**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Механизация технологических процессов в АПК»

**Курсовая работа**

**по дисциплине:**

**«Технологии и комплексы машин в сельском хозяйстве»**

**на тему:**

**«Повышение эффективности производства концентрированных кормов разработкой экструдера»**

Выполнил: студент

321 М

Чиркова Е.В

Проверил: доцент., к.т.н.

А.Н. Калабушев

Пенза, 2024

Оглавление

**Введение………………………………………………………………………...3**

**1. Научно-исследовательский раздел……………………………………….6**

1.1 Анализ рынка производства экструдированного корма в России и его значимость……………………………………………………………………….6

1.2. Классификация и анализ существующих конструкций………………….11

1.3. Патентный обзор существующих конструкций………………………….16

**2. Конструкторская разработка……………………………………………..25**

2.1. Требования, предъявляемые к сырью, идущему на производство экструдированного корма……………………………………………………..25

2.2 Обоснование разработанной конструкции экструдера………………….29

2.3 Требования, предъявляемые к экструдеру……………………………….31

2.4 Расчет конструктивных параметров экструдера…………………………32

2.5 Выбор электродвигателя, кинематический расчет привода………………….40

2.6 Разработка операционно-технологической карты

технологического процесса изготовления экструдированного корма……..42

Заключение……………………………………………………………………..47

Список используемых библиографических источников……………………48

**ВВЕДЕНИЕ**

Экструдирование – это обработка сырья в экструдере, кормоэкструдере посредством температуры 110-160 0С и давлением в 40-60 атмосфер. Сырье проходит через матрицу, отверстия которой имеют необходимое сечение. В итоге возникает воздушный упругий продукт, имеющий новую структуру и свойства. Существенно повышается питательная ценность корма, так как в процессе обработки происходит изменение структуры питательных веществ. Корм, прошедший процесс экструзии, не содержит вредоносных веществ и микрофлоры. Все микробы погибают от воздействия высокой температуры и давления, а вредные вещества нейтрализуются. Очень важно, что при экструдировании не преобразуются витамины, они остаются в неизменном виде благодаря быстрому воздействию на сырье. Кроме всего этого экструдированные корма имеют высокие абсорбирующие качества, поэтому действуют как профилактические средства для снижения заболеваемостей сельскохозяйственных животных.

Благодаря современным технологиям появилась возможность широко использовать экструдированные корма, позволяющие значительно снизить уровень финансовых затрат и увеличить прибыль. Кормовые – это главный источник углеводов для зверей. Больше всего используют зерновые из пшеницы, ячменя, овса, кукурузы и др. Очень редко бывает использование бобовых. К ним относится чечевица, горох, соя и т. п.

Зерновые звери получают в виде каш, для приготовления которых берётся мука тонкого или грубого помола. Если зерно имеет повышенную влажность, то в нём быстро растут плесень, аэробные бактерии. Такое сырье становится очень опасным для животных. В отличие от него, экструдированные корма практически безопасны. Ведь даже в свежесобранном зерне, где ещё влажность невысокая, находится значительное количество микроорганизмов. Эти токсины имеют свойство быстро размножаться. Интересно и то, что, даже если зерно было подвергнуто сушке, влажность в нём всё равно доходит до уровня 14 %.

Технологически этот процесс проходит так: зерно измельчают и увлажняют в шнековом смесителе. Влага подаётся из расчёта на одну тонну - 275-400 литров. После увлажнения зерно поступает в экструдер, где подвергается уплотнению, сжатию и высокой температурной обработке продолжительностью до 10 секунд при t = 150-190 °C. После такой обработки 1 грамм пшеницы, например, содержит в 10 000 раз меньше микроорганизмов, чем до экструдирования, а содержавшиеся плесневые грибы до обработки зерна погибают.

Сегодня метод обработки зерна путем экструзии можно смело отнести к одному из лучших технологических решений. После проведения тепловой обработки за счёт образующихся ароматических веществ улучшаются вкусовые качества такого корма, повышается активность ферментов, которые необходимы для процесса переваривания. Единственное условие: сырьё при проведении экструдирования необходимо освободить от соломы, земли, камешков, а также прочего механического мусора. Даже обработка влажного залежавшегося зерна, имеющего выраженный аммиачный запах, превращает зерновую смесь в отличный корм. После проведения экструдирования «мёртвых отходов» (например, оболочки гречки) можно получить отличный корм для овец и свиней.

При сравнении экструдированных и обычных кормов недостатки последних становятся очевидными. Усваивается только половина обычного корма, а происходит это по причине того, что значительная часть энергии тратится на переваривание оболочки. Именно поэтому, чтобы поддерживать жизнедеятельность животных и получать высокую продуктивность, нужно закладывать в смету большие затраты: это очевидный минус. Единственный плюс обычных кормов – это их натуральность, однако стоит им немного полежать, и могут возникнуть проблемы.

Процесс экструзии, по сути, выполняет работу желудка, точнее, её первую половину, поэтому необходимая для переваривания энергия сохраняется. Все питательные вещества, которые даёт экструдированный корм, полностью уходят на нужды организма животных, в результате чего при высокой продуктивности себестоимость производства снижается.

Экструдированные корма являются незаменимыми при выращивании молодняка. Зоотехники и практикующие ветеринарные врачи знают, что 90 процентов молодняка погибает по причине различных болезней кишечника, желудка и инфекций, попадающих в организм через пищеварительную систему. В этой области молодняк защищен меньше всего.

После экструзии корма практически стерильны даже после длительного срока хранения. Если кормить экструдантом молодняк животных, то его смертность от болезней кишечника снижается почти вдвое. Даже при переходе на грубые корма у животных, которые употребляли в пищу экструдант, желудок и кишечник здоровы. В кормах с высокой влажностью разложение витаминов происходит интенсивно, а в экструданте, имеющем влажность от 7 до 9 процентов, витамины сохраняются долго.

Есть ещё один момент, указывающий на плюсы экструдированного корма. Практика показывает, что животные, особенно поросята, при кормлении выбрасывают до 8 % корма на подстилку. Если использовать экструдированный корм для свиней, то этого не происходит.

Важно также знать, что экструдант обладает свойствами абсорбции, поэтому он является профилактическим средством при болезнях желудка, кишечника.

**1. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ**

**1.1 Анализ рынка производства экструдированного корма в России и его значимость**

Общемировые современные тенденции роста цен на корма неизбежно приведут к увеличению производственных затрат в отрасли животноводства. Поэтому разработка и внедрение инновационных технологий приготовления кормов в условиях хозяйств, позволяющих не только сокращать удельные издержки на кормовые рационы, но и повышать конверсию кормов, является актуальной проблемой. экономический комбикорм экструдирование.

В современных условиях ведения животноводства большое значение приобретает рациональное расходование зерна, направляемого на фуражные цели. Наиболее эффективно фуражное зерно используется в виде комбикормов, сбалансированных по протеину, аминокислотам и другим биологически активным веществам.

Комбикорм - это сложная однородная смесь кормовых средств (зерно, отруби, корма животного происхождения, минеральные добавки и др.), сбалансированных между собой. Использование в рационах животных комбикормов, сбалансированных по питательным веществам, позволяет повысить продуктивность животных на 10-12%, а при обогащении их биологически активными веществами (аминокислоты, микроэлементы, антибиотики и т.д.) - на 25-30% и более.

На сегодняшний день в России содержание зерна в комбикормах составляет 80...90%, в США - 50%, Великобритании - 33%, Нидерландах - 17%, Бельгии - 15%. При этом уровень белкового сырья в комбикормах в РФ составляет всего 11%, в то время как в США - 15%, в Германии - 17% [2]. Это в значительной мере предопределяет уровень продуктивности животных и птицы. Прогрессивными технологическими процессами в комбикормовом производстве являются гранулирование и экструдирование комбикормов и их компонентов, обеспечивающие высокую сохранность кормов и повышенную продуктивность животных. Учитывая, что наиболее полно решению перечисленных задач соответствует экструдирование кормов - его применение и совершенствование является важной народно-хозяйственной задачей .

Рациональное использование выращиваемых кормовых культур и обеспечение полноценного рациона сельскохозяйственных животных возможно за счет использования устройства пресс-экструдера, позволяющего самостоятельно производить полноценные кормосмеси. Использование оборудования в производственных условиях позволяет за счет улучшенного качества кормового рациона повысить продуктивность животных и снизить себестоимость производимой продукции. Во всех странах с развитым и эффективным сельским хозяйством производство высокопитательных и легкоусвояемых зерновых кормов с помощью экструзионных технологий уже давно стало привычным делом. При такой уникальной обработке практически удваивается питательная ценность зерна.

Пресс-экструдеры могут отличаться друг от друга мощностью и производительностью. Кормовой пресс-экструдер, предназначенный для экструдирования пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, гороха, производительностью до 100 кг. кормосмеси в час, используется в личных подсобных хозяйствах, так как он имеет компактные размеры и мощность электродвигателя 11 кВт. Пресс-экструдеры производительностью от 100 до 350 кг/ч имеют мощность электродвигателя от 18 до 37 кВт. Масса такого устройства достигает 520 кг. Для использования в крупных животноводческих хозяйствах предназначены пресс-экструдеры производительностью 500-1250 кг/ч с мощностью электродвигателя 90 кВт.

Экструдирование - эффективный способ повышения питательной ценности зерновых и зернобобовых компонентов кормовой массы. В процессе приготовления корма зерно подвергается кратковременному, но интенсивному механическому и баротермическому воздействию за счет высокой температуры 110-160°С, давления 50 атм., в результате чего происходят структурно-механические и химические изменения исходного сырья, что делает его более доступным для воздействия ферментов желудка животных, а также значительно повышает усвояемость корма. Кроме того, его применение приводит к полному обеззараживанию корма, что сводит к минимуму заболеваемость животных.

Экструдированные корма применяются при откорме молодняка свиней, крупного рогатого скота, лошадей и т.д. 90% гибели молодняка происходит из-за болезней кишечно-желудочного тракта, либо инфекций, занесенных через пищеварительную систему. Экструдированные корма практически стерильны даже после 3-4-месячного хранения в складских условиях. При кормлении молодняка экструдированными кормами гибель животных от кишечно-желудочных заболеваний снижается в 1,5-2 раза.

