношнековые, многошнековые, дисковые, поршневые и др. Поршневые и валковые экструдеры оказывают щадящее воздействие на перерабатываемый продукт, их используют для формования продукта с нежной консистенцией.

Валковые экструдеры применяют в машинах без матриц, шестеренные - для формования однородных и гомогенных материалов в машинах с матрицами.

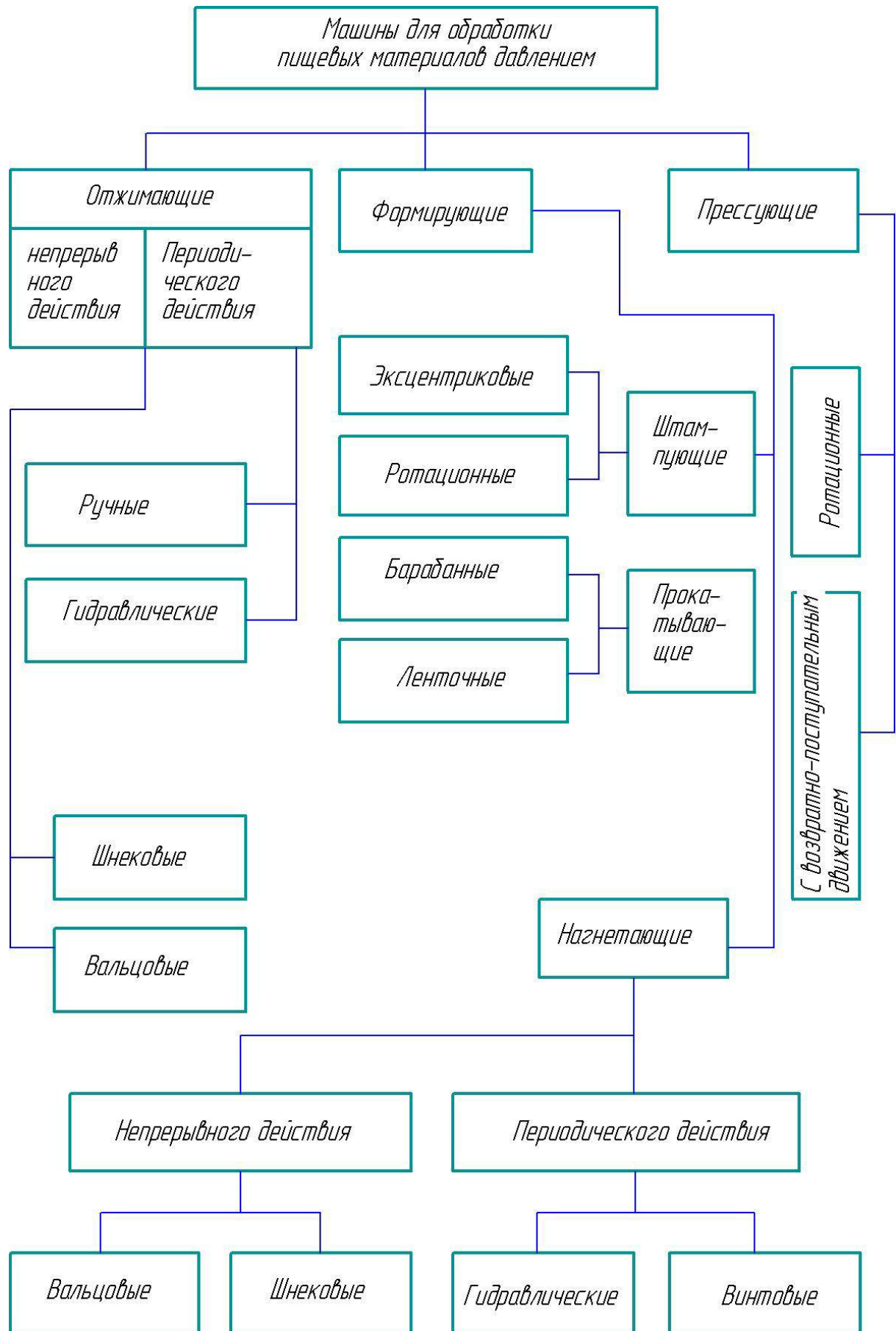


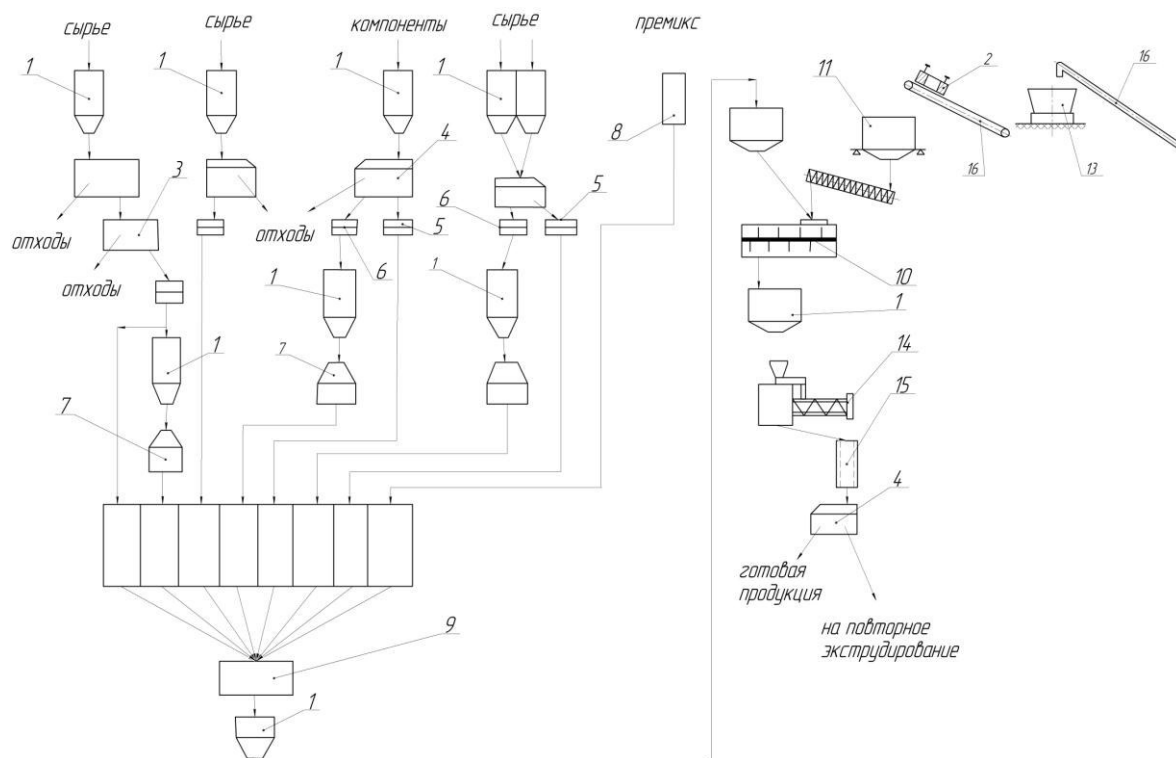
Рисунок 2.1 – Классификация оборудования

2.4 Предлагаемая технологическая линия экструдирования кормового сырья

Эффективность любого процесса определяется тем количеством энергии, которое затрачивается для достижения требуемого технологического эффекта, то есть мощности, потребляемой рабочими органами при протекании процесса. В свою очередь, часть энергии расходуется на преобразование потока, а часть расходуется на передачу движения потоку или рассеивается в виде теплоты. Количество энергии в материале в данном месте рабочего пространства может служить мерой технологического процесса.

