

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 Агроинженерия

Профиль технические системы в агробизнесе

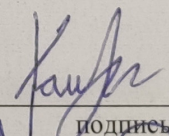
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

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

Тема: «Совершенствование технологии приготовления кормов с
разработкой экструдера»

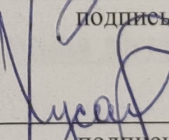
Шифр ВКР.35.03.06.227.21.ГК.00.00.ПЗ

Студент группы Б 272-04 у


подпись

Хаметшин И.У.
Ф.И.О.

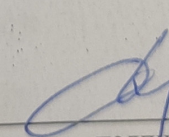
Руководитель к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Хусаинов Р.К.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 8 от 03 марта 2021 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2021 г.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Хаметшин И.У. на тему:
«Совершенствование технологии приготовления кормов с разработкой
экструдера»

Работа состоит из пояснительной записки на 58 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 17 рисунков, 4 таблицы. Список использованной литературы содержит 20 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы выпускной работы.

В первом разделе выполнен литературно-патентный обзор. Рассмотрены машины для прессования. Проведен анализ технических решений существующих конструкций грануляторов, выявлены недостатки конструкций. Поставлены цели и задачи проектирования.

Во втором разделе приведено описание работы линии гранулирования и проведен расчет производительности и подбор оборудования линии. Разработана технологическая линия приготовления кормов с гранулированием.

В третьем разделе приведено описание предлагаемого конструктивного решения, проделаны необходимые технологические и конструктивные расчёты, и дано экономическое обоснование конструкции. Разработаны мероприятия безопасности труда при работе с конструкцией.

Записка завершается выводами и предложениями.

ANNOTATION

To the final qualifying work Khametshin I.U. on the topic: "Improvement of the feed preparation technology with the development of an extruder"

The work consists of an explanatory note on the 58 pages of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of the A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes 17 drawings, 4 tables. The list of used literature contains 20 titles.

In the introduction, the relevance of the topic of the project is substantiated.

In the first section, a literary-patent review is performed. Machines for pressing are considered. The analysis of technical solutions of the existing granulator structures is carried out, the design flaws are revealed. The goals and objectives of the design are set.

The second section describes the operation of the granulation line and calculates the productivity and selection of line equipment. A technological line for preparation of pellets with granulation has been developed.

In the third section, a description of the proposed constructive solution is presented, the necessary technological and structural calculations are made, and the economic substantiation of the design is given. Work safety measures have been developed when working with a structure.

The note ends with conclusions and suggestions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	9
1.1 Анализ современного состояния прессов	9
1.2 Описание существующих прессов	9
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	21
2.1. Анализ технологических линий гранулирования кормов	21
2.2. Выбор и обоснование линии гранулирования кормов	29
2.3. Технологический расчет линии приготовления кормов.	28
3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ	37
3.1 Обоснование выбора предлагаемого гранулятора кормов	37
3.2 Конструктивный расчет пресса	40
3.3 Техника безопасности	43
3.4 Физическая культура на производстве	50
3.5 Экономическое обоснование конструкции	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	58
СПЕЦИФИКАЦИИ	60
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития сельского хозяйства большое внимание уделяется интенсификации переработки продукции растениеводства, которая требует в свою очередь, создания новейшего сельскохозяйственного оборудования, применение новых технологий на базе современных достижений науки и техники.

Наша страна имеет большое количество сельскохозяйственных предприятий и сравнительно небольшое число перерабатывающих предприятий, поэтому возникает потребность в создании перерабатывающих цехов в условиях сельского хозяйства.

Под общим названием «прессование» в технике понимается ряд процессов, имеющую различную сущность в зависимости от стоящих задач: изменение формы материала при постоянстве его массы и объёма; изменение формы и объёма продукта при постоянстве его массы; изменение формы, объёма и массы продукта.

Первые два случая имеют цель придать продукту определённую форму и уплотнить его для лучшей транспортабельности, третий для отжима жидкой фазы.

Корма, подвергаемые прессованию, являются дисперсными системами, состоящими из твёрдой фазы (кристаллы, гранулы, разорванные клетки семян и т. п.) или из твердой и жидкой фаз (меласса, расплавленный жир, вода, молоко).

Прессование определяется физико-механическими свойствами продукта и условиями ведения процесса. Физико-механические свойства процесса зависят от вида продукта, его технологической подготовки (размера частиц, вязкость, температура). Условия прессования складывается из режима прессования: давления и продолжительности. При отжиме жидкая фаза перемещается по микропорам продукта, преодолевая при этом сопротивление, возрастающее с увеличением давления прессования.

Установлено, что повышение давления выше определённых пределов уже не может повлиять на выход жидкой фазы. Минимально возможное количество жидкой фазы, которое содержится в остатке (выжимке, жмыхе) после длительного изотермического прессования продукта при постоянном давлении, называется равновесным.

В зависимости от характера процесса различают процессы периодического и непрерывного действия.

По принципу действия нагнетательных механизмов, создающих усилие при прессовании, прессы делят на ленточные, поршневые, шнековые, шестерённые, вальцовые и др.

Отделение жидкой фазы прессованием применяется при мойке зерна, при обработке корнеклубнеплодов, при производстве комбикормов и т.д.

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1. Анализ современного состояния прессов

На сегодняшний день шнековые прессы широко используются в аграрном секторе. Они предназначены для отжима жома, используются в свеклосахарной промышленности для предварительного отжатия сырого жома, для гранулирования кормов и т.д.

В основном в промышленности используют несколько видов шнековых прессов: горизонтальный пресс, горизонтальный двухшнековый пресс, наклонный пресс и вертикальный пресс.

В зависимости от вида деятельности предприятия (переработка первичного или вторичного сырья (жома)) используют тот или иной вид прессов [1].

Наклонный шнековый пресс ПСЖН-68 больше подходит для отжатия жома до 12-14 % сухих веществ. Вертикальные шнековые прессы ПВЖ-60, используются в свеклосахарной промышленности и предназначен для предварительного отжатия сырого жома[2].

1.2. Описание существующих прессов

Прессы для гранулирования кормов классифицируются:

1) по принципу прессования — на прессы с закрытой и открытой камерами, в которых противодавление создается соответственно глухой стенкой и силой трения о боковую стенку камеры;

2) по типу рабочих органов, создающих усилие прессования, на следующие:

Формирующие прессы, образование гранул в которых происходит при прохождении продукта между двумя вращающимися навстречу друг другу ячеистыми вальцами (рисунок 1.1).

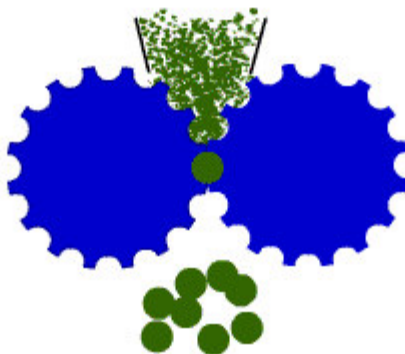


Рисунок 1.1. – Схема пресса с двумя вращающимися ячеистыми вальцами.

Естественно, что форма ячеек может быть самой разнообразной. Продукт, попадая в ячейки вальцов, подвергается обжатию, а затем выпадает из них в виде спрессованных гранул определенной формы. Вследствие кратковременного усилия гранулы получаются непрочными. К недостаткам таких прессов относится также низкая производительность и большая энергоемкость. Поэтому такие прессы нашли лишь ограниченное применение.

Шестеренчатые прессы. Рабочим органом шестеренчатых прессов служит пара зубчатых колес, находящихся в зацеплении вращающихся навстречу друг другу. У основания зубьев имеются сквозные радиальные отверстия, через которые продавливается прессуемый материал. Выходящие из отверстий гранулы срезаются неподвижными ножами. Диаметр гранул 10...13,5 мм (рисунок 1.2).

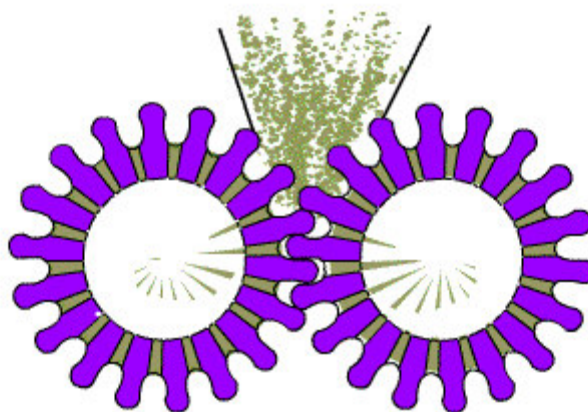


Рисунок 1.2. – Схема шестеренчатого пресса.

Шнековые грануляторы могут быть цилиндрическими и коническими, одно- и двухшнековыми, с горизонтальным и вертикальным расположением шнеков. В любом из них сырье захватывается шнеком, перемешивается, нагнетается к матрице и продавливается через отверстия соответствующего диаметра. Выходящие из матрицы гранулы срезаются вращающимися ножами. В конических шнеках масса предварительно подпрессовывается. Матрицы могут быть плоские, сферические и сегментные. Шнековые прессы применяют главным образом для гранулирования влажного исходного сырья (влажный способ) (рисунок 1.3.).

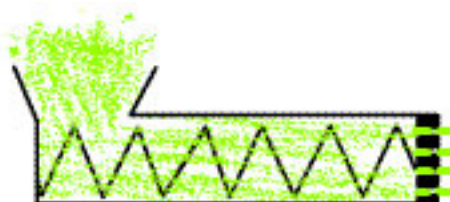


Рисунок 1.3. – Схема шнекового пресса.

Прессы с плоской горизонтальной вращающейся матрицей, через отверстия которой материал продавливается прессующими вальцами и формируется в гранулы. Вальцы могут быть коническими и цилиндрическими с активным и пассивным приводом.

В прессах с цилиндрическими вальцами из-за разности окружных скоростей неравномерно изнашиваются матрицы и вальцы. Недостатком является при определенной окружной скорости относ материала под

действием центробежных сил к периферии матрицы и, как следствие, неравномерная нагрузка на ее рабочую поверхность (рисунок 1.4).