Поскольку в процессе экструзии продукт может терять влажность до 50% от первоначальной, то появляется возможность включения в состав комбикорма компонентов с высоким содержанием влаги (недорогих и высокопитательных кормовых трав). Подобные кормовые средства без предварительной обработки не используются в комбикормовой промышленности из-за небольшого срока хранения, низкой технологичности, а известный способ переработки кормовых трав - производство травяной муки, является убыточным вследствие чрезвычайно высоких затрат на сушку.

Наиболее ценными кормами по количеству сырого протеина являются сено посевное люцерны - 149 г. сырого протеина на 1 кг, травяная мука, мука мясокостная, а также комбикорма - 170 г. сырого протеина на 1 кг корма. Показатели энергетических кормовых единиц наиболее высокие у жмыхов и шротов - 1,05 ЭКЕ для крупного рогатого скота на 1 кг корма, а также зерновые корма и комбикорма.

Балансирующие кормовые добавки представляют собой однородные смеси измельченных до нужной степени высокобелковых кормовых средств и микродобавок. Их используют, главным образом, для приготовления комбикормов на основе зернофуража. Балансирующие кормовые добавки вводят в состав зерновой смеси в количестве 10-30% от массы.

Премиксы - состоят из смеси измельченных до нужной степени крупности различных веществ (минеральных кормов, аминокислот, витаминов, антибиотиков и др.) и наполнителя, используемые для обогащения комбикормов и белково-витаминных добавок. Премиксы вводят в количестве 1-2% от массы смеси.

К минеральным подкормкам относятся поваренная соль, ракушки, костная мука, кормовой фосфат, известняки, сапропель (озерный ил), фосфорно-кальциевые подкормки, трикальцийфосфат, преципитат кормовой и др. Промышленность выпускает специальные брикеты, состоящие в основном из поваренной соли с добавкой необходимых микроэлементов.

Для удовлетворения потребностей животных в витаминах в состав комбикормов вводят концентраты витамина А и каротина. Рыбий жир получают из печени трески, добавляя концентраты витаминов А и D. Кормовые дрожжи, содержащие витамины D2 и группы В, вырабатывают при облучении ультрафиолетовыми лучами дрожжевой суспензии.

По данным некоторых авторов, изучающих влияние экструдированных кормов на эффективность производства животноводческой продукции (В.А. Колобов, 1982, Ф.А. Струтинский, 1982, М.П. Кирилов, 1984, О.Л. Томчук, 1991), после непродолжительного интенсивного воздействия высокой температурой и давлением на зерно в его составе происходят существенные изменения. Сложные белки и углеводы распадаются на более простые, клетчатка - на вторичный сахар, крахмал - на простые сахара. За короткое время обработки белок не успевает коагулировать, в результате витамины и питательные свойства продукта сохраняются, а бактерии, грибки и инфекционные палочки погибают.

При экструдировании за счет резкого падения давления при выходе разогретой массы зерна из агрегата происходит "взрыв" (увеличение объема) продукта, что повышает усвояемость обработанного корма, делая его более доступным для ферментов желудочно-кишечного тракта жвачных животных .

В результате использования в кормлении сельскохозяйственных животных экструдированных кормов:

- увеличивается усвояемость кормов на 20-40;

- повышается усвояемость кормов, что позволяет обеспечивать меньшими объемами корма большую продуктивность животных как мясных, так и молочных пород;

- улучшается потребление комбикормов в результате улучшения их вкусовых качеств многих кормовых средств, т.к. экструдирование обостряет вкус ароматических веществ;

- в состав комбикорма можно вводить до 80% бобовых, до 90% ржи и до 30% картофеля, которые содержат большой процент крахмала, так как при экструдировании происходит расщепление крахмала до декстринов и сахаров;

- кратковременное воздействие высокой температуры оказывает минимальное воздействие на качество белка и аминокислот;

- снижается себестоимость экструдированного комбикорма за счет возможности введения в его состав сечки клевера, люцерны, хвойной лапки.

Главное в обеспечении качества кормов в свиноводстве - сбалансированность их белково-витаминно-минеральными компонентами. Производство свинины на предприятиях разных форм собственности должно основываться на соответствии кормового баланса, включающего качественные и недорогие кормовые компоненты, запланированному выходу продукции. Нарушение этого принципа ведет к резкому снижению эффективности производства.

Структура кормовой базы должна предусматривать рациональные сочетания кормовых компонентов, обеспечивающих оптимизированный набор питательных веществ и элементов питания для каждой половозрастной группы свиней. В структуре кормовой базы доля зерновых злаковых должна быть на уровне 60-65%, бобовых и крестоцветных - 16,0-18,0%, продуктов от переработки растительного и животного сырья - 27,0-34,0%.

**1.2. Классификация и анализ существующих конструкций экструдеров**

В настоящее время широкое распространение при переработке биологических отходов, а также приготовлении кормов животных и птиц получили экструдеры. Существует множество различных конструкций экструдеров. Они имеют большое значение для сельского хозяйства. Переработанное экструдером зерно лучше усваивается животными, при этом ускоряется набор массы и увеличивается среднесуточный прирост молодняка, что приводит к уменьшению расхода зерна.

Продукт, полученный в результате экструдирования, представляет собой готовый корм и имеют преимущества по отношению к обычным кормам, такие как: высокая степень усвояемости; стерильность; при кормлении нейтрализуют различные кишечные инфекции и раздражения; являются стимулятором употребления животными при подмешивании кормов более низкого потребительского качества; сокращается время содержания животных на откорме; снижение потребления кормовой массы; позволяет хранить полученный продукт в течение 6 месяцев без изменения его свойств.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработало пресс экструдер ЭК-100 (рисунок 1.1) для получения протеиновой кормовой добавки из зерна кукурузы и бобовых культур. Основной целью является сокращение объемов закупок белковых компонентов, входящих в состав комбикормов.



*Рисунок 1.1 –* *Пресс экструдер ЭК-100*

Компания «Фавор» занимается производством экструдеров исходя из требований потребителей (рисунок 1.2).



*Рисунок 1.2 –* *Пресс экструдер ЭК-500*

Кормовой экструдер ЭК-500 предназначен для производства экструдированного корма для животных из зерновых культур; бобовых и масличных культур; из различных зерносмесей); из отходов переработки мяса, птицы и рыбы в смеси с различным растительным наполнителем; из влажного заплесневелого и загнившего зерна с запахом аммиака.

Данный экструдер ЭК-500 укомплектован обрезчиком.

Результатом работы экструдера является получение натурального, экологически чистого корма для сельскохозяйственных животных.

Популярность пользуются экструдеры компании «ЖАСКО» (рисунок 1.3). Их использование позволяет сделать процесс кормопроизводства непрерывным, легко контролируемым, универсальным по перерабатываемому сырью и конечному продукту. Производительность экструдеров составляет от 100 до 1700 кг в час.



*Рисунок 1.3 –* *Пресс Экструдер Е1000*

Отечественные экструдеры, хотя и уступают по качеству работы экструдерам зарубежного производства, но остаются привлекательными за счет низкой стоимости. В настоящее время ведущими отечественными фирмами, выпускающими экструдеры, являются ООО «Апрель» — экструдеры марки ШТАК и «Русская трапеза» — экструдеры марки ЭУИ.

Компания ООО «Апрель» разрабатывает экструдеры и технологические линии на их основе для производства широкого ассортимента экструдированных продуктов питания с 1998 г. Наиболее популярными экструдерами этой фирмы являются экструдеры ШТАК-50М и ШТАК-80М.



*Рисунок 1.4 -* *Экструдер двухшнековый ШТАК-50М (справа) и ШТАК-80М (слева)*

Экструдер ШТАК-50М отличается от аналогов простотой конструкции и эксплуатации. Комплектация штатного исполнения: 3 корпуса, дозатор сухих компонентов с бункером-накопителем объемом 0,3 м3 с ворошителем, насос-дозатор жидких компонентов, шкаф управления, навесное режущее устройство и матрица с вкладышами.

Экструдер ШТАК-80М — единственный одношнековый экструдер российского производства максимально приближенный по технологическим возможностям к двушнековым машинам. Он отличается хорошей управляемостью, высокой ремонтопригодностью и удобством обслуживания.

В настоящее время одно из основных направлений компании «Русская трапеза» — выпуск экструдеров. Более востребованные экструдеры компании: модели ЭУ1-И и ЭУ2.

Экструдер ЭУ1-И — это одношнековый экструдер. Турбоузел, расположенный в предматричной зоне экструдера, обеспечивает: выравнивание давления по всей плоскости матрицы, стабильную форму продукции и увеличение срока службы основных узлов. Экструдер ЭУ2 — это двухшнековый экструдер, с длинной рабочей зоной для хорошей «проварки» предварительно подготовленного сырья.



*Рисунок 1.5 -* *Экструдер одношнековый ЭУИ-1 (слева) и двухшнековый ЭУИ-2 (справа)*

Пресс-экструдер ЭК-40 (рисунок 1.6) предназначен для личных подворьев и небольших фермерских хозяйств, предназначен для производства современных энергетически эффективных кормов из зерновых культур, отходов зерновых, сои, с добавлением различных добавок (солома, жмых)



*Рисунок 1.6* - Пресс-экструдер ЭК-40

Очень легко разбирается и чистится, неприхотлив к сырью, отлично работает при частой смене исходного сырья. Готовый продукт - мелкая фракция экструданта, на пшенице получается комбикорм наподобие гранулированного.

В комплект входят три матрицы, для изготовления гранул Ø8, Ø10 и Ø12 мм. Можно дополнительно заказать матрицы с диаметрами отверстий Ø2.5 - 12 мм.

Характеристики:

- Производительность – до 40 кг/час.

- Диаметр фильеры - 8,10 и 12 мм.

- Диаметр шнека - 38 мм.

- Установленная мощность (основной привод) - 3,7 кВт.

