

**ФГБОУ ВПО 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 гранулированных кормов с разработкой гранулятора

Шифр ВКР.35.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ

Студент 231 группы

\_\_\_\_\_

подпись

Шайхутдинов Э.И.

Ф.И.О.

Руководитель доцент  
ученое звание

\_\_\_\_\_

подпись

Нафиков И.Р.

Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол № 16 от 19 июня 2017 г.)

Зав. Кафедрой доцент  
ученое звание

\_\_\_\_\_

подпись

Халиуллин Д.Т.

Ф.И.О.

**Казань – 2017г.**

**ФГБОУ ВПО 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

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
« 15 » мая 2017 г.

### **ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу**

Студенту Шайхутдинову Эмилю Ильдусовичу

Тема ВКР Совершенствование технологии приготовления гранулированных  
кормов с разработкой гранулятора

утверждена приказом по вузу от « 26 » мая 2017 г.  
№ 163

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР  
19.06.2017

3. Исходные данные

1. Научно – техническая и справочная и литература.
2. Патенты и авторские свидетельства по теме ВКР.
4. Перечень подлежащих разработке вопросов
  1. Литературно – патентный обзор по теме ВКР
  2. Технологическая часть.
  3. Конструкторская часть.
  5. Перечень графических материалов
    1. Анализ существующих грануляторов;
    2. Технологическая схема гранулирования;
    3. Общий вид;
    4. Рабочие чертежи.

## 6. Консультанты по ВКР

| Раздел (подраздел) | Консультант |
|--------------------|-------------|
|                    |             |
|                    |             |
|                    |             |
|                    |             |
|                    |             |

7. Дата выдачи задания 25.04.2017

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование этапов ВКР       | Срок выполнения | Примечание |
|-------|-------------------------------|-----------------|------------|
| 1     | Литературно – патентный обзор |                 |            |
| 2     | Технологическая часть         |                 |            |
| 3     | Конструкторская часть         |                 |            |
|       |                               |                 |            |
|       |                               |                 |            |
|       |                               |                 |            |

Студент 231 группы \_\_\_\_\_ (Шайхутдинов.Э.И.)

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

## АНОТАЦИЯ

Тема ВКР: «Совершенствование технологии приготовления гранулированных кормов с разработкой гранулятора»

Объем ВКР 69 страниц, он содержит 19 рисунков, - таблиц, 20 источников литературы и 6 приложений.

Ключевые слова: гранулятор, кормовые смеси, комбикорма, гранулирование.

Объектом исследования ВКР является гранулирования кормов.

Предмет исследования – конструкция роликового гранулятора.

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

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

Первая глава посвящена исследованию теоретических вопросов, в ней раскрываются понятие, сущность приготовления гранулированных кормов, также представлен обзор существующих конструкций грануляторов.

Во второй главе приведена технология приготовления гранулированных кормов, и характеристика комбикорм. Здесь же приведен технологические расчеты грануляторов.

В третьей главе проводится разработка лабораторной установки гранулятора., описание его основных частей, работы, а также рассчитывается технологические, энергетические и прочностные расчёты гранулятора

Заключение содержит основные предложения направленные на повышение эффективности использования технологических линий гранулирования.

Приложение содержит 5 графических материалов и одну спецификацию.

## Содержание

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                        | 7  |
| 1.ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР.....                                                                   | 9  |
| 1.1 Анализ технологических процессов приготовления гранулированных кормов на сельском хозяйстве..... | 9  |
| 1.2 Классификация грануляторов.....                                                                  | 10 |
| 1.3 Обзор существующих грануляторов.....                                                             | 14 |
| 1.3.1 Барабанный гранулятор .....                                                                    | 14 |
| 1.3.2 Тарельчатый гранулятор.....                                                                    | 15 |
| 1.3.3 Шнековый гранулятор.....                                                                       | 16 |
| 1.3.4 Гранулирующий шнековый пресс.....                                                              | 17 |
| 1.3.5 Роликовый гранулятор.....                                                                      | 19 |
| 1.3.6 Вальцовый гранулятор.....                                                                      | 21 |
| 1.3.7 Гранулятор комбикорм .....                                                                     | 23 |
| 1.4 Вывод по литературно-патентному обзору.....                                                      | 24 |
| 2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                                                                         | 26 |
| 2.1 Характеристика комбикормов.....                                                                  | 26 |
| 2.2 Сырье для производства кормов .....                                                              | 28 |
| 2.2.1 Комбикорма – концентраты для крупного рогатого скота .....                                     | 29 |
| 2.2.2 Комбикорма для свиней .....                                                                    | 30 |
| 2.2.3 Комбикорма для птицы .....                                                                     | 30 |
| 2.2.4 Производства крупки из гранул.....                                                             | 37 |
| 2.3 Технологический процесс линии гранулирования комбикормов.....                                    | 39 |
| 2.3.1 Технологические расчеты грануляторов .....                                                     | 40 |
| 3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ.....                                                                         | 43 |
| 3.1 Описание конструкции предлагаемого гранулятора.....                                              | 46 |
| 3.2 Технологические, энергетические и прочностные расчеты грану-                                     |    |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| лятор.....                                                            | 50 |
| 3.3 Расчет конструктивных и технологических параметров .....          | 51 |
| 3.4 Технические обслуживание гранулятора.....                         | 57 |
| 3.5 Лабораторная установка для определения гранулирования корма ..... | 61 |
| 3.6 Работа лабораторной установки.....                                | 64 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                       | 65 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....                                 | 66 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ .....                                                      | 68 |
| СПЕЦИФИКАЦИИ.....                                                     | 69 |

## ВВЕДЕНИЕ

В России комбикормовая промышленность - отрасль, входящая в аграрно-промышленный комплекс нашей страны. Целью комбикормовой промышленности является, обеспечение всех видов животных полноценным кормом. При производстве комбикормов для животных, следует учитывать их продуктивность, устойчивость к заболеваниям, их сохранность и учитывать расход компонентов, а так же много других факторов. Комбикормовая смесь изготавливается из различных видов сырья, комбинируя их в разных пропорциях, отсюда и берется название комбинированный корм, сокращённо комбикорм. Комбикорм изготавливается так, чтобы недостатки витаминов, белков и других компонентов компенсировать другими. Самым главным в комбикормовом производстве является создание смеси, которая обеспечит рост, развитие, сохранность сельскохозяйственных и домашних животных, птиц питательными веществами. По мере развития промышленного животноводства, возрастает и роль комбикормов. На сегодняшний день действуют большие созданные животноводческие комплексы на более чем 100 тыс голов, так же созданы птицефабрики, задействованные по различным направлениям. В животноводческих предприятиях требования к комбикормам очень велики. Комбикорм является важнейшим питательным веществом, которое необходимо животным для роста и развития, тем самым он компенсирует недостаточность витаминов. В течение многих веков основным кормом для жвачных животных являлось сено и казалось, что чем больше дашь животному хорошего сена, тем больше получишь от него продукции. Однако многовековой опыт показывает, что при кормлении хорошим сеном коровы могут давать не более 8... 9 кг молока в сутки, а на хорошем пастбищном корме 18...20 кг. Но в настоящее время в большинстве животноводческих хозяйствах с промышленным производством, коровы практически целый год дают высокие надои, а другие животные также имеют хорошую продуктивность,

что является следствием обильного и сбалансированного кормления животных. Коровам кроме хорошего сена дают достаточное количество сочных кормов и по возможности больше комбикормов. Причем комбинированные корма приготавливаются в смеси с белково-витаминными добавками. Такое кормление обеспечивает постоянный неуклонный рост и продуктивность животных. При решении проблемы производства комбикормов в современных условиях необходимо повышение качества рационов, разработка рецептов полнорационных комбикормов, белково-витаминно-минеральных добавок, премиксов различного назначения. Без знаний технологии их производства решить поставленные перед комбикормовой промышленностью задачи будет невозможно.

## **1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР**

### **1.1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОРМОВ НА СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Состояние здоровья, продуктивность животных и птиц не только зависит от качества и полноценности их питания, но в значительной мере от современности выдачи кормов. Нарушения технологической дисциплины обслуживающим персоналом, распорядка дня и времени допусков приводит к разрушению стереотипа в обслуживании животных, а вместе с тем и к снижению их продуктивности. Вот почему правильная организация приготовления гранулированных кормов животных имеет весьма важное значение, которую предстоит решить с помощью существующего дипломного проекта.

В последние годы находит применение способ приготовления гранулированных и брикетированных кормовых смесей с использованием в них максимального количества соломы, отходов растениеводства (полова, корзинки подсолнечника, стержни кукурузных початков, ботва корнеплодов и др.), а также отходов пищевой промышленности (жом, патока, барда, плодово-ягодные выжимки и др.). Это позволяет значительно укрепить кормовую базу животноводства и заготавливать корма впрок. Такие гранулированные и брикетированные кормовые смеси готовят в специальных кормоприготовительных цехах, работа которых основана на использовании в них сушильных и грануляторных установок.

Опыт эксплуатации этих кормоцехов показал, что там, где их используют, достигают высоких и устойчивых показателей в животноводстве.

Влажные кормовые смеси необходимо приготавливать для ежедневного скармливания, а сухие — для создания запаса кормов.

Сухие гранулированные кормовые смеси приготавливают из быстро портящихся отходов с включением в них грубых и других кормов. Сушат их на барабанных сушилках, на грануляторной установке. В состав кормо смеси включают 50 % (по массе) стержней початков кукурузы, 10 % свекловичного жома, 20 % травяной муки и 20 % зерно отходов, а также различные добавки.

Вовлечение в кормовой рацион животным переработанных отходов пищевой промышленности имеет большое значение. Это определяется широко развитой системой молочных, крахмало-паточных и других заводов по переработке сельскохозяйственного сырья. Рациональное использование отходов предприятий пищевой промышленности может стать надежным источником пополнения рациона животных ценным белковым кормом.

В структуре себестоимости животноводческой продукции на корма приходится до 60 процентов всех затрат. Рациональное использование кормов было, есть и остается главной задачей механизированной технологии подготовки кормов. В этой связи перед нами была поставлена задача - на основе анализа хозяйственной деятельности, с учетом перспективного плана развития хозяйства, спроектировать и разработать механизированную технологию приготовления кормов для этого хозяйства.

## **1.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ГРАНУЛЯТОРОВ**

Грануляторы можно классифицировать по устройству и принципу действия на следующие типы:

- барабанные грануляторы
- тарельчатые грануляторы
- шнековые грануляторы
- гранулирующие шнековый пресс
- роликовые грануляторы
- вальцовые грануляторы

Обоснование выбора темы Важнейшей задачей комбикормовой промышленности является получение качественного, повышение количества и качества комбикормов, которые требуется все больше с каждым годом. Потребности в этих видах продуктов возрастает намного быстрее по сравнению с объемом сельскохозяйственной отрасли. На выход продуктов гранулирования влияют многие факторы, в том числе и конструкция внутренних устройств гранулятора. Предложенная в данной работе конструкция гранулятора для комбикормового завода позволит расширить ассортимент, расширит округ охвата предприятием, так как гранулированные комбикорма транспортировать на большие расстояния. Схема гранулятора кормов представлена на рисунке 1.

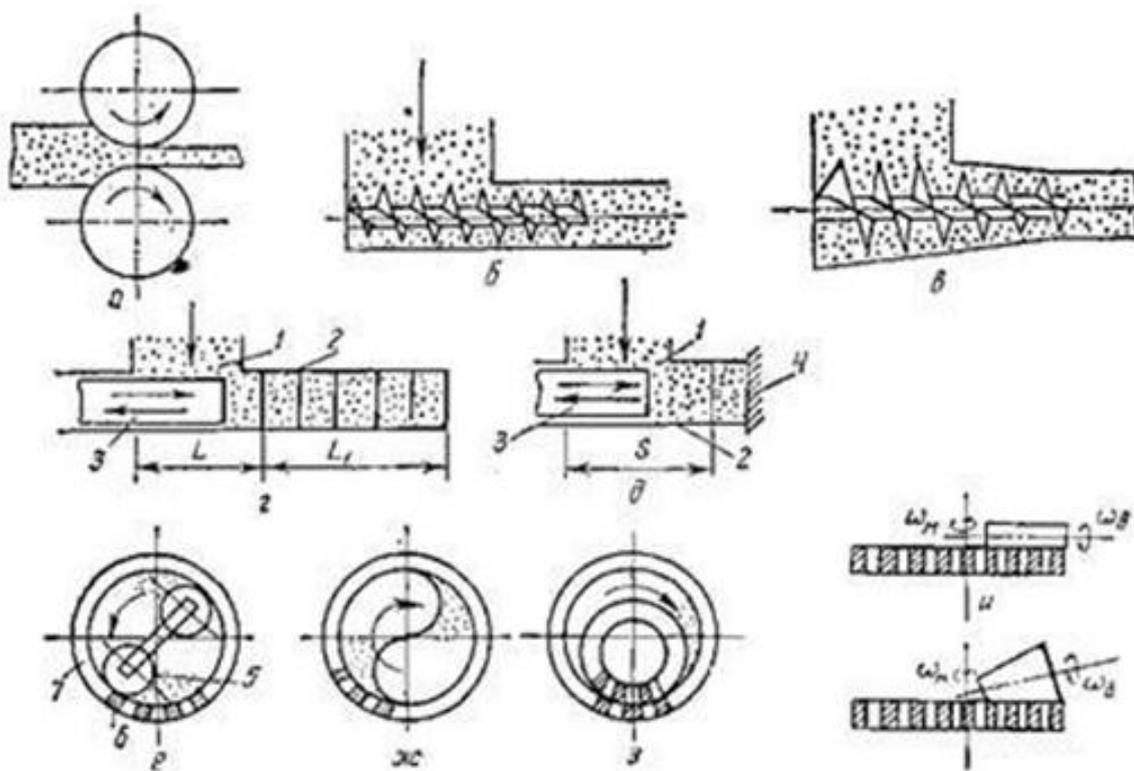


Рисунок 1 - Схема гранулятора кормов

Гранулированные продукты, в том числе комбикорма, отруби, масличные и др., имеют ряд существенных преимуществ перед рассыпными: изменяется структура продукта, повышается усвояемость, унижается бактериальная загрязненность, улучшаются условия хранения, уменьшается объем и т.д. А самое главное, что гранулированные комбикорма обладают высокой

питательной ценностью, что определяет актуальность производства такого типа кормов и объясняет их востребованность у потребителей.