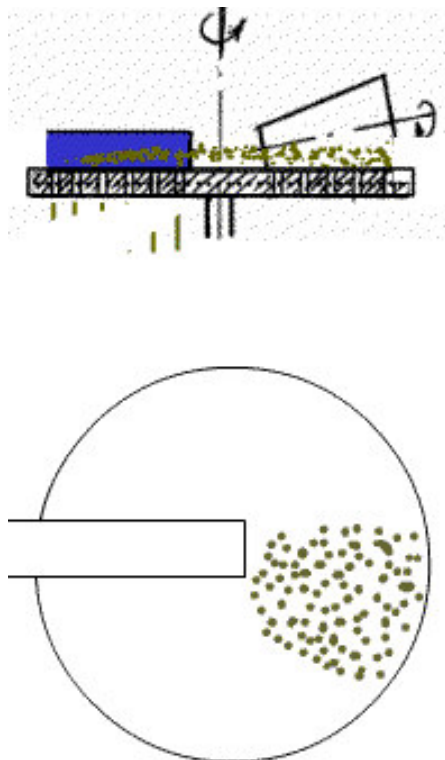
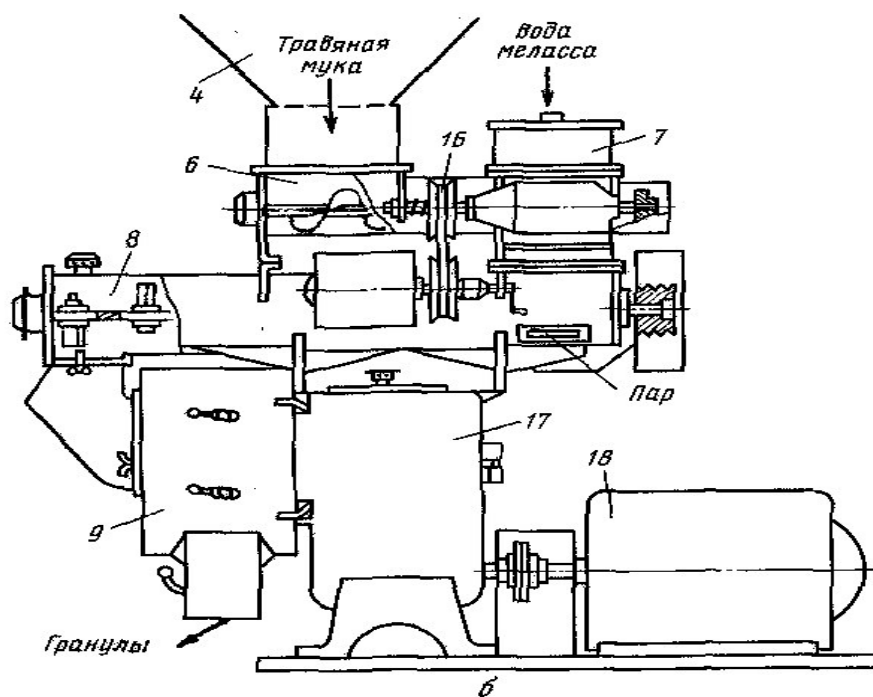
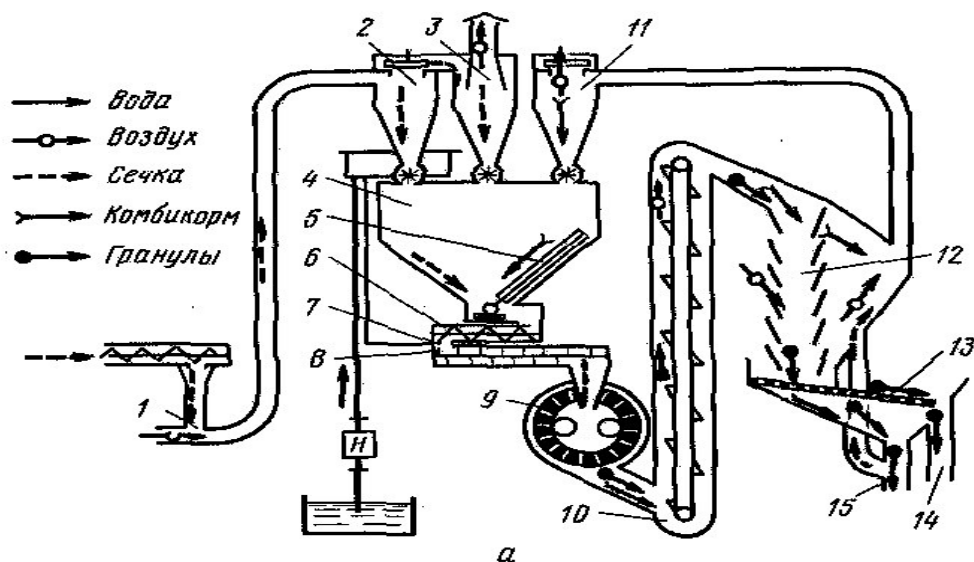


Рисунок 1.4. - Прессы с плоской горизонтальной вращающейся матрицей

Гранулятор ОГМ-0,8А входит в комплект установки с агрегатом АВМ-0,65. Гранулятор (рисунок 1.5.) включает в себя шнековый дозатор с вариатором скоростей, быстроходный лопастной смеситель-кондиционер, прессующее и охлаждающе-сортировочное устройства, электродвигатели и механизм передач.

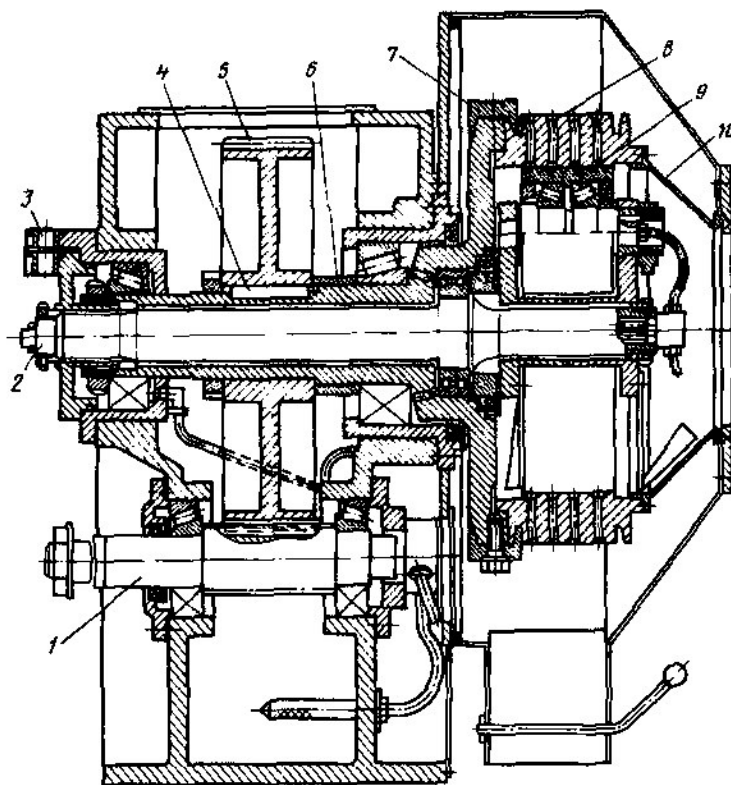
Технологический процесс превращения травяной муки в гранулы протекает в такой последовательности. Мука из заборника 1 засасывается в циклон 2 и через шлюзовой затвор проходит в бункер 4. Для более полного отделения муки от воздуха, выбрасываемого циклоном 2, служит циклон 3, где мелкие частицы продукта отделяются и через шлюзовой затвор проходят в бункер 4. Планетарная мешалка 5 бункера обеспечивает равномерное поступление продукта в шнековый дозатор 6, который приводится в действие через клиноременный вариатор частоты вращения. Из дозатора мука

поступает в смеситель 8, куда через форсунку 7 вводят также и добавки. Смесь направляется в пресс 9 и продавливается прессующими вальцами ротора через отверстия вращающейся матрицы. Неподвижные ножи отрезают гранулы заданной длины.



1-заборник; 2, 3, 11-циклоны; 4-бункер; 5-мешалка; 6-шнековый дозатор; 7-форсунка; 8-смеситель; 9-пресс; 10-нория; 12-охладитель; 13-решета; 14-выход гранул; 15-выход крошенных (частиц) гранул; 16-вариатор питателя; 17-редуктор; 18-электродвигатель.

Рисунок 1.5.- Схема технологического процесса гранулирования



1, 2, 6-валы; 3-срезной штифт; 4-шпонка; 5-шестерня; 7-сегмент; 8-матрица; 9-прессующий валец; 10-приемная камера.

Рисунок 1.6.- Устройство пресс-гранулятора ОГМ-8А:

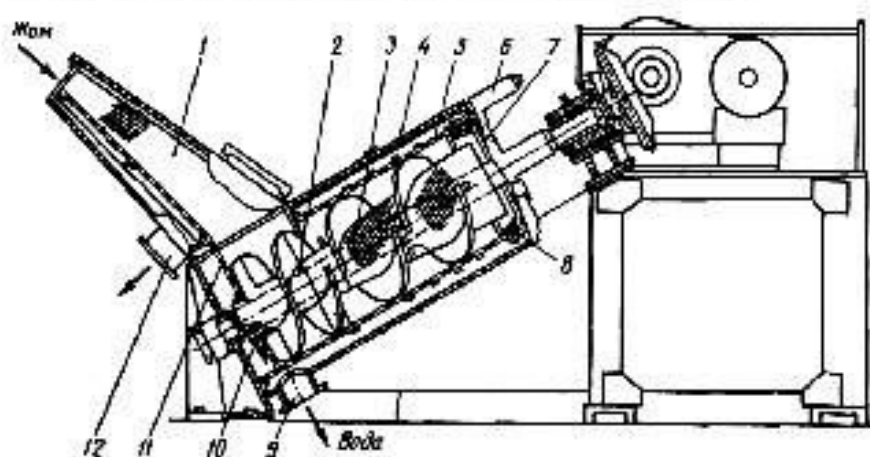
Гранулы, имеющие высокую температуру после прессования, норией 10 подаются в воздушный охладитель 12. Здесь они сушатся в потоке воздуха, который выносит из массы гранул мелкие частицы, проходящие в бункер 4 через циклон 11. Из охладителя гранулы поступают на сортировку, через решета 13 которой проходит мелкая крошка (сечка), отсасываемая от выхода 15 вентилятором циклона 11. С сортировальных решет гранулы поступают на затаривание. Для обеспечения условий нормального хранения готовые гранулы должны иметь влажность, не превышающую 14,5%.

У пресс-гранулятора регулируют зазор между прессующими валиками и матрицей (0.2...0.5 мм), длину гранул (перестановкой неподвижных ножей относительно матрицы), частоту вращения матрицы - вариатором скоростей (с помощью клиноременной передачи).

Осевые зазоры подшипников валов регулируют с помощью прокладок и оси вальцов.

На рисунке 1.6 показан пресс-гранулятор ОГМ-8А. Вращение от двигателя передается на вал 1 и от него на вал 6 через шестерню 5. К валу 6 сегментами 7 при помощи болтов прикреплена матрица 8; через него проходит неподвижный вал 2, на котором размещены две плиты. На их осях имеются прессующие вальцы 9, установленные на роликовых подшипниках. При вращении матрицы вальцы вращаются в подшипниках за счет сил трения о прессуемый материал, заклинившийся между вальцами и матрицей и продавливаемый через каналы в матрице. Прессование сопровождается значительным нагревом продукта при прохождении им каналов-фильтер. В случае забивания пресса или заклинивания вальцов возрастает вращающий момент на валу 2 и штифт 3 срезается, освобождая фланец вала, который, поворачиваясь, нажимает толкатель конечного выключателя. При этом обесточиваются все электродвигатели пресса.

Наклонный шнековый пресс ПСЖН-68 (рисунок 1.7.) предназначен для отжима жом. Жом поступает в сепаратор, где из него частично удаляется вода, а затем в пресс, где отжимается основная часть воды.



7 — сепаратор; 2 — вал шнека; 3 — сито; 4 — отжимной шнек; 5 — цилиндрические и — приспособление; 7 — отверстие для выгрузки жом; 8 — коническое сито; 9 — штуцер; 10 — отверстие для удаления воды; 11 — дополнительная поверхность фильтрования; 12 — штуцер для отвода воды

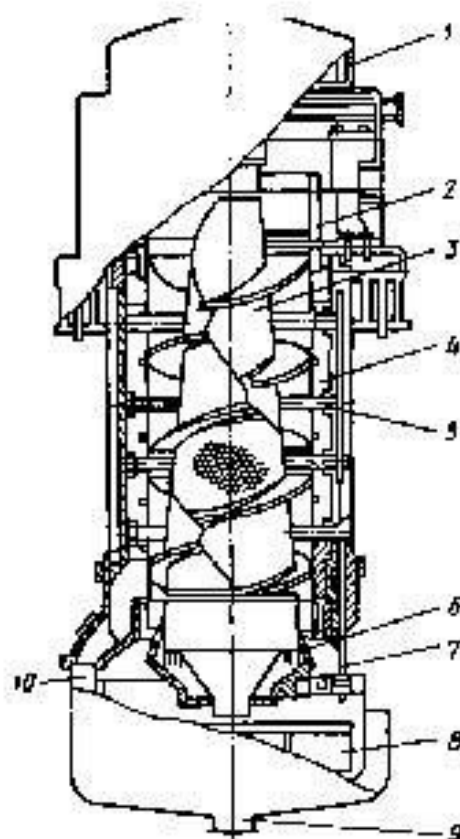
Рисунок 1.7. – Наклонный шнековый пресс ПСЖН-68

Часть отжатой воды проходит через цилиндрическое сито и удаляется через штуцер 9, другая часть воды проходит через сито 3 в полую часть вала шнека и удаляется через отверстие 10 и штуцер 9. Отжатый жом выгружается через кольцевые отверстия между коническим ситом и корпусом отжимного шнека. Размер отверстия влияет на продолжительность пребывания жома в прессе и степень отжатия воды и регулируется приспособлением 6.