Анализ механических процессов зернопереработки показал, что из механических процессов наибольшее значение потребной мощности затрачиваются на процессы изменения исходного вещества (полуфабриката), среди которых наиболее энергоемкие процессы: измельчения, смешивания, уплотнения, которые затрачивают до 95 % всей подводимой мощности. Эти процессы являются основными в технологических линиях по переработке растительного сырья в агропромышленном комплексе. Остальные процессы (дозирование, сортирование, транспортирование) носят вспомогательную функцию.

На рисунке 2.2 приведена технологическая схема экструдирования.



1-бункер; 2-скальператор; 3-сепаратор; 4-просеивающая машина; 5-магнитный сепаратор; 6-электромагнитный сепаратор; 7-молотковая дробилка; 8-мешкорастарочный шкаф; 9-многокомпонентный весовой дозатор; 10-смеситель; 11-бункер на тензодатчиках; 12-питатель компонентов; 13-измельчитель; 14-экструдер; 15-охладитель; 16-транспортер питатель

Рисунок 2.2. Технологическая схема экструдирования

2.5 Технологические расчеты процесса экструдирования

Количество механической энергии в единице объема рабочего пространства описывается интенсивностью напряженного состояния:

$$G_v^2 = \sigma_v^2 + \tau^2, \quad (2.1)$$

где σ_v — главное нормальное напряжение; τ — главное касательное напряжение.

Разработанная классификация механических процессов в виде зависимости интенсивности напряженного состояния G_v от отношения главного касательного напряжения τ к главному нормальному напряжению σ_v , представленна диаграммами на рисунке 2.3.

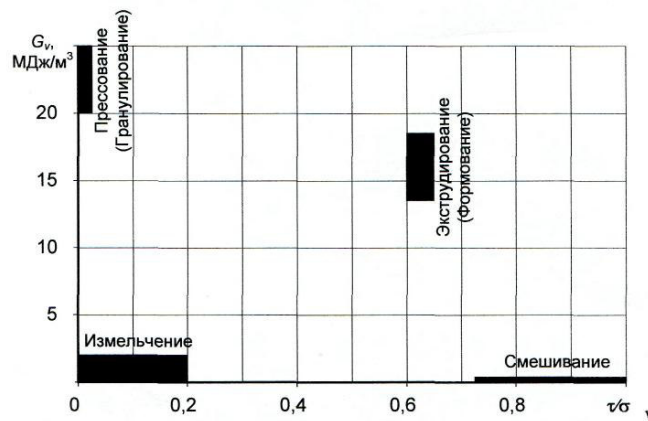
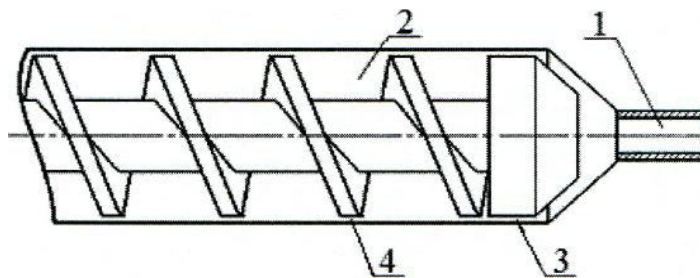


Рисунок 2.3 - Зависимость энергетического состояния в рабочем пространстве машины от характера напряженного состояния на контактной поверхности рабочих органов

Из диаграмм на рисунке 2.3 следует, что основные механические процессы производства кормового сырья отличаются по своей сути величиной напряженного состояния среды рабочего пространства, т.е. механической энергией, передаваемой в рабочее пространство от рабочих органов машин.

Зонами рабочего пространства, в которых происходит смешивание полуфабриката, являются канал шнека, полости компрессионного затвора и зазора утечек, а также фильера матрицы. Схема рабочего пространства экструдера, показана на рисунке 2.4.

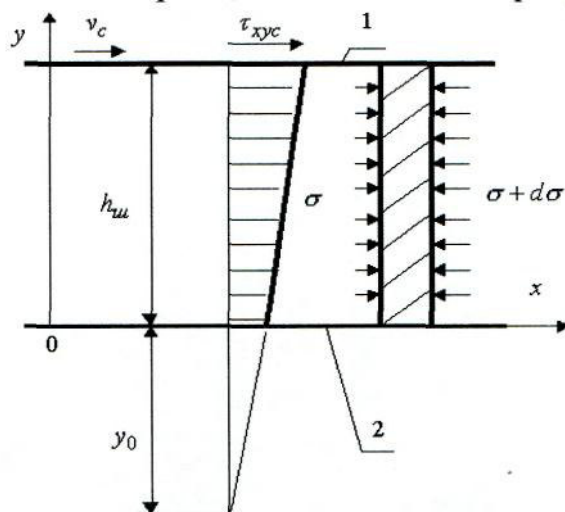


1 - формующая полость (фильера), 2 - канал шнека, 3 - полость компрессионного затвора, 4 - полость утечек

Рисунок 2.4 - Схема рабочего пространства шнекового прессующего механизма

В шнековом механизме полуфабрикат движется по полостям сложной конфигурации. Принято, что свойства полуфабриката описывает уравнение Оствальда-де Виля.

Система координат выбрана, как показано на рисунке 2.5.



1 - плоскость, замещающая шнековый цилиндр, 2 - плоскость, замещающая дно шнекового канала

Рисунок 2.5 - Схема модели шнекового канала

Принято, что нижняя плоскость неподвижна, а верхняя движется со скоростью v_c .

Поскольку кинематические параметры движения прессуемого материала постоянны во времени, справедливо выражение

$$\gamma_x = \dot{\gamma}_x t \quad (2.2)$$

где γ_x - сдвиг прессуемого материала в слое с координатой γ ;

$\dot{\gamma}_x$ - скорость сдвига;

t — время нахождения в полости слоя прессуемого материала с координатой γ .

Время нахождения слоя материала в данной полости связано с длиной полости $L_{пол}$ и скоростью материала $v_x(y)$ выражением

$$t = L_{пол} / v_x \quad (2.3)$$

Величина $L_{пол}$ определена геометрией полости.

Вычислив среднюю скорость сдвига и среднее время нахождения материала в полости, можно определить средний сдвиг в полости.

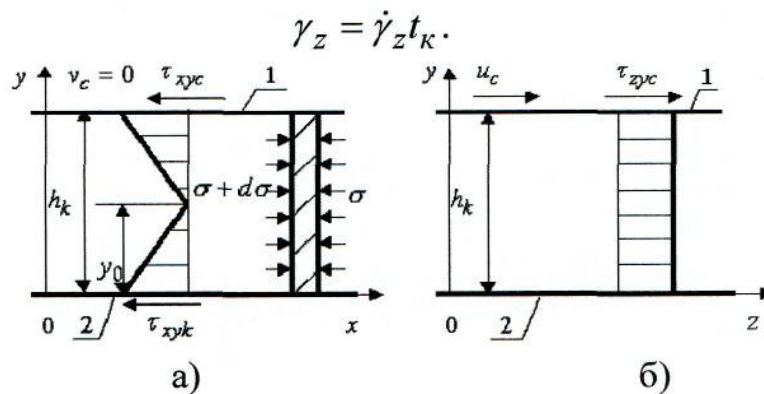
В осесимметричных полостях фильер сдвиг определяется аналогично.

Особенностью компрессионного затвора является сдвиг в материале в окружном направлении, возникающий помимо сдвига в осевом направлении. В его механической модели обе пластины неподвижны в направлении оси Ox , а верхняя движется вдоль оси Oz со скоростью u_c , равной окружной скорости шнекового цилиндра диаметра D_c , при угловой скорости ω .

Модель компрессионного затвора, представлена на рисунке 6 в системе координат $Oxyz$.

Градиент скорости сдвига $\dot{\gamma}_x$ – в направлении оси Oz постоянен.