Процесс гранулирования – это обработка сыпучих веществ (корма, комбикорма, зерновые и т.д. сырьё может быть разное) с получением формы маленьких кусков, чаще всего формы цилиндров различной длины. Классификация грануляторов представлена на рисунке 2.

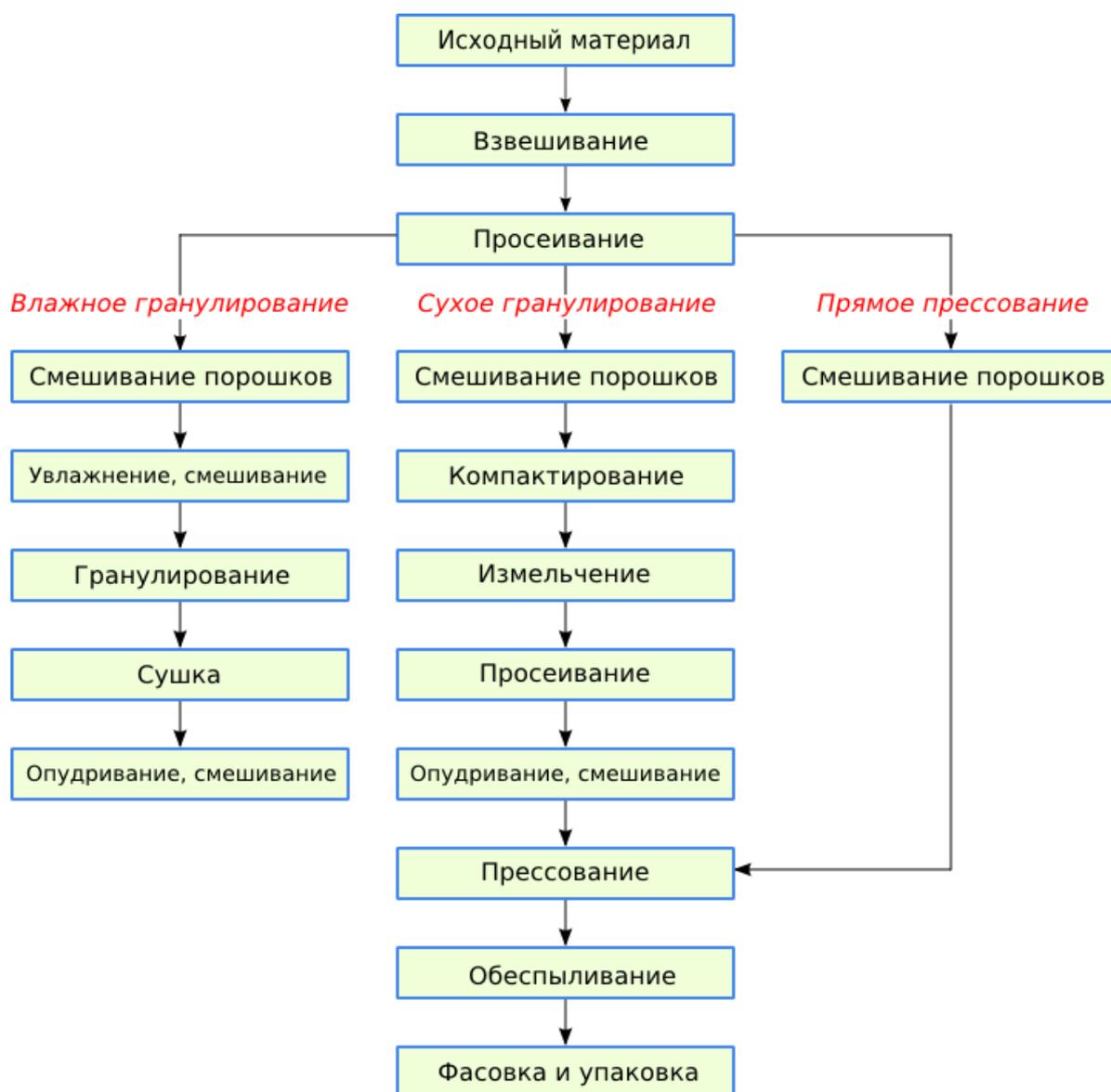


Рисунок 2 - Классификация грануляторов.

Корма, прошедшие гранулирование, современнее, качественнее и лучше традиционных, они сохраняют все питательные вещества и нужные витамины, не слеживаются, не смерзаются, удобны для транспортировки и механизированной раздаче, а также исключают возможность поражение пылью дыхательные пути. Очень важное свойство гранулированных кормов

это - быстрая поедаемость и хорошая усвояемость животными. Грануляторы улучшают различные технологических свойства гранулируемого материала, предотвращают его спекание (слипание), увеличивают свойство сыпучести. Это необходимо для обеспечения возможности использования различного вида кормов мелкими порциями, для облегчения погрузки, транспортировки. В грануляторах происходит выдавливание сырья через матрицу определённого сечения (мучнистые корма, обработанные паром или смешанные с водой или мелассой, попадая на матрицу, выдавливаются через её отверстия диаметром 6—20 мм). Под действием роликов сырьё выдавливается под давлением 1000—1200 кг/см. кв., и в результате получаем гранулы. Этот процесс осуществляется специальными пресс - валками или шнеком. Отрезной механизм гранулятора обеспечивает выход гранул необходимой длины.

#### Формование кормовых смесей.

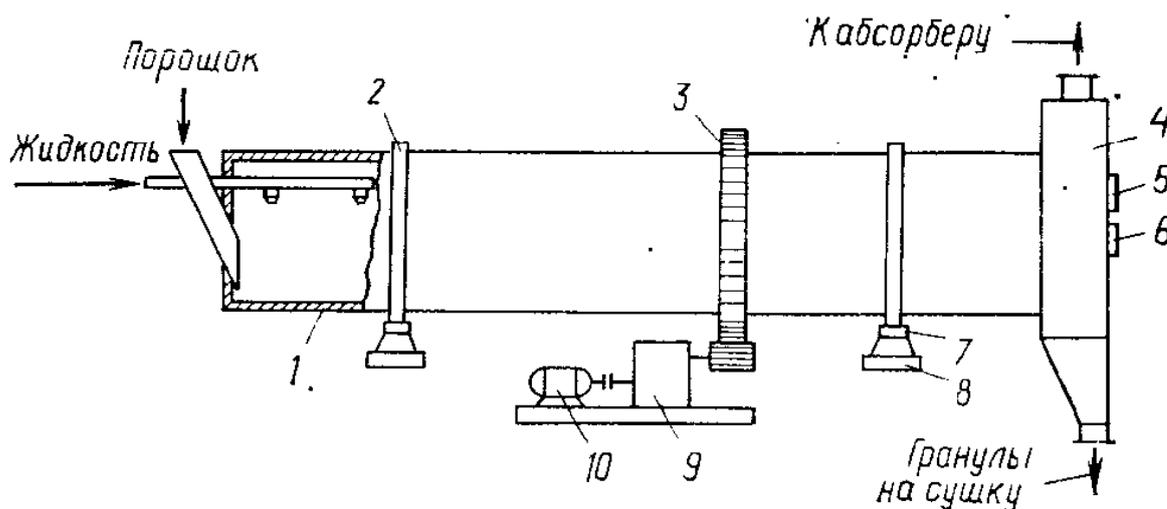
##### Параметры сырья

- 1)Влагосодержание до увлажнения на устройстве не более 14 %
- 2)Средняя крупность  $U = 0,6 - 0,8$  мм
- 3)Температура запаренной смеси 70-80 °С
- 4)Сушеный резанный фураж с влагосодержанием не более 12-14 %, мука из резанного сушенного фуража с влагосодержанием не более 12 %, сушеные свёкольные черепки с влагосодержанием не более 14 %, солома (увлажненная до грануляции) до 17 % влагосодержания - сорт А, смесь для изготовления формованной кормовой смеси с 30 % соломы с влагосодержанием не более 18 %.
- 5)Сушеный резанный фураж и солома длиной не более 50 мм, мука из резанного сушенного фуража с 100 % прохождением через сито с диаметром ячеек 5 мм, сушеные свёкольные черепки с размером частиц не более 10 x 5 мм.

## 1.3 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ГРАНУЛЯТОРОВ

### 1.3.1 Барабанный гранулятор

Состоит цилиндрического барабана, вращающийся на бандажных опорах. Внутри барабана подведена труба с тремя форсунками для распыления воды. Типовой барабанный гранулятор производительностью 20 т/ч суперфосфата имеет длину 75 м, диаметр 14 м, устанавливается оси углом 2 и вращается с частотой 75 об/мин. Вращающийся на бандажных опорах, который с одной стороны имеет входное отверстие, снабженное системой подачи смеси исходных компонентов, с другой - выходное отверстие. Внутри барабана введен коллектор для распределения жидких компонентов, воды и связующих веществ. Под действием шаров гранулируемая смесь измельчается, тщательно перемешивается с жидкой фазой и в виде готовой смеси наносится плотным слоем на внутреннюю стенку барабана. Слой срезается со стенки барабана в верхнем положении, и образующиеся при этом чешуйки подают обратно на мелющие тела, окатываются, наращиваются новые слои и уплотняются. Схема барабанного гранулятора представлена на рисунке 3.

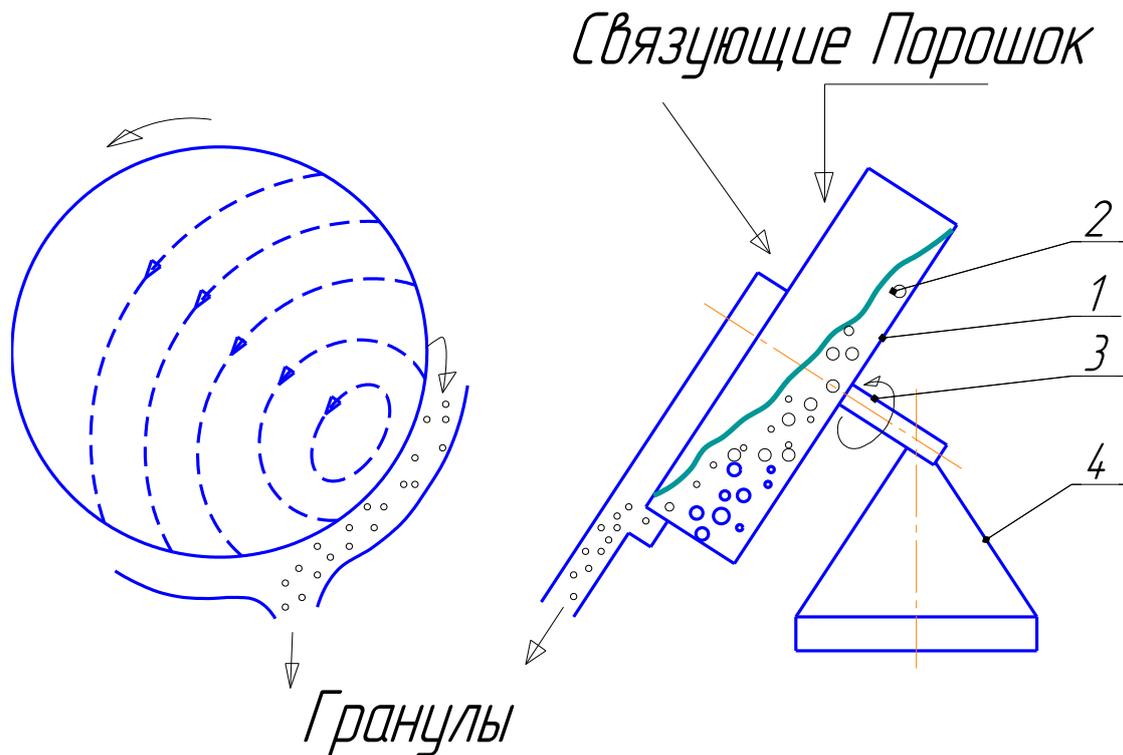


1 – обечайка; 2 – бандаж; 3 – венцовая шестерня; 4 – выгрузочная камера;  
5 – окно для подсветки; 6 – смотровое окно; 7 – опорный ролик; 8 – бетонное основание;  
9 – редуктор; 10 – электродвигатель.

Рисунок 3 - Схема барабанного гранулятора:

### 1.3.2 Тарельчатый гранулятор

Экономичнее барабанных, они более компактны и требуют меньших капитальных вложений. Их недостатком являются высокая чувствительность к содержанию жидкой фазы в обрабатываемом материале и, как следствие, узкие пределы рабочих режимов. Схема тарельчатого гранулятора представлена на рисунке 4



1 — тарелка; 2 — смесь; 3 — вал; 4 — станина.

Рисунок 4 - Схема тарельчатого гранулятора.

Основные достоинства смесителей: высокое качество смешивания, однородность смеси составляет 95 %, быстрое смешивание; время смешивания для сыпучих продуктов не превышает 1 мин.; время смешивания сыпучих продуктов с жидкими компонентами составляет 2...5 мин. в зависимости от количества ввода жидких компонентов в диапазоне от 1 до 4 %; быстрое время разгрузки; время разгрузки составляет 5...10 с, возможность ввода жидких компонентов (жира, мелассы, масла растительного и др.) в количестве от 1 до 4 %. В принцип работы смесителя

заложен "вихревой" метод смешения, создавая сложное вихревое движение продукта и способствует получению гомогенной смеси, однородность которого составляет 90%.

Основные преимущества этих смесителей:

- высокая эффективность смешивания;
- возможность ввода любых жидкостей (жира, мелассы, масла растительного и др.) различной вязкости без применения форсунок в количестве от 1 до 10%;
- возможность одновременного ввода различных жидкостей;
- высокая сыпучесть полученной смеси;
- компактная конструкция;
- надежное обслуживание и эксплуатация.