- Питающая сеть – 220В.

- Габариты Д\*Ш\*В – 600х600х1200 мм.

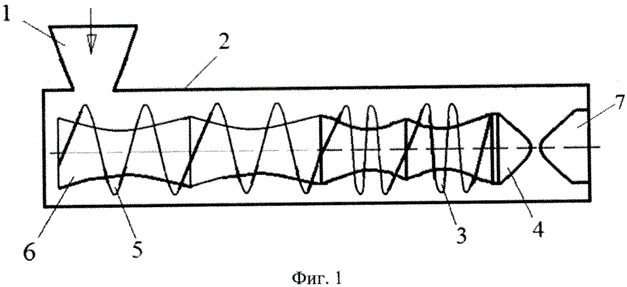
- Масса – 90 кг.

Недостатками известных конструкций является многоэтапная и продолжительная обработка продукта на каждой технологической стадии; значительные материальные и энергетические затраты.

**1.3 Патентный обзор экструдеров**

Существует множество различных конструкций и патентов устройств для приготовления экструдированных кормов .

Экструдер (рисунок 1.7) может применяться для приготовления белкового корма, а именно подсолнечного жмыха в сыпучем виде.



*Рисунок 1.7 – Экструдер для приготовления белкового корма по пат. 2693072 РФ:*

*1 – загрузочная воронка; 2 – корпус; 3 – шнек прессующий; 4 – коническая головка; 5 – шнек подающий; 6 – секции*

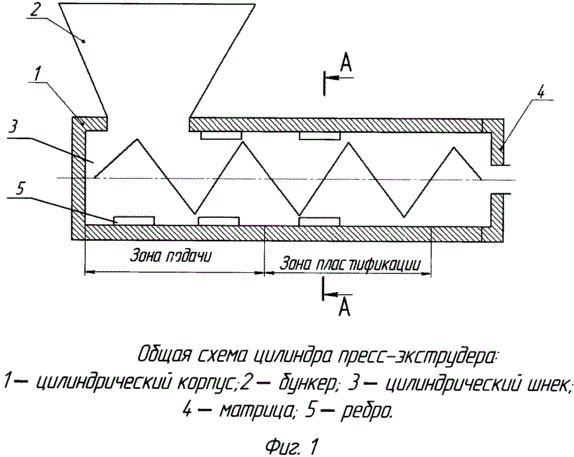
Достоинством экструдера являются низкие габариты и металлоемкость, однако он не пригоден для приготовления белкового корма в сыпучем виде, а именно подсолнечного жмыха.

Техническим результатом изобретения является расширение функциональных возможностей.

Экструдер включает в себя загрузочную воронку, корпус с расположенными в нем прессующим с конической головкой и подающим шнеками. Шнеки имеют навивки в форме прямого геликоида, выполнены из последовательно соединенных секций в виде катеноидов, а вершина конической головки выполнена параболической. На каждой секции шнеков расположено не более двух навивок в форме прямого геликоида с шагом, равным среднему размеру семян основной культуры, а места соединений секций выполнены в виде параболы, кроме того после конической головкой прессующего шнека на выходе установлена втулка, а ширина секции прессующего шнека составляет от ширины секции подающего шнека.

Работает экструдер следующим образом. Запускают экструдер, при этом подающий шнек 5 забирает ворох семян подсолнечника вместе с фрагментами корзинок и стеблей из загрузочной воронки 1. Далее масса захватывается прессующим шнеком 3, уплотняется и перемещается к зазору, образованному между конической головкой 4 и втулкой 7 через который выходит подсолнечный жмых в сыпучем виде.

Пресс-экструдер для переработки зерновой смеси (рисунок 1.7) состоит из цилиндрического корпуса 1 с загрузочным бункером 2. Внутри корпуса 1 установлен цилиндрический шнек 3. На торце цилиндра 1, установлена матрица 4 с регулируемой фильерой.



*Рисунок 1.8 – Пресс-экструдер по пат. 2686439 РФ:*

*1 – цилиндрический корпус; 2 – бункер; 3 – цилиндрический шнек; 4 – матрица;5 – ребра*

С внутренней стороны цилиндрического корпуса 1 выполнены продольные ребра 5 Для повышения производительности ребра 5 в зоне загрузки выполнены с наклонными вырезами (скос ребер) совпадает с направлением вращения шнека, направлен в сторону основного потока.

В зоне пластификации ребра 5 выполнены с наклонными вырезами со скосом направленным противоположно направлению вращения шнека, т.е. противоположно основному потоку экструдата, что способствует увеличению объема обратного потока и степени декстринизации зерна, то есть повышает качество готового продукта.

Принцип действия экструдера заключается в следующем. Бункер 2 заполняют зерновой смесью, затем запускают привод пресс-экструдера. В процессе работы смесь захватывается витками шнека 3 и перемещается из зоны загрузки в зону пластификации и далее к выходному отверстию матрицы 4. По мере продвижения смеси в цилиндре пресс-экструдера за счет сил трения создается давление в экструдате. Величина давления регулируется изменением величины выходного отверстия матрицы 4.

Пресс-экструдер для переработки зернобобовых культур (рисунок 1.9) состоит из корпуса 1, загрузочного бункера 2, шнека с изменяющимся диаметром 3. Шнек установлен в полости корпуса. На торце корпуса имеется конусная насадка 4. На конце шнека имеются продольные ребра ромбовидной формы 5, установленые в шахматном порядке с отверстия 6 для беспрепятственного стока отжимаемой жидкости. Корпус имеет зоны подачи 7 и пластификации 8 зерновой смеси и выполнен в виде усеченного конуса, диаметр которого уменьшается по направлению вращения шнека, увеличивающегося в диаметре по направлению своего вращения, при этом шаг навивки уменьшается по всей его длине. Работа заключается в следующем.

При заполнении загрузочного бункера 2 исходной зерновой смесью включается привод пресс-экструдера. При вращательном движении шнека 3 смесь захватывается его витками и перемещается из зоны 7 подачи в зону 8 пластификации и далее к выходному отверстию конусной насадки 4. По мере продвижения смеси в корпусе пресс-экструдера за счет сил трения, обусловленных уменьшающимися шагом навивки шнека 3 и диаметром корпуса 1, создается давление в экструдате. Также величина давления регулируется изменением величины выходного отверстия конусной насадки 4.

Недостатком данной конструкции пресс-экструдера является значительная энергоемкость технологического процесса и недостаточная степень декстринизации зерна (качество готового продукта).

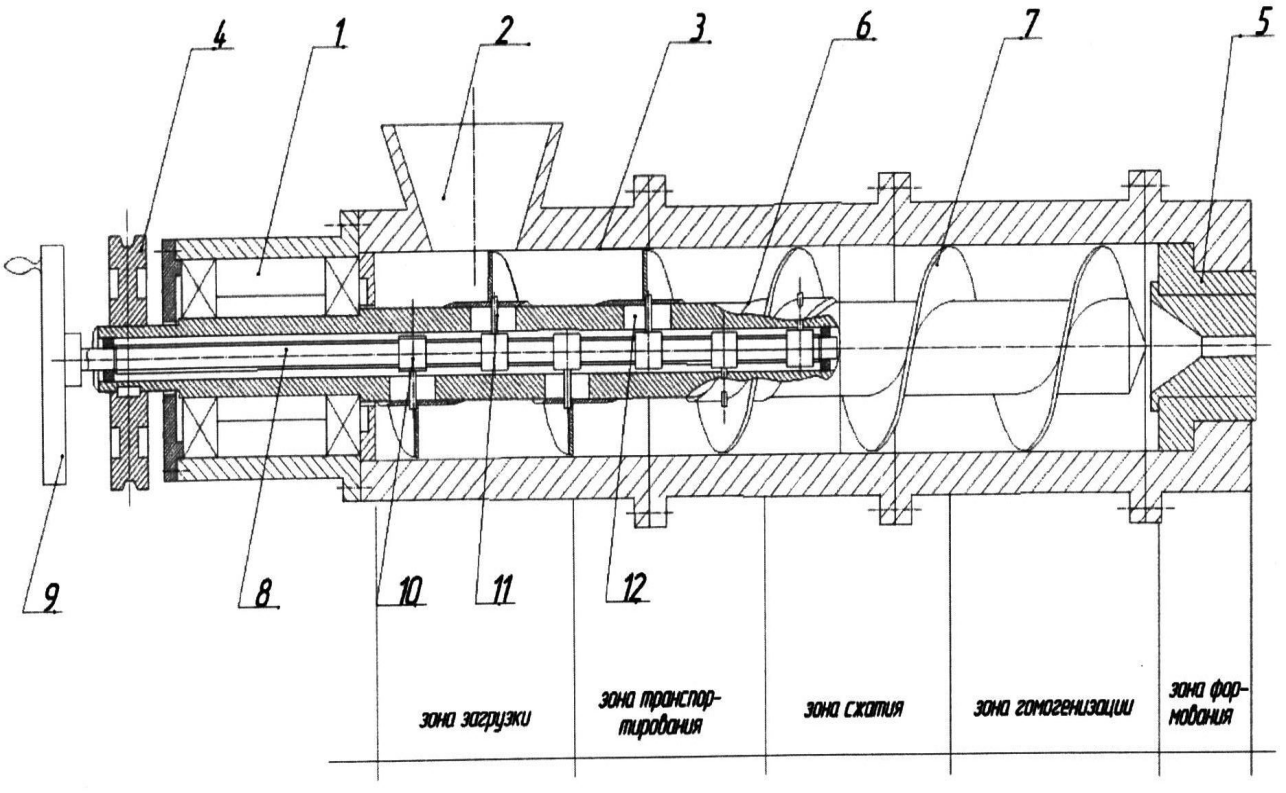


*Рисунок 1.9 – Пресс*–*экструдер для переработки зернобобовых культур*

*по пат. 2734521 РФ:*

*1 – корпус; 2 – бункер; 3 – шнек; 4 – насадка; 5 – ребра: 6 – отверстия; 7 – зона подачи; 8 – зона пластификации*