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

Вертикальный шнековый пресс ПВЖ-60 показан на рисунок 1.8. Основная часть пресса — полый вертикальный шнек, установленный в специальных траверсах. На кожухе шнека с противоположных сторон расположены контрлопасти, которые входят в промежутки между лопастями шнека и препятствуют вращению материала вместе со шнеком.

Контрлопасти имеют отверстия, через которые проходит пар, подводимый по трубопроводу. В верхней части пресса расположена воронка для загрузки материала, а подней по цилиндрической образующей — цилиндрические разъемные сита с коническими отверстиями. Влажный жом на прессование поступает через воронку и верхними лопастями шнека направляется вниз, в зону с меньшим поперечным сечением, где происходит отжатие воды. Часть отпрессованной воды выходит через отверстия цилиндрического сита, а другая часть — через полый вал шнека.



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 1.8. — Вертикальный шнековый пресс ПВЖ-60

В нижней части цилиндрического сита расположено подвижное коническое сито, которое можно поднимать и опускать при помощи болтов 7. Изменением размера щели между этим ситом и нижней частью цилиндрического сита регулируется степень отжатия жом.

Отжатый жом, выходящий через щель, образованную коническим и цилиндрическим ситами, при помощи скребков выгружается из шнека.

Двухшнековый пресс Stord BS-64 (рисунок 1.9.) оборудован двумя параллельно установленными шнеками, вращающимися навстречу друг другу. В корпусе и крышках шнека имеются цилиндрические фильтрующие сита с коническими отверстиями, изготовленные из нержавеющей стали.

Конструкция пресса позволяет быстро проводить процесс обезвоживания.

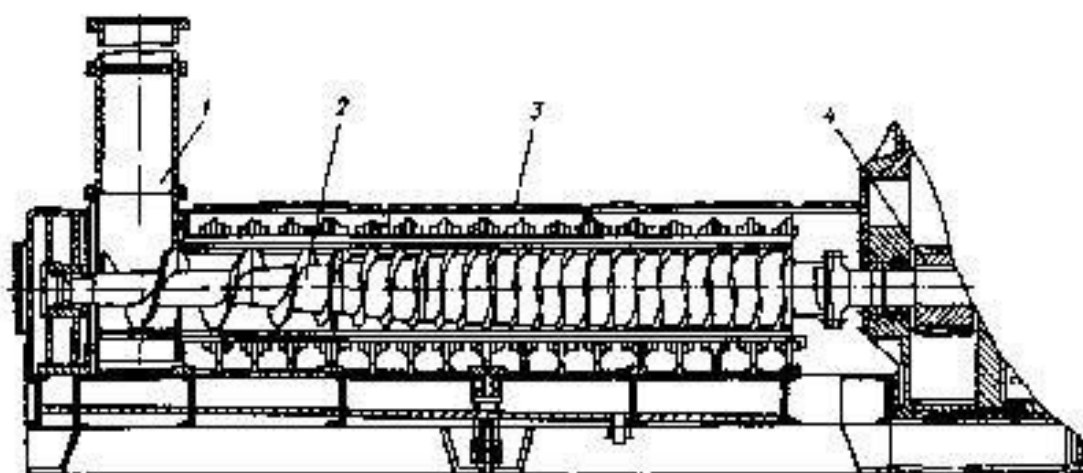
Частоту вращения шнеков можно регулировать гидромуфтой от 1,45 до 3 мин⁻¹. От частоты вращения шнека зависят его производительность, влажность отпрессованного жома и расход энергии.

Показатели работы пресса зависят от равномерности питания его жомом. При недостаточной загрузке пресса жомом влажность жома увеличивается.

Производительность прессов по отжатому жому

$$Q = \rho \varphi F l \left(\frac{n}{60} \right)$$

где Q — плотность отжатого жома, кг/м³; φ — отношение площади, занятой прерывистыми витками шнека, к площади винтовой поверхности; F — площадь кольцевого выходного отверстия или в случае перфорированного диска сумма площадей свободного сечения диска, м²; l — шаг витка шнека в выходной щели, м; n — частота вращения шнека, мин⁻¹.



1 — загрузочный бункер; 2 — шнек; 3 — крышка; 4 — привод

Рисунок 1.9.- Двухшнековый пресс Stord BS-64:

Мощность привода пресса (в кВт) складывается из ряда составляющих

$$N = \frac{(N_C + N_K + N_B + N_{СЖ} + N_{П})}{\eta_{ПР}}$$

где N_C , N_K , N_B , $N_{СЖ}$, $N_{П}$ — мощность, необходимая для преодоления сил трения продукта соответственно по ситовому корпусу, поверхности корпуса, поверхности витков шнека, для сжатия жома, перемещения жома; η — коэффициент полезного действия привода.

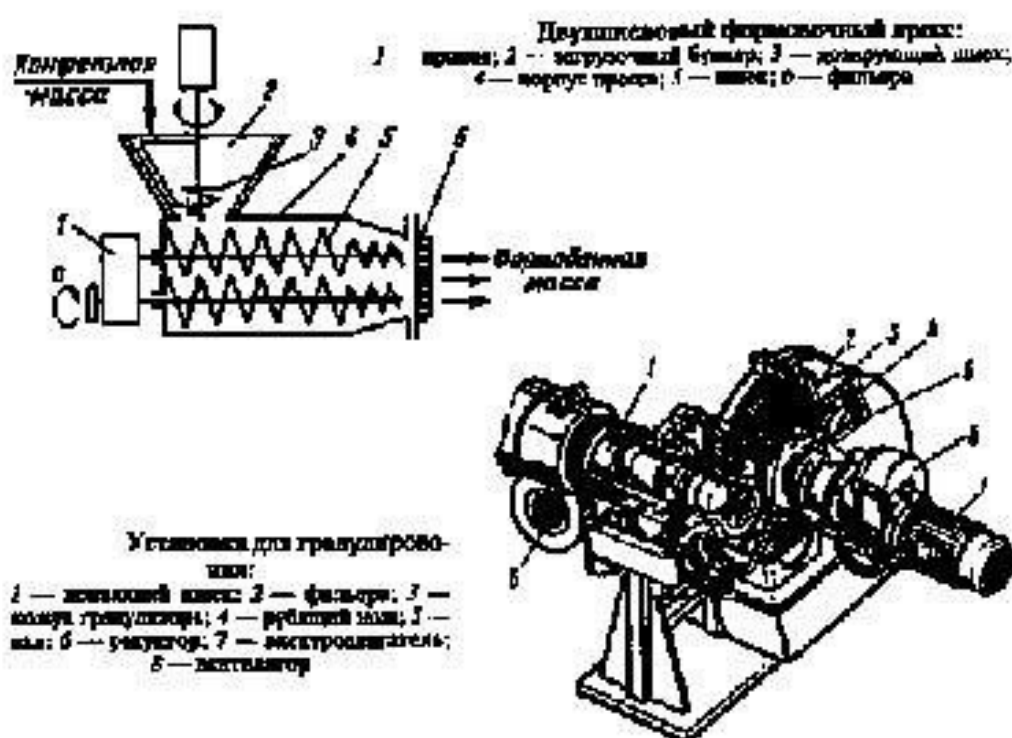


Рисунок 1.10. — Двухшнековый формовочный пресс.

На степень отжатия жома оказывают основное влияние форма проходной части прессов и время пребывания жома в прессе.

Двухшнековый формовочный пресс (рисунок 1.10.) используют в производстве гранулированного корма, методом формования кормовой массы через фильеру с калиброванными отверстиями. Пресс создает давление в кормовой массе и продавливает ее через фильеру. Непосредственно на выходе из фильеры жгуты кормовой массы рубятся на гранулы эксцентрично установленными ножами гранулятора, расположенными с определенным зазором у фильеры.

Фильтера представляет собой плоский металлический диск с отверстиями, через которые продавливается прессуемая масса. Форма отверстия фильеры определяет вид изделия. При продавливании через отверстия фильеры масса принимает определенную форму.

Течение массы в отверстиях фильеры подобно течению очень вязкой жидкости.

Давление, создаваемое шнеком, зависит от гидравлического сопротивления в отверстиях фильеры. Сопротивление определяется консистенцией смеси, 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 может быть отведен в сторону вместе с приводом. При демонтаже шнека грануляционная головка может быть отведена от нагнетающего шнека.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Анализ технологических линий гранулирования кормов

Комбикормовая промышленность России - отрасль, которая входит в аграрно-промышленный комплекс страны. Задача комбикормовой промышленности - обеспечить животных всех видов и возрастных групп полноценным кормом. От того, какой корм будут получать птицы, свиньи, поросята, телята, кролики, олени и т. п., зависят: их продуктивность, устойчивость к различным заболеваниям, сохранность животных, экономный расход компонентов, входящих в комбикорм, и много других факторов, которые будут рассмотрены в соответствующих разделах и главах учебника.

Комбикормовая промышленность производит смеси из различных компонентов (видов сырья), комбинируя их в самых разных сочетаниях и пропорциях. Это и определяет само название комбикорм - комбинированный корм. Смесь составляется так, чтобы недостатки (низкое содержание белка, недостаток витаминов и т. д.) одних компонентов компенсировать преимуществами других.

Главное при производстве кормов - создание такой смеси, которая восполнит потребность сельскохозяйственных животных, птицы в питательных веществах, обеспечит их рост, развитие и сохранность.

С целью улучшения транспортабельности, снижения стоимости перевозок и хранения, а также лучшей сохранности питательных веществ и витаминов корма уплотняют или прессуют. Прессованию подвергается также комбикорм и травяная мука.

Перед прессованием в корм можно добавить витамины, гормональные и лечебные препараты, различные стимуляторы роста, аминокислоты и другие необходимые и ценные добавки. В прессованных кормах эти добавки лучше сохраняются, чем в кормовых смесях. Использование прессованного

корма создает условия для полной механизации и автоматизации процессов раздачи его животным и птице.

Уплотнение кормов можно осуществлять: сжатием, скручиванием, вибротряской, экструзией, окатыванием.

Основным способом уплотнения является сжатие, осуществляемое путем гранулирования и брикетирования. В зависимости от требуемой плотности стебельчатые корма могут быть прессованы в тюки (плотность $120 \dots 160 \text{ кг/м}^3$), которые требуют обвязки, или брикеты (плотность $600 \dots 900 \text{ кг/м}^3$), которые сохраняют свою форму и плотность без обвязки. Комбикорма и травяная мука прессуются в гранулы плотностью $1200 \dots 1300 \text{ кг/м}^3$. Процесс прессования основан на свойстве сыпучих материалов уплотняться под действием внешней нагрузки и при ее определенной величине сохранять заданную форму после снятия нагрузки. В зависимости от величины приложенной нагрузки различают следующие способы прессования:

- без связующих добавок при малых давлениях ($15 \dots 20 \text{ МПа}$);
- без связующих добавок при высоких давлениях ($30 \dots 35 \text{ МПа}$);
- со связующими добавками при малых давлениях ($5 \dots 10 \text{ МПа}$);

Современное оборудование для прессования позволяет получать из мучнистых кормов гранулы диаметром до 20 мм и длиной 1,5...3 диаметра плотностью $900 \dots 1300 \text{ кг/м}^3$, из травяной и соломенной резки длиной 20...70 мм, или из полнорационных кормовых смесей брикеты диаметром до 65 мм, или нецилиндрической формы с наибольшими размерами 80 мм. Применяемые в животноводстве корма представляют собой полидисперсную систему, состоящую из частиц разного диаметра. Эта система является также многофазной, состоящей из твердой, жидкой и газообразной фаз. Под давлением объем газообразной фазы резко уменьшается и в процессе прессования трехфазная система практически достигает двухфазного состояния, частицы сближаются настолько, что начинают проявляться силы молекулярного сцепления.