Смесители периодического и непрерывного действия успешно применяется на предприятиях комбикормовой промышленности, птицефабриках, фермах, агропромышленных комплексах и других отраслей промышленности.

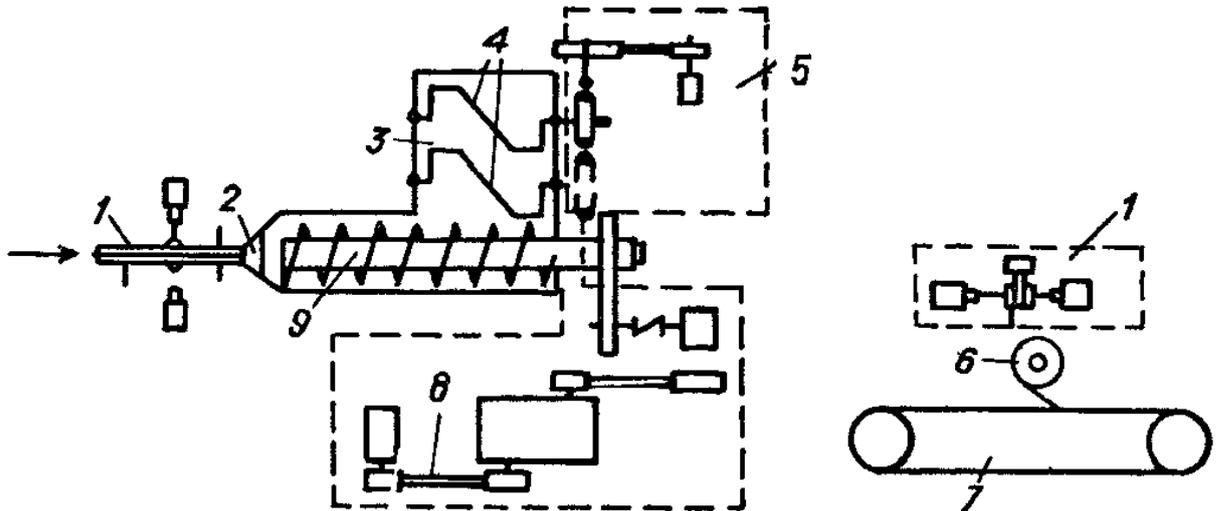
Основные достоинства этих установок:

- высокая эффективность смешивания сыпучих продуктов с жидкостями различной вязкости. Однородность смеси составляет 90-95 %;
- возможность ввода любых жидкостей различной вязкости в смесители:
- периодического действия в количестве от 1 до 4 %;
- непрерывного действия в количестве от 1 до 10 %;
- высокая точность дозирования жидкостей. Погрешность системы дозирования жидкостей составляет 1 %;
- оснащенность современными средствами автоматизации.

### **1.3.3 Шнековый гранулятор**

Представляет собой желоб из нержавеющей стали с размерами 400x75 мм. Снаружи желоба имеется рубашка, через которую пропускают

охлаждающую воду для поддержания заданной температуры материала в процессе гранулирования. Внутри желоба расположен вал с лопатками, приваренными под углом 45 к его оси. Вращение вала осуществляется от электромотора мощностью 180 вт через червячный редуктор со скоростью 42 об/мин. Схема шнекового гранулятора представлена на рисунке 5.



1 – электромагнитный отсекаватель; 2 – формующая головка ; 3 – загрузочное устройство; 4 – лопасти; 5 – привод загрузочного устройства; 6 – дисковые ножи; 7 – транспортер; 8 – привод шнека; 9 – шнек.

Рисунок 5 - Схема шнекового гранулятора

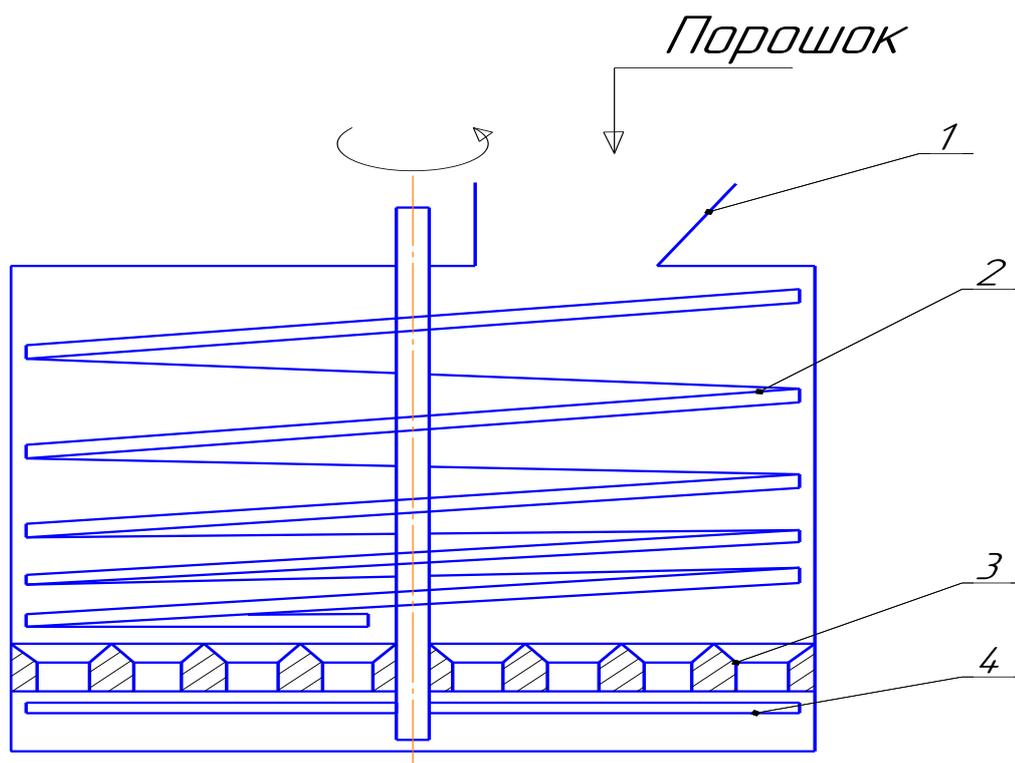
### 1.3.4 Гранулирующий шнековый пресс

Содержит бункер, матрицу, выполненную в виде монолитного диска с расположенными в шахматном порядке ячейками, имеющими прямые режущие кромки, образующие шестигранник, вальцы и подрезной нож, новым является то, что вальцы выполнены в виде прессующего шнека, имеющего навивку с уменьшающимся шагом к низу, где последний ее виток находится под углом  $\varphi \leq 15-18^\circ$  к внутренней поверхности матрицы, параллельно которой на расстоянии 0,1-0,2 мм по радиусу прессующего шнека проходит плоская часть конца последнего витка - уплотнитель, ширина которого равна размеру шестигранной режущей кромки ячейки, а подрезной нож выполнен в виде диска, находящегося на расстоянии 0,1-0,2

мм от внешней поверхности матрицы, криволинейные ножи которого имеют внутреннюю режущую кромку и расположены под углом защемления к выходящим сформированным гранулам, при этом количество криволинейных ножей зависит от необходимой длины гранул. Выполнение прессующего шнека, имеющего навивку с уменьшающимся шагом к низу, последний виток которой расположен под углом  $\varphi \leq 15-18^\circ$  к внутренней поверхности матрицы, позволяет перемещать комбикорм, создавать необходимое давление для уплотнения и формования гранул. Если угол  $\varphi$  меньше  $15^\circ$ , то обрабатываемый материал будет просто перемещаться шнеком по внутренней поверхности матрицы, а при угле  $\varphi$  больше  $18^\circ$  снижается усилие прессования шнека. Наличие на конце последнего витка шнека плоской части - уплотнителя, ширина которого равна размеру шестигранной режущей кромки ячейки, расположение уплотнителя по радиусу и параллельно внутренней поверхности матрицы на расстоянии 0,1-0,2 мм от нее обеспечивает надежное прессование, а указанный зазор исключает трение между ними. Установка диска с криволинейными ножами, имеющими внутреннюю режущую кромку, и расположение их под углом защемления к сформированным гранулам на расстоянии 0,1-0,2 мм от матрицы обеспечивают чистый срез во всех точках режущей кромки при минимальном усилии. Угол защемления зависит от физико-механических свойств сельхоз материалов и составляет  $35-50^\circ$ . При уменьшении угла до  $0^\circ$  происходит рубка, что приводит к нечистому срезу и увеличению усилия резания. Выполнение ножей криволинейной формы и расположение режущей кромки на внутренней стороне ножа исключают возможность отбрасывания отрезанных гранул под действием центробежной силы и их слипания. За счет изменения количества ножей на диске (сменные диски), при одних и тех же оборотах вращения, происходит получение сформированных гранул различной длины.

Матрица представляет собой большое кольцо из закаленной нержавеющей стали со сквозными отверстиями специальной формы.

Матрица приводится в движение с помощью прямого одноступенчатого зубчатого привода от главного электромотора. Внутри матрицы расположены два ролика. Ролики собственного привода не имеют. Они вращаются вокруг своей оси, приводимые в движение материалом, который затирается между ними и внутренней поверхностью матрицы. Схема шнекового пресса представлена на рисунке 6.



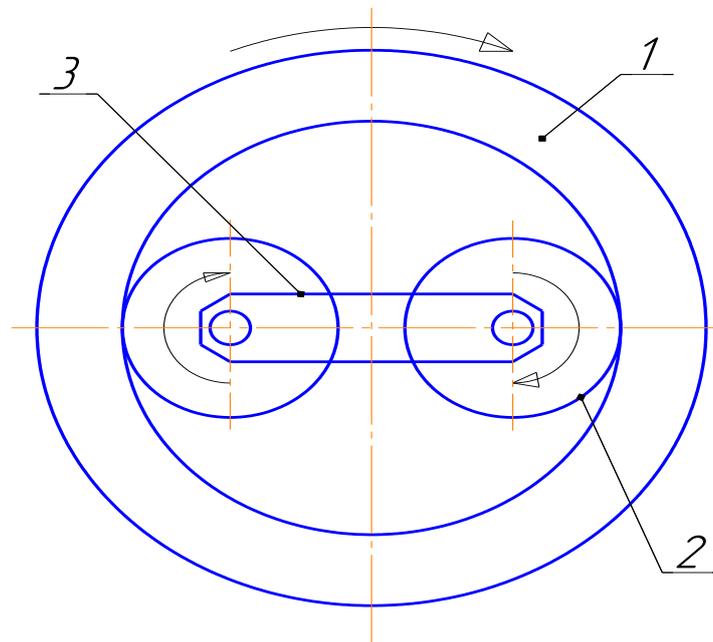
1 – бункер; 2 – прессующий шнек; 3 – матрица; 4 – подрезной нож.

Рисунок 6 - Схема шнекового пресса

### 1.3.5 Роликовый гранулятор

Под действием непрерывно поступающего в камеру гранулирования сырья материал, попавший в отверстия постепенно продвигается сквозь них наружу. В результате создаваемого давления материал нагревается до температуры 100-120 градусов Цельсия. При этой температуре происходит размягчение лигнина и других веществ, содержащихся в сырье или добавленных специально (при необходимости). С внешней стороны матрицы через отверстия наружу поступают готовые гранулы, которые при

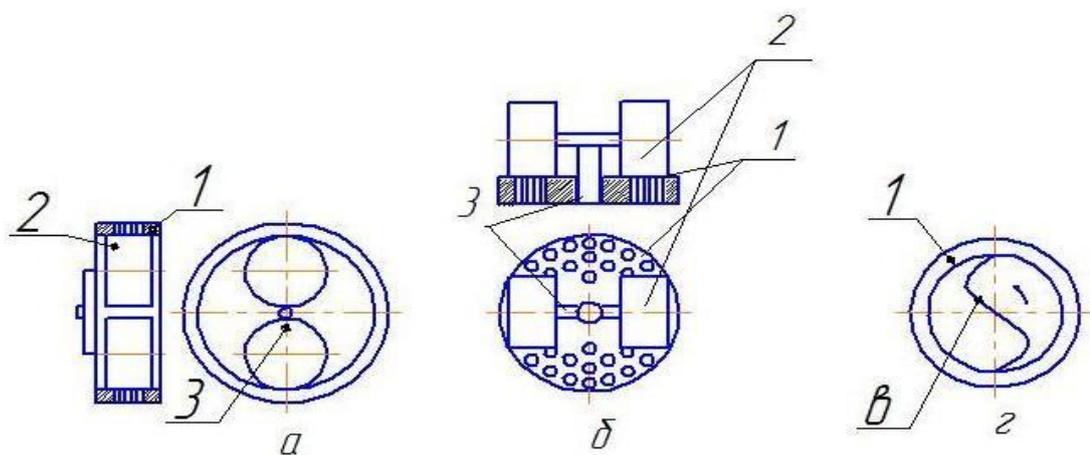
соблюдении технологии подготовки сырья и гранулирования обладают высокой прочностью и специфической плотностью 1,1-1,3 (в зависимости от материала). Схема роликового гранулятора представлена на рисунке 7.



1 – матрица; 2 – ролик; 3 – перемычка роликов.

Рисунок 7 - Схема роликового гранулятора

Схема прессующих механизмов роликового гранулятора представлена на рисунке 8.



а – с кольцевой матрицей и прессующими роликами; б – с плоской матрицей в виде диска и цилиндрическими прессующими роликами; в – шнековый с плоской матрицей; г – с кольцевой матрицей и прессующими лопатками; 1 – матрица; 2 – прессующий ролик; 3 – водило;

Рисунок 8 - Схемы прессующих механизмов роликового гранулятора

Схемы прессующих механизмов для гранулирования комбикормов комбикорме определяется внешними нагрузками и механическими характеристиками комбикорма — коэффициентом трения о контактную поверхность и пределом текучести при сжатии. Эти характеристики комбикорма обуславливают производительность пресса, силы, действующие на рабочие органы прессующего механизма, затраты энергии на гранулирование. Особенность поведения комбикорма в прессующем механизме — зависимость его предела текучести и коэффициента контактного трения от напряженного состояния комбикорма.