Величина сдвига в материале в направлении оси Oz за время нахождения материала в полости компрессионного затвора



а) движение продукта вдоль оси шнека; б) движение продукта в окружном направлении;

1 — плоскость, замещающая шнековый цилиндр, 2 - плоскость, замещающая компрессионную шайбу

Рисунок 2.6 - Схема компрессионного затвора и зазора утечек шнекового прессующего механизма

Полный сдвиг в каждом слое полости компрессионного затвора γ_k найден векторным сложением сдвигов вдоль осей Ox и Oz ,

$$\gamma_k = \sqrt{\gamma_x^2 + \gamma_z^2}. \quad (2.5)$$

Полный средний сдвиг найден векторным сложением средних сдвигов вдоль осей Ox и Oz .

Используя среднее значение сдвига γ_{cp} можно оценить однородность сдвига в ядре потока по полости, то есть без учета пристенного слоя, где величина сдвига стремится к бесконечности.

Однородность сдвига в полости компрессионного затвора определяет коэффициент однородности

$$k_{op} = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{\gamma_{cp}}. \quad (2.6)$$

В компрессионном затворе нет участков, где сдвиг стремится к нулю. Сдвиг происходит на небольшой осевой протяженности прессующего механизма, что вызывает резкий нагрев прессуемого материала.

Сдвиг в канале фильеры сильно зависит от ее высоты или диаметра и в меньшей степени от длины фильеры. Максимальное значение сдвиг принимает в пристенном слое.

Сумма средних значений сдвига материала во всех полостях шнекового прессующего механизма за исключением полости утечек может быть критерием механического воздействия на прессуемый материал.

Для оценки процесса смешивания в экструдере, используется путь смешивания. Величина этого пути связана с координатой y зависимостью, определяющей длину развертки на плоскость соответствующей винтовой линии.

Путь смешивания экструдированного продукта в компрессионном затворе определен векторным сложением скоростей $v_x(y)$ вдоль оси Ox и $v_z(y)$ вдоль оси Oy зависимостью

$$s_{ксм} = \int_0^t \sqrt{v_x^2 + v_z^2} dt. \quad (2.7)$$

Используя среднее значение пути смешивания s_{cp} , можно оценить однородность этой величины в ядре потока по рассматриваемой полости, т.е. без учета пристенного слоя, где величина пути смешивания стремится к нулю. Однородность пути смешивания в полости компрессионного затвора оценивает коэффициент однородности λ_{oz} .

$$\lambda_{oz} = \left(\frac{1}{\max} - s_{cm} \right) \min \lambda_{cp}^s. \quad (2.6)$$

Распределение пути смешивания по высоте полости компрессионного затвора имеет вид аналогичный распределению сдвига в этой полости. В области, занимающей по высоте 15 % объема полости затвора, которая примыкает к шнековому корпусу, путь смешивания возрастает в три раза.

Необходимые для вычисления сдвига и пути смешивания расчетные параметры были определены по математической модели процесса экструдирования, разработанной Т.М. Зубковой.

Для обеспечения требуемых режимов экструдирования применены стандартные и общепринятые методики подготовки сырья и определения технологических параметров процесса экструдирования.

Качество экструдата оценивали по трем параметрам: задирам, глубоким трещинам и прочности. Задиры и трещины выявляли визуально.

Описанные выше величины достаточны для вычисления значения средних величин сдвига и пути смешивания экструдированного материала во всех областях рабочего пространства прессующего механизма экструдера.

Связи параметров качества: прочности на срез τ , степени вспучивания S и удельной энергоемкости процесса экструдирования E при изменении угловой скорости шнека ω , количества фильер матрицы n и высоты их поперечного сечения $h_{щф}$, а также влажности экструдированного материала W позволило получить эмпирическую зависимость вида

$$\gamma = a_0 + a_1 W + a_2 h_{щф} + a_3 W h_{щф} + a_4 W^2 + a_5 h_{щф}^2. \quad (2.9)$$

где γ принимает значение τ , S , E , коэффициенты a являются функциями ω и n .

Качество гранул ухудшается с увеличением влажности экструдата.

Наименьшее значение величина сдвига принимает в канале фильеры, где значения изменяются от 18,7 до 23,8. В канале шнека сдвиг достаточно

постоянен и изменяется в пределах от 223,8 до 226,7. В полости компрессионного затвора сдвиг достигает значительно больших значений и находится в диапазоне от 373 до 997. То есть основное смешивание происходит именно в компрессионном затворе.

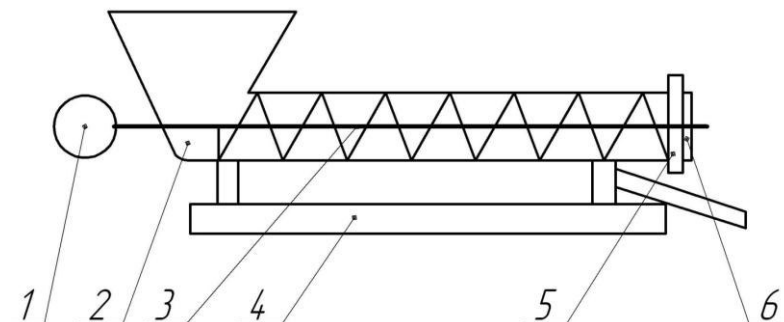
Средний путь смешивания в канале шнека равен 2,255 м. В полости компрессионного затвора он изменяется от 0,243 до 1,576 м.

Гладкая без шероховатостей и задиров поверхность экструдированных гранул получается, когда средний сдвиг составляет 400...500, а путь смешивания: 0,40...0,65м. Значения энергоемкости не превышают 500 кДж/кг, когда средний сдвиг менее 450, а путь смешивания менее 0,55 м.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет основных параметров шнекового экструдера

Схема экструдера семян представлена на рисунке 3.11.



1 – мотор-редуктор привода экструдера семян. 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – рама;
5 – маслоотделительная насадка; 6 – уплотнительный диск

Рисунок 3.11 - Схема экструдера семян

Шнековый экструдер семян состоит из рамы 4 к которой крепится корпус 2 и мотор-редуктор 1 для привода шнека. Масличные семена предварительно подогреты до $50...70^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от культуры) поступают в приемный бункер корпуса и далее с помощью шнека 3 перемещаются к маслоотделительной насадке 5 где происходит выделение масла из семян за счет прессования. Усилие прессования регулируется уплотнительным диском 6.

3.1.1 Расчет шнекового механизма

Принимаем производительность экструдера семян принимаем равной 500 кг/час при насыпной плотности семян $\rho_k \approx 980...1100 \text{ кг/м}^3$, [4].

					ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Исмагилов Л.М.				Экструдер семян		
Провер.	Лущинов М.А.						
Н. Контр.	Пикмцллин Г.В.						
Утверд.	Халиуллин Д.Т.						
						Лит.	Лист
							1
							20
					Казанский ГАУ каф. МОА группа 2311с		

Площадь заполнения поперечного сечения шнека определяется по формуле,[5]:

$$S = \varphi \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3.1)$$

где φ -коэффициент заполнения сечения шнека с учетом диаметра вала, принимаем $\varphi = 0,2$, [5];

D – диаметр винта шнека, м.

Производительность шнекового механизма со сплошным винтом определяется по формуле:

$$Q = 3600 \varphi \frac{\pi D^2}{4} \rho_k \frac{tn}{60} k = 47 \varphi * \rho_k * t * n * D^2 * k, \quad (3.2)$$

где t - шаг винта, м, принимаем $t = D$;

n – частота вращения вала винта, мин^{-1} , принимаем $n = 18 \text{ мин}^{-1}$, [6];

k – коэффициент снижения производительности при прохождении через уплотнительный диск, $k=0,11$, [5].