На рынке сегодня представлено не только оборудование для гранулирования кормов, но и целые линии, в которые входят:

- грануляторы сухого корма;
- грануляторы сочных кормов;
- грануляторы жома.

Каждая единица оборудования линии подбирается таким образом, что максимально подходит к другой, что гарантирует высокую надежность всей линии и малозатратность производства.

Прессование кормов необходимо для улучшения их транспортабельности, снижения стоимости перевозок и объема складских помещений, обеспечения лучшей сохранности и поедаемости кормов животными.

Высушенные искусственным способом корма не сохраняют питательные вещества длительное время. После 6 - месячного хранения потери каротина в травяной муке составляют около 30%. Около 5% составляют и весовые потери при пересыпке, перевозке и переработке муки. Один из способов, сокращающих указанные потери - гранулирование травяной муки и брикетирование травяной резки. Такие корма по питательной ценности приближаются к концентратам, а по содержанию каротина значительно превосходят их.

Брикеты размером от 30х30 до 100х100 мм и длиной 20...200 мм получают из сечки стебельчатых кормов длиной 5...50 мм, гранулы в форме цилиндра диаметром 5...15 и длиной 10...30 мм готовят из комбикорма, дерти и травяной муки.

Процесс прессования кормов состоит из трех основных операций: кондиционирования сырья, его прессования и охлаждения готовых брикетов или гранул.

Кондиционирование включает операции дозирования кормов, воды, пара или связующих веществ(меласса, жиры) и смешивание их между собой

с целью повышения прочности брикетов или гранул и равномерного распределения в них исходного сырья.

В процессе прессования исходный материал разогревается в специальных матрицах. После выхода готовых брикетов или гранул из пресса их охлаждают чтобы привести в тепловое равновесие с окружающей средой и снять внутренние остаточные механические напряжения.

Для гранулирования кормов используют смесители-грануляторы СНГ-300"Корм" производительностью до 100 т в сутки, грануляторы типа ОГМ производительностью от 0,8 до 10 т/ч и оборудование для производства амидо-концентратных добавок АКД (75% комбикорма, 20% карбамида, 5% бентонита натрия) производительностью до 20 т в смену.

Наиболее совершенное оборудование прессования кормов ОПК-2 производительностью 2 т/ч. Оно универсально, то есть позволяет гранулировать и брикетировать комбикорма и травяную муку, сечку травы и кормовые смеси. Рассмотрим по рисунку 2.1 технологическую схему процесса прессования кормов при помощи оборудования ОПК-2.

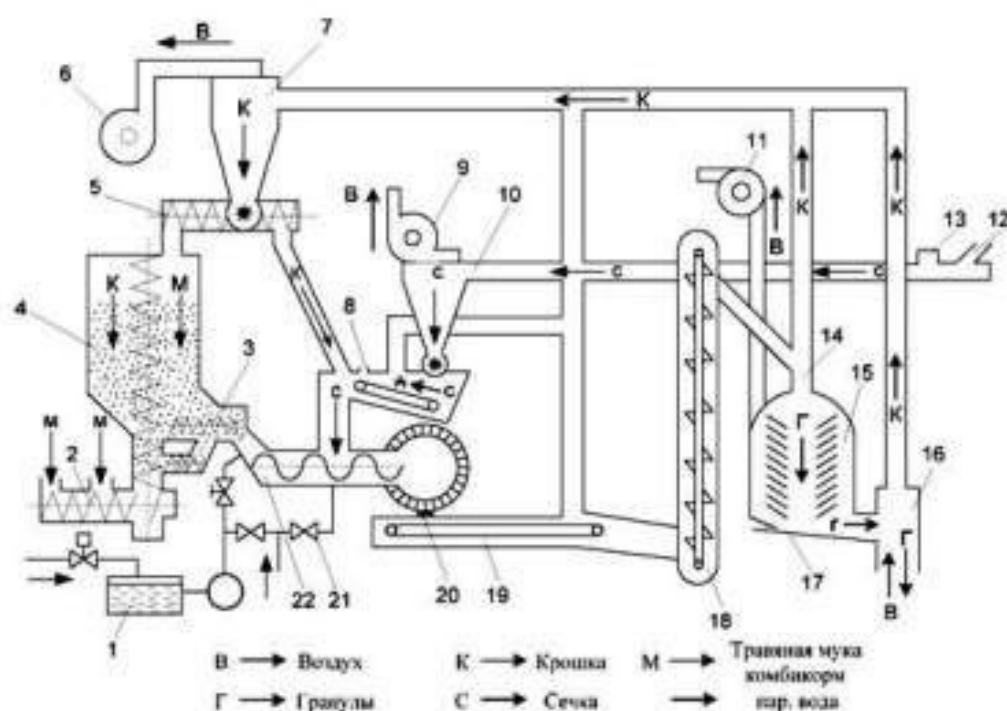


Рисунок 2.1. – Технологическая схема прессования кормов оборудованием ОПК-2.

Гранулируемый корм горизонтальным шнеком 2 и вертикальным шнеком загружается в накопительный бункер 4, из которого дозатором 3 выводится в смеситель-питатель 22 пресса 20. Одновременно в корм вводятся или вода в дозатор 3 из бака 1 или пар в смеситель 22 из паропроводов 21.

Увлажненный корм непрерывно вводится в пресс 20 и продавливается в радиальные отверстия кольцевой неподвижной матрицы, формируя гранулы. Выдавливаемые гранулы обламываются вращающимся обламывателем и транспортируются ленточным транспортером 19 и норией 18 через камеру предварительного сортирования 14 в охлаждающую колонку 15. Гранулы охлаждаются воздухом, засасываемым вентилятором 11.

По мере накопления в охлаждающей колонке 15 гранулы выгружаются вибровыгрузателем 17 через камеру окончательного сортирования 16 на затаривание. Крошка и негранулированный корм в камерах 14 и 16 отделяются от гранул воздушным потоком, создаваемым вентилятором 6, и через циклон 7 возвращаются транспортером 5 в бункер 4.

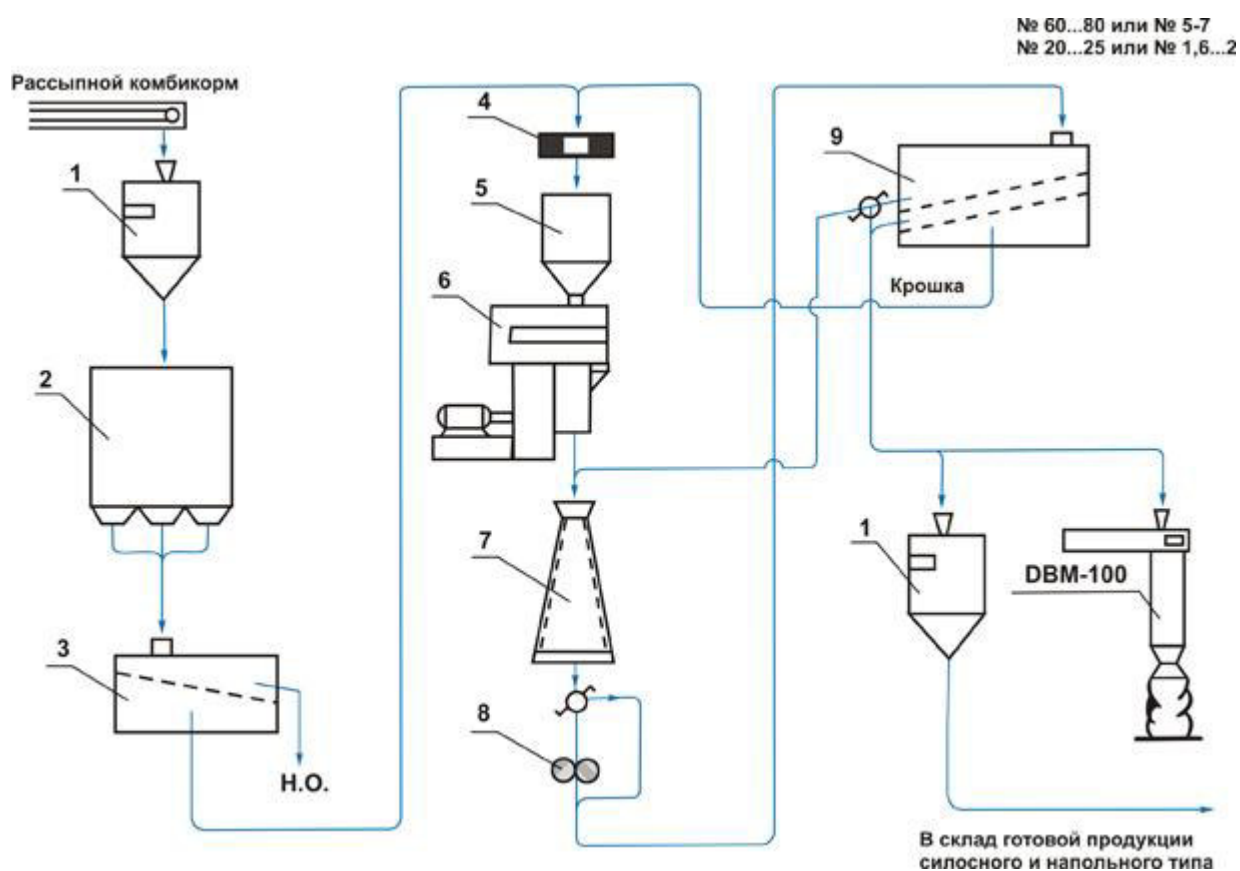
При брикетировании корма травяная сечка из сушильного агрегата засасывается вентилятором 9 через заборник 13 и накапливается в циклоне 10, а затем через шлюзовый затвор подается транспортером 8 в смеситель-питатель 22. В этом случае вода вводится в выгрузную горловину транспортера 8. Дальнейший путь брикетов - через пресс и далее аналогичен пути гранул. Неспрессованный корм и крошка возвращаются через циклон 7 на транспортер 8. Через шлюзовый затвор 12 в травяной корм можно добавлять соломенную сечку.

При брикетировании кормовых смесей комбикорм в пресс подается транспортером 2, травяная и соломенная сечка - транспортером 8.