### **1.3.6 Вальцовый гранулятор**

Гранулятор содержит корпус, установленные в нем на полых валах с возможностью встречного вращения с взаимным зацеплением пары зубчатых колес, имеющие радиальные отверстия в межзубных впадинах, при этом каждая последующая пара колес установлена с угловым смещением относительно предыдущей пары, и в стенке вала выполнены отверстия, совпадающие с отверстиями в зубчатых колесах. Гранулятор имеет ножи для срезания гранул, разгрузочное устройство и ограничительные кольца, внешний диаметр которых выполнен большим, чем диаметр впадин зубчатых колес. Достигается повышение качества гранул и исключение ударных динамических нагрузок.

Недостатки этого гранулятора заключаются в следующем. Вследствие того, что замыкание зубьев в шевронных зубчатых колесах происходит последовательно от их торцов к середине, прессуемый материал, постепенно уплотняясь и увеличиваясь в объеме, выдавливается с двух сторон по межзубным впадинам к их середине, где происходит защемление прессуемого материала и возникают ударные динамические нагрузки, а из-за неравномерного давления на прессуемый материал по всей длине межзубной впадины гранулы имеют неодинаковую плотность. Кроме того, в грануляторе имеется большой радиальный зазор в зубчатом соединении, что не

обеспечивает достаточной степени сжатия материала для получения плотных качественных гранул. Кроме того, происходит снижение качества гранул и образование отходов в виде пыли и мелких частиц из-за того, что гранулы предварительно накапливаются в полостях зубчатых колес и измельчаются, как и в вышеописанном аналоге, до их удаления скребками. Изобретение направлено на исключение ударных динамических нагрузок с одновременным повышением качества гранул. Схема вальцового гранулятора представлена на рисунке 9.

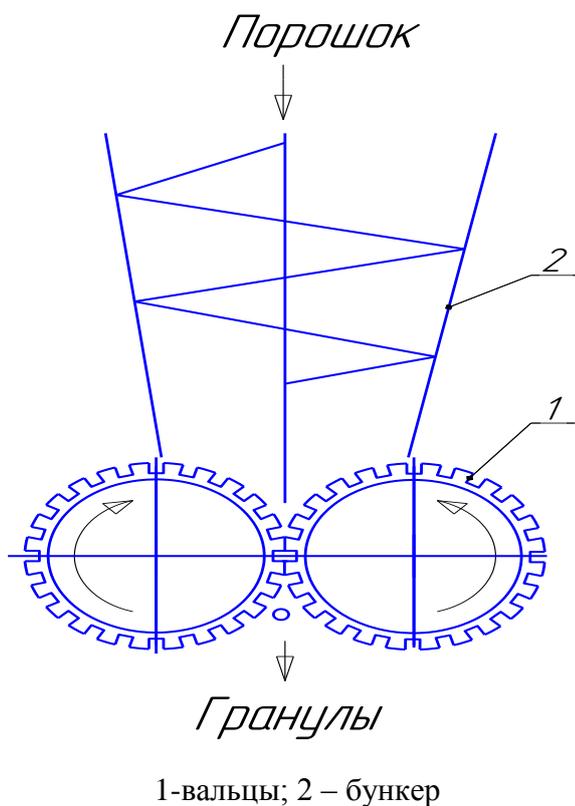


Рисунок 9 - Схема вальцового гранулятора.

Это достигается тем, что гранулятор, содержащий корпус, установленные в нем с взаимным зацеплением и возможностью встречного вращения два зубчатых колеса с радиальными калибровочными отверстиями в межзубных впадинах, ножи для срезания гранул и выгрузочное устройство, дополнительно снабжен, по меньшей мере, еще одной парой зубчатых колес, при этом каждая последующая пара зубчатых колес установлена с угловым смещением относительно предыдущей пары, каждый набор зубчатых колес установлен на полом валу, в котором

выполнены отверстия, совпадающие с отверстиями в зубчатых колесах, и снабжен ограничительными кольцами с внешним диаметром, большим диаметра впадин зубчатых колес, внутри каждого вала установлен закрепленный к корпусу патрубков с размещенным в нем в качестве выгрузочного устройства шнеком, который укреплен на валу, а на боковой поверхности патрубка выполнено окно, кромки которого служат в качестве ножа. Кроме того, высота зуба зубчатых колес составляет не более двух модулей зубчатого зацепления, радиус вершины и впадины зубьев - 0,6-0,65 модуля, а радиальный зазор зубчатого соединения не превышает 0,05 модуля.

### 1.3.7 Гранулятор комбикорм

Гранулятор содержит корпус, установленные в нем на полых валах с возможностью встречного вращения с взаимным зацеплением пары зубчатых колес, имеющие радиальные отверстия в межзубных впадинах, при этом каждая последующая пара колес установлена с угловым смещением относительно предыдущей пары, и в стенке вала выполнены отверстия, совпадающие с отверстиями в зубчатых колесах. Гранулятор имеет ножи для срезания гранул, разгрузочное устройство и ограничительные кольца, внешний диаметр которых выполнен большим, чем диаметр впадин зубчатых колес. Достигается повышение качества гранул и исключение ударных динамических нагрузок.

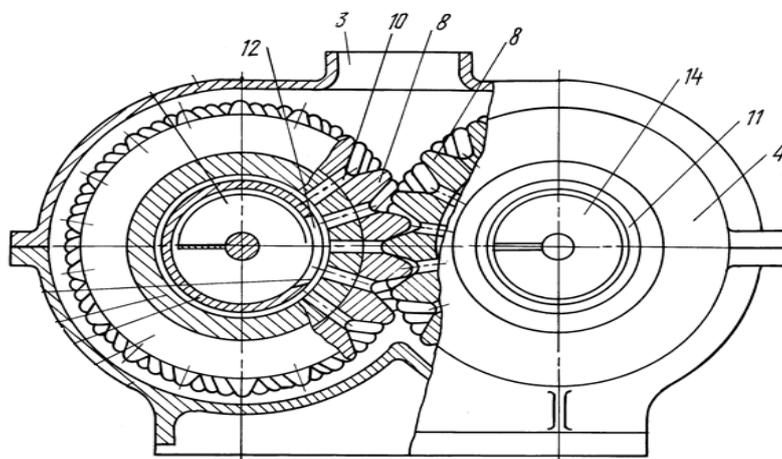
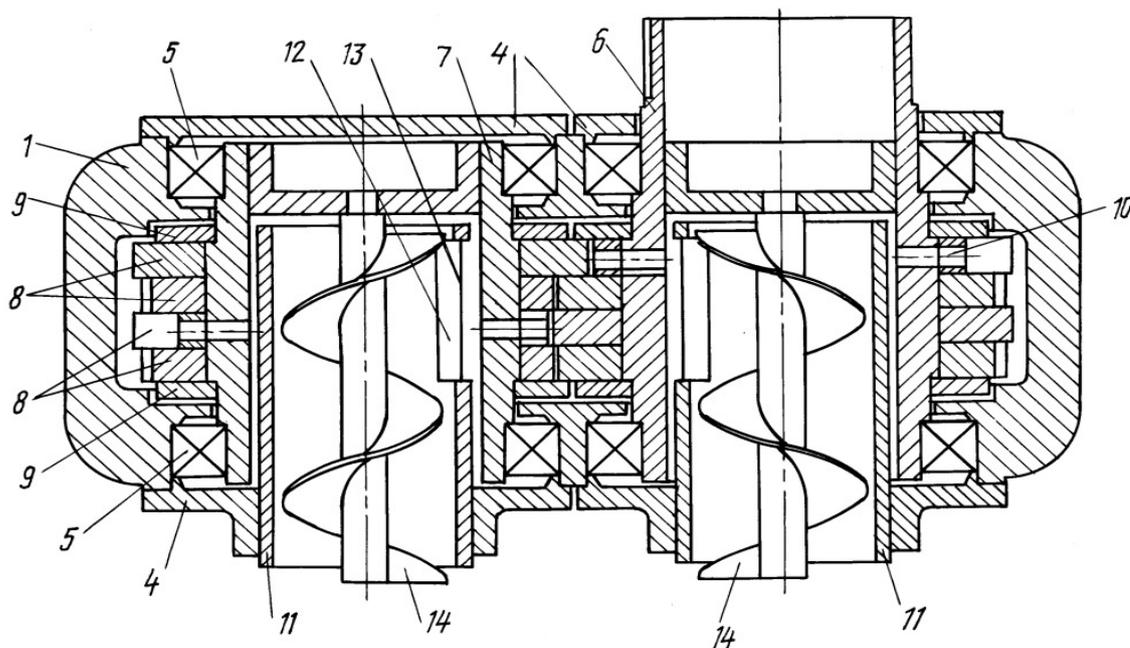


Рисунок 10 - Схема гранулятора комбикорм

На рисунках - 10, 11 представлены грануляторы которые относятся к области формовочных устройств для непрерывного прессования органических и минеральных сыпучих материалов в гранулы и может быть использовано в сельскохозяйственной, пищевой, медицинской, химической и других отраслях промышленности.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 - приемный патрубок; 4 - подшипниковая крышка; 5 - подшипник 6 - пустотелые ведущий; 7 - ведомый вал; 8 - зубчатые колеса; 9 – ограничительные; 10 - радиальные отверстия; 11 – патрубок; 12 – окно; 13 - режущий кромка; 14 – шнек;

Рисунок 11 - Схема гранулятора.комбикорм

Для обеспечения необходимой степени сжатия прессуемого материала целесообразно высоту зуба зубчатых колес 8 выполнить не более двух модулей зубчатого зацепления, радиус вершины и впадины зубьев - 0,6-0,65 модуля, а радиальный зазор зубчатого соединения - не выше 0,05 модуля.

#### 1.4. ВЫВОД ПО ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНОМУ ОБЗОРУ

Изучив подробно конструкции выше перечисленных грануляторов, самыми распространенными и востребованными оказались: роликовые, тарельчатые и шнековые грануляторы.

Перечислим основные достоинства этих трех грануляторов.

Достоинства шнекового гранулятора

1. Простота в использовании.
2. Простота в установке и эксплуатации.
3. Имеет небольшую энергоемкость.

Достоинства тарельчатого гранулятора

1. Более компактный.
2. Не требуют меньших капитальных вложений.
3. Надежная обслуживание и эксплуатация.

Достоинства роликового гранулятора

1. Легкость обслуживании.
2. Простота в конструкции.
3. Долговечность.
4. Плавная работа системы.

Проанализировав достоинства вышеперечисленных грануляторов, нами предложена роликовый гранулятор.

## **2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Характеристика комбикормов**

От кормления сельскохозяйственных животных, птиц, а также рыб в большей степени зависит их рост, развитие, также немало важно их продуктивность. Именно, поэтому интенсивность развития животноводства, птицеводства, а также рыбоводства зависит от эффективного использования питательных веществ в кормовых смесях при минимальных затратах на единицу продукции.

Эффективность полноценного кормления возможно лишь при сбалансировании рационов, которые должны удовлетворять потребности животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах. Недостаток одного из веществ в корме может привести к тому, что для покрытия необходимой нормы, это нужно скармливать животным намного больше, чем других веществ. Но этот избыток определенного элемента в корме может привести к нарушению обмена веществ, вследствие, чего продуктивность животных падает. К примеру, присутствие большого количества жиров и углеводов способствует накоплению сала.

Приготовление комбикорма представляет собой процесс смешивания различных кормовых веществ (растительного, животного происхождения), предварительно измельчив до необходимого размера, с минеральными и витаминными добавками.

Основное назначение комбикормов – оптимизация рационов кормления животных по энергии, протеину, макро- и микроэлементами, витаминам и другим биологическими активными веществами. Кормовые смеси – однородный продукт, состоящий из кормовых веществ, но не содержащие полного набора питательных средств. Однако, эти кормовые смеси обладают большой ценностью, чем отдельно скармливаемые

компоненты. Кроме того, в результате измельчения сырья по нужной крупности, повышена их усвояемость. Комбикорма-концентраты - это комбикорма с большим содержанием протеина, минеральных веществ и микродобавок, подаваемые с зерновыми, сочными или грубыми кормовыми. Полнорационный комбинированный корм, практически полностью удовлетворяет потребность каждого вида животного в питательных минеральных и биологически активных веществах. Однако, добавление других кормовых веществ не требует. Белково-витаминные добавки (БВД) – это однородная смесь измельченные высокобелковыми и минеральными кормовыми веществами и микродобавками. Для повышения кормовой ценности их и вводят в комбикорма.

Комбикорма имеют множество достоинств. К примеру, в их составе можно использовать корма, содержащие питательные вещества, которые нельзя применять самостоятельно из-за плохого вкуса, запаха, структуры и т. д. При производстве комбикормов некоторые компоненты подвергают специальной обработке для повышения их питательности, а также добавляют недостающие биологически активные вещества в виде препаратов естественного происхождения, специальных препаратов микробиологического или химического синтеза и т. д. Комбикормам может быть придана форма, удобная для механизации кормления и уборки, для использования их животными, птицами, рыбами.

При использовании сбалансированного по всем питательным веществам комбинированного корма продуктивность животных увеличивается на 10-12%, при обогащении их витаминами, микроэлементами и другими стимулирующими веществами на 25-30% по сравнению с тем, когда животным скармливают отдельные виды зернофуража. Питательная ценность выражается в кормовых единицах (1 корм. ед. =1кг овса).

Рецепт каждого комбикорма обозначают двумя числами: первое – группа животных определенного вида; второе – порядковый номер рецепта. Каждый корм имеет буквенное обозначение:

ПК – полнорационный комбикорм; К – комбикорм концентрат; БВД – белково – витаминные добавки; ЗЦМ – заменитель цельного молока; П – премиксы.

Комбикорма обогащают микродобавками – метионином, витаминами А, D, E, рибофлавином, пантотеновой кислотой, никотиновой кислотой, витамином B12, солями марганца, железа, медь, цинк, кобальта, йода.