Преобразуя формулу (3.2) найдем диаметр винта:

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{47 * \varphi * \rho_k * n * k}} \quad (3.3)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{500}{47 * 0.2 * 1 * 18 * 0.11}} = 0,262 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр винта шнека с учетом конструктивных особенностей $D = 0,26$ м.

$$t = 0,26 * 1 = 0,26 \text{ м.}$$

Принимаем $t = 0,26$ м.

3.2.2 Определение мощности и подбор мотор – редуктора для шнекового механизма

					ВКР.35.03.06.199.17.3С.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

$$N'_D(1+C_0)\frac{Q}{367*\eta_{np}}, \quad (3.4)$$

где N'_D – расчетная мощность двигателя, кВт;

c_0 – коэффициент сопротивления при прохождении семян через уплотнительный диск, $c_0 = 3800 \dots 4600$, [5];

η_{np} – КПД привода, принимаем $\eta_{np} = 0,85$, [6].

$$N'_D = (1+4200)*500/(367*0,85) = 6733 \text{ Вт.}$$

Мотор – редуктор подбирают по требуемой мощности с учетом конструктивных параметров.

Берем мотор – редуктор МПз2-80 с электродвигателем 4А132S4РЗ, [6].

$N_D = 7,5$ кВт; $n_D = 1450 \text{ мин}^{-1}$; $n_{ВВ} = 18 \text{ мин}^{-1}$; $T_{MP} = 1700 \text{ Нм}$; $d = 70 \text{ мм}$, [6].

3.1.3 Подбор муфт

Муфту подбирают по передаваемому крутящему моменту с учетом диаметров соединяемых валов.

На рисунке 3.1 представлена упругая муфта с торообразной оболочкой по “Мультикросс”.

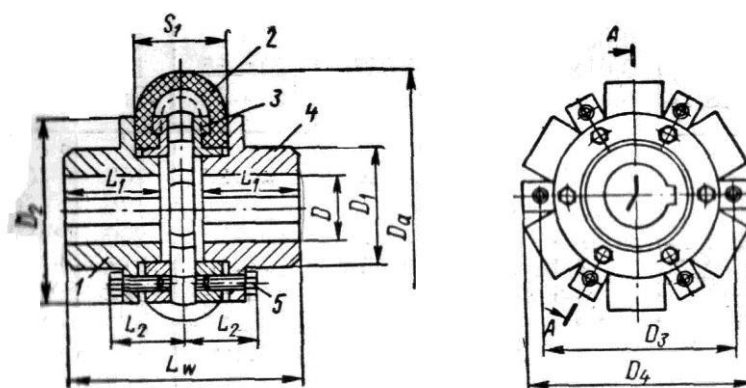


Рисунок 3.1 – Упругая муфта с торообразной оболочкой “Мультикросс”

Эти муфты применяются для соединения валов и передачи крутящих моментов от электродвигателей. Они смягчают удары посредством упругих

					ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

элементов, компенсируют небольшие перекосы валов (до 1°) и несоосности валов не более 0,5 мм.

$$T'_M \geq K_M * T, \quad (3.5)$$

где T_M – максимальный момент передаваемой муфтой, Нм;

K_M – коэффициент запаса прочности, $K_M = 1,5 \dots 2$, [7].

T – крутящий момент передаваемой муфтой, Нм.

$T'_M = 1,5 * 1700 = 2550$ Нм.

Берем упругую муфту с торообразной оболочкой “Мультикросс”:

$T_M = 2650$ Нм;

$d_M = 40 \dots 110$ мм, [7].

3.1.4 Приближенный расчет валов

$$d_\phi = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau]}}, \quad (3.6)$$

где d_ϕ – диаметр вала, мм;

T – крутящий момент на валу, $T = 1700000$ Нмм., [6];

$[\tau]$ – допускаемое касательное напряжение, $[\tau] = 20$ МПа, [6].

$$d_\phi = \sqrt[3]{\frac{16 * 1700000}{3,14 * 20}} = 67,83 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр вала $d_\phi = 70$ мм.

3.1.5 Расчет шпонки вала шнека под муфту

$$l_p = \frac{2000T}{d(h - t_1)[\sigma]_{\text{см}}}, \quad (3.7)$$

где l_p – рабочая длина шпонки, мм;

h – высота шпонки, $h = 12$ мм, [6];

b – ширина шпонки, $b = 20$ мм, [6];

t_1 – глубина паза втулки, $t_1 = 4,9$ мм, [6];

					ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

$[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия, $[\sigma_{см}] = 350$ МПа, [6].

$$l_p = \frac{2000 * 1900}{70 * (2 - 4,9) * 350} = 31,1, \text{ мм.}$$

$$l \geq l_p + b, \quad (3.8)$$

где l – полная длина шпонки, мм.

$$l = 31,1 + 20 = 51,1 \text{ мм.}$$

Принимаем: Шпонка 20 x 12 x 70 ГОСТ 23360-78.

3.1.6 Расчет долговечности радиально-упорного подшипника

Подшипники подбирают по конструктивным параметрам с учетом нагрузки, действующей на них.

Для опор вала шнекового механизма применяем шариковые радиально-упорные подшипники № 46216 ГОСТ 831-75 со следующими параметрами, [8]:

Внутренний диаметр	$d = 80$ мм;
Наружный диаметр	$D = 140$ мм;
Ширина подшипника	$B = 26$ мм;
Грузоподъемность динамическая	$C = 87,9$ кН;
Грузоподъемность статическая	$C_0 = 60$ кН.
Ресурс подшипника определяется по формуле, [8]:	

$$L_h = \frac{10^6}{60 n} \left(\frac{C}{P} \right)^3, \quad (3.9)$$

где L_h – ресурс подшипника, ч;

n – частота вращения вала, $n = 18 \text{ мин}^{-1}$;

P – эквивалентная сила действующая на подшипник, Н;

C – динамическая грузоподъемность подшипника, $C = 87900$ Н, [8];

Эквивалентная сила, действующая на подшипник определяется по формуле, [8]:

$$P = \sqrt[3]{X V F_r + Y F_a} K_B K_T, \quad (3.10)$$

					ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

где X – коэффициент, учитывающий действие радиальной силы на подшипник, $X=1$, [8];

Y – коэффициент, учитывающий действие осевой силы на подшипник, $Y=0,6$, [8];

V – коэффициент, учитывающий какое кольцо подшипника вращается, $V=1$, [8];

K_B – коэффициент безопасности, $K_B = 1,2$, [8];

K_T – коэффициент, учитывающий температуру подшипника при работе, $K_T=1,1$, [14];

F_r – радиальная сила действующая на подшипник $F_r \approx 2000$ Н.;

F_a – осевая сила, действующая на подшипник, $F_a \approx 2900$ Н.

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 2000 + 0,6 \cdot 2900) \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 4937 \text{ Н.}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 18} \left(\frac{87900}{4937} \right)^3 = 38379 \text{ ч.}$$

Данный ресурс удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым к конструкции экструдера семян.

3.1.7 Определение диаметра стяжных болтов

Диаметр стяжных болтов определяется с учетом нагрузки действующей на них по формуле.

$$d \geq \sqrt[3]{2 \cdot T_6} \quad (3.11)$$

где T_6 – нагрузка действующая на болт, $T_6 \approx 420$ Н.

$$d \geq \sqrt[3]{2 \cdot 420} = 9,44 \text{ мм}$$

Принимаем болт М12 ГОСТ 7798-70.

3.1.8 Выбор и расчет элементов корпуса

Корпус изготавливают из листовой стали 12ХН10Т.

Толщина обечайки, мм:

$$S \geq S_R + C, \quad (3.6)$$

					ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

где S_R – расчетная толщина стенки, мм;

C – прибавка на коррозию, мм, $C=5$ [2].

$$S_R = \frac{PD_B}{2[\sigma]\phi - P}, \quad (3.7)$$

где P – давление в аппарате, $P=1$ МПа [11];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение стали, $[\sigma] = 100$ МПа [10];

ϕ – коэффициент, учитывающий прочность сварного шва, $\phi = 0,5$ [10].

$$S_R = \frac{1 * 260}{2 * 100 * 0,5 - 1} = 2,6 \text{ мм}$$

$$S \geq 2,6 + 5 = 7,6 \text{ мм}$$

Принимаем толщину корпуса 10 мм.