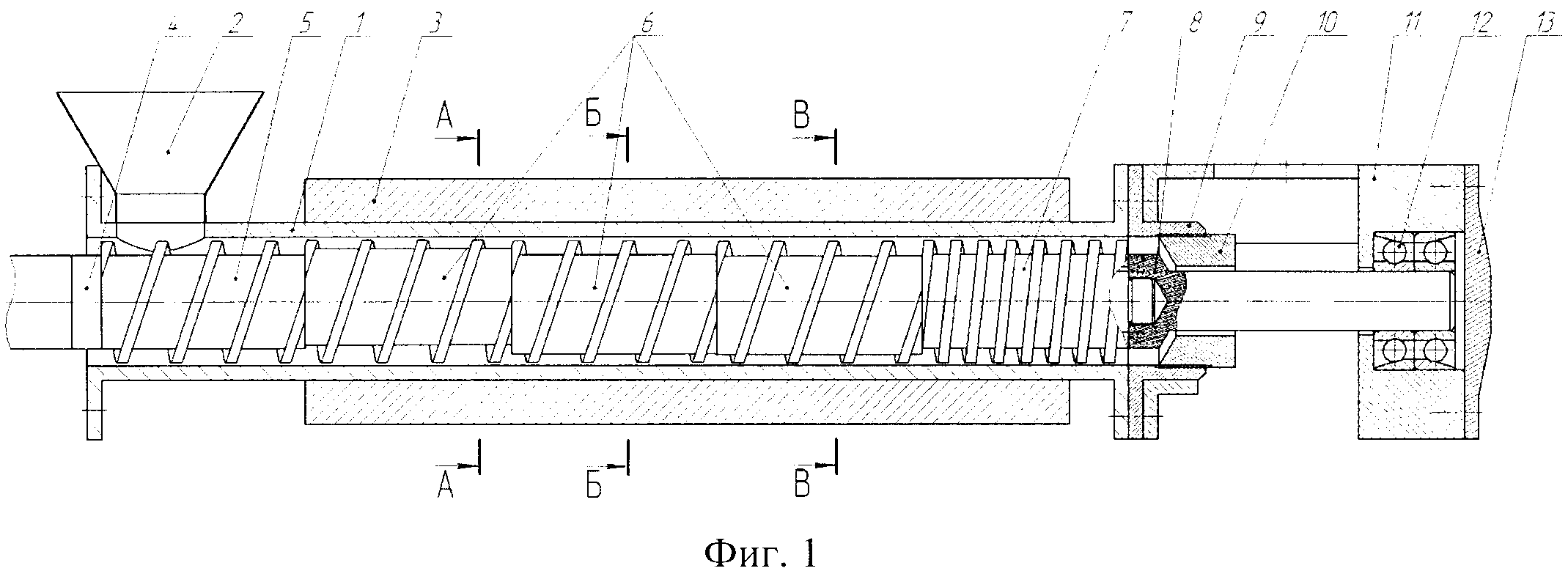
Экструдер (рисунок 1.10) содержит подшипниковый узел 1, загрузочную воронку 2, разъемные корпуса шнековой камеры 3, привод 4, формующую головку 5, шнек 6 с витками 7, выполненными с возможностью осевого перемещения в зонах загрузки и транспортирования, посредством вращения резьбового вала 8 приводного механизма 9, расположенного в теле шнека 6. На резьбовом валу 8 расположены втулки 10 с установленными пальцами 11. Пальцы 11 совершают движение по направляющим 12, выполненным в теле шнека 6, и соединены с витками шнека 7.



*Рисунок 1.10 – Экструдер шнековый по пат. 2 548 980 РФ:*

*1*– *подшипниковый узел; 2* – *загрузочная воронка; 3* –*разъемный корпус шнековой камеры; 4* – *привод; 5*–*формующая головка; 6 – шнек; 7 – витки; 8 – резьбовой вал; 9 – приводной механизм; 10 – втулки; 11 – пальцы; 12* – *направляющие*

Экструдер для приготовления комбикормов (рисунок 1.11) состоит из корпуса 1 с загрузочной воронкой 2, температурной камеры 3 для дополнительного подогрева смеси. Внутри корпуса 1 на приводном валу 4 жестко закреплены (например, шпонками) участки шнека с подающими лопастями 5, с прессующими лопастями 7 и эксцентриковый элемент 6, состоящий из нескольких участков (например, три участка) с эксцентричной нарезкой лопастей, эксцентриситеты расположены под углом друг к другу (например, расположены под углом φ=120° для трех участков эксцентрикового элемента 6).



*Рисунок 1.11 – Экструдер для приготовления комбикормов по пат.* *2 595 160 РФ:*

*1 – корпус; 2 – загрузочная воронка; 3 – температурная камера; 4 – приводной вал; 5 – подающие лопасти; 6 – эксцентриковый элемент; 7 – прессующие лопасти; 8 – наконечник; 9 – фланец; 10 – гайка; 11 – подшипниковый узел; 12 – подшипник; 13 - крышка*

На конце приводного вала 4 установлен наконечник 8 (например, посредством резьбового соединения). Наконечник 8 выполнен в виде продолжения вала с диаметром, равным диаметру вала 4. Конец наконечника 8 находится вне корпуса 1. Наконечник 8 зажимает участки шнека 5, 6, 7 на приводном валу 4. На выходе из корпуса 1 закреплено устройство для выгрузки экструдата, включающее фланец 9, гайку 10, подшипниковый узел 11, подшипник 12, крышку 13. На внутренней поверхности фланца 9 нарезана резьба, в которую вкручена гайка 10. Гайка 10 имеет отверстие, в которое вставлен наконечник 8, тем самым образован радиальный зазор для выхода экструата. Зазор между гайкой 10 и наконечником 8 регулируют вращением гайки 10. В подшипниковый узел 11 устанавливают подшипник 12, в который вставляют наконечник шнека 8. Подшипник 12 закрывают в подшипниковом корпусе 11 с помощью крышки 13.

Внутренняя поверхность корпуса 1 может быть выполнена с рифлями с различной геометрией (например, винтовые рифли) для увеличения скорости пластификации смеси.

Экструдер для приготовления комбикормов работает следующим образом.

Многокомпонентная сыпучая смесь (пшеница, ячмень, горох, жмых, мелкоизмельченная солома и т.п.) подается в загрузочную воронку 2 и попадает внутрь корпуса 1. Смесь захватывается подающими лопастями 5 и транспортируется на эксцентриковый элемент 6, где происходит интенсивное размалывание, перемешивание, повышение давления, нагрев, пластификация. Это происходит за счет того, что эксцентриситеты лопастей участков шнека с эксцентричной нарезкой лопастей расположены под углом друг к другу. Далее смесь поступает на прессующие лопасти 7 и выходит через устройство для выгрузки экструдата в зазор между гайкой 10 и наконечником 8.

Во время движения смеси в экструдере происходит ее дополнительный подогрев посредством температурной камеры 3, что снижает время приготовления экструдата и выхода экструдера на рабочий режим.

Использование нескольких участков с эксцентричной нарезкой лопастей позволяет создать периодически изменяющуюся по величине нагрузку на смесь. При повороте шнека часть смеси попадает в зону эксцентрика, где происходит сжатие смеси. При дальнейшем повороте шнека силы сжатия уменьшаются. Лопасти шнека проталкивают смесь на следующий его участок с эксцентриковой нарезкой лопастей, где процесс продолжается. Многократное повторение процесса «сжатия-разжатия» обеспечивает интенсивную пластификацию и перемешивания смеси.

Кроме того, при расположении эксцентриситетов лопастей участков эксцентрикового элемента под равными углами (например, это угол φ=120° при наличии трех участков эксцентрикового элемента) уменьшается вредное воздействие от эксцентрично вращающихся масс.

Благодаря условиям, создаваемым в экструдере, в смеси для комбикорма происходит распад крахмала на простые сахара, денатурация белков, что способствует лучшему усвоению корма животными. За счет нагрева до высокой температуры в процессе экструзии происходит варка смеси, уничтожаются вредоносные бактерии, кишечные палочки, плесневые грибки, что обеспечивает требования санитарной безопасности корма. Высокое сжатие сыпучей смеси под воздействием эксцентрикового элемента сокращает время обработки, тем самым сохраняя витамины и аминокислоты почти полностью.

При выходе экструдата происходит резкое снижение давление до атмосферного, жидкость, мгновенно испаряясь, вызывает разбухание продукта, делая его более доступным для ферментов желудка животного.

За счет повышения интенсивности перемешивания, пластификации, непрерывного транспортирования, переменно изменяющейся по величине нагрузки и уплотнения смеси, повышается качество комбикормов и надежность работы экструдера.

**Выводы по разделу**

В результате проведенного анализа существующих конструкций экструдеров и патентного обзора устройств можно сделать вывод, что основной их недостаток – это большие затраты энергии и низкая производительность.

Кроме того, к недостаткам можно отнести нестабильную подачу и уплотнение смеси в зонах размалывающего конуса и пластификатора и низкое качество перемешивания, что отрицательно влияет на качество экструдата и надежность работы.

**2. Конструкторская разработка**

**2.1. Требования, предъявляемые к сырью, идущему на производство экструдированного корма**

Зерно злаковых культур содержит 8-16% белка, достаточно много (до70%) углеводов и небольшое количество жира (от 2 до 6%) и минеральных веществ (от 1,5 до 4%). Из злаковых культур для производства экструдатов, в основном, используют кукурузу, ячмень, пшеницу. Также могут использоваться овес, рожь, просо.

Кукуруза характеризуется высоким содержанием углеводов, главным образом, крахмала. Химический состав зерна кукурузы включает 85% сухого вещества, в том числе 8,5-11,2% протеина, 4,0-4,7% жира, 2,5-4,3% клетчатки, 64,8-79,8%БЭВ, 1,8-2,0% золы. Переваримость органических веществ зерна составляет 90%. В 1 кг зерна кукурузы содержится 1,34-1,5 кормовых единиц. В расчете на 1 кормовую единицу приходится 57-60 г переваримого протеина. Объемный вес зерна кукурузы составляет 600-850 кг/м3.