Комбикорма скармливаются животным в дополнении к основному рациону, состоящему из грубых, сочных и других местных кормов. Выпускаются комбикорма для дойных и сухостойных коров, молодняка животных всех видов разного возраста, производителей, рабочих лошадей, супоросных и подсосных свиноматок, суягных и подсосных овец, а так же для мясного и беконного откорма свиней. В состав такого комбикорма вводят добавки витамина D2 и солей микроэлементов.

Кормовые смеси состоят из кормовых веществ, которые участвуют в кормлении животных, но они не содержат достаточного набора нужных питательных веществ. Для КРС производятся из побочных продуктов зернового производства (крупка, лузга, мучка + карбамид, мел и т. д.).

## **2.2 Сырье для производства комбикормов**

На местных комбикормовых заводах, для производства комбикормов используют следующее ниже перечисленные сырье:

1) богатое крахмалом зерно (пшеница, рожь, кукуруза, ячмень, овес, просо, сорго)

2) корма, с добавками крахмалистыми (люпин сладкий, горох, бобы кормовые, соя);

3) побочные продукты крупяного и мукомольного производства (кормовая мука, отруби или мучка);

- 4) кормовые продукты масложаточных заводов (жмых, шрот, фосфатидно-белковый концентрат);
- 5) кормовые продукты сахарной промышленности (сухой жом, патока);
- 6) кормовые продукты крахмало-паточного производства (зародыши, оболочки, шелуха зерна, гидрол);
- 7) продукты бродильного производства;
- 8) корма животного происхождения (технические жиры, рыбная мука, молочные корма);
- 9) кормовая мука из травы и водорослей.

Так как в комбинированные корма различных видов и групп животных вводят определённые компоненты (например, для птицы — ракушечник, для крупного рогатого скота — повышенное количество соли и возможно мочевины), но при вводе определённых компонентов кормовой продукт нужно скармливать строго по назначению.

Их основу составляют зерновые компоненты, из которых более предпочтительны кукуруза и ячмень, так же значительную долю в них занимает фуражная пшеница. Для балансирования комбинированных смесей по протеину используют БВД промышленного производства, зернобобовые, в небольшом количестве жмыхи и шроты, синтетические азотсодержащие вещества. Для увеличения продуктивности действия предлагаемых комбикормов необходимо провести предварительную температурную обработку зерна пшеницы и гороха. Сырьё комбикормовых заводов значительно различается в зависимости от климатических зон, для этого рецепты комбикормов составляются в нескольких вариантах.

### **2.2.1 Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота**

Используют в рацион как добавку, балансирующую его по содержанию энергии и элементам питания. В их основу входят зерновые компоненты, из которых более предпочтительны ячмень и кукуруза, так же

значительную долю занимает фуражная пшеница. Для балансирования комбикормов по протеину используют БВД промышленного производства, зернобобовые, в небольшом количестве жмыхи и шроты, синтетические азотосодержащие вещества. Для увеличения продуктивности действия предлагаемых комбинированных кормов необходимо проводить предварительную температурную обработку зерна пшеницы и гороха.

В различных климатических зонах сырье комбикормовых заводов сильно отличается, поэтому рецепты комбикормов составляются в нескольких вариантах.

### **2.2.2 Комбикорма для свиней**

В свиноводстве комбикорма готовят для каждой половозрастной и производственной группы. Кроме энергетической и протеиновой питательности, комбикорма балансируют по содержанию лимитирующих аминокислот, как подбором соответствующих компонентов, так и включением синтетических препаратов.

Рецепты разработаны на основе экспериментальных данных и рассчитаны на интенсивное ведение отрасли, а именно: получение от свиноматок 1,8 опороса в год (16—18 поросят); достижение живой массы поросят в 4 мес 35—38 кг; получение среднесуточных приростов при мясном откорме 550—600 г, при беконном 600—650 г с затратой кормов на 1 кг прироста 4,5—5 корм. ед. (49,5—55 МДж).

Общая питательность комбикормов и содержание в них отдельных питательных веществ регламентированы требованиями ГОСТов.

### **2.2.3 Комбикорма для птицы**

В ведении современной промышленной технологии — практически это единственный корм для птицы, и поэтому на его качество и питательность необходимо уделять должное внимание.

В отличие скотоводства и свиноводства, в птицеводстве предложены единые рецепты для всех зон, особенности сырьевой базы которых, не так четко проявляются при производстве комбикормов.

Балансирование рецептов комбикормов по содержанию критических аминокислот проводят подбором компонентов, богатых ими. В частности, кормовой смеси для птицы включают до 75% растительных и 25% кормов животного происхождения. В такие комбикорма в обязательном порядке вводят лизин и метионин в расчете 0,5—0,7 кг на 1 т.

Премиксы - это однородная смесь измельченных до необходимой крупности микродобавок и наполнителя, используемая для обогащения комбикормов и белково-витаминных добавок.

В большинстве стран их выпускают в виде порошка и вводят в комбикорма и кормовые смеси как добавки в количестве 0,2— 1% от их массы. Наполнителем для премиксов чаще используют добавки кормового происхождения (отруби пшеничные, дрожжи, шрот) и реже — минеральные добавки (мел, фосфаты).

В премиксах отечественного производства на наполнитель приходится 80—90% массы добавки, на биологически активные вещества — 10—20%. Это соотношение меняется, когда сам наполнитель служит источником определенного количества белка или минеральных - компонентов в рационе. Концентрация премиксов с такими наполнителями составляет 3—5% к массе комбикорма.

Некоторые зарубежные фирмы (ПНР, ЧССР) выпускают водорастворимые премиксы, предназначенные для пушных зверей, сельскохозяйственных животных. В качестве наполнителя в таких премиксах используют сахарозу. Быстрое и полное растворение наполнителя в питьевой воде делает премикс удобным и технологичным для использования.

Главная задача в повышении продуктивности животноводства, снижении затрат кормов и улучшении их использования — обеспечение животных полноценными рационами, сбалансированными не только по основным питательным, но и по биологически активным веществам. Актуальность этой задачи особенно возрастает с переводом

животноводства на промышленную основу, когда резко изменились традиционные формы кормления и содержания животных.

Ячмень и овес такие же нужные компоненты комбикормов. Ячмень добавляют практически для каждого из видов животных и птиц. Его питательная ценность достигает 120 кормовых единиц. В нем больше протеина, незаменимых аминокислот добавлением ячменя в комбикорма улучшается качество мяса и сала, особенно свинины. Овес содержит довольно много протеина высокого качества, но ограничивает норму его для ввода в комбикорма наличие в нём большое содержание клетчатки. Для молодняка животных и птиц ячмень и овес шелушат, а полученные пленки используют при производстве кормовых смесей для жвачных животных.

Пшеницу, в комбикормах, используют для всех видов животных и птиц. Количество протеина в пшенице достаточно высокое, но содержание клетчатки мала. В производстве комбикормов чаще применяют зерно с пониженными хлебопекарными свойствами, с добавлением зерен других культур, но вполне пригодное для корма.

Просо — ценен для птиц, крупного рогатого скота и свиней. Просо перед добавлением в комбикорма измельчают, так как пленки проса недостаточно усваиваются и малопитательны,

По своим свойствам сорго можно сравнить с просо и в некоторых странах является одним из хорошо распространенных зерновых компонентов на одном уровне с кукурузой. Сорго в основном используют в комбикормах для свиней.

Также ценным продуктом в комбикормах для свиней, птиц и рыб является рожь. В зерне ржи содержание огромного количества слизи, которые сильно набухают, и которые могут вызвать расстройство пищеварения у животных, ограничивает ввод ржи в комбикорма. Также, кроме вышеуказанных культур, в смесь комбикормов вводят гречиху,

чумизу и другие зерновые культуры, но значение, которых в кормовом балансе невелико.

Важными источниками растительного белка являются бобовые культуры, которые содержат от 20 до 35 % белка. Следует отметить, что белки, у некоторых культур, отличаются низкой усвояемостью, а в зерне содержатся ингибиторы трипсина, т. е. вещества, инактивирующие этот протеолитический фермент в пищеварительных органах животных. Добавляя биологически активные вещества, частности витамин В<sub>12</sub>, можно повысить усвояемость белков, а инактивировать ингибиторы трипсина помогает тепловая обработка.

Из наиболее распространенных бобовых культур, является горох. Используют его в комбикормах для КРС, свиней, а также и птицы. В горохе содержится около 20 % переваримого протеина и большое количество незаменимых аминокислот.

Кормовые бобы содержат до 33 % протеина. Содержание в них дубильных веществ ограничивает ввод бобов в комбикорма. Если включить в состав комбикорма отруби, мелассу, то можно нейтрализовать их. Так же много протеина в сладком люпине, вике, чине, но в некоторых видах семян содержатся продукты, придающие горечь (в люпине, вике), поэтому их вводят в комбикорма в небольших количествах.

Отходы маслоэкстракционных заводов — это обезжиренные продукты из семян масличных культур. Если масло получают прессованием, отходы представляют собой жмыхи, если путем экстракции органическими растворителями — шроты. Жира остается в жмыхах до 7...9 %, в шротах до 2%.

Содержание белка в жмыхах и шротах достигает 40 %. Наиболее распространены хлопчатниковые и подсолнечные жмыхи и шроты. Часто применяют также шрот соевый, льняной, арахисовый, конопляный и др. Некоторые шроты содержат ядовитые вещества, которые требуют обезвреживания или из-за которых ограничивают ввод шротов в

комбикорма: госсипол в хлопчатниковом шроте, рицин — в клещевинном, синильная кислота — в льняном и т. д.

На маслозаводах получают также фосфатидные концентраты, представляющие собой мазеобразные продукты, содержащие до 50 % фосфатидов (главным образом лецитина) и 50 % масла. Иногда выпускают шрот, обогащенный фосфатидами.

Основные виды отходов сахарной промышленности — свекловичный жом и меласса. Жом — высушенная стружка свеклы после экстракции сахара. Сухой жом заменяет зерновое сырье при добавлении продуктов с высоким содержанием белка. Протеина в жоме мало, поэтому иногда его обогащают карбамидом, получая амидный жом, который используют для крупного рогатого скота.

Кормовая патока — меласса представляет собой вязкую при нормальной температуре жидкость с содержанием до 50 % сахаров. Меласса заменяет зерновое сырье, она улучшает вкус комбикорма, уменьшает его распыляемость.

Отходы крахмалопаточной (мезга, глютен, сухие кукурузные корма), спиртовой (сухая барда), пивоваренной (пивная дробина) промышленности также широко используют в комбикормах.

Корма животного происхождения представляют собой муку, полученную из отходов при переработке мяса, рыбы, морских животных. Основная ценность многих кормов животного происхождения заключается в большом содержании в них полноценного белка. Наиболее высокое содержание протеина в кровяной (более 60 %), рыбной (более 50%), мясной муке и других продуктах. Полноценность белка обусловлена их оптимальным аминокислотным составом. Такие продукты, как мясокостная, костная мука, содержат много кальция и фосфора. Эти продукты вводят в комбикорма в небольших количествах, как правило, не более 15 %.

Технические и пищевые жиры имеют высокую калорийность (примерно в два раза выше остальных веществ), содержат жирные кислоты, играющие большую роль в обмене веществ. Наиболее широко в комбикормах используют животные жиры (говяжий, свиной и т. д.). Температура плавления жира колеблется от 30 до 48 °С. Расплавленный жир хорошо перекачивается насосами.

Основной кормовой продукт гидролизной промышленности — кормовые дрожжи, которые производят на основе различного сырья: отходов спиртовой и сахарной промышленности, лесоперерабатывающей, целлюлозной и т. д. Дрожжи содержат до 40 % протеина, а также комплекс витаминов, из которых наиболее значительно содержание витамина Д. Облучение дрожжей ультрафиолетовыми лучами резко повышает их активность. В настоящее время начато производство белково-витаминного концентрата (БВК), представляющего собой кормовые дрожжи, выращенные на парафинах нефти.

Травяную муку получают из свежескошенной травы, высушенной в сушилках и размолотой в молотковых дробилках. В такой муке содержится много протеина (на уровне зерновых культур) и каротина — провитамина А. Травяную муку выпускают в рассыпном и гранулированном виде. Таким же ценным сырьем является хвойная мука из хвои сосны, ели и т. д., листовая мука из листьев деревьев, а также мука из морских водорослей.

К грубым кормам, относят сено, солому, стержни початков кукурузы, лузгу крупяных культур. Их используют в полнорационных комбикормах для крупного рогатого скота, овец, лошадей, кроликов, нутрий. Специальная обработка грубых кормов может повысить их усвояемость и питательность.

В комбикорма вводят и другие вещества, в частности соли аммония.

К микродобавкам относят витамины, которые способствуют лучшему обмену веществ, так как входят в состав ферментов. Применение витаминов позволяет улучшить использование питательных веществ, в

частности растительных белков и т. д. Источником витаминов служат или естественные продукты с высоким их содержанием, или синтетические препараты. Количество витаминов, вводимых в комбикорма, выражают в весовых или международных единицах.

Витамин А — витамин роста. Чаще всего вводят в комбикорма в виде каротина (травяная, хвойная мука). Кроме того, промышленность получает стабилизированный витамин А.

Витамин Д регулирует минеральный обмен в организме. Источники витамина Д — облученные кормовые дрожжи, а также специальные жировые препараты, содержащие стабилизированный витамин Д.

Витамин Е способствует нормальному размножению животных. Комбикормовая промышленность получает препарат витамина Е с концентрацией 250 мг/г. Витамин Е содержится в зародыше семян зерновых культур (кукурузы, овса, гречихи и др.).

Витамин В<sub>1</sub> содержится в зерновом сырье, отрубях. Промышленность получает и синтетический витамин В<sub>1</sub>, так же как и витамины В<sub>2</sub> и РР (никотиновая кислота).

Витамин В<sub>12</sub> (цианокобаламин) повышает усвояемость растительных белков. Его выпускают в виде кормового препарата, полученного путем микробиологического синтеза.

Кроме рассмотренных витаминов, используют также витамины В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub> (пиридоксин), В<sub>с</sub> (фолиевая кислота), В<sub>4</sub> (холил) и др.