3.1.9 Расчет крышки

Принятая толщина, мм:

$$S \geq S_R + C, \quad (3.8)$$

Расчетная толщина, мм:

$$S_R = kD_B \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}}, \quad (3.9)$$

где K – коэффициент конструкции крышки, $K=0,25$ [2].

$$S_R = 0,25 * 260 \sqrt{\frac{0,5}{100}} = 4,6 \text{ мм}$$

$$S \geq 4,6 + 3 = 7,6 \text{ мм}$$

Принимаем толщину крышки 10 мм.

					ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

3.2 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.2.1. Анализ безопасности жизнедеятельности на производстве

3.2.1.1 Анализ состояния безопасности жизнедеятельности на предприятии

В хозяйстве нет годового плана по охране труда. Согласно приказу «О возложении ответственности по охране труда и пожарной безопасности» каждый специалист отвечает за свой участок.

В хозяйстве имеется кабинет и уголок по охране труда в мастерской. Проводится ежегодно обучение, а также ежедневно инструктаж по технике безопасности.

Плакаты с иллюстрациями и требованиями по безопасности оборудованы в кабинете, но в недостаточном количестве, при несчастных случаях имеются инструкции и соответствующие памятки по безопасности жизнедеятельности и оказанию первой медицинской помощи. В помещениях зерносклада имеется пожарный щит с песком, огнетушителями, топором, ломом, ведром.

Очки, перчатки, специальная рабочая одежда обеспечивает соответствующую безопасность труда.

За безопасность жизнедеятельности на производстве несет ответственность инженер по безопасности труда.

В хозяйствах выявляются следующие недостатки в организации охраны труда при работе сельскохозяйственной техники:

1. Искусственное освещение некоторых рабочих мест не соответствует СН и П 23. 05- 95.
2. Система вытяжек и вентиляции в неудовлетворительном состоянии.
3. Нет специально отведенных мест для курения.
4. Отсутствуют защитные кожухи для приводов электродвигателей.
5. Недостаточное количество средств индивидуальной защиты.
6. Недостаточное количество огнетушителей.

7. На вращающихся и движущихся механизмах отсутствуют защитные кожухи и экраны.

8. Электродвигатели не имеют защиты от замыканий и перегрузок.

Все перечисленные нарушения могут привести к несчастным случаям и травматизму.

3.2.1.2 Планирование мероприятий по безопасности жизнедеятельности и улучшения условий труда

1. Издать приказ о назначении ответственных за ТБ на всех участках.

Ответственный – директор предприятия.

Сроки – 21.01.17.

2. Внедрение современной нормативно- технической документацией и литературы по охране труда.

Ответственный- инженер по ТБ

Сроки -21.01.17.

3. Обеспечение рабочих спецодеждой.

Ответственный – главный инженер.

Сроки – ежемесячно.

4. Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда.

Ответственные – директор предприятия;

-главный инженер.

Сроки – 21.01.17.

5. Проведение дня охраны труда.

Ответственный – инженер по ТБ.

Сроки – ежемесячно.

6. Выведение трехступенчатого контроля.

Ответственный – директор предприятия.

Сроки – 21.01.17.

7. Приведение естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в цехах, бытовых помещениях, на территории к нормам – в соответствии с требованиями СН и П 23.05- 95.

Ответственный – главный инженер.

Сроки- 21.01.17.

8. Приобрести новый инструмент и укомплектовать им рабочие места.

Ответственный- заведующий зерноскладом

Сроки- 21.01.17.

9. Разработать инструкции при работе с экструдером.

Ответственный- главный инженер.

Сроки- 21.01.17.

3.2.1.3. План мероприятий по безопасности жизнедеятельности при работе на экструдере

1. Приобрести средства индивидуальной защиты.

Ответственный – главный инженер.

Сроки – 11.01.17.

2. Нормализовать освещение.

Ответственный – главный инженер;

- электрик.

Сроки – 11.01.17.

3. Разработать вентиляционную систему.

Ответственный – главный инженер.

Сроки – 11.01.17.

Разработанная конструкция приспособления для экструдирования состоит из рамы, корпуса, бункера, шнека, формирующий формы.

В конструкции данного устройства учтены следующие требования технической безопасности и гигиены труда:

- устройство закреплено на бетонном полу;
- все вращающиеся узлы и агрегаты закрыты кожухами;

3.2.1.4 Инструкция по охране труда при эксплуатации экструдера

Инструкция

по охране труда при эксплуатации экструдера

3.2.1.4.1 Общие требования безопасности.

3.2.4.1.1 К работе на экструдере допускаются лица не моложе 18 лет, после прохождения стажировки и инструктажа.

3.2.4.1.2 Запрещается на рабочем месте заниматься посторонними делами, курить, распивать спиртные напитки, отвлекать других.

3.2.4.1.3 Работать только в специальной одежде: костюм х/б, перчатки, защитные очки, респиратор.

3.2.4.1.4 В случае пожара звонить в пожарную охрану, уметь пользоваться пожарным инвентарём, огнетушителем.

3.2.4.1.5 В случае неисправности оборудования, аварии и несчастном случае в результате поломки, сообщить руководителю.

3.2.4.1.6 При необходимости работник должен уметь оказать первую медицинскую помощь: наложить жгут, шину, сделать искусственное дыхание, массаж сердца и т.д.

3.2.4.1.7 Запрещается эксплуатация устройства при отсутствии кожухов на вращающихся частях.

3.2.4.1. 8 За несоблюдение правил инструкции рабочий несет ответственность.

3.2.1.4.2 Требования безопасности перед началом работы.

3.2.1.4.2.1 Одеть специальную одежду и полностью застегнуться.

3.2.1.4.2.2 Убедиться в отсутствии посторонних предметов внутри экструдера.

3.2.1.4.2.3 Проверить исправность, наличие и крепление защитных кожухов на экструдере.

3.2.1.4.2.4 Соблюдать все требования производственной санитарии: уборка рабочего места и прилегающей территории, чистка агрегата.

3.2.1.4.3 Требования безопасности во время работы.

3.2.1.4.3.1 Во время работы не отвлекаться.

3.2.1.4.3.2 Проверить состояние полученного продукта, отсутствие в нем посторонних включений.

3.2.1.4.3.3 Соблюдать меры предосторожности при транспортировании зерна к агрегату.

3.2.1.4.3.4 В случае возникновения стуков, вибрации прекратить работу и устранить неисправность.

3.2.1.4.3.5 После каждой смены проверять конструкцию на наличие трещин, деформаций или других неисправностей.

3.2.1.4.3.6 Запрещается:

- присутствие посторонних лиц возле агрегата,
- проводить регулировку и ремонт при работающем экструдере,
- работать на агрегате без специальной одежды.

3.2.1.4.3.7 Техническое обслуживание проводить только при выключенном электропитании.

3.2.1.4.4 Требования безопасности в аварийных ситуациях.

3.2.1.4.4.1 При аварии необходимо отключить электропитание.

3.2.1.4.4.2 При травмировании необходимо остановить работу и сообщить руководителю.

3.2.1.4.5 Требования безопасности по окончании работы.

3.2.1.4.5.1 Разгрузить бункер от остатков жома.

3.2.1.4.5.2 Привести в порядок рабочее место, снять спецодежду, выполнить личную гигиену.

3.2.1.4.5.3 При наличии во время работы агрегата недостатков, отклонений сообщить о фактах начальнику зерносклада или главному инженеру предприятия.

Разработал: Исмагилов Л.М.