2.2. Выбор и обоснование линии гранулирования кормов

Рассыпные корма и кормовые смеси, особенно содержащие много грубых компонентов, имеют ряд недостатков, отрицательно влияющих на их качество при хранении и перевозках. К ним относятся гигроскопичность, малая объемная масса и склонность к расслоению при перемещении. Самый эффективный способ устранения перечисленных недостатков – это прессование продуктов, гранулирование и брикетирование. Прессованные корма по сравнению с рассыпными обладают большей устойчивостью при хранении, сохраняют однородность смеси. Гранулированные комбикорма имеют следующие преимущества перед рассыпными: животные не всегда охотно поедают весь корм, чаще выбирают отдельные частицы. Состав же каждой гранулы одинаков, и при кормлении ими животные получают максимум питательных веществ; птицы затрачивают меньше энергии при поедании гранулированного комбикорма, чем рассыпного; потерь гранулированного комбикорма не бывает; кормушки меньше загрязняются, что повышает санитарное состояние животноводческих помещений и снижает заболеваемость животных, значительно повышается производительность труда рабочих, занятых в раздаче труда. Гранулированные комбикорма более транспортабельны, меньше подвергаются влиянию внешней среды и занимают меньший объем, чем одноименные рассыпные корма. Поэтому можно загружать ими вагоны и автомобильный транспорт до полной грузоподъемности. Использование в животноводстве гранулированных комбикормов позволяет увеличить привесы животных на 8 – 10%, снизить расход комбикормов не менее чем на 6%. На 85 – 90 % уменьшается бактериальная обсемененность комбикормов. Гранулирование комбикормов производится двумя способами – влажным и сухим. При влажном способе комбикорм перед прессованием увлажняют до 30 – 35 % горячей водой, температурой 70 – 80 °C. Гранулы получаются плотными и менее разбухаемыми в воде, что важно при

вскармливании их рыбам. Однако необходимость применения сушки гранул усложняет и сдерживает их производство, поэтому в настоящее время гранулированные комбикорма вырабатывают главным образом сухим способом. Схема гранулирования комбикормов и производство крупки из гранул сухим способом приведена на рис. 5.21. Рассыпной комбикорм после взвешивания на весах 1 поступает в бункер 2, а затем, пройдя через ситовой сепаратор 3 и магнитное заграждение 4, - в надпрессовый бункер 5. Рассыпной комбикорм гранулируют а пресс-грануляторе 6. По выходе из него гранулы охлаждаются в охлаждающей колонке 7.



1 – автоматические весы; 2 – бункер; 3 – сепаратор; 4 – магнитное заграждение; 5 – надпрессовый бункер; 6 – пресс-гранулятор; 7 – охлаждающая колонка; 8 – измельчитель гранул; 9 – просеиватель гранул.

Рисунок 2.2. – Схема гранулирования комбикормов сухим способом.

После охлаждающей колонки гранулы просеиваются на просеивателе 9, где отделяются мучнистые частицы и крошки.

При выработке гранулированных комбикормов для цыплят гранулы по выходе из охладительной колонки дробят на специальных вальцах 8, а затем просеивают на сепараторе.

Требования, предъявляемые к технологической линии гранулирования

- 1) На линии должны быть предусмотрены следующие операции: магнитная очистка, гранулирование, охлаждение и сортирование гранул
- 2) Емкость бункера над гранулятором должна быть рассчитана не менее чем на часовой запас комбикормов. При расчете емкости бункера принимать: объемную массу рассыпных комбикормов 0,5 т/м³, коэффициент использования объема бункера 0,9, угол наклона днищ бункера 60°.
- 3) Число бункеров должно соответствовать числу грануляторов.
- 4) При гранулировании комбикормов, содержащих муку грубых кормов, надгрануляторный бункер должен быть оборудован ворошителем, а гранулятор - подпрессовщиком.

2.3. Технологический расчет линии приготовления кормов

Расчет технологической линии производим, исходя из объема компонентов, необходимых для приготовления кормосмесей. Суточный расход по видам кормов берем из расчета генплана фермы.

Комбикорм $Q_{\text{комб.}}^{\text{комб.}} = 32,8 \text{ т};$

$Q_{\text{комб.}}^{\text{пти}} = 34,8 \text{ т}.$

Сенаж $Q_{\text{сенаж.}} = 76,4 \text{ т}.$

Зеленая масса $Q_{\text{зел.масса}} = 160 \text{ т}.$

Распределим все виды кормов по дачам: утренняя, дневная и вечерняя.

Результаты распределения заносим в табл. 2.1.

Таблица 2.1 Распределение корма по выдаче, %

	Сенаж	Комбикорм	Зеленная масса
Утренняя	50	50	30
Дневная	-	-	40
Вечерняя	50	50	30

Согласно данным таблицы 2.1 произведем расчет корма по выдаче и определим максимальную разовую дачу и сведем все расчеты в табл. 2.2.

Таблица 2.2 Распределение корма по выдаче, т

	Сенаж	Комбикорм в зимний период	Комбикорм в летний период	Зеленная масса
Утренняя	38,2	16,4	17,4	48
Дневная				64
Вечерняя	38,2	16,4	17,4	48

Максимальная разовая дача, исходя из данных таблицы 2.2, приходится на утреннее и вечернее время кормление.

2.3.2 Выбор оборудования, определение часовой производительности поточных линий

Задаемся продолжительностью приготовления корма $T=2$ ч.

Тогда производительность линий определим по формуле

$$P_{\text{линии}} = \frac{Q_m}{T}, \quad (2.1)$$

где Q_m —максимальная разовая выдача корма, т.

Линия комбикорма (расчет производим по наибольшему значению)

$$P_1 = \frac{17,4}{2} = 8,7 \text{ т/ч}.$$

Линия сенажа

$$П_2 = \frac{38,2}{2} = 19,1 \text{ т/ч}.$$

Зная производительность линий, определим количество машин и оборудования, необходимых для выполнения операций в каждой линии по формуле

$$n = \frac{П_{\text{линии}}}{П_{\text{машин}}}, \quad (2.2.)$$

где $П_{\text{линии}}$ — производительность линии, т/ч;

$П_{\text{машин}}$ — производительность машин по технической характеристике, т/ч.

Бункер-дозатор комбикорма

$$n_1 = \frac{8,7}{8} = 1,08.$$

Принимаем два бункера-дозатора (один принимаем дополнительно в случаи выхода из строя и чтобы, не нарушать технологический процесс кормления на ферме).

2.3.3. Расчет процесса гранулирования

Механизм гранулирования и брикетирования наиболее описывается молекулярной теорией в сочетании с механической. В качестве арактеристики брикетируемости корма служат порции материала до прессования V к объему полученного брикета V_k . При уплотнении в камере с постоянной площадью поперечного сечения будет справедливо выражение

$$\lambda_{\text{пл}} = \frac{V}{V_k} = \frac{h}{h_k}, \quad (2.3.)$$

где h и h_k — высота слоя до и после прессования в камере постоянного сечения.

Выразив объемы через их массу M и плотность, можно написать

$$\lambda_{\text{пл}} = \frac{M \cdot c}{M \cdot c_0} = \frac{c}{c_0}, \quad (2.4)$$

где ρ и ρ_0 - плотности полученного монолита и рыхлого материала до прессования.

При уплотнении в материале накапливается потенциальная энергия упругих деформаций, поэтому после снятия давления происходит его упругое расширение преимущественно в направлении прилагавшегося давления. Величина расширения характеризуется коэффициентом упругого расширения.

Наблюдения показали, что для грубостебельчатых кормов при однократном сжатии и быстром снятии давления $K_{y.p} = 2 \dots 2,5$. При этом монолиты получаются непрочными, имеют поперечные трещины и разваливаются. В то же время установлено, что если сжатый материал выдержать определенное время под тем же давлением, прочность монолита после снятия давления резко возрастает, а коэффициент упругого расширения уменьшается до $K_{y.p} = 1,1 \dots 1,15$.

Это объясняется тем, что с течением времени напряжения от упругих деформаций уменьшаются, рассасываются. Такое явление называется релаксацией. Напряжения при релаксации изменяются по формуле, предложенной Максвеллом,

$$\tau = \tau_{max} e^{-\frac{Gt}{\eta}} = \tau_{max} \exp\left(-\frac{Gt}{\eta}\right),$$

где τ_{max} - начальное напряжение в материале,

G — модуль сдвига, Па;

η - вязкость, Па·с;

t — текущее время, с.

Технологические расчеты рабочего процесса

Сформулирована основная гипотеза исследования, согласно которой в качестве внутренней характеристики системы выбрано энергетическое состояние среды в рабочем пространстве машины. Предполагается, что

рабочее пространство равномерно заполнено обрабатываемым полуфабрикатом

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. При этом в большинстве технологических машин механическая энергия передается обрабатываемому материалу через контактные поверхности рабочих органов, а мерой передаваемой энергии является напряженное состояние элементарного объема обрабатываемого материала.

Анализ механических процессов зернопереработки показал, что из механических процессов наибольшее значение потребляемой энергии расходуется на группу процессов изменения исходного вещества (полуфабриката), среди которых наиболее энергоемкие: процесс измельчения, процесс смешивания, процесс уплотнения, на которые выделяется до 95 % всей подводимой энергии. Эти процессы являются основными в технологических линиях по переработке растительного сырья в АПК. Остальные процессы (дозирование, сортирование, транспортирование) носят вспомогательную функцию и не могут рассматриваться как ресурсосберегающие.

Наиболее энергоемкие процессы: измельчение, смешивание, прессование и формование, были приняты в качестве ядра системы. Для этих процессов внутренней характеристикой является напряженное состояние полуфабриката в рабочем пространстве.

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

$$G_v^2 = \sigma_v^2 + \tau^2, \quad (2.5)$$

где σ_v – главное нормальное напряжение, τ – главное касательное напряжение.

Величины, входящие в зависимость (1), описывают процесс, происходящий в рабочем пространстве машины. Таким образом, можно говорить о классификации механических процессов по энергетическому состоянию полуфабрикатов, характеризуемому интенсивностью напряженного состояния и соотношением главных касательных и главных нормальных напряжений.

Внутренняя характеристика определяет текущее значение выходных величин – параметров эффекта. Для проведения эффективного синтеза машины параметры эффекта должны характеризовать масштаб процесса, его эффективность и качество полуфабриката. Параметры эффекта имеют многоуровневую структуру. На первом уровне находятся параметры эффекта, определяемые непосредственно из внутренней характеристики системы, например, производительность, мощность сил полезного сопротивления. На втором уровне – параметры эффекта, определяемые с помощью параметров эффекта первого уровня. На третьем уровне расположены параметры, определяемые с помощью параметров эффекта второго и первого уровней.

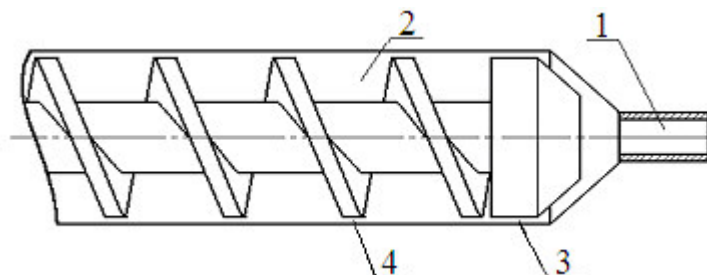
Многокритериальная оптимизация параметров эффекта машины сводится к отысканию максимума одного из параметров высшего уровня при выполнении ограничений, наложенных на остальные параметры эффекта.

Выполнение многокритериальной оптимизации вызывает изменение определенным образом величин, формирующих внутреннюю характеристику системы, чем достигается глобальное оптимальное проектное решение.

«Совершенствование экструдеров для получения комбикормов повышенной усвояемости» исследованы процессы измельчения и смешивания при экструдировании, разработаны предложения для использования этих процессов при получении качественных комбикормов. Предложены

характеристики воздействия шнекового прессующего механизма на полуфабрикат – сдвиг в прессуемом материале и путь смешивания прессуемого материала.

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 2.3.



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

Рисунок 2.3 – Схема рабочего пространства шнекового прессующего механизма:

В шнековом механизме полуфабрикат движется по полостям сложной конфигурации. Обычно их заменяют парами параллельных плоскостей. Принято, что свойства полуфабриката описывает уравнение Оствальда-де Виля.

Система координат выбрана, как показано на рисунке 2.4.