Микроэлементы входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других веществ. Наиболее важными считают шесть микроэлементов — марганец, железо, медь, кобальт, цинк, йод. Микроэлементы вводят в состав комбикормов в виде сернокислых, углекислых солей, йод — в виде йодистого калия. Недостаток микроэлементов вызывает заболевания животных.

Антибиотики предохраняют животных, особенно молодняк, от заболеваний, ускоряют рост животных. Так как антибиотики вводят в виде

кормовых препаратов, полученных в результате микробиологического синтеза, в них содержатся и другие биологически активные вещества, в частности витамины. Наиболее известные антибиотики — биомицин, пенициллин, тетрацилин и др.

Незаменимые аминокислоты (лизин, метионин, триптофан, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин, треонин) не могут синтезироваться в организме животных, но во многих кормах их недостает. Поэтому для сбалансирования белка вводят некоторые аминокислоты. Наиболее часто вводят препараты кормового лизина и метионина.

Для повышения усвояемости комбикормов вместе с ними стали вводить и некоторые, особенно амилолитические, ферменты: амилосубтилин ГЗХ-1 и протосубтилин ГЗХ-1.

Кроме указанных продуктов, вводят гормоны, регулирующие обмен веществ, антиокислители (антиоксиданты) для стабилизации жира и жирорастворимых витаминов, лекарственные препараты, вкусовые добавки (сахар, винилин и т. д.).

Перечень компонентов далеко не исчерпан, промышленность изыскивает новые источники питательных веществ, в первую очередь белка, биостимуляторов и т. д.

Линия гранулирования комбикормов предназначена для приготовления из рассыпных комбикормов гранул или брикетов необходимых размеров и формы. Такие комбикорма эффективнее рассыпных, они не подвержены расслоению, лучше хранятся, удобны для обращения, транспортирования и раздачи.

#### **2.2.4 Производство крупки из гранул**

Для молодняка птиц требуются гранулы  $\varnothing$  2...3 мм, однако такие гранулы производить нецелесообразно из-за резкого снижения производительности прессов и повышения удельного расхода энергии. Процесс гранулирования при производстве таких гранул нестабилен, фильтры матриц забиваются комбикормом. Например, при переходе пресса

с производства гранул  $\varnothing$  2,4 мм вместо 4,7 мм его производительность снижается примерно в четыре раза, а удельный расход энергии увеличивается более чем в два раза. Поэтому мелкие гранулированные комбикорма получают путем измельчения гранул  $\varnothing$  4,7...9,7 мм с последующим калиброванием на ситах с определенными размерами. Так, для цыплят и бройлеров от 1 до 30 дней остаток на сите с отверстиями 0,3 мм должен быть не больше 20 %, а проход сита с отверстиями  $\varnothing$  1 мм не должен превышать 18 %.

Гранулы следует измельчать таким образом, чтобы получить минимум мелкой фракции, которую необходимо направлять на повторное гранулирование. Количество такой фракции не должно превышать 30 %, а выход крупки быть не менее 70 %. Измельчение проводят в вальцовом станке. Диаметр вальцов 205...250 мм, нарезка взаимно перпендикулярная, шаг 2,8...3,2 мм, отношение скоростей вальцов 1,5:1.

Эффективность гранулирования определяют содержанием мелкой фракции, проходящей через сита с отверстиями  $\varnothing$  2 мм, причем количество ее не должно превышать 5 %. После охлаждения гранулы просеивают на ситах, так как наличие мелкой фракции вызывает потери и перерасход комбикорма. Размер отверстий сит обычно выбирают  $\varnothing$  2...2,5 или № 1,6...2 мм для металлотканых сит.

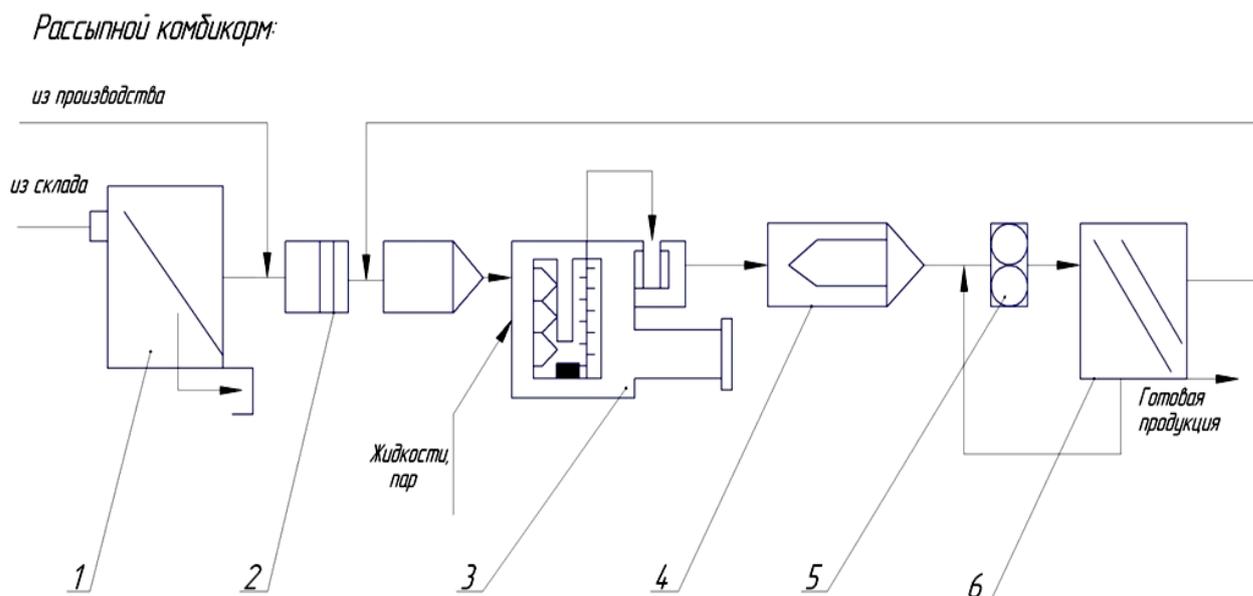
Коэффициент полезного действия пресса представляет собой отношение количества целых гранул ко всему продукту, получаемому после прессования. Чем выше прочность гранул, тем выше и коэффициент полезного действия. Прочность гранул является важным показателем их качества. Если гранулы недостаточно прочны, то они разрушаются при транспортировании, загрузке в бункера, хранении, перевозках.

Наиболее эффективный способ подготовки продукта — пропаривание, которое пластифицирует продукт, повышает его температуру, что облегчает прохождение продукта через фильеры. Высокая чистота внутренней поверхности канала является важным условием

нормальной работы прессов. Шероховатая поверхность фильеры увеличивает коэффициент трения продукта о стенки, повышает давление прессования, снижает производительность пресса. При использовании новой матрицы ее сначала прирабатывают, пропуская смесь комбикорма, песка и масла. При хранении матрицы, если она в течение долгого времени остается в нерабочем состоянии, требуется ее консервация, заключающаяся в заполнении отверстий смесью масла и отрубей.

## 2.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЛИНИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ

Технологическая схема линии гранулирования комбикормов представлена на рисунке 12.



- 1 - машина просеивающая с одним решетом; 2 - колонка магнитная;  
3 - пресс-гранулятор; 4 – охладитель; 5 – измельчитель; 6 - машина просеивающая с двумя решетами.

Рисунок – 12 Схема технологической линии гранулирования комбикормов

### 2.3.1 Технологические расчеты грануляторов

Производительность гранулятора определяется по формуле

$$=3,6k \quad \text{—} \quad (2.1)$$

$k$  – поправочный коэффициент, учитывающий площадь перемычек между отверстиями матрицы ( $k = 0,06 \dots 0,07$ );

$\rho_n$  – насыпная плотность гранул, кг/м<sup>3</sup>;

$z_p$  – число прессующих вальцов;

$d_o$  – диаметр отверстий в матрице, м;

$i_o$  – число отверстий в матрице, шт.;

$v_2$  – скорость продвижения гранулы в отверстии матрицы, м/с.

Из формулы видно, что для повышения производительности необходимо увеличивать диаметр отверстий матрицы и скорость движения гранул в отверстии матрицы. Эти условия можно обеспечить следующим: 1) надлежащим (тонким) измельчением материала; 2) снижением коэффициента трения материала о стенки фильеры (обработка паром, щелочью, введение добавок с низким коэффициентом трения. Значение диаметра отверстий ограничивается требованиями создания одинакового напряжения в середине гранулы и его максимальное значение 23 мм. Отношение внутреннего диаметра матрицы к диаметру вальца характеризуется коэффициентом  $\psi = 0,4 \dots 0,47$ . Давление, необходимое для уплотнения корма до требуемой плотности, находят по зависимости

$$\left( \quad \quad \quad \right), \text{ кПа} \quad (2.2)$$

где  $P_0, a$  – коэффициенты, характеризующие уплотняемость материала;

$\rho_0, \rho_{\max}$  – начальная и максимальная плотности материала, кг/м<sup>3</sup>.

Обычно  $\rho_{\max} = 1,1 \dots 1,4$  заданной плотности  $\rho_{\text{зад}}$ .

Давление  $P_{\max}$  действует на этапе  $\alpha_{\text{пр}}$  (угол проталкивания)

$$\quad \quad \quad , \quad (2.3)$$

где  $P_{\text{пд}}$  – противодействие каналов матрицы, кПа.

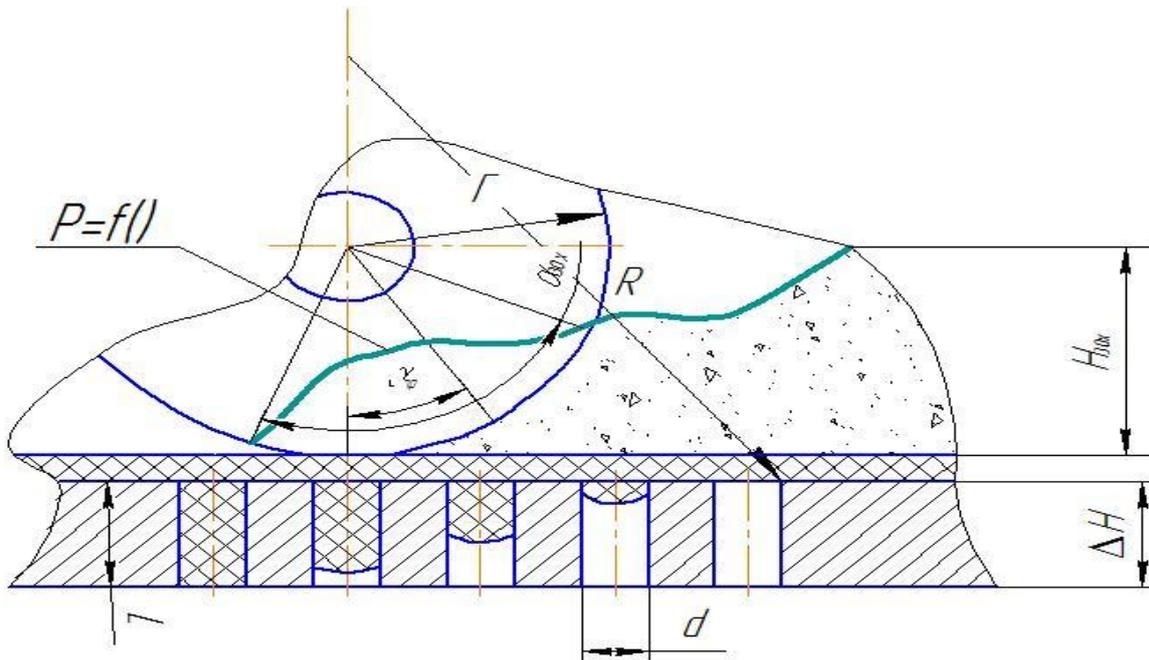


Рисунок – 13 Схема прессования через плоскую матрицу

Противодавление создается за счет числа каналов и их длины  $L$ :

$$P_{\text{пд}} = q_0 \ln\left(1 + \frac{L \cdot S_k}{u \cdot \beta \cdot f \cdot q_0}\right), \quad (2.4)$$

где  $S_k$  - площадь поперечного сечения единичного канала, м<sup>2</sup>;

$u$  – периметр поперечного сечения канала, м;

$\beta$  – коэффициент бокового давления;

$f$  – коэффициент трения гранулируемого материала о стенки канала;

$q_0$  – остаточное боковое давление, кПа.

Площадь рабочей поверхности матрицы:

$$S_{\text{рп}} = S_{\text{м}} \cdot k_{\text{п}} \cdot t_{\text{в}}, \quad (2.5)$$

где  $t_{\text{в}}$  – время выдержки гранулируемого материала в канале, ч;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент перфорации матрицы ( $k_{\text{п}} = 0,85 \dots 0,95$ );

$\rho_k$  – плотность материала, находящегося в канале, кг/м

$\rho_k = (0,92 \dots 0,95) \rho_{\max}$ ;

$\lambda$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения материала по поверхности матрицы ( $\lambda = 1,5 \dots 2,5$ ).

Радиус матрицы  $R$ , м, определяется как

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (2.6)$$

$\psi_1$  – отношение ширины вальца к его радиусу ( $\psi_1 = 1,0 \dots 1,6$ ).

Частота вращения матрицы определяется исходя из условия обеспечения требуемой (расчетной) плотности гранул на разрыв, их длины, радиуса матрицы и длины каналов

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (2.7)$$

где  $\sigma$  - прочность гранул на разрыв, кПа ( $= 1,3 \dots 1,7$  кПа);

$l$  - длина гранул, м ( $= (1,5 \dots 2,0)$  – диаметра гранул);

$\rho$  - расчетная плотность гранул, кг/м<sup>3</sup>. Толщина, захватываемая вальцом слоя рассыпного материала равна

$$\text{---}, \quad (2.8)$$

где  $b$  – ширина вальца, м.