Согласовано: специалист по БТ _____
представитель профкома _____

3.2.1.5 Расчет вентиляции

Расчет искусственной вентиляции сводится к определению марки вентилятора, и мощности на привод. Определение необходимого воздухообмена производим по формуле [25]:

$$L_B = V_n \times K, \quad (3.10)$$

где L_B - необходимый воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V_n - объем помещения, м^3 ;

K - часовая кратность воздуха, $1/\text{ч}$ [25].

Мощность, подводимая привода вентилятора определяется по формуле []:

$$P_{\text{дв}} = \frac{M_B \times Q}{3600 \times 1000 \times \eta_B \times \eta_{\text{П}}}, \quad (3.11)$$

где M_B - полное давление вентилятора, мПа ;

$\eta_{\text{П}}$ - КПД передачи.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.3.

Таблица 3.1- Результаты расчетов

№	Объем участка, м^3	Производительность $\text{м}^3/\text{ч}$	Марка вентилятора	Напор потока	Мощность двигателя, кВт	Кратность воздухообмена, $1/\text{ч}$
1.	Техническое помещение	900х 2	49-57№4	2х250	2х1,6	2
2.	Бытовые помещения	900х 4	49-57№4	4х250	4х1,6	2
3.	Агрегатно-механический участок	900	49-57№4	90	1,6	3
4.	Участок экструдирования	900	49-57№4	250	1,6	2

3.3 Технико-экономическая оценка конструкции

3.3.1 Расчет технико-экономических показателей эффективности экструдера

3.3.1.1 Расчеты массы и балансовой стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле, [2]:

$$G = (G_K + G_{\Gamma}) \cdot K, \quad (3.12)$$

где G_K – масса конструкции без покупных деталей и узлов. Принимаем на основании расчета массы сконструированных деталей;

G_{Γ} – масса готовых деталей, узлов и агрегатов.

Принимаем $G_{\Gamma} \approx 151$ кг;

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

Таблица 3.2 - Расчет массы сконструированных деталей

№, п/п	Наименование детали и материала	Объем детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг	Колич. деталей, шт	Общая масса
1	Корпус	3333	0,0078	26	1	26
2	шнек	2821	0,0078	22	1	22
3	Рама	4615	0,0078	36	1	36
4	Фланец	321	0,0078	2,5	1	2,5
5	Маслоотделитель	1974	0,0078	15,4	1	15,4
6	Шайба упорная	295	0,0078	2,3	1	2,3
7	Кожух	154	0,0078	1,2	1	1,2
8	Жмыхосборник	154	0,0078	1,2	1	1,2
9	Маслосборник			0,9	1	0,9
	Всего					107,5

$$G = (107,5 + 131) \cdot 1,12 = 289,52 \text{ кг.}$$

Принимаем массу конструкции проектируемой установки $G = 290$ кг.

Балансовая стоимость конструкции определяется по формуле:

$$C_{\sigma} = G_K \cdot (C_3 \cdot E + C_{M.}) + C_{\PiД} \cdot K_{НАЧ}, \quad (3.13)$$

где G_K – масса конструкции без покупных деталей и узлов;

C_3 – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб, ($C_3 = 0,02 \dots 0,15$), [2] ;

E – коэффициент изменения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска, руб;

C_M – затраты на материалы приходящиеся на 1 кг массы машины, $C_M=50$ руб/кг;

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

$K_{НАЧ}$ – коэффициент учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости, $K_{НАЧ} = 1,15 \dots 1,4$, [2].

$$C_6 = (107,5 \cdot (0,11 \cdot 1,2 + 50) + 52133) \cdot 1,13 = 65000 \text{ руб.}$$

3.3.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

Для сравнения выбираем экструдер производительностью ($W_{ч}$) 450 кг/час. При проектировании экструдера семян устанавливаем производительность ($W_{ч}$) 500 кг/час.

В таблице 3.3 представлены технико-экономические показатели проектируемой и существующей конструкций.

Таблица 3.3 – Техничко-экономические показателей конструкций

Наименование	Варианты	
	Исходный	Проектируе мой
Масса, кг	310	290
Балансовая, руб.	74000	65000
Потребляемая мощность, кВт	9	6,7
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1
Разряд работы	III	III
Средняя тарифная ставка, руб/чел.ч.	100	100
Норма амортизации, %	10	10
Норма затрат на ремонт и ТО, %	12	10
Годовая загрузка, ч	1000	1000
Срок службы, лет	10	10
Часовая производительность, кг/час	450	500

При расчетах показатели базового варианта обозначим индексом X_0 , а проектируемого X_1 .

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводится по следующим формулам[2].

Часовая производительность установки определяется по формуле:

$$W_{\text{ч}} = 60 \frac{t}{T_{\text{ц}}} , \quad (3.14)$$

$$W_{\text{ч}} = 60 \frac{0,7}{0,085} = 494,11 \text{ кг/ч.}$$

Принимаем часовую производительность $W_{\text{ч}} = 500 \text{ кг/ч.}$

Металлоемкость конструкции:

$$M_e = \frac{G_1}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} , \quad (3.15)$$

где M_{e1} , M_{e0} – металлоемкость проектируемой и существующих конструкций, кг/кг;

G_1 , G_0 – масса проектируемой и существующей конструкции, кг;

$W_{\text{ч1}}$, $W_{\text{ч0}}$ – часовая производительность;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка, час;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы, лет.

$$M_{e1} = 290 / (500 \cdot 1000 \cdot 10) = 0,058 \text{ кг/кг};$$

$$M_{e0} = 310 / (450 \cdot 1000 \cdot 10) = 0,068 \text{ кг/кг.}$$

Фондоемкость процесса:

$$F_e = \frac{C_{\text{б}}}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} , \quad (3.16)$$

где $C_{\text{б1}}$, $C_{\text{б0}}$ – балансовая стоимость проектируемой и существующих конструкций, руб.;

$$F_{e1} = 65000 / (500 \cdot 1000) = 0,13 \text{ руб/кг};$$

$$F_{e0} = 74000 / (450 \cdot 1000) = 0,16 \text{ руб/кг.}$$

Энергоемкость процесса:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_{\text{ч}}} , \quad (5.6)$$

где $\mathcal{E}_{e1}$, $\mathcal{E}_{e0}$ – энергоемкость проектируемой и существующей конструкции, кВт·ч/кг;

N_{e1}, N_{e0} – мощность электродвигателя, кВт;

$$\mathcal{E}_{e1} = 6,7/500 = 0,013 \text{ кВт}\cdot\text{ч/кг};$$

$$\mathcal{E}_{e0} = 9/450 = 0,02 \text{ кВт}\cdot\text{ч/кг}.$$

Трудоемкость процесса:

$$T_{ei} = \frac{n_{pi}}{W_{qi}}, \quad (3.17)$$

где n_p – количество обслуживающего персонала, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{500} = 0,002 \text{ чел}\cdot\text{ч/кг};$$

$$T_{e0} = \frac{1}{450} = 0,0022 \text{ чел}\cdot\text{ч/кг}.$$

Себестоимость работы:

$$S = C_{зп} + C_{\mathcal{E}} + C_{рто} + A, \quad (3.18)$$

где $C_{зп1}, C_{зп0}$ – затраты на оплату труда обслуживающему персоналу, руб/кг.

$C_{\mathcal{E}1}, C_{\mathcal{E}0}$ – затраты на электроэнергию, руб/кг;

$C_{рто1}, C_{рто0}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/кг;

A_1, A_0 – амортизационные отчисления, руб/кг.

Затраты на оплату труда определяются из выражения:

$$C_{зп} = Z_{ч} \cdot T_e, \quad (3.19)$$

где $Z_{ч}$ – часовая тарифная ставка рабочих, начисляемая по среднему разряду, руб/ч.