Ячмень – наиболее широко используемый в кормлении всех видов сельскохозяйственных животных зерновой корм. Содержит 86,7% сухих веществ, в том числе протеина – 10,1%, жира – 2,2%, клетчатки – 4,0%, БЭВ –68,0%, золы – 2,8%. Питательная ценность 1 кг сухого ячменя составляет в среднем 1,21 кормовой единицы. Переваримость органических веществ около 89%. Объемный вес зерна ячменя – 480-680 кг/м3.

Зерно пшеницы озимой фуражных кондиций содержит 86,7-88,0% сухого вещества, в том числе протеина – 12,7-16,2%, жира – 2,3-3,7%, клетчатки –2,5-2,7%, БЭВ – 67,2-75,8%, золы – 1,8%. В 1 кг зерна пшеницы содержится1,2-1,4 кормовых единиц и 117 г переваримого протеина. Его объемный вес составляет 730-850 кг/м3.

Овёс – диетический корм, применяемый в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных. По химическому составу овёс включает 86,7%сухих веществ, в том числе 10,8-11,8% протеина, 4,7-5,6% жира, 9,4-9,8%клетчатки, 58,3-69,4% БЭВ и 3,4-3,8% золы. Переваримость органических веществ – 70%. В 1 кг овса содержится 1,0 кормовая единица и 85 г переваримого протеина. Объемный вес зерна овса – 300-550 кг/м3.

Зерно проса по питательности и составу незначительно отличается от овса. Содержит 88,3% сухого вещества, в том числе 11,3-14,8% протеина, 2,1-3,8% жира, 8,3-9,2% клетчатки, 56,6-70,3% БЭВ и 3,6-4,3% золы. В 1 кг зерна проса содержится 0,95-1,1 кормовых единиц и 79 г переваримого протеина. Переваримость органических веществ составляет 81,0%. Объемный вес зерна проса – 680-730 кг/м3.

Зерно ржи фуражных кондиций содержит 85,0-87,0% сухого вещества, в том числе протеина – 12,3-14,0%, жира – 1,8-2,0%, клетчатки – 2,4%, БЭВ –68,4-79,7%, золы – 1,9-2,1%. Питательная ценность 1 кг зерна ржи равна 1,18-1,33 кормовой единицы, содержание переваримого протеина – 102 г. Переваримость органических веществ – 89%. Объемный вес зерна ржи – 670-750 кг/м3

Фуражное зерно, применяемое для производства экструдатов, должно соответствовать требованиям Технического Регламента ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна».

Требования к качеству фуражного зерна представлены в разделе 5.1 настоящего Регламента.

Фуражное зерно содержит значительное количество крахмала, который плохо усваивается животными. Поэтому зерно подвергают тепловой обработке с целью перевода крахмала в удобную для усвоения организмом животных форму, т.е. осуществляют желатинизацию крахмала или декстринизацию его на более простые составляющие.

Тепловая обработка зерна должна также способствовать деструкции целлюлозно-лигниновых образований клетчатки в более простые виды моно-сахаров и аминокислот.

Наиболее эффективным для этих целей способом обработки фуражного зерна является его экструдирование.

Важное значение при производстве сбалансированных комбикормов для сельскохозяйственных животных имеют зеленые корма, являющиеся незаменимым источником легкодоступных питательных веществ. Их характерная особенность – высокое содержание влаги (от 60 до 80%). По содержанию переваримого протеина и витаминов и энергетической питательности (калорийности) сухое вещество кормовых трав сопоставимо с концентрированными кормами, но превосходит их по биологической ценности. Также растительная масса имеет высокое содержание необходимого для животных каротина.

Непосредственное включение зеленой растительной массы в состав комбикорма при обычной технологии его производства, т.е. её механическое аб7смешивание с другими компонентами, неэффективно, так как из-за её высокой влажности получаемый корм будет иметь высокую влажность и, вследствие этого, малый срок хранения и низкую сыпучесть.

Экструдирование же растительной массы в чистом виде затруднено из-за её высокой влажности. Эффективным способом переработки и включения в состав комбикормов зеленой массы является совместное экструдирование её с фуражным зерном.

При производстве зернорастительных экструдатов используется измельченная листостебельная масса зеленых растений, в частности кормовых трав.

Наибольшую ценность в качестве ингредиента зернорастительных экс-трудатов представляют сеяные многолетние бобовые травы, обеспечивающие за счет многоукосного (2-3 раза за сезон) использования посевов значительный выход зеленой массы с высоким содержанием питательных веществ и витаминов.

В сухом веществе многолетних кормовых трав содержание протеина достигает 10,2-19,3%, жира – 2,1-4,4%, БЭВ – 38,1-48,2%, клетчатки – 23,0-32,0%, золы – 6,4-9,6%. Велико в них и содержание витаминов и других полезных веществ, особенно каротина – 150-280 мг в 1 кг сухого вещества. В сельхозпредприятиях Южной зоны России основными представителями многолетних бобовых трав являются люцерна, эспарцет и донник. Но ведущее место среди них занимает люцерна, обладающая ценным кормовым достоинством – в различных видах, приготовленных из неё кормов на каждую кормовую единицу приходится 100-220 г переваримого протеина.

В листьях и стеблях люцерны синегибридной содержится (в зависимости от фазы вегетации) 21,0-38,0% сухого вещества, 17,8-18,9% протеина,2,3-4,4% жира, 23,1-30,0% клетчатки, 38,1-42,1% БЭВ, 7,8-9,6% золы. Переваримость ее органических веществ жвачными животными составляет 65-69%. Содержание каротина в люцерне достигает 220 мг/кг. В 1 кг растительной массы люцерны содержится 0,29-0,34 кормовых единиц.

Зеленая масса люцерны является рекомендуемым видом сырья для производства зернорастительных экструдатов.

Эспарцет (песчаный, посевной) содержит 23-25% сухого вещества,16,2-19,3% протеина, 2,4-7,0% жира, 22,6-24,1% клетчатки, 42,5-48,2% БЭВ,6,7-7,5% золы. Переваримость его органических веществ жвачными животными – 65-68%. На 1 кг растительной массы эспарцета приходится 0,17-0,28кормовых единиц или 1,9-3,2 МДж обменной энергии.

Донник (белый, желтый) содержит 22,0-24,1% сухого вещества, 16,5-18,5% протеина, 2,4-3,2% жира, 26,9-32,0% клетчатки, 38,6-43,2% БЭВ, 7,5-8,4% золы. В 1 кг растительной массы донника содержится 0,15-0,19 кормовых единиц (1,6-2,1 МДж обменной энергии).

Помимо названных культур, в качестве ингредиентов зернорастительных экструдатов могут быть использованы и другие травы (клевер, овсяницалуговая, кострец безостый, ежа сборная) и бобово-злаковые смеси.

Оптимальная фаза укоса многолетних бобовых трав: стадия бутонизации – начало цветения, злаковых: выход в трубку – колошение.

Влажность растительной массы кормовых трав после скашивания составляет 70-80%.

Растительная масса кормовых трав перед экструдированием должна быть измельчена на частицы длиной 6-10 мм.

Объемная масса измельченной зеленой растительной массы в зависимости от длины резки и начальной влажности – от 150 до 250 кг/м3.

Требования к качеству зеленой растительной массы представлены в разделе 5.1 настоящего Регламента.

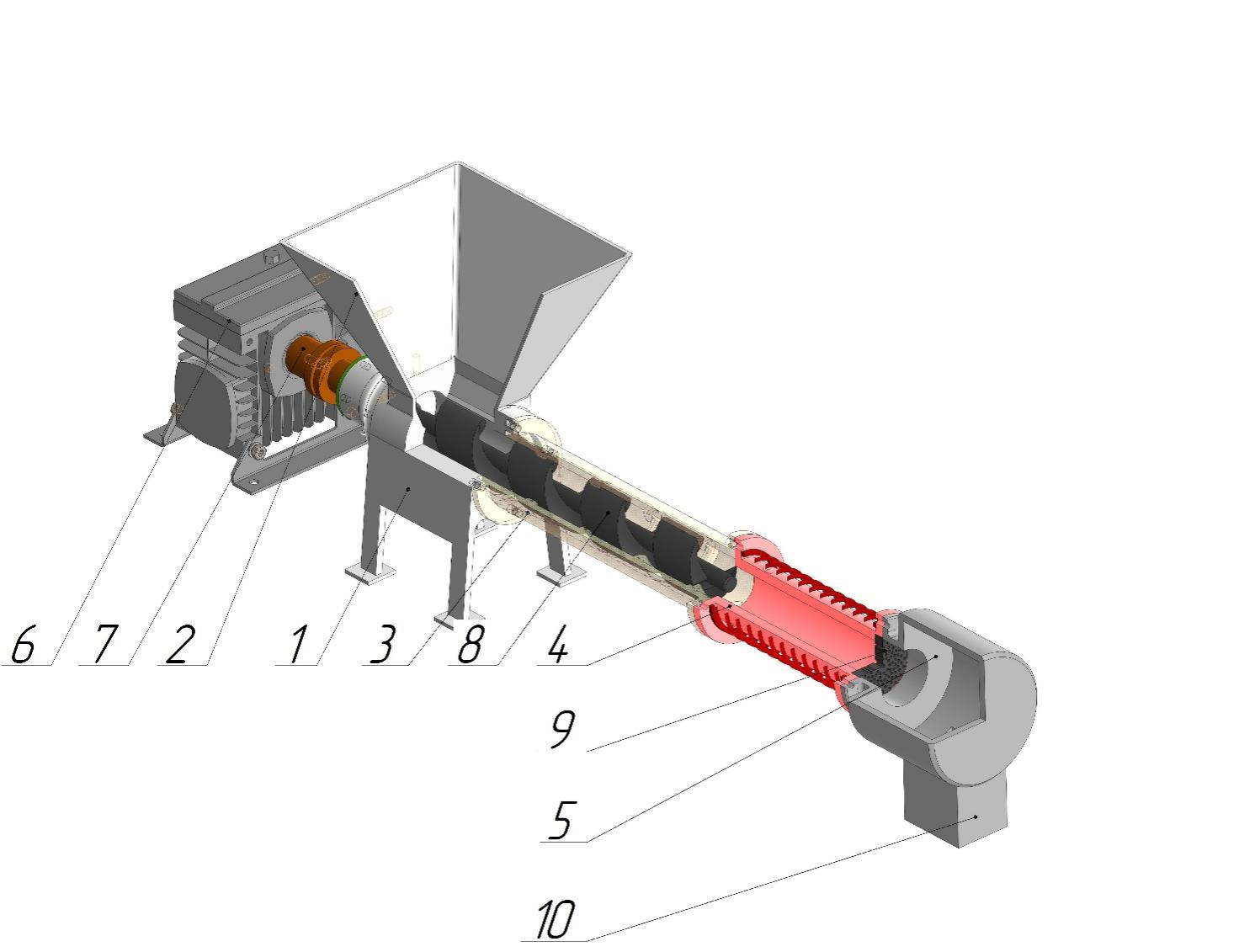
**2.2 Обоснование разработанной конструкции экструдера**

Энерносберегающий экструдер (рис. 1) состоит из корпуса 1, в верхней части которого расположен загрузочный бункер трапециидальной формы 2, корпуса винтового шнека 3, индукционного нагревателя 4, вакуумной камеры 5. Привод осуществляется от мотор-редуктора 6 посредством муфты 7.