Производительность штемпельного прессы

$$(2.9)$$

$F$  – площадь поперечного сечения камеры уплотнения, м<sup>2</sup>;

$n$  - частота двойных ходов штемпеля, с;

$z$  – число штемпелей;

$l_{\text{ср}}$  – средняя длина брикета, м.

$\rho$  – конечная плотность брикета, кг/м.

### 3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

В последние несколько лет, без выработки полнорационных и сбалансированных по питательности комбикормов, невозможно добиться эффективности производства животноводческой и птицеводческой продукции, это понимают, как и производители комбикормов, так и потребители.

Что же требуется для этого?

Нужны современные прогрессивные схемы технологического процесса на весовом дозировании с использованием тензометрической техники и автоматической системой управления технологическим процессом, это, во-первых.

Во-вторых, при производстве комбикормов необходимы основные технологические приемы. Такие, как:

- при случайных не кормовых примесей и металломагнитных примесей требуется очистка сырья;
- измельчение компонентов;
- системы взвешивания (дозирования) компонентов (весовые дозаторы, весы-смесители на тензо датчиках);
- смешивание компонентов (дискретное, непрерывное);
- контроль крупности продуктов измельчения и рассыпного комбикорма;
- гранулирование рассыпных комбикормов;
- ввод жидких компонентов;

|                  |             |                     |                |             |                                            |             |                               |                  |
|------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-------------|-------------------------------|------------------|
|                  |             |                     |                |             | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> |             |                               |                  |
|                  |             |                     |                |             | <i>Гранулятор</i>                          | <i>Лит.</i> | <i>Масса</i>                  | <i>Масштаб</i>   |
| <i>Изм.</i>      | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i>     | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                            |             |                               |                  |
| <i>Разр.</i>     |             | <i>Шайхутдинов</i>  |                |             |                                            |             | -                             | -                |
| <i>Провер.</i>   |             | <i>Нафиков И.Р.</i> |                |             |                                            |             |                               |                  |
| <i>Т. Контр.</i> |             |                     |                |             |                                            | <i>Лист</i> | 1                             | <i>Листов</i> 22 |
| <i>Реценз.</i>   |             |                     |                |             |                                            |             |                               |                  |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Нафиков И.Р.</i> |                |             |                                            |             |                               |                  |
| <i>Утверд.</i>   |             | <i>Халиуллин</i>    |                |             |                                            |             | <i>Казанский ГАУ каф. МОА</i> |                  |

- тепловая обработка (экспандирование, экспандирование с гранулированием и вводом жидких компонентов);
- производство премиксов;
- автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП).

В-третьих, оборудование для осуществления этих технологических приемов, т.е. техническая база. Исходя из этих предпосылок, следует сделать анализ состояния, в основном, отечественной технической базы и в первую очередь оборудования, выпускаемого для оснащения комбикормовых предприятий.

Вот уже в течение 10 лет производятся магнитные колонки УЗ-ДКМ которые очищают по шести типоразмерам от металломагнитных примесей, с пропускной способностью от 6 до 175 т/ч, а магнитные сепараторы УЗ-ДМС от 4 до 10 т/ч с ручной и автоматической очисткой магнитных систем. Почти вся отечественная промышленность комбинированных кормов оснащена данным оборудованием, заводы ближнего зарубежья также оснащены данным оборудованием.

Для очистки зернового, мучнистого сырья и шротов от крупных, случайных не кормовых примесей в линиях приема сырья изготавливаются сепараторы УЗ-ДЗС-50 и УЗ-ДЗС-175, соответственно, производительностью по зерну 50 и 175 т/ч.

Оснащаемая просеивающая машина УЗ-ДМП-15 производительностью 15 т/ч предназначена для сортирования измельченных гранул и отделения крошки от них в линиях гранулирования. Для контроля рассыпных комбикормов по крупности, перед гранулированием продуктов измельчения зернового сырья и просеивания рассыпного комбикорма изготавливается просеивающая машина УЗ-ДМП-2 производительностью 50 и 20 т/ч, соответственно, на ситах с отверстиями диаметром 8 и 4 мм.

К созданию нового поколения смесителей толкнуло, повышенное требование к качеству выпускаемых комбикормов, которая обеспечивает однородность готовой смеси не менее 92...95%.

Разработаны смесители периодического и непрерывного действия, позволяющие смешивать с высокой однородностью компоненты комбикормов, премиксов, белково-витаминно-минеральных добавок и сыпучих продуктов с жидкостями: мелассой, жиром животным, маслом растительным.

В основу конструкции двухзальных лопастных смесителей периодического действия заложен "псевдооживленный" метод смешивания, который позволяет смешивать компоненты с различными размерами частиц и разной объёмной массой, и обеспечивающий получение однородной смеси за достаточно короткий промежуток времени.

Смесители выпускаются в двух исполнениях: для смешивания сыпучих продуктов и для смешивания сыпучих продуктов с жидкими компонентами. Во втором исполнении в смесителе дополнительно устанавливается роторный разрыхлитель и распределительный коллектор с форсунками.

Изобретение относится к устройствам для гранулирования сыпучих материалов и может быть использовано в химической, металлургической, пищевой и других отраслях промышленности.

Тарельчатый гранулятор, содержащий вращающуюся наклонную тарель, установленную на опорно-поворотной раме, укрепленной на станине посредством шарниров, и привод вращения тарели с беговой дорожкой и приводным фракционным катком.

Недостатком известной конструкции является большая металлоемкость.

Этот недостаток обусловлен наличием под днищем тарели широкой беговой дорожки в фрикционной паре с катком.

|             |             |                 |                |             |                                            |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                            | 3           |

Поверхность контакта беговой дорожки и фрикционного катка находится с шарнирами на одном уровне. При изменении угла наклона тарели  $\alpha$ , т.е. при повороте тарели вокруг оси шарниров опорно-поворотной рамы, происходит изменение положения беговой дорожки относительно фрикционного катка. При этом поверхность контакта, образованная конической беговой дорожкой и катком, перемещается как по беговой дорожке, так и по катку.

Чем больше диапазон наклона тарели, т.е. чем больше поверхность контакта, тем шире беговая дорожка и, следовательно, больше ее вес.

Так, например, при изменении угла наклона тарели диаметром 4 м в диапазоне  $45-65^\circ$  перемещение поверхности контакта шириной 60 мм составляет 160-180 мм.

### **3.1 Описание конструкции предлагаемого гранулятора**

Изобретение относится к машинам для гранулирования, например, комбикорма, и может быть использовано в пресс-грануляторах с плоской неподвижной матрицей.

Известны пресс-грануляторы, содержащие плоскую неподвижную горизонтальную матрицу с перекатывающимися по ней прессующими вальцами, имеющими привод от вертикального вала, расположенного в центре матрицы через горизонтальные водила.

В таких прессах увеличение производительности связано с увеличением габаритов рабочих органов. Увеличение ширины валцов ограничивается необходимостью обеспечения оптимального взаимного скольжения рабочих поверхностей вальца и матрицы.

Целью изобретения является повышение эффективности процесса гранулирования, обеспечение оптимального проскальзывания рабочих поверхностей вальца и матрицы.

Это достигается тем, что в предлагаемом пресс-грануляторе прессующие вальцы располагаются на разном удалении от оси вращения

|             |             |                 |                |             |                                            |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                            | 4           |

приводного вала.

На рисунке - 14 изображен предлагаемый пресс-гранулятор, продольный разрез и поперечный разрез по А-А. Горизонтальная плоская матрица 1 неподвижно укреплена в корпусе 2. В этом же корпусе укреплены подшипники вала 3, соединенного через клиноременную передачу 4 с электродвигателем 5. На противоположном конце вала 3 установлено водило 6 с расположенными на нем прессующими вальцами 7 и 8. Вальцы на водиле размещены таким образом, что пара вальцов 7 располагается ближе к центру вращения водила, чем пара 8.

. Ниже матрицы 1 на валу 3 закреплен обламывающий нож 9 и отводящий диск 10. Сверху рабочие органы закрыты кожухом 11.

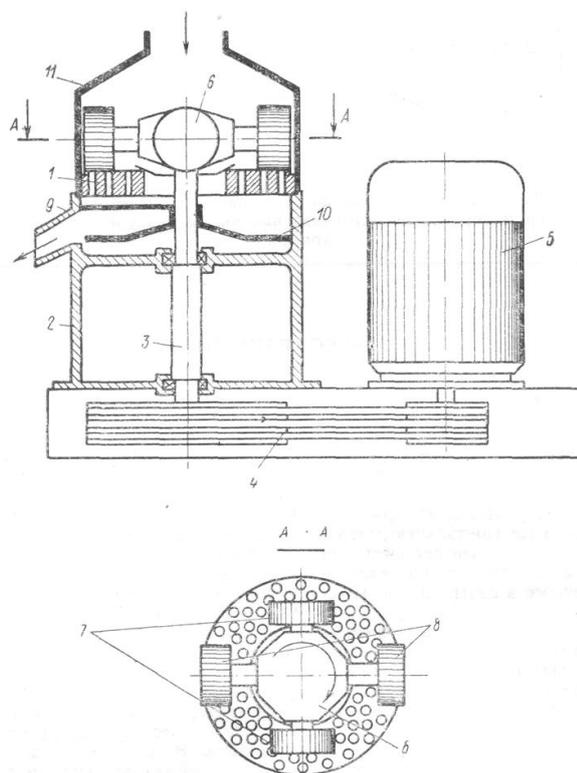
Роликовый гранулятор работает следующим образом.

Материал через отверстие в центре кожуха 11 самотеком подводится в зону рабочих органов. Вследствие вращения водила 6 вокруг своей оси прессующие вальцы 7 и 8 перекатываются по рабочей поверхности матрицы 1, захватывают материал и продавливают его через фильеры матрицы. Образовавшиеся гранулы обламываются ножом 9 и падают на вращающийся диск 10, которым выбрасываются через отводящий лоток, укрепленный в корпусе 2, наружу.

Оптимальное проскальзывание рабочих поверхностей вальцов матрицы обеспечивается подбором ширины вальцов в зависимости от их расстояния от центра вращения.

Также, в данном роликовом грануляторе применена матрица, содержащая корпус с прессующими каналами включающими цилиндрическую формующую часть, расширяющиеся входную и выходную полости, отличающаяся тем, что, с целью повышения прочности гранул, выходная полость выполнена в виде участка тороидальной поверхности с осевой протяженностью, не превышающей двух диаметров цилиндрической части и максимальным диаметром не более 1,1 диаметра последней.

|             |             |                 |                |             |                                            |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                                            | 5           |



1 – матрица; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – клиноременная передача; 5 – электродвигатель; 6 – водило; 7, 8 – прессующие вальцы; 9 – обламывающий нож; 10 – отводящий диск; 11 – кожух.

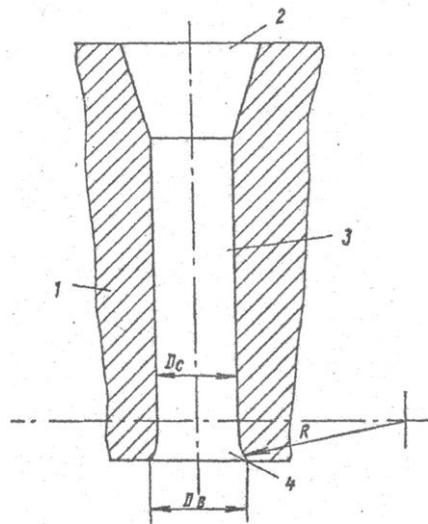
Рисунок – 14 Роликовый гранулятор

Роликовый гранулятор, содержащий плоскую неподвижную горизонтальную матрицу с перекатываемыми по ней прессующими вальцами, имеющими привод от вертикального вала, расположенного в центре матрицы через горизонтальные водила, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности процесса гранулирования, прессующие вальцы расположены на разном удалении от оси вращения приводного вала.

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению в частности к оборудованию для гранулирования кормов, и может быть использовано в комбикормовой промышленности и сельском хозяйстве. Цель изобретения - повышение прочности гранул.

|      |      |          |         |      |                                     |      |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                     | 6    |

На рисунке - 15 изображен прессующий канал матрицы, поперечное сечение.



1 – матрица; 2 – входная полость; 3 - цилиндрическая формующая часть;  
4 - тороидальная полость.

Рисунок – 15 Прессующий канал матрицы

Прессующий канал, выполненный в матрице 1, состоит из входной полости 2, цилиндрической формующей части 3, имеющей диаметр  $D_c$  и сопряженной с ней выходной тороидальной полости 4 с максимальным диаметром  $D_b$  и радиусом образующей  $R$ .

Матрица роликового гранулятора работает следующим образом. Корм, поступающий между матрицей и роликами (на чертеже не показаны), периодически проталкивается в входную полость 2 прессующих каналов. Здесь происходит под прессовка корма. Затем корм поступает в цилиндрическую формующую часть 3, где происходит формообразование гранулы. Далее гранула попадает в выходную полость 4. Так как выходная полость 4 выполнена тороидальной, сопряженной с цилиндрической частью 3, то упругое расширение гранулы происходит постепенно, что делает напряженное состояние гранулы однородным и исключает возможность перерезания ее. Тороидальная выходная полость 4 позволяет

обеспечить малую величину градиента напряжений в грануле во всей выходной полости 4, в т.ч. и на участке, примыкающем к цилиндрической формирующей части 3, где напряжения в грануле имеют большую величину и наиболее вероятно образование трещин в корме.

Отношение  $D_c$  к  $D_b$  не должно превышать 1,1, так как именно такие значения принимает радиальная упругая деформация гранулы в цилиндрическом канале. Выходная тороидальная полость имеет протяженность до 2,0 диаметров цилиндрической формирующей части, так как при увеличении протяженности выходной части больше 2,0 диаметра напряженное состояние гранулы на участке выходной тороидальной полости, примыкающей к цилиндрической формирующей части, практически не отличается от состояния гранулы в цилиндрической части.

Важный вопрос - чистка и смена матриц и катков. Плоские матрицы можно в любых условиях эксплуатации прочистить просверливанием, а также зашлифовать при износе. Этого практически нельзя сделать с другой конфигурацией матрицы. Кроме этого, плоская матрица быстро меняется. Также низкая цена. Изготовление плоской матрицы намного дешевле изготовления круглых матриц, а смену их нужно проводить каждый год, иногда несколько раз.