Согласно данным производства: $Z_{ч} = 100$ руб/ч.

$$C_{зп1} = 100 \cdot 0,002 = 0,2 \text{ руб/кг};$$

$$C_{зп0} = 10 \cdot 0,0022 = 0,22 \text{ руб/кг}.$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}}; \quad (3.20)$$

где $\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ – комплексная цена электроэнергии, ($\mathcal{C}_{\mathcal{E}} = 2,88$ руб/кВт).

$$C_{\mathcal{E}1} = 0,013 \cdot 2,88 = 0,04 \text{ руб/кг};$$

$$C_{\mathcal{E}0} = 0,02 \cdot 2,88 = 0,06 \text{ руб/кг}.$$

Затраты на ремонт и ТО определяют из выражения:

$$C_{пто} = \frac{C_{\delta} \cdot H_{пто}}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.21)$$

где $H_{пто1}$, $H_{пто0}$ – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{пто1} = 65000 \cdot 10 / (100 \cdot 500 \cdot 1000) = 0,01 \text{ руб/кг};$$

$$C_{пто0} = 74000 \cdot 12 / (100 \cdot 450 \cdot 1000) = 0,02 \text{ руб/кг}.$$

Затраты на амортизацию определяют из выражения:

$$A_i = \frac{C_{\delta_i} \cdot a_i}{100 \cdot W_{ч0} \cdot T_{год i}}; \quad (3.22)$$

где a_1 , a_0 – норма амортизации, % ,

$$A_1 = 65000 \cdot 10 / (100 \cdot 500 \cdot 1000) = 0,01 \text{ руб/кг};$$

$$A_0 = 74000 \cdot 10 / (100 \cdot 450 \cdot 1000) = 0,02 \text{ руб/кг};$$

Отсюда,

$$S_{экс1} = 0,2 + 0,04 + 0,01 + 0,01 = 0,26 \text{ руб/кг};$$

$$S_{экс0} = 0,22 + 0,06 + 0,02 + 0,02 = 0,32 \text{ руб/кг}.$$

Приведенные затраты определяются из выражения:

$$C_{пр} = S_1 + E_H \cdot F_e \quad (3.23)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,15$.

$$C_{пр1} = 0,26 + (0,15 \cdot 0,13) = 0,28 \text{ руб/кг};$$

$$C_{пр0} = 0,32 + (0,15 \cdot 0,16) = 0,34 \text{ руб/кг}.$$

Годовая экономия в рублях определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = C_0 - S_1 \cdot W_{ч1} \cdot T_{год}, \quad (3.24)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (0,32 - 0,26) \cdot 500 \cdot 1000 = 25704 \text{ руб}.$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E_H \cdot \Delta K, \quad (3.25)$$

где ΔK - дополнительные капитальные вложения, $\Delta K = 0,16 \text{ руб/кг}$.

$$E_{год} = 25704 - 0,15 \cdot 0,28 = 25703,96 \text{ руб}.$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{61}}{\mathcal{E}_{20d}}, \quad (3.26)$$

$$T_{ок} = 65000/25704 = 2,5 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{20d}}{C_{61}}, \quad (3.27)$$

$$E_{эф} = 25704/65000 = 0,4.$$

Таблица 3.4 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

Наименование показателей	Варианты	
	Исходный	Проект
Производительность кг/ч	450	500
Фондоемкость, руб/кг	0,16	0,13
Энергоемкость, кВт/кг	0,02	0,013
Металлоемкость, кг/кг	0,068	0,058
Трудоемкость, чел·ч/кг	0,0022	0,002
Уровень эксплуатационных затрат, руб/кг	0,32	0,26
Приведенные затраты, руб/кг	0,34	0,28
Годовая экономия, руб.	–	25704
Годовой экономический эффект, руб.		25703,96
Срок окупаемости капитальных вложений, года	–	2,5
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	–	0,4

Вывод. Проектируемый нами конструкция по теоретическим расчетам является экономически эффективным, так как срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет $2,5 < 10$ лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ основных направлений совершенствования процессов и оборудования для экструдирования позволил выбрать и обосновать перспективные направления в создании эффективной техники и определить место экструзионной технологии в этой системе процессов.

Определение неизвестных внешних величин процесса экструдирования: коэффициента местных сопротивлений головки экструдера ζ , параметров уравнения Оствальда-де Виля - коэффициента консистенции μ' и индекса течения n полуфабриката в зависимости от его влажности и температуры, позволяет оптимизировать конструкцию экструдера и режим его работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя. / В.И. Анурьев 5-е изд. перераб. и доп.- М: Машиностроение 1979г. в 3-х томах.
2. Булгариев, Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных работ квалификационных работ / Г.Г. Булгариев, Р.К Абдрахманов, А.Р. Валиев – Казань, 2009.
3. Богатырев А.Н., Юрьев В.П. Термопластическая экструзия: Научные основы, технология, оборудование. - М.: Ступень, 1994. - 3 с.
4. Годовые отчеты хозяйства за 2011-2013 г.г.
5. Канарев Ф. М. Охрана труда./ Ф. М. Канарев, В. В. Бугаевский, М. А. Пережогин и др. 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 351 с.
6. Поляков, В.С. Справочник по муфтам / В.С.Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский //– 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979.-344с.
7. Перель, Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник /Л.Я. Перель – М.: Машиностроение, 1983.- 543 с.
8. Сюткин, А.М. Методические указания по анализу хозяйственной деятельности в дипломных проектах студентов факультета механизации сельского хозяйства./ А.М. Сюткин. - Казань, 1995,-30с.
9. Сыроватка, В.И. Механизация приготовления кормов: Справочник / Сыроватка В.И., Демин А.В., Джалилов А.Х. и др. – М.: Агропромиздат, 1985. –368 с.
10. Чернавский С. А. Проектирование механических передач: Учебно – справочное пособие для вузов./ С. А. Чернавский, Г. А. Снесарев, Б. С. Козинцов и др./ – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.
11. Черняев, Н.П. Технология комбикормового производства. - М.: Агропромиздат, 1985. - 256 с.

12. Шенкель, Г. Шнековые прессы для пластмасс, принцип действия, конструирование и эксплуатация. - Л.: Государственное научно - техническое издательство химической литературы, 1962. - 174 с.