Между корпусом винтового шнека 3 и индукционным нагревателем 4 установлена фильера матрицы. Основной нагрев сырья происходит в камере индукционного нагревателя 4.

Внутри корпуса 3 расположен шнек винтовой формы 8. Шнек 8 в совокупности с корпусом 3 образуют винтовую пару, которая обеспечит необходимое рабочее давление в обрабатываемом сырье, перемещая его из зоны загрузки корпуса экструдера 1 до индукционной камеры 4. Между поверхностями винтовой пары образуются рабочие камеры – капсулы-шлюзы.

Рабочие камеры в процессе вращения шнека винтовой формы 3 в корпусе 3 периодически открываются и закрываются, что приводит к всасыванию и нагнетанию данным сектором обрабатываемого сырья. При этом количество таких камер определяет максимальное давление винтовой пары, а объем каждой полости – ее производительность.



*Рисунок – 2.1. Энергосберегающий экструдер:*

*1 – корпус экструдера; 2 – загрузочный бункер; 3 – корпус винтового шнека; 4 – индукционный нагреватель; 5 – вакуумная камера; 6 – мотор-редуктор; 7 – муфта; 8 – шнек винтовой формы;   
9 – фильера матрицы; 10 – шлюзовой затвор*

Во второй части экструдера расположен индукционный нагреватель 4. Он представляет собой стальную трубу, охваченную спиралью в виде нескольких витков изолированного медного провода. Между стальной трубой и корпусом экструдера расположен слой теплоизоляционного материала. Торец индукционного нагревателя 4 упирается в фильеру матрицы 9 экструдера, представляющую собой пластину с одним или несколькими отверстиями определенного диаметра. Количество и диаметр отверстий зависят от потребной производительности экструдера [1…7].

Нагрев обрабатываемого сырья происходит за счёт джоулева тепла, выделяющегося в стенках трубы под действием индуцированных токов.

Конструкция загрузочного бункера 2 позволяет осуществлять предварительный подогрев обрабатываемого сырья. С этой целью верхняя часть сборной загрузочной камеры выполнена одностенной, с боковыми стенками, расположенными под углом, меньшим угла трения обрабатываемого сырья о материал стенки камеры, а ее нижняя часть представляет собой цилиндрическую двустенную конструкцию, межстенное пространство которой соединено с вакуумным насосом и вакуумной камерой экструдера. Загрузочный бункер 2 и вакуумная камеры 5 экструдера с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом. Соединяющий их трубопровод также теплоизолирован.

Для выгрузки готового продукта без разгерметизации вакуумной камеры экструдера служит шлюзовой затвор 10, который представляет собой корпус цилиндрической формы и вращающуюся в нем многолопастную крыльчатку на шариковых подшипниках с количеством лопастей от 4 до 12.

Предлагаемая конструкция экструдера будет способствовать повышению энергетической эффективности рабочего процесса, поскольку энергетические ресурсы будут использоваться более рационально.

**2.3 Требования, предъявляемые к экструдеру**

В период подготовки машины к пуску необходимо:

* Произвести калибровку щелевого зазора головки, очистить его от нагара и протереть торец головки фильерной пастой;
* заготовить и установить на намотку шпули;
* проверить измерительный инструмент, наличие и маркировку сырья, соответствие температурного режима заданию по всем зонам обогрева;
* подготовить и загрузить в бункер экструдера соответствующее сырье.

После длительного периода простоя экструдера пуск необходимо производить осторожно, начиная с небольших оборотов привода и снижая обороты по мере уменьшения нагрузки на приводе, так как в противном случае чрезмерные нагрузки на электропривод и головку могут привести к преждевременному их выходу из строя. При пуске выход на режим отслеживается по давлению расплава перед фильтром.

Перед началом переработки машина необходима её выдержка с включенными обогревателями и охлаждением загрузочной зоны на протяжении не менее 2 часов для установки стабильного теплового режима, необходимого для переработки.

**2.4 Расчет конструктивных параметров экструдера**

*Рассчитаем производительность экструдера. Шнек экструдера имеет постоянный шаг и глубину нарезки. Исходя из конструктивных соображений*  *шаг нарезки шнека принимаем* *t* = *67,5* мм;

Определим глубину винтового канала шнека в зоне питания:

*h*1 = 0,13 · *D*, (2.4.1)

где *D* – наружный диаметр шнека, мм

*h*1 = 0,13 · 72 = 9,36 мм

Определим ширину гребня витка шнека:

*e =* 0,09*D,*  (2.4.2)

*e* = 0,9 · 72 = 6,48 (мм);

Определим радиальный зазор между внутренней поверхностью материального цилиндра и наружной поверхностью витка шнека:

δ = 0,003*D,* (2.4.3)

δ = 0,003 · 72 = 0,216 (мм).

Исходя из конструктивных соображений принимаем *L*, равной

*L* = 540 мм.

Степень сжатия принимаем i = 3,7.

Определяем геометрические параметры шнека:

Определим глубину спирального канала в зоне дозирования:

= 0,5 , (2.4.4)

где – глубина винтового канала шнеков в зоне питания (загрузки), мм;

*i* – степень сжатия,

=0,5=2,3 мм;

Определим глубину спирального канала в зоне пластикации (сжатия) :

= - (2.4.5)

где – глубина винтового канала шнеков в зоне дозирования,мм;

*L* – длина шнека, см;

- длина шнека до зоны сжатия, см,

= 9,36 - 270=5,8 мм,

*L*0 = *L* – *L*н , (2.4.6)

где *L*н – длина напорной части шнека, см,

= 540 – 270 = 270 мм,

*L*н = (0,4…0,6)*L* (2.4.7)

*L*н = 0,5 · 540 = 270 мм,

Определим среднюю глубину нарезки в напорной зоне шнека , мм:

*h*ср = (*h*2*+ h*3)/2 , (2.4.8)

*h*ср = (5,8 + 2,3)/2 = 4,05 мм,

Рассчитаем угол подъема винтовой линии нарезки , град :

φ = arctg(*t*/π*D*), (2.4.9)

где *t* - шаг нарезки шнека,мм,

= arctg(67,5/3,14 · 72) = 16 град,

Определим диаметр сердечника (вала) шнека у загрузочной воронки ,мм:

*d*1 = *D* – 2*h*1,  (2.4.10)

*d*1 = 72 – 2 · 9,36 = 53,2 мм,

Рассчитаем диаметр сердечника (вала) шнека в зоне дозирования,мм:

*d*3 = *D* – 2*h*3 , (2.4.11)

*d*3= 72 – 2 · 2,3 = 67,4 мм,

Вычисляем коэффициенты геометрических параметров шнека, мм:

σ= 1-lg+ , (2.4.12)

σ =1-lg+=167,4 мм,

a = , (2.4.13)

a == 14,6 мм,

b =lg+, (2.4.14)

где *d*1 – диаметр сердечника (вала) шнека под загрузочной воронкой, см;

*d*3 − диаметр сердечника шнека в зоне дозирования, см,

b =lg+=0,264 мм,

Определяем постоянные потоков:

прямого , мм3:

= (2.4.15)

где σ, *a*, *b* – коэффициенты, характеризующие конструкцию шнека с переменной глубиной нарезки

==259,2 мм3,

обратного, мм3:

= , (2.4.16)

= = 0,003 мм3,

потока утечек, мм3:

= (2.4.17)

= =0,002 мм3,

Вычисляем производительность экструдера:

* 1. объемную, (мм3/сек):

Q = n, (2.4.18)

где *K* −коэффициент сопротивления головки, см3;

*n* −частота вращения шнека, мин-1;

*А*1, − соответственно постоянные прямого потока для шнеков с постоянными геометрическими размерами, переменной глубиной и шагом нарезки в зоне дозирования, см3;

*В*1, −соответственно постоянные обратного потока для шнеков с постоянными геометрическими размерами, переменной глубиной и шагом нарезки в зоне дозирования, см3;

*С*1, − соответственно постоянные потока утечек для шнеков с постоянными геометрическими размерами, переменной глубиной и шагом нарезки в зоне дозирования, см3,

Q = 1,08= 279,8 мм3/сек,

Найдем рабочую частоту вращения шнека , (с-1):

= , (2.4.19)

= = 2,7 с-1,

*n*=0,7*n*кр , (2.4.20)

*n* = 0,4 · 2,7 = 1,08,

массовую, (кг/ч):

= , (2.4.21)

= = 138 кг/ч,

где ρр = 823 кг/м3 – плотность расплава ПЭНП на выходе из экструдера при температуре расплава 150оС (берем из прил. 2).