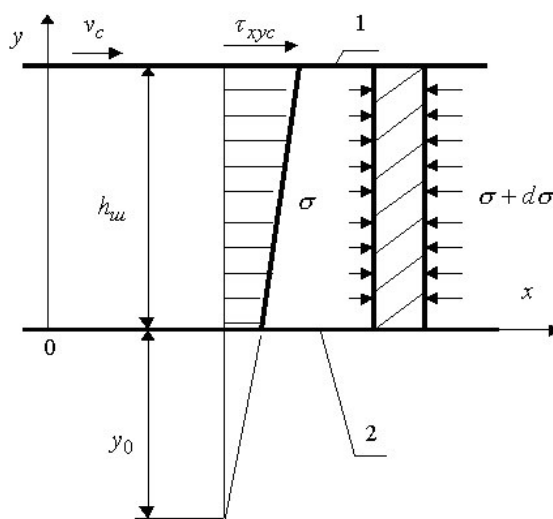


Рисунок 2.4 – Схема модели шнекового канала:

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

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

$$t = L_{пол}(y)/v_x(y). \quad (2.6)$$

Величина $L_{пол}(y)$ определена геометрией полости.

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

В осесимметричных полостях фильтр 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 $\dot{\gamma}_z$ в направлении оси Oz постоянен.

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

$$\gamma_z = \dot{\gamma}_z t_K. \quad (2.7)$$

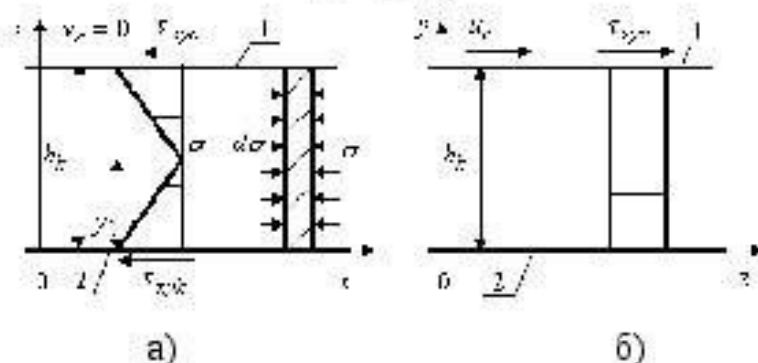


Рисунок 2.5 – Схема компрессионного затвора и зазора утечек шнекового прессующего механизма.

а) движение продукта вдоль оси шнека; б) движение продукта в окружном направлении; 1 – плоскость, замещающая шнековый цилиндр, 2 – плоскость, замещающая компрессионную шайбу

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

$$\gamma_k = \sqrt{\gamma_x^2 + \gamma_z^2}. \quad (2.8)$$

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. Будем полагать, что однородность сдвига в полости компрессионного затвора определяет коэффициент однородности

$$\kappa_{op} = (\gamma_{\max} - \gamma_{\min}) / \gamma_{cp}. \quad (2.9)$$

Анализ диаграмм изменения деформации сдвига в канале шнека показывает незначительное влияние шага витков шнека на деформацию сдвига. Сдвиг неравномерно распределен по высоте канала шнека. Вблизи дна канала существует область, где материал не подвержен значительному сдвигу. Около шнекового корпуса сдвиг в материале достигает больших значений.

В компрессионном затворе нет участков, где сдвиг стремится к нулю, поэтому в нем можно ожидать наиболее интенсивного изменения свойств полуфабриката. 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 технологическом аппарате, в том числе 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

$$s_{\text{см}} = \int_0^t \sqrt{v_x^2(y) + v_z^2(y)} dt. \quad (2.10)$$

Среднее значение пути смешивания в полости компрессионного затвора определено по теореме о среднем.

Используя среднее значение пути смешивания $s_{\text{ср}}$, можно оценить однородность этой величины в ядре потока по рассматриваемой полости, то есть без учета пристенного слоя, где величина пути смешивания стремится к нулю. В канале шнека в связи с проскальзыванием материала по дну канала и движением верхней пластины пристенный слой не рассматривается. Однородность пути смешивания в полости компрессионного затвора оценивает коэффициент однородности

$$\lambda_{\text{оз}} = (s_{\text{смmax}} - s_{\text{смmin}}) / s_{\text{ср}}. \quad (2.11)$$

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.

Сдвиг в материале, попавшем в полость утечек, и путь смешивания можно определять как в описанной выше механической модели в

предположении, что лопасть шнека на протяжении одного ее шага заменяется шайбой с диаметром равным внешнему диаметру лопасти шнека.

Описаны средства получения и обработки данных экспериментальных исследований.

Лабораторный стенд, разработанный на основе пресса-экструдера ПЭШ-30/4, позволяет измерять возникающее в процессе экструзии давление в материале перед компрессионным затвором и после него, температуру в головке пресса, угловую скорость вращения шнека, потребляемую электрическую мощность процесса экструдирования, производительность экструдера. Лабораторный стенд укомплектован двумя матрицами: с цилиндрической фильерой и двумя щелевыми фильерами; пятью шнеками, отличающимися шагом винтовой лопасти; комплектом сменных шкивов.

Для определения реологических параметров полуфабриката разработано устройство, измеряющее усилия, развиваемые в шнековом прессующем механизме в процессе работы, состоящее из двух фланцев на шнековом корпусе. На каждом фланце установлены три болта, стягивающих фланцы. Под головки болтов установлены тензометрические втулки (рисунок 2.6). Крестиками на рисунке схематично обозначены места расположения втулок.

Сечение А-А расположено на конце шнека, перед насадкой, а сечение Б-Б непосредственно перед входом в матрицу.

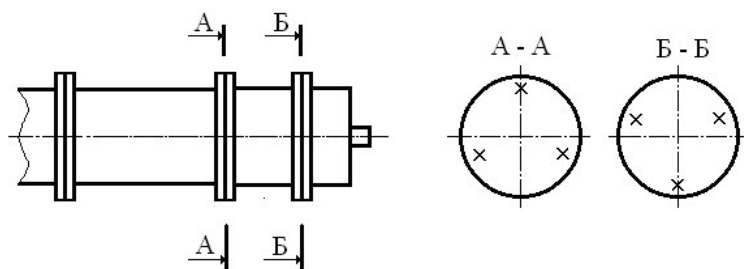


Рисунок 2.6 – Схема устройства измерения давлений в шнековом прессе

Измерение температуры производилось в установившемся режиме экструдирования термометром сопротивления, который располагается внутри корпуса шнека непосредственно перед матрицей в сквозном отверстии.

Мощность сил полезного сопротивления определяли по электрической мощности с учетом потерь в двигателе и в передаточных механизмах.

Необходимые для вычисления сдвига и пути смешивания расчетные параметры были определены по математической модели процесса экструдирования.

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. Прочность определяли на приборе Строганова.

С использованием устройства, изображенного на рисунке 7, получены параметры уравнения Оствальда-де Вилия для исследованных полуфабрикатов при различной влажности и температуре.

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

Исследование 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 $h_{\text{цф}}$, а также влажности экструдированного материала W позволило получить эмпирическую зависимость вида

$$y = a_0 + a_1 W + a_2 h_{\text{цф}} + a_3 W h_{\text{цф}} + a_4 W^2 + a_5 h_{\text{цф}}^2, \quad (2.12)$$

где y принимает значение τ , S , E , коэффициенты a являются функциями ω и n . Анализ коэффициентов уравнения (9) позволяет сделать заключение о существенном влиянии на исследуемые параметры процесса местных сопротивлений в головке экструдера. Построение поверхностей отклика показывает возможность оптимизации процесса по параметрам τ , S , E .

Исследование процесса измельчения на примере кормосмеси дает основание предположить, что степень предварительного измельчения не оказывает существенного влияния на реологические свойства материалов растительного происхождения при скоростях сдвига в исследованных режимах экструдирования.

Результаты эксперимента по оценке влияния времени смешивания на однородность смешивания позволяют сделать заключение, что шнековый прессующий механизм обладает смешивающими свойствами, однако не позволяет добиваться высокой однородности смесей. Предел прочности экструдата на срез и степень вспучиваемости не зависят от степени предварительного смешивания, а производительность, энергоемкость и относительное изменение степени смешивания существенно зависят от шага шнека.

Качество гранул ухудшается с увеличением влажности экструдата.

3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Обоснование выбора предлагаемого гранулятора кормов.

Предлагаемая конструкция относится к прессам средней мощности.

Применение данного пресса обусловлено региональными особенностями в связи с затруднением поиска сырьевой базы и мощностей хозяйства.

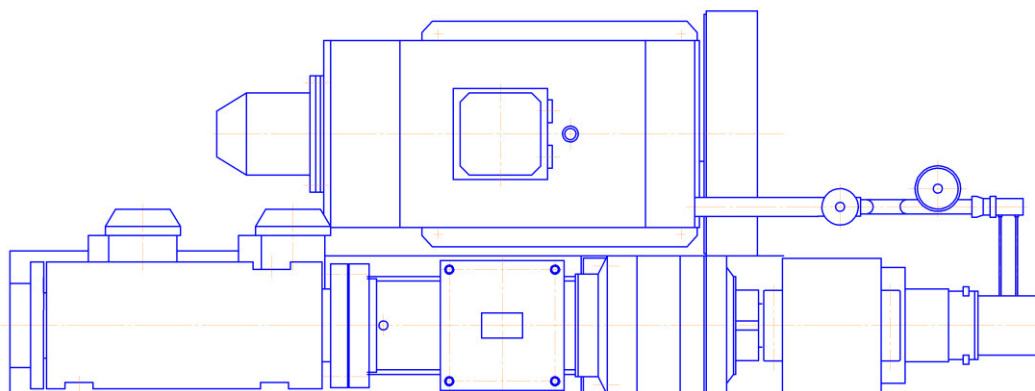
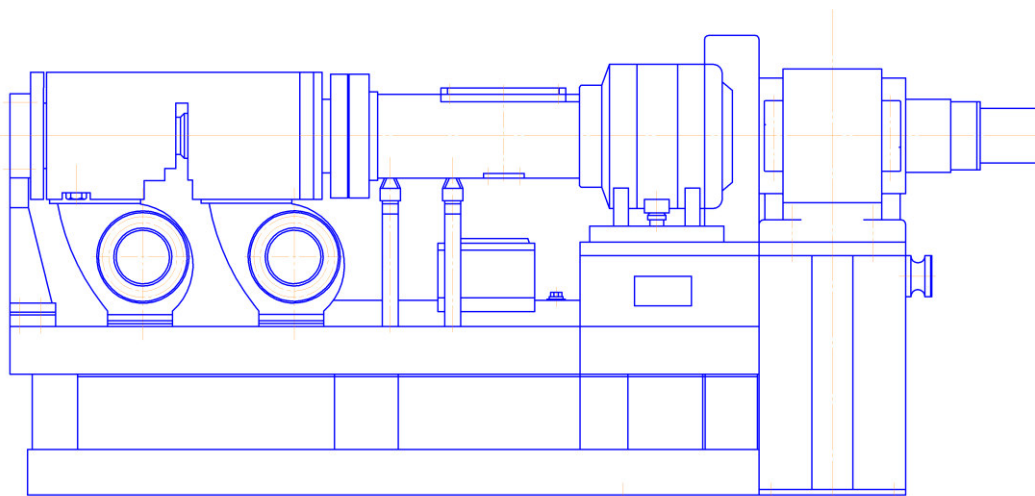


Рисунок 3.1. – Предлагаемая конструкция гранулятора кормов.