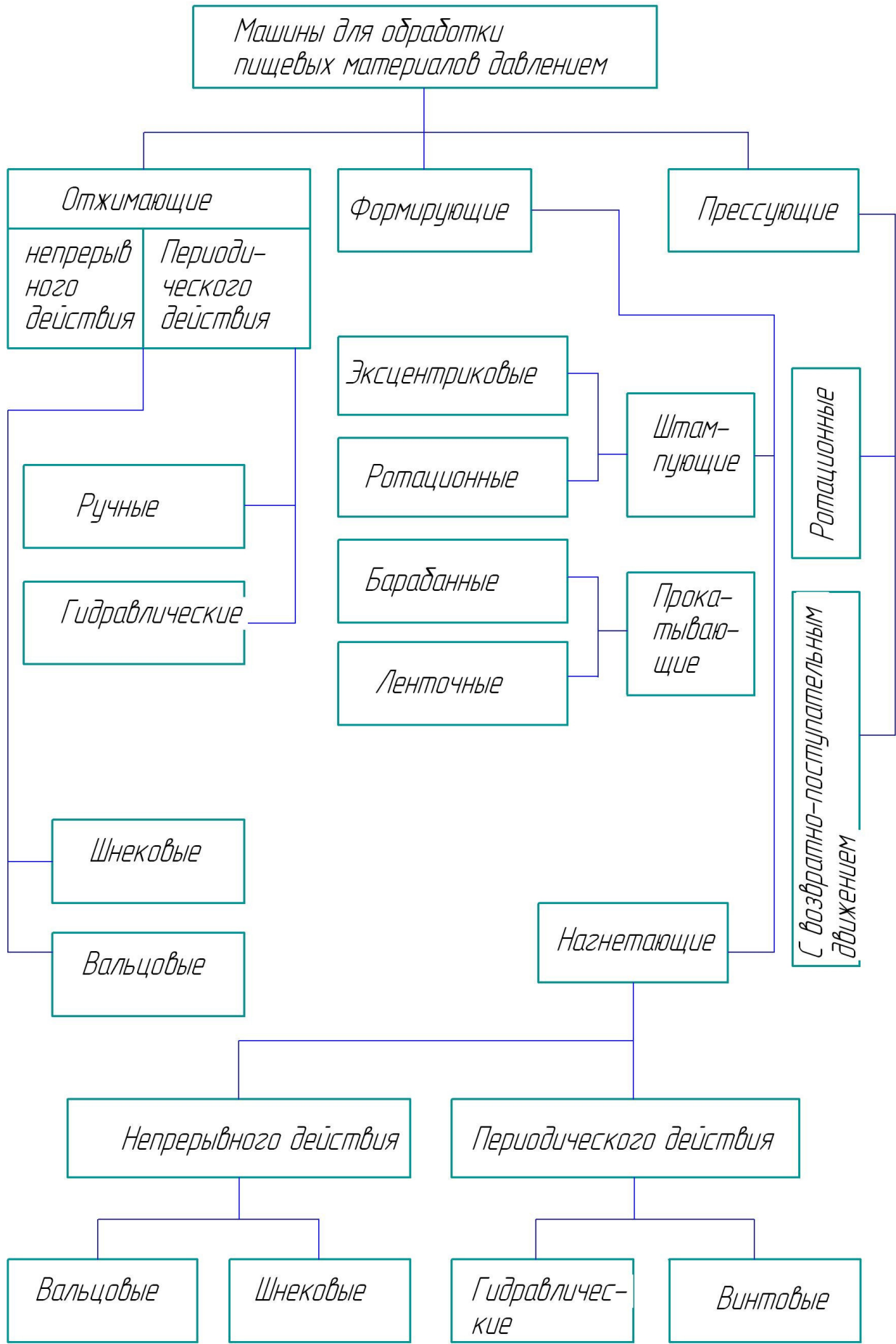
13. <http://www.sun.jasko.ru>

14. <http://www.farmet.ru>

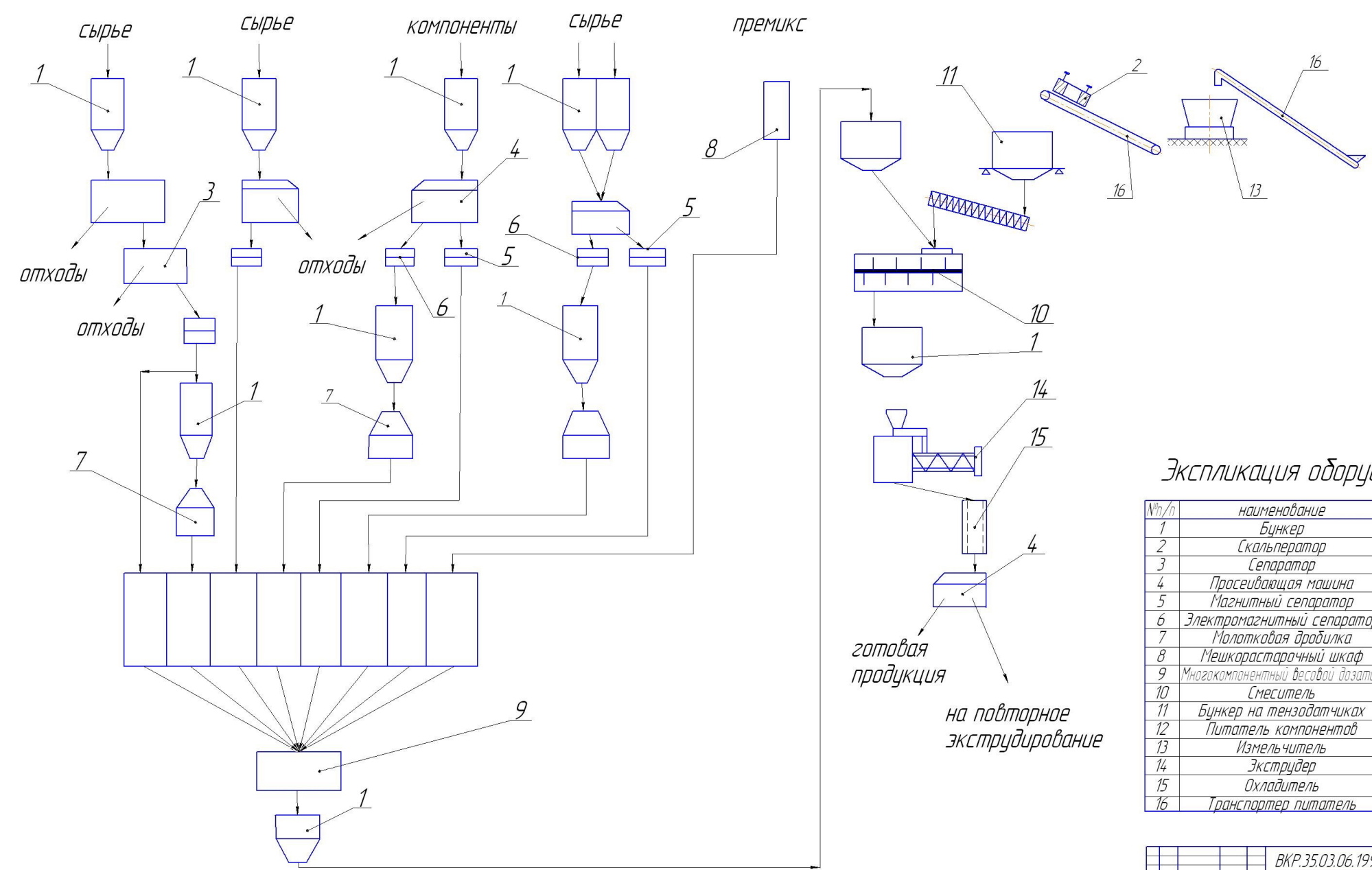
15. <http://bd.patent.su>

СПЕЦИФИКАЦИИ

					ВКР.35.03.06.199.17.3С.00.00.06				
Имя	Фамилия	№ документа	Подпись	Дата	Эксперт/оператор		Лист	Масса	Наситов
Результат	Классификация	111			СЕМЕН				125
Лист	Классификация	111			Содержимый чек		Лист	2	Листов
Лист	Классификация	111					Лист	2	Листов
Наситов	Классификация	111					Казанский ГАУ код МДА		
См	Классификация	111					2316 группа		



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ



Экспликация оборудования

№п/п	наименование	кол.	прим.
1	Бункер	18	
2	Скальператор	2	
3	Сепаратор	2	
4	Просеивающая машина	3	
5	Магнитный сепаратор	2	
6	Электромагнитный сепаратор	2	
7	Молотковая дробилка	2	
8	Мешкорастарачный шкаф	1	
9	Многокомпонентный весовой дозатор	1	
10	Смеситель	1	
11	Бункер на тензодатчиках	1	
12	Питатель компонентов	1	
13	Измельчитель	1	
14	Экструдер	1	
15	Охладитель	1	
16	Транспортер питатель	3	

ВКР.35.03.06.199.17.ЭС.00.00.ТСЗ				Лист		Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Год	Дата	Технологическая схема		
Разраб.	Исполн.	Провер.	Длина	М.А.	экструдирования		
Т.контр.					Лист	Листов	1
Исполн.					Казанский ГАУ каф. ММА		
Стр.	Всего стр.	21			2311с группа		
Копирован				Формат А1			