Рассчитаем максимальное давление расплава в конце шнека:

длина зоны дозирования − по табл. 1 (см):

*L*д = 0,4*L* , (2.4.22)

*L*д = 0,4 · 225 = 90 см,

tgφ = *t/*π*D ,* (2.4.23)

tgφ *=* 9/3,14 · 9 = 0,318 град,

Рассчитаем градиент скорости сдвига (с-1):

γ= , (2.4.24)

γ = = 52,1 с-1,

где *h*ср = 0,506 см,

эффективная вязкость расплава ПЭНП по логарифмической за-

висимости lg ηот lgγ при температуре расплава в зоне дозирования 150оС:

•

lg η = -0,558 lgγ + 4,102, (2.4.25)

отсюда η = 1380,4 Па·с;

Определим максимальное давление расплава в конце шнека, (Па):

= , (2.4.26)

= =40,5\* Па,

40,5\* Па = 40,5МПа.

На современных экструдерах устанавливают сито-сменные фильтровальные устройства с общей площадью фильтрующего комплекта 500…2000 см 2 и числом фильтровальных элементов n = 5…20.

Весь набор сеток поддерживается решеткой, устанавливаемой между цилиндром и головкой, служащей для спрямления потока расплава, выходящего с последнего витка шнека. Она представляет собой стальной диск толщиной примерно 1/5 диаметра цилиндра. В этом диске просверлены отверстия диаметром по 3…6 мм. На рис. 6 показаны решетки нескольких конструкций.

При производстве листов или пленок через плоскощелевую головку используется решетка с отверстиями в виде узких щелей (в центре рисунка), которые должны быть расположены параллельно плоскости щели головки. При расчете коэффициента сопротивления в головке сопротивления в решетке и фильтре также должны учитываться. Коэффициент сопротивления решетки, :

, ( 2.4.27)

= 0,4 .

γ = , ( 2.4.28)

γ = = 38,

где z – число отверстий в решетке;

– диаметр отверстий, см;

− толщина решетки, см.

Коэффициент сопротивления фильтра,:

*,* ( 2.4.29)

*=1,5.*

γ = , ( 2.4.30)

γ = 281 ,

где n – число фильтровальных элементов;

F – площадь фильтровального элемента,;

– толщина фильтрующих элементов, см;

γ − скорость сдвига расплава,  *.*

Расчетные формулы и схемы для расчета коэффициента сопротивления и скорости сдвига простейших каналов приведены в табл. 3. Эффективная вязкость расплава может быть найдена по градиенту скорости сдвига γ , , определяемой с (2.47) по (2.49) формулами. Для шнека с постоянной глубиной нарезки и шагом

γ= ; ( 2.4.31)

для шнека с переменной глубиной нарезки

γ=, ( 2.4.32)

γ=,6

где ( 2.4.33)

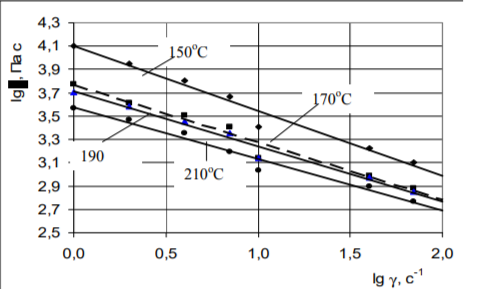
для шнека с переменным шагом

γ= , ( 2.4.34)

где d=D-2h. ( 2.4.35)

Зная скорость сдвига расплава и температуру переработки, эффективную вязкость можно определить по логарифмической зависимости эффективной вязкости от градиента скорости сдвига: lg η = f(lgγ)

На рис. 2.2 приведена в графическом виде зависимость lg η = f(lgγ) для ПЭНП, а также ее математическое выражение.



*Рис. 2.2. Зависимость вязкости ПЭНП от градиента скорости сдвига при различных температурах*

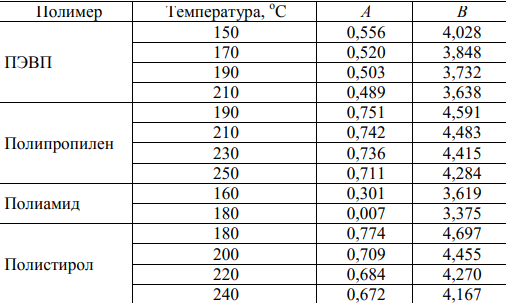
: lgη = 0,475 lgγ + 3,713; : lgη = 0,444 lgγ +3,577.

Для других полимеров соответствующие уравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов в уравнении зависимости эффективной вязкости расплава

от скорости сдвига для различных полимеров lgη = A lgγ + B



# 2.5 Выбор электродвигателя, кинематический расчет привода

Согласно кинематической схеме задания, принимаем значения коэффициентов полезного действия элементов, входящих в привод :

- КПД муфты (= 0,98);

­- КПД зубчатой шевронной передачи (= 0,97);

­- КПД подшипников качения (= 0,99).

Общий КПД привода, ηпр :

= , (2.5.1)

,

Требуемая мощность электродвигателя:

Ртр=, (2.5.2)

Ртр  кВт,

где - мощность приводного вала:

, (2.5.3)

*,*

Частоты вращения валов привода :

приводной вал редуктора

Мощности на валах привода :

вал двигателя –

Рдв=Ртр= 7 кВт, (2.5.4)

быстроходный вал редуктора –

, (2.5.5)

кВт,

тихоходный вал редуктора –

, (2.5.6)

кВт,

приводной вал –

, (2.5.7)

кВт,

Крутящие моменты на валах привода :

приводной вал привода:

, (2.5.8)

Н∙м.

**Выводы по разделу:**

Разработана конструкция экструдера, которая будет способствовать повышению энергетической эффективности рабочего процесса, поскольку энер-гетические ресурсы будут использоваться более рационально. В результате расчета конструктивных параметров разработанного рабочего органа экструдера определили . Кроме того был проведен уточненный расчет вала ротора, который свидетельствует о достаточном запасе прочности материала.

**2.6 Разработка операционно-технологической карты**

**технологического процесса изготовления экструдированного корма**

Определим показатели эффективности модернезируемогоэкструдера. Производственный процесс – изготовления экструдированного корма.

Графа 1 – объем работ в сутки, Qсут = 1104 кг.

Графа 2 – число дней работы в году, Д = 365 дней.

Графа 3 – годовой объем работы, т.

Qг = Qсут·Д, (2.8.1)

где Qсут – объем работ в сутки, кг;

Д – число рабочих дней в году.

Qг = 1104·365 = 402960 кг.

Графа 4 – марка машины. Экструдер для кормов ЭК-40 (баз) и модернизируемый экструдер (пр)

Графа 5 –мощность потребления, Nбаз = 3,7 кВт. Nпр = 6,5 кВт

Графа 6 – производительность,

Qсм(баз) = 40 кг/ч. ,

Qсм(пр) = 138 кг/ч.

Графа 7 – потребное количество машин.

n = Qсут/Qсм·tсм, (2.8.2)

где Qм – производительность машины за час рабочего времени, т/ч;

tсм – продолжительность смены, ч.

n (баз) =1 шт. n (пр) =1 шт.

Принимаем число машин n = 1.

Графа 8 – число часов работы машины в сутки, ч.

tсм = Qсут/Qсм· n (2.8.3)

tсм (баз)=1104/40·1 = 27,6 ч.;

tсм (пр)=1104/138·1= 8 ч.

Графа 9 – число часов работы машины за год, ч.

Тм=tсм·Д. (2.8.4)

Тм (баз) = 27,6·365 = 10074 ч.;

Тм (пр) = 8·365 = 2920 ч.

Графы 10 и 11 – число обслуживающего персонала, Л = 1 чел.

Графа 12 – профессия исполнителя (аппаратчик).

Графа 13 – годовые затраты труда, чел.·ч.

Тгод = Тм·Л, (2.8.5)

где Л – число обслуживающего персонала на одну машину, Л = 1 чел.

Тгод (баз) = Тм (баз) = 10074 чел.·ч.;

Тгод (пр) = Тм (пр) = 2920 чел.·ч.

Графа 14 – разряд выполняемых работ (6 разряд).

Графа 15 – тарифная ставка, Зч = 223,46 руб./ч.

Графа 16 – капитальные вложения, руб.

КВ = Б·n, (2.8.6)

где КВ – капитальные вложения, руб.;

Б – балансовая стоимость машины, Б (баз) = 117 тыс. руб.;

Б (пр) = 140,608 тыс. руб.

n – количество машин.

КВ (б) = Б (баз) = 117 тыс. руб.;

КВ (пр) = Б (пр) = 140,608 тыс. руб.

Графа 17 – расход электроэнергии, кВт·ч.

W = N·Тм, (2.8.7)

где W – расход электроэнергии, кВт·ч.;

N – мощность потребления, кВт.

W (баз) = 3,7·10074 = 37273,8 кВт·ч.;

W (пр) = 6,5·2920 = 18980 кВт·ч.

Графа 18 – расход ТСМ, кг. (не расходуется).

Графа 19 – годовые эксплуатационные издержки, руб .

Эг = Зп+А+Р+Сэ+Ст, (2.8.8)

где Эг – годовые эксплуатационные затраты, руб.;

Зп – заработная плата, руб.;

А – затраты на амортизацию, руб.;

Р – затраты на ремонт и ТО, руб.;

Сэ – стоимость электроэнергии, руб.;

Ст – стоимость ТСМ, руб.

Графа 20 – заработная плата аппаратчика, руб.

Зп = Ксоц·Кдоп·Тг·Л·Зч, (2.8.9)

где Зч – часовая тарифная ставка рабочих, руб./ч.

Ксоц – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование, Ксоц=1,3;

Кдоп – коэффициент, учитывающий доплаты к основной заработанной плате, Кдоп=1,13.

Зп (баз)= 1,3·1,13·10074·1·223,46 = 3306918,8 руб.;

Зп (пр)= 1,3·1,13·2920·1·223,46 = 958527,2 руб.

Графа 21 – затраты на амортизацию, руб.

А=Б·а/100, (2.8.10)

где а – процент отчислений на амортизацию, а = 12,8 % .