					ВКР.35.03.06.227.21.ГК.00.00.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Гранулятор кормов		
Разраб.	Хаметшин И.У.			03.21			
Пров.	Хусаинов Р.К.			03.21			
Н. контр.	Хусаинов Р.К.			03.21			
Зав. каф.	Халиуллин Д.Т.			03.21			
					Литер	Лист	Листов
					у	1	16
					Казанский ГАУ Кафедра МДА группа Б 272-04у		

Наряду с такими критериями оценки достоинства пресса, как качество вырабатываемой на нём продукции, простота обслуживания, важную роль играют и технико-экономические показатели его работы: удельные энергозатраты на гранулирование, стоимость пресса, металлоемкость и т. п.

Несмотря на то, что в настоящее время потребности промышленности в прессах в основном удовлетворяются за счет выпуска новых (современных), все же на предприятиях еще имеется некоторое количество ранее спроектированных прессов. Эти пресса, хотя и уступают по некоторым показателям современным образцам, часто имеют ряд преимуществ, которые делают вполне обоснованным и даже необходимым изучение прессов данного типа, ибо при этом появляется возможность использовать при проектировании тот или иной удачный узел, заимствованный из старого пресса.

3.2. Конструктивный расчет пресса

3.2.1. Производительность прессов Π (т/ч) :

$$\Pi = Ft \left(\frac{n}{60} \right) \cdot \rho \varphi, \text{ где}$$

F —площадь кольцевого выходного отверстия или сумма площадей отдельных отверстий диска;

$$F=3,26 \text{ м}^2;$$

t — шаг наклонного витка, расположенного в выходной щели;

$$t=0,32 \text{ м};$$

n —частота вращения вала шнека, мин ;

$$n=40,6 \text{ об/мин};$$

ρ — плотность отжатого жома;

$$\rho=16 \text{ кг/м}^3;$$

					ВКР.35.03.06.227.21ГК.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

φ —отношение площади, занятой прерывистыми витками шнека, к площади винтовой поверхности, на которой расположены прерывистые витки (расчет производится для одного витка у выходной щели);

$$\varphi=0,5.$$

Подставив данные в формулу найдем производительность гранулятора: $\Pi=12$ (т/ч).

Производительность шнека в 1-м сечении Π_i (м³/с) определяется по уравнению:

$$\Pi_i = \left[\left(\pi(D^2 - d^2) \frac{S_i K_{\text{нпi}}}{4} \right) - V_{\text{Bi}} \right] \frac{n}{60}, \text{ где}$$

D — наружный диаметр шнека;

$$D=0,50 \text{ м};$$

d — средний диаметр корпуса шнека на данном участке;

$$d=0,2 \text{ м};$$

S_i — шаг витка на данном участке;

$$S_i=0,32 \text{ м};$$

n — частота вращения шнека;

$$n=7,5 \text{ мин}^{-1};$$

V_{Bi} — объем, занимаемый витками шнека на длине одного шага;

$$V_{\text{Bi}}=0,25 \text{ м}^3;$$

$K_{\text{нпi}}$ -коэффициент перемещения, учитывающий проворачивание жома; $K_{\text{нпi}}=0,85$.

Подставив данные в формулу найдем производительность шнека в 1-м сечении: $\Pi_i=0.31$ (м³/с).

					ВКР.35.03.06.227.21.ГК.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.2.2. Кинематический расчет привода

1. Выбор электродвигателя.

2. Определяем к.п.д. передачи:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{р.п.}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ц.п.}},$$

где $\eta_{\text{р.п.}}$ – к.п.д. ременной передачи,

$$\eta_{\text{р.п.}} = 0,96;$$

$\eta_{\text{ред}}$ – к.п.д. редуктора,

$$\eta_{\text{ред}} = 0,95;$$

$\eta_{\text{ц.п.}}$ – к.п.д. цепной передачи,

$$\eta_{\text{ц.п.}} = 0,95;$$

$$\eta_{\text{общ}} = 0,96 \cdot 0,95 \cdot 0,75 = 0,87.$$

3. Определяем необходимую мощность двигателя:

$$P_{\text{нх}} = \frac{P_{\text{элх}}}{\eta_{\text{общ}}};$$

$$P_{\text{нх}} = 2,5;$$

$$\eta_{\text{общ}} = 0,87;$$

$$P_{\text{нх}} = \frac{2,2}{0,87} = 2,5 \text{ кВт.}$$

4. По требуемой мощности подбираем двигатель: трехфазный, асинхронный серии 4А (по ГОСТ 19523 – 81).

$P_{\text{дв}} = 13 \text{ кВт}$ – мощность двигателя.

5. Подбираем частоту вращения двигателя.

Определяем общее передаточное число:

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{р.п.}} \cdot U_{\text{ред}} \cdot U_{\text{ц.п.}};$$

где $U_{\text{р.п.}}$ – передаточное число ременной передачи,

$$U_{\text{р.п.}} \leq 4,$$

$U_{\text{ред}}$ – передаточное число редуктора,

$$U_{\text{ред}} \leq 3,55;$$

$U_{цп}$ – передаточное число цепной передачи,

$$U_{цп} \leq 4;$$

$$U_{общ\ max} = 4 \cdot 3,55 \cdot 4 = 56,8;$$

$$n_{звзс} = 40 \text{ об/мин.}$$

$$\text{Вариант 1: } n_{д1} = 3000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$U_1 = \frac{n_{д1}}{n_{звс}} = \frac{3000}{40} = 75.$$

$$\text{Вариант 2: } n_{д2} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$U_2 = \frac{n_{д2}}{n_{звс}} = \frac{1500}{40} = 37,5.$$

$$\text{Вариант 3: } n_{д3} = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

$$U_3 = \frac{n_{д3}}{n_{звс}} = \frac{1000}{40} = 25.$$

$$\text{Вариант 4: } n_{д4} = 750 \text{ мин}^{-1}.$$

$$U_4 = \frac{n_{д4}}{n_{звс}} = \frac{750}{40} = 18,75.$$

Анализируя передаточное отношение, приходим к выводу, что оптимальный вариант будет в том случае, когда $n_{д} = 1500$ об/мин и передаточное число 37,5.

Предпочтение отдаем двигателям с большей скоростью, поэтому, двигатель 1000 об/мин и 750 об/мин не принимаем

Определяем номинальную частоту вращения и запишем марку двигателя: 4A100S4Y3.

$$\text{Скольжение } S = 4,4\%.$$

$$\text{Мощность двигателя } P_{д} = 3 \text{ кВт.}$$

$$\text{Частота вращения } n_{д} = 1500 \text{ об/мин.}$$

Номинальная частота вращения:

$$n_{ном} = 1500 - 4,4 \cdot 10 = 1434 \text{ об/мин.}$$

$$15 + 2 \cdot 10 = 50 \text{ мм}$$

3.3 Техника безопасности

Требование безопасности к конструкции гранулятора кормов

Монтаж эксплуатации и ремонт оборудования производится предприятием в соответствии с эксплуатационной документацией.

Корпус оборудования, электрошкафы надежно заземлены. Проведение планового ремонта и технического обслуживания оборудования, осуществляется согласно плана графика. Ступеньки обеспечены поручнями, а рабочие места - защитным ограждением.

Общие требования безопасности

Оператор допускается к работе, пройдя инструктаж по технике безопасности и промышленной санитарии, прошедший медицинский осмотр, хорошо изучивший ее устройство и принцип работы. Так же получает специальную одежду. Допускаются лица старше 18 лет.

Опасными факторами при выполнении работ являются: скользкие ступеньки, недостаточное освещение, вращающиеся ножи. Все механизмы должны быть тщательно осмотрены со сменщиком, смазаны и проверены на холостом ходу. Выявленные неисправности должны быть устранены.

Находясь на территории, в цехах не распивать спиртные напитки, курить в отведенных специальных местах.

Требования безопасности перед началом работ

Необходимо проверить и надеть установленную для этого вида работ спецодежду. Одежда должна быть застегнута на все пуговицы. Получить наряд.

Проверить и подготовить к работе свое рабочее место, в зоне 1 м должно быть все свободно от посторонних предметов.

Убедиться, что рабочее место достаточно освещено и свет не слепит глаза.

					ВКР.35.03.06.227.21ГК.00.00.ПЗ	Лист
Име.	Лист	Подпись	Дата			6

Требования безопасности во время работы

- категорически запрещается находиться на рабочем месте в нетрезвом состоянии;
- запрещается работать без спецодежды;
- отлучаться с места работы;
- соблюдать общие и специальные правила по технике безопасности при работе в цехе;
- не допускать посторонних лиц на машину во время работы;
- производить санитарную обработку при включенном блоке управления.

Требования безопасности в аварийной ситуации

- при возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к несчастным случаям, принять все меры по устранению и ликвидации;
- при необходимости оказать первую медицинскую помощь себе и пострадавшим.

Требования безопасности по окончании работ

Мойку инструмента производить на месте. Запрещается ударять по инструменту с целью удаления с него оставшихся зерен продукта. Рекомендуется для этого использовать щетку с жестким волосом. После мойки и чистки оборудования, все устройства должны быть приведены в исходное положение.

По окончании работы принять меры исключаящие опасность для людей при отсутствии оператора-производителя на своём месте, очистить спецодежду. Записать в журнал сведения об отношении в технологическом процессе и сообщить мастеру.

Ответственность за нарушение требований безопасности

За нарушение правил техники безопасности и требований производственной санитарии, оператор несет дисциплинарную, материальную и уголовную ответственность.

					ВКР.35.03.06.227.21ГК.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Подпись	Подпись	Дата		7

Расчет искусственного освещения

1. Выбор источника света [19,20].

Так как температура в помещении не падает ниже 10°C , выбираем газоразрядные лампы.

2. Выбор системы освещения.

В цеху по переработке молока применяем общее освещение, так как оно равномерно распределяет световую энергию.

3. Выбор типа светильника.

Выбираем люминесцентные лампы.

4. Распределение и определение количества светильников.

Высота помещения 4 метра.

Высота подвеса светильников $h_c = 2,8 \text{ м}$

Определяем расстояние между центрами светильников.

$$L_c = 1,4 \cdot h_c,$$

где 1,4 – коэффициент по таблице 2.1.1. [7,8]

$$L_c = 1,4 \cdot 2,8 = 3,9 \text{ м}$$

Для данного участка размерами 6 x 14 определяем число рядов светильников.

$$N = ((B - 2L) / (L_c)) + 1,$$

где B – ширина помещения

$$L = 1/3 \cdot L_c = 1/3 \cdot 3,9 = 1,3 \text{ м.}$$

$$N = ((6 - 2 \cdot 1,3) / 3,9) + 1 = 2.$$

Определение нормируемой освещенности.

Установка разряда выполняемых работ по цеху.

Средняя точность разряда зрительной работы IV.

Большинство зрительных работ, выполняемых в цеху – это работы средней точности, поэтому, на основании анализа трудовых операций, берем общую освещенность $E = 140$ лк ($E_{норм} = 120$ лк).

Определяем для данного помещения число светильников по формуле:

$$N = (E_n \cdot K_z \cdot S_n \cdot L) / (n_c \cdot \Phi \cdot \eta),$$

где E_n – нормированная минимальная освещенность, лк,

S_n – площадь освещаемого участка, m^2 ;

$$S_n = 84 m^2.$$

L – коэффициент минимальной освещенности.

$$L = E_{cp} / E_{min} = 1,1 / 1,5;$$

для люминесцентных ламп $L = 1,1$;

n_c – количество ламп в светильнике, $n_c = 2$;

K_z – коэффициент запаса,

$$K_z = 1,2 / 2,0 \quad \text{берем из [7,8]}$$

$$K_z = 1,5;$$

η – коэффициент использования светового потока лампы:

$$\eta = 0,2 / 0,6 \quad \text{берем [7,8]}$$

$$\eta = 0,4$$

Φ – поток одной лампы, лм.

Для ЛБ - $\Phi = 3000$ лк:

$$N = (140 \cdot 1,5 \cdot 84 \cdot 1,1) / (3000 \cdot 2 \cdot 0,4) = 8,08.$$

Принимаем $N = 8$ светильников ЛГД-40.