### **3.2 Технологические, энергетические и прочностные расчёты гранулятора**

Основной показатель, характеризующий процесс прессования кормов, – плотность получаемых гранул. Она зависит от прикладываемого к сжимаемому материалу давления. Благодаря зависимости между плотностью и давлением можно определить усилия, действующие в деталях и механизмах машин, и энергию, потребную для уплотнения.

При поступлении порции материала в отверстие матрицы частицы в результате действия сил сжатия и трения о стенки входят в контакт одна с другой. Частицы корма обладают упругостью, и первоначально контакт

между ними находится в точках, где сосредоточены напряжения.

Если в этот момент снять напряжения, то монолит распадётся. Однако отверстие матрицы выполнено достаточной длины, и с течением времени напряжения от отдельных точек расходятся по всему объёму порции запрессованного корма.

### 3.3 Расчет конструктивных и технологических параметров

Длина отверстия матрицы зависит от гранулируемого материала, его коэффициента трения, влажности, времени релаксации напряжений в спрессованном материале, диаметра отверстий и степени уплотнения материала.

Степень уплотнения материала  $\lambda_{\text{упл}}$ , определим по формуле:

$$\lambda_{\text{упл}} = \frac{\rho}{\rho_0}, \quad (3.1)$$

где  $\rho$  – плотность монолита, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_0$  – плотность рассыпного материала; кг/м<sup>3</sup>;

При гранулировании травяной муки имеем:

$$\rho = 1600 \text{ кг/м}^3; \rho_0 = 200 \text{ кг/м}^3.$$

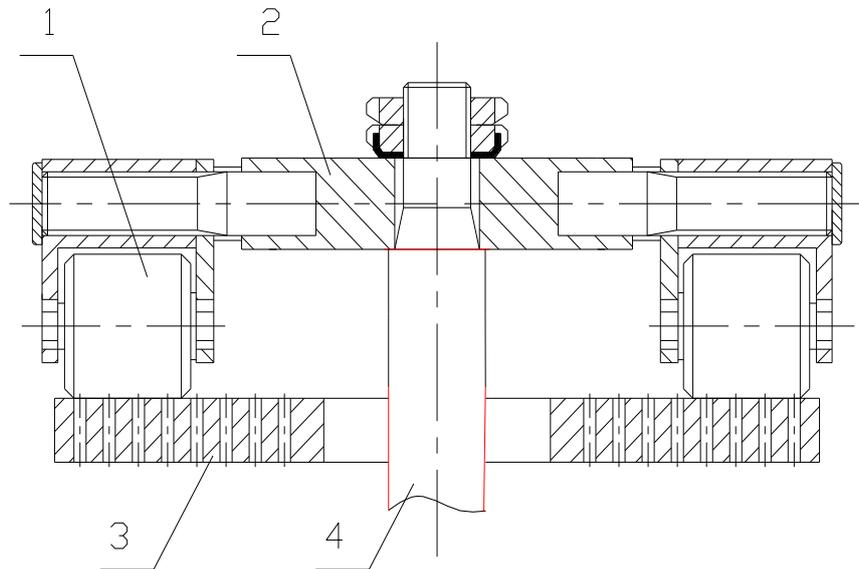
$$\text{Тогда: } \lambda_{\text{упл}} = \frac{1600}{200} = 8$$

При сжатии материала вальцом в зоне сжатия увеличивается давление, и по достижении его максимального значения, при котором материал уплотняется до необходимой величины, сила, действующая на ранее запрессованный в отверстие материал, становится больше силы трения материала о стенки отверстия (рисунок 3.9). В этот момент начинается проталкивание материала в отверстие матрицы и запрессовка новой его порции.

Сжатие поступившей в отверстие диаметром  $d$  и длиной  $l$  (рисунок 15) порции обусловлено силами трения ранее запрессованного материала о стенки отверстия матрицы, и в таком случае работа сжатия новой порции материала  $A_{\text{сж}}$ , Дж, должна быть равна работе силы трения  $A_{\text{тр}}$ , Дж, т.е.

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
|      |      |          |         |     |                                            | 9    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            |      |

$$A_{сж} = A_{тр}$$



1 – прессующие вальцы; 2 – водило; 3 – матрица; 4 – вал

Рисунок – 16 Принципиальная схема узла прессования с плоской матрицей

Работу сжатия материала  $A_{сж}$ , Дж, найдем по формуле:

$$A_{сж} = \frac{сM(\rho^{m-1} - \rho_0^{m-1})}{m-1}, \quad (3.2)$$

где  $c$  и  $m$  – коэффициенты, постоянные для данного материала;

$M$  – масса запрессованной за один цикл порции материала, кг;

$c = 0,36$ ;  $m = 2,426$  при влажности корма 14,7 процентов (таблица 13.3).

Массу запрессованной за один цикл порции материала  $M$ , кг, найдем по формуле:

$$M = \pi d^2 rh/4, \quad (3.3)$$

где  $d$  – диаметр отверстия матрицы, мм;  $d = 0,01$  м;

$h$  – высота запрессованной порции, мм;  $h = 0,006$  м.

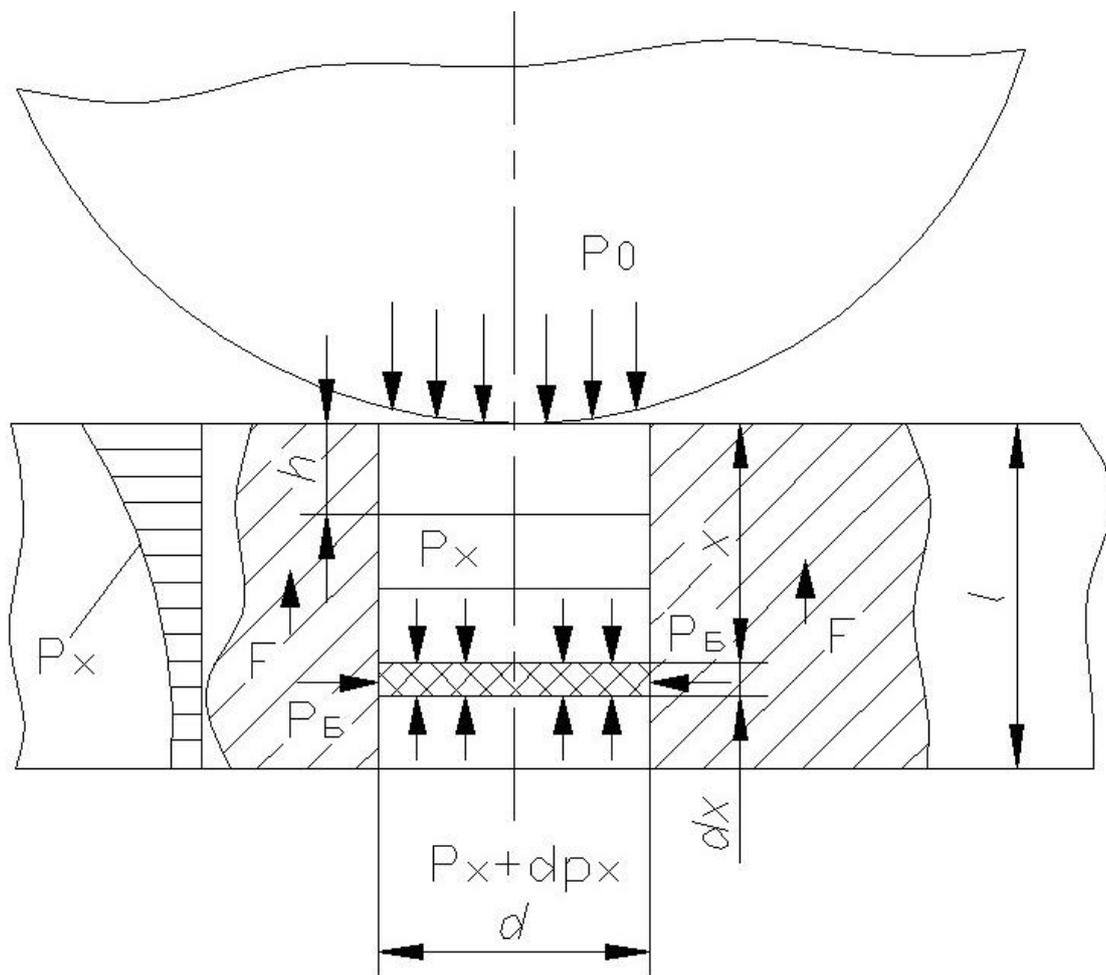


Рисунок – 17 Расчетная схема узла прессования с плоской матрицей

$$M = \frac{3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 1600 \cdot 0,006}{4} = 0,0008 \text{ кг};$$

$$A_{сж} = \frac{0,36 \cdot 0,0008 (1600^{2,426-1} - 200^{2,426-1})}{2,426-1} = 7,1 \text{ Дж.}$$

Длину отверстия матрицы  $l$ , мм, найдем по формуле:

$$l = \frac{d}{4f\xi} \ln \left\{ \frac{1}{1 - \frac{1}{m-1} \left(1 - \frac{1}{\lambda_{ул}^{m-1}}\right)} \right\}, \quad (3.4)$$

где  $f$  – коэффициент трения материала о стенки отверстия;  $f = 0,1$ ;

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

ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ

Лист

11

$\xi$  – коэффициент бокового распора;  $\xi = 0,7$ .

$$l = \frac{10}{4 \times 0,1 \cdot 0,7} \ln \left\{ \frac{1}{1 - \frac{1}{2,426-1} \left(1 - \frac{1}{8^{2,426-1}}\right)} \right\} = 38,9 \text{ мм.}$$

Угол захвата материала вальцом  $\alpha$  определим по формуле:

$$\alpha = \frac{\gamma}{1 - \frac{r}{R}}, \quad (3.5)$$

где  $\gamma$  – угол защемления материала между вальцом и матрицей, рад;  $\gamma = 0,66$  рад;

$r$  – радиус вальца, м;  $r = 0,057$  м;

$R$  – радиус матрицы, м;  $R = 0,152$  м.

$$\alpha = \frac{0,66}{1 - \frac{0,057}{0,152}} = 1,06 \text{ рад или } 62^{\circ}.$$

При увеличении зазора  $\Delta$ , мм между вальцом и матрицей снижается производительность пресса и увеличивается энергоемкость прессования. Данный зазор крайне мал по сравнению с высотой захватываемого слоя и для грануляторов равен  $0,1 \dots 0,8$  мм.

С учетом этого высота захватываемого слоя корма вальцом  $H$ , мм, определим по выражению:

$$H = R - \sqrt{r^2 + (R-r)^2 + 2r(R-r) \cos \frac{\gamma}{1 - \frac{r}{R}}} =$$

$$= 0,152 - \sqrt{0,057^2 + (0,152 - 0,057)^2 + 2 \times 0,057(0,152 - 0,057) \cos \frac{0,66}{1 - \frac{0,057}{0,152}}} = 0,0077 \text{ м.} \quad (3.6)$$

Качество прессованных кормов и затраты энергии на их получение зависят от скоростного режима работы пресса. Минимальная частота вращения кольцевой матрицы должна обеспечивать наилучший захват материала и его бесперебойное поступление к вальцам пресса. Подаваемый материал должен удерживаться на внутренней поверхности матрицы.

|      |      |          |         |     |                                     |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |         |     |                                     |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |     |                                     |  |  |  | 12   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ |  |  |  |      |

Учитывая данное условие, Подколзин Ю.В. предложил выбирать минимальную частоту вращения матрицы  $n_{\min}$  равную 2,4 об./сек.

Часовую производительность прессы с кольцевой матрицей  $Q$ , кг/с, найдем по формуле:

$$Q = m n v r_0 \varphi_3 \cdot 3600, \quad (3.7)$$

где  $m$  – число вальцов;  $m = 4$ ;

$B$  – радиус рабочей поверхности матрицы;  $B = 0,11$  м;

$v$  – окружная скорость матрицы, м/с;  $v = 2,9$  м/с;

$\varphi_3$  – коэффициент заполнения;  $\varphi_3 = 0,4$ .

$$Q = 4 \cdot 0,0077 \cdot 0,11 \cdot 2,9 \cdot 200 \cdot 0,4 \cdot 3600 = 2800 \text{ кг/ч}$$

На качество гранул решающее влияние оказывает и время пребывания материала в отверстии матрицы, которое должно превышать время релаксации напряжений в материале.

Время пребывания материала в канале прессования  $t$ , с, найдем по формуле:

$$t = \frac{l S_M \rho \beta}{q}, \quad (3.8)$$

где  $S_M$  – площадь живого сечения матрицы, м<sup>2</sup>;  $S_M = 0,0313$  м<sup>2</sup>;

$\beta$  – коэффициент расширения монолитов;  $\beta = 1,3$ ;

$q$  – подача материала, кг/с;  $q = 0,78$  кг/с.

$$t = \frac{0,0389 \cdot 0,031 \cdot 1600 \cdot 1,3}{0,78} = 8,1 \text{ сек.}$$

Время релаксации напряжений для данных условий  $t_{\text{рел.}} = 10$  сек. Поэтому толщину матрицы необходимо увеличить:

$$t = \frac{0,05 \cdot 0,013 \cdot 1600 \cdot 1,3}{0,314} = 10,4$$

$t = 10,4$  сек.  $>$   $t_{\text{рел.}} = 10$  сек. – Условие выполняется, принимаем длину каналов прессования  $l = 50$  мм.

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 13   |

Подбираем прессовую посадку вала вальца со втулкой плиты для следующих условий:

$$T = 54 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$d = 22 \text{ мм};$$

$$l_{\text{ст}} = 15;$$

$$d_2 = 40 \text{ мм}.$$

Вал сплошной; материал ст.40Х;  $G_{\tau 2} = 540 \text{ Н/мм}^2$ . Сборка прессованием.

Коэффициент запаса сцепления  $K = 3$ .

Коэффициенты трения при расчетах