А (баз) = 117·12,8/100 = 14,9 тыс.руб.;

А (пр) = 140,608·12,8/100 = 18 тыс. руб.

Графа 22 – затраты на ремонт и ТО, руб.

Р = Б·р/100, (2.8.11)

где р – процент отчислений на ремонт и ТО,

р(баз) = р(пр) = 10 % .

Р (баз) = 117·10/100 = 11,7 тыс. руб.;

Р (пр) = 140,608·10/100 = 14 тыс. руб.

Графа 23 – стоимость электроэнергии, руб.

Сэ = W·Цэ, (2.8.12)

где Цэ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, Цэ = 4,9 руб .

Сэ (баз) = 37273,8 ·4,9 = 182641,6 руб;

Сэ (пр) =18980 ·4,9 = 93002 руб.

Графа 24 – стоимость ТСМ, Ст = 0 руб.

Эг (баз) = 3306918,8 + 14900 + 11700 + 182641,6 = 3516160,4 руб.

Эг (пр) = 958527,2 + 18000 + 14000 + 93002 = 1083529,2 руб.

***Технологическая карта на операцию сбивание сливочного масла***

*1. Годовой объем работ –* 402960 *кг.*

*2. Оборудование – Экструдер для кормов ЭК-40*  *и модернизируемый экструдер.*

*3. Продолжительность рабочей смены 8 ч.*

*4. Число смен – 1*

*5. Обслуживающий персонал – 1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Операция** | | **Объем работ в сутки, кг** | | **Число дней в году** | | **Годовой объем работ** | | **Марка машины** | | | **Привод и его мощность, кВт** | | **Производительность, кг/ч** | **Число машин** | | **Число часов работы в сутки** | | | **Обслуживающий персонал** | | | | **Исполнитель** | |
| **в сутки** | | **в год** | **на машину, чел.** | | **всего, чел.** | |
| **1** | | **2** | | **3** | | **4** | | **5** | | | **6** | | **7** | **8** | | **9** | | **10** | **11** | | **12** | | **13** | |
| Изготовление | | 1104 | | 365 | | 402960 | | ЭК-40 | | | 3,7 | | 40 | 1 | | 27,6 | | 10074 | 1 | | 1 | | Аппаратчик | |
| Изготовление | | 1104 | | 365 | | 402960 | | Проект | | | 6,5 | | 138 | 1 | | 8 | | 2920 | 1 | | 1 | | Аппаратчик | |
| Годовые затраты труда | **Разряд рабочих** | | **Тарифная ставка, руб./ч** | | **Капитальные вложения, руб.** | | **Расход электроэнергии, кВт.·ч.** | | **Расход ТСМ, кг/час** | **Годовые эксплуатационные издержки, руб.** | | **В том числе** | | | | | | | | | | | | |
| **Зарплата, руб.** | | | **Амортизационные отчисления, руб.** | | **Отчисления на ТО, руб.** | | | **Стоимость ТСМ, руб.** | | **Стоимость электроэнергии, руб.** | | **Прочие прямые издержки, руб.** |
| 14 | **15** | | **16** | | **17** | | **18** | | **19** | **20** | | **21** | | | **22** | | **23** | | | **24** | | **25** | | **26** |
| 10074 | 4 | | 223,46 | | 117000 | | 37273,8 | | - | 3516160,4 | | 3306918,8 | | | 14900 | | 11700 | | | - | | 182641,6 | | - |
| 2920 | 4 | | 223,46 | | 140608 | | 18980 | | - | 1083529,2 | | 958527,2 | | | 18000 | | 14000 | | | - | | 93002 | | - |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В результате проведенного анализа существующих конструкций экструдеров и патентного обзора устройств можно сделать вывод, что основ-ной их недостаток – это большие затраты энергии и низкая производи-тельность.

Кроме того, к недостаткам можно отнести нестабильную подачу и уплотнение смеси в зонах размалывающего конуса и пластификатора и низкое качество перемешивания, что отрицательно влияет на качество экструдата и надежность работы.

1. Разработана конструкция экструдера, которая будет способствовать повышению энергетической эффективности рабочего процесса, поскольку энергетические ресурсы будут использоваться более рационально.
2. В разделе по безопасности жизнедеятельности были разработаны мероприятия по работе и техническому обслуживанию предлагаемого экструдера ; мероприятия по экологической и пожарной безопасности. Про-веден расчет защитного заземления и расчет выброса воды при эксплуатации модернизируемого экструдера.
3. Проведенные расчеты свидетельствуют о эффективности предлагае-мых мероприятий по модернизации конструкции предлагаемого экструде-ра и применения его в линии производства экструдированного корма.

Это подтверждается получением годовой экономии от предлагаемых мероприятий в размере 2432631,2 руб., при сроке окупаемости затрат на изготовление модернизируемых узлов экструдера за 0,1 месяца.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ**

1. *Пресс экструдер ЭК-100 // Режим доступа URL:* [*https://росэкструдер.рф/ekstruder-zernovoy-soyevyy-ek-100-kg-v-chas-kormoekstruder-zerna*](https://росэкструдер.рф/ekstruder-zernovoy-soyevyy-ek-100-kg-v-chas-kormoekstruder-zerna) *(дата обращения 01.06.2023)*
2. *Пресс экструдер ЭК-500 // Режим доступа URL:* [*https://ekstruder1.ru/kormovoi-extruder-ek500.html*](https://ekstruder1.ru/kormovoi-extruder-ek500.html) *(дата обращения 01.06.2023)*
3. *Пресс Экструдер Е1000 // Режим доступа URL:* [*https://melagrosnab.ru/jekstrudirovanie-i-granuljacija/ekstruder-e-1000.html*](https://melagrosnab.ru/jekstrudirovanie-i-granuljacija/ekstruder-e-1000.html) *(дата обращения 01.06.2023)*
4. *Экструдер двухшнековый ШТАК-50М и ШТАК-80М // Режим доступа URL:* <https://plasticmachinery.ru/oborudovanie/jekstrudery/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=extruder_rf_s&utm_content=5126748005%7C82902814%7C13441939242%7Cnone%7Cdesktop%7C49&utm_term=двухшнековый%20экструдер%7C43189039603%7C1&calltouch_tm=yd_c:82902814_gb:5126748005_ad:13441939242_ph:43189039603_st:search_pt:premium_p:1_s:none_dt:desktop_reg:49_ret:43189039603_apt:none&yclid=11202534762942300159> *(дата обращения 01.06.2023)*
5. *Экструдер одношнековый ЭУИ-1 и двухшнековый ЭУИ-2 // Режим доступа URL:* [*https://jasko.ru/product/oborudovanie-dlya-proizvodstva-ekstrudirovannykh-kormov/press-ekstrudery/?utm\_source=yandex&utm\_medium=cpc&utm\_campaign=1%20очередь%20%2F%20Поиск%20%2F%20РФ&utm\_content=14218271544&utm\_term=Шнековый%20экструдер&yclid=10747511375800565759*](https://jasko.ru/product/oborudovanie-dlya-proizvodstva-ekstrudirovannykh-kormov/press-ekstrudery/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=1%20очередь%20%2F%20Поиск%20%2F%20РФ&utm_content=14218271544&utm_term=Шнековый%20экструдер&yclid=10747511375800565759) *(дата обращения 01.06.2023)*
6. *Пресс-экструдер ЭК-40 // Режим доступа URL:* [*https://agroserver.ru/b/press-ekstruder-ek-40-1336530.htm*](https://agroserver.ru/b/press-ekstruder-ek-40-1336530.htm) *(дата обращения 01.06.2023)*
7. Патент № 2693072 C1 Российская Федерация, МПК A23N 17/00. Экструдер для приготовления белкового корма : № 2018125397 : заявл. 10.07.2018 : опубл. 01.07.2019 / И. Е. Припоров ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина".
8. Патент № 2686439 C1 Российская Федерация, МПК B30B 9/18. Пресс-экструдер для переработки зерновой смеси : № 2018117045 : заявл. 07.05.2018 : опубл. 25.04.2019 / В. В. Новиков, А. С. Грецов, А. М. Петров [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарская государственная сельскохозяйственная академия".
9. Патент № 2734521 C1 Российская Федерация, МПК A23N 17/00, B30B 9/18. Пресс-экструдер для переработки зернобобовых культур : № 2020110264 : заявл. 10.03.2020 : опубл. 19.10.2020 / Г. Г. Класнер, В. Ф. Кремянский, В. С. Тарасов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина".
10. Патент № 2548980 C1 Российская Федерация, МПК B29C 47/38, A23P 1/12. Экструдер шнековый : № 2013148712/05 : заявл. 31.10.2013 : опубл. 20.04.2015 / Д. В. Тимофеева, В. П. Попов, В. П. Ханин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Оренбургский государственный университет".
11. Патент № 2595160 C1 Российская Федерация, МПК A23N 17/00. Экструдер для приготовления комбикормов : № 2014154632/13 : заявл. 31.12.2014 : опубл. 20.08.2016 / Н. С. Сергеев, В. Н. Николаев, В. И. Яворский ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ).
12. Энергосберегающий экструдер / Ю. В. Полывяный, В. М. Зимняков, А. А. Курочкин [и др.] // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–25 октября 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 627-630.
13. Полывяный, Ю. В. Индукционная камера энергосберегающего экструдера / Ю. В. Полывяный, В. М. Зимняков, Е. В. Чиркова // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–25 октября 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 630-635.
14. Полывяный, Ю. В. экструдер для приготовления кормов / Ю. В. Полывяный, Е. В. Чиркова // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 27–28 октября 2022 года. Том III. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 40-42.
15. Обзор существующих конструкций экструдеров / Е. В. Чиркова, Ю. В. Полывяный, А. В. Яшин, Н. И. Потапова // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 20–21 октября 2021 года. Том II. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 76-79.
16. Патентный обзор устройств для приготовления экструдированных кормов / Е. В. Чиркова, Ю. В. Полывяный, А. В. Яшин, Н. И. Потапова // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России : Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 20–21 октября 2021 года. Том II. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 79-81.