3.4 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

3.5 Экономическое обоснование конструкции

Для сравнения технико-экономических показателей определения годового экономического эффекта, показатели разработанной машины сравнивались с показателями пресс-гранулятора ОГМ.

Необходимые данные для сравнения машин представлены в таблицы 3.1

Таблица 3.1 – Исходные данные для сравнения технико-экономических показателей

Показатели	Единица измерения	Предлагаемая конструкция	ОГМ-8
Балансовая стоимость	руб.	339050	345000
Производительность	т/ч	3,2	2
Масса конструкции	кг	285	290
Установленная мощность	кВт	1,5	3
Годовой фонд времени	ч	925	925
Нормы амортизации	руб./ч	10	10
Нормы РТО	руб./т	16	16

3.5.1. Стоимость конструкции определяется по формуле:

$$C_{\delta}^1 = \frac{C_{\delta}^0 G^1}{G^0}, \quad (3.1)$$

где G^0 – масса прототипа, кг;

G^1 – масса предлагаемой конструкции, кг;

C_{δ}^0 – балансовая стоимость прототипа, руб.;

C_{δ}^1 – балансовая стоимость предлагаемой конструкции, руб.

Отсюда получаем стоимость конструкции:

$$C_{\sigma}^1 = \frac{34500 \cdot 285}{290} = 33905 \text{ руб.}$$

3.5.2 Металлоемкость установки определяется по формуле:

$$M_e^1 = \frac{G^1}{W^1 T_{\text{год}} T_{\text{сл}}}, \quad (3.2)$$

где W – часовая производительность;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы машины ($T_{\text{сл}} = 10 \text{ лет}$).

$$M_e^1 = \frac{285}{3,2 \cdot 925 \cdot 10} = 0,0096 \text{ кг./т.}$$

$$M_e^2 = \frac{290}{2 \cdot 925 \cdot 10} = 0,0157 \text{ кг./т.}$$

3.5.3 Фондоёмкость процесса определяется по формуле:

$$F_e^1 = \frac{C_{\sigma}^1}{W^1 T_{\text{год}} T_{\text{сл}}}, \quad (3.3)$$

$$F_e^1 = \frac{33905}{3,2 \cdot 925 \cdot 10} = 1,14 \text{ руб./т}$$

$$F_e^2 = \frac{34500}{2 \cdot 925 \cdot 10} = 1,86 \text{ руб./т}$$

3.5.4 Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$T_e^1 = \frac{\sum n_p^1 T_{\text{год}}}{W^1 T_{\text{год}}} = \frac{\sum n_p^1}{W^1}, \quad (3.4)$$

где n_p – количество рабочих, обслуживающих машину, чел

$$T_e^1 = \frac{1}{3,2} = 0,3 \text{ чел./т}$$

$$T_e^2 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ чел.ч/т}$$

3.5.5 Энергоемкость определяется по формуле:

$$\mathfrak{E}_e^1 = \frac{(N_z^1 + N_{\kappa z}^1) T_{\text{зод}}^1}{W^1 T_{\text{зод}}} = \frac{N^1}{W^1}, \quad (3.5)$$

где N_z^1 – мощность электродвигателя,

$$\mathfrak{E}_e^1 = \frac{1,5}{3,2} = 0,4 \text{ кВт·ч/т}$$

$$\mathfrak{E}_e^2 = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ кВт·ч/т}$$

3.5.6 Себестоимость выполнения работ определяется по формуле:

$$S_{\text{зкс}}^1 = C_{\text{зн}} + C_z + C_A + C_{\text{РТО}}, \quad (3.6)$$

где $C_{\text{зн}}$ – заработная плата производственных рабочих, руб./т;

C_z – стоимость электроэнергии, руб

C_A – амортизационные отчисления, руб./ч,

$C_{\text{РТО}}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./т;

$$C_{\text{зн}} = z T_{\text{зод}} k_d k_{\text{см}} k_{\text{от}} k_{\text{сс}}, \quad (3.7)$$

где z – тарифная ставка рабочих, руб./чел.ч,

$$C_{\text{зн}} = 39,63 \cdot 0,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 19,3 \text{ руб./т},$$

$$C_{\text{зн}2} = 39,63 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,12 = 32,2 \text{ руб./т},$$

$$C_z = \mathfrak{E}_e D$$

$$C_z = 0,4 \cdot 1,28 = 0,5 \text{ руб.}$$

$$C_z = 1,5 \cdot 1,28 = 1,9 \text{ руб.}$$

$$C_A = 0,01 \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{зод}}}$$

где a – коэффициент амортизационных отчислений за год,

$$C_A = 0,01 \frac{33905 \cdot 10}{3,2 \cdot 925} = 1,14 \text{ руб./т.}$$

$$C_{A2} = 0,01 \frac{34500 \cdot 10}{2 \cdot 925} = 1,86 \text{ руб./т.}$$

$$C_{PTO} = 0,01 \frac{C_{\delta} \cdot H_{пто}}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (3.8)$$

где H_{PTO} – норма затрат на ремонт техническое обслуживание.

$$C_{PTO} = 0,01 \frac{33905 \cdot 16}{3,2 \cdot 925} = 1,8 \text{ руб./т.}$$

$$C_{PTO} = 0,01 \frac{34500 \cdot 16}{2 \cdot 925} = 2,9 \text{ руб./т.}$$

$$S_{\text{экс}}^1 = 19,3 + 0,5 + 1,14 + 1,8 = 22,74 \text{ руб./т.}$$

$$S_{\text{экс}}^2 = 32,2 + 1,9 + 1,86 + 2,9 = 38,86 \text{ руб./т.}$$

3.5.7 Приведенные затраты определяются по формуле:

$$S_{np} = S_{\text{экс}} + Ek_{y\partial}, \quad (3.9)$$

$$k_{y\partial} = \frac{C_{\delta}}{W^1 T_{\text{год}}}, \quad (3.10)$$

$$k_{y\partial} = \frac{33905}{3,2 \cdot 925} = 11,4$$

$$k_{y\partial 2} = \frac{34500}{2 \cdot 925} = 18,6$$

$$S_{np1} = 22,74 + 0,15 \cdot 11,4 = 24,45 \text{ руб./т.},$$

$$S_{np2} = 38,86 + 0,15 \cdot 18,6 = 41,65 \text{ руб./т.}$$

3.5.8 Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_{\text{жк}}^0 - S_{\text{жк}}^1) W^1 T_{\text{год}}^1. \quad (3.11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (38,86 - 22,74) \cdot 3,2 \cdot 925 = 47715 \text{ руб.}$$

3.5.9 Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = (S_{\text{жп}}^0 - S_{\text{жп}}^1) W^1 T_{\text{год}}^1. \quad (3.12)$$

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = (41,65 - 24,45) \cdot 3,2 \cdot 925 = 50912 \text{ руб}$$

3.5.10 Срок окупаемости дополнительных капиталовложений определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \left(\frac{K_2}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} - \frac{K_1}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \right) \cdot \frac{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (6.13)$$

$$T_{\text{ок}} = \left(\frac{34500}{2 \cdot 925} - \frac{33905}{3,2 \cdot 925} \right) \cdot \frac{3,2 \cdot 925}{47715} = 0,4 \text{ год.}$$

3.5.11 Коэффициент эффективности дополнительных капитала вложений определяется по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{\Delta k} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}. \quad (3.14)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

Таблица 3.2 – Техничко-экономические показатели гранулятора кормов

Показатели	Единица измерения	Предлагаемая конструкция	ОГМ
Металлоемкость	кг/т	0,0096	0,0157
Энергоемкость	кВт·ч/т	0,4	1,5
Трудоемкость	чел·ч/т	0,3	0,5
Фондоемкость	руб./т	1,14	1,86
Удельные капиталовложения	руб./т	11,4	18,6
Приведенные затраты	руб./т	24,45	41,65
Годовой экономический эффект	руб.	50912	-
Годовая экономия	руб.	47715	-
Срок окупаемости	год	0,4	-
Коэффициент эффективности капиталовложений		2,5	-
Себестоимость	руб./т	22,74	38,86

Определенные технико-экономические показатели сведены в таблицу 3.2, из которой видно, что замена существующих конструкций экструдера на предлагаемую позволит снизить стоимость производства с одновременным сокращением металлоемкости и энергоемкости процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема создания технологического оборудования для приготовления комбинированных кормов на животноводческих фермах любого вида и размера является актуальной и имеет большое научное и практическое значение. Проведенный анализ основных направлений совершенствования процессов и оборудования для приготовления комбикормов позволил выбрать и обосновать перспективные направления в создании эффективной техники и определить место экструзионной технологии в этой системе процессов.

В работе разработана новая конструкция гранулятора кормов. Также проведены инженерные расчеты, которые включают в себя расчет производительности конструкции.

Помимо инженерных расчетов был также произведен кинематический расчет привода.

Применительно к гранулятору привели основные положения эксплуатации и правила безопасного обслуживания, а также монтаж конструкции.

В данной работе был проведен анализ конструкций грануляторов и принцип действий. Предлагаемая конструкция, хотя и уступает по некоторым показателям современным образцам, но также имеет ряд преимуществ (универсальность, несложная работа по загрузке и выгрузке шнековой камеры, простое обслуживание для персонала и т. д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Алешкин, В.Р. Механизация животноводства / В.Р. Алешкин. - М.: Агропромиздат, 1985.
- 2 Анурьев, В.Н. Справочник конструктора-машиностроителя / В.Н. Анурьев. - Т.1-3. - М.: Машиностроение, 1967.
- 3 Булгариев Г.Г., Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных работ
- 4 Брагинец, И.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства / И.В. Брагинец, Д.А. Палишкин. - М.: Колос, 1978.
- 5 Завражнов, А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев – М.: Агропромиздат, 1990. – 336с.
- 6 Зайцев, А.Т. Механизация производственных процессов в сельском хозяйстве / А.Т. Зайцев. - М.: Агропромиздат, 1986-350 с.
- 7 Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве / Б.И. Зотов, В.И. Курдюмов – М.: Колос, 2000. – 424с.
- 8 Клецкин, М.И. Справочник конструктора с/х машин / М.И. Клецкин. - М.: Машиностроение. Т. 1-4, 1969.
9. Князев, А.Ф. Механизация и автоматизация животноводства / А.Ф. Князев, Е.И. Резник, С.В. Рыжов и др. – М.: Колос, 2004.
- 10 Коба, В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич. – М.: Колос, 2000.
11. Кулаковский, И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов / И.В. Кулаковский, Ф.С. Кирпичников, Е.И. Резник. - М.: Россельхозиздат, 1987-285 с.
12. Лисовский, И.В. Справочная книга по механизации кормопроизводства / И.В. Лисовский - Л.: Лениздат, 1984-268 с.
13. Мельников, С.В. Механизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. - М.: Колос, 1969.

14. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. - Л.: Колос, 1978.
15. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм комплексов / С.В. Мельников. - Л.: Агропромиздат, 1985-639 с.
16. Мудров, А.Г. Текстовые документы - Учебно-справочное пособие / А.Г. Мудров. - Казань: РИЦ «Школа», 2004. - 144с.
17. Решетов, Д.Н. Детали машин. Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов / Д.Н. Решетов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 496с.
18. Роцин, П.М. Механизация животноводства / П.М. Роцин, В.Р. Алешкин. - М.: Агропромиздат, 1985.
19. Щедрин, В. Т. Механизация приготовления кормов : учебное пособие / В. Т. Щедрин, С. М. Ведищев. - Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1998.
20. Ясенецкий, В. А. Машины для измельчения кормов / В. А. Ясенецкий, П. В. Гончаренко. - К. : Тэхніка, 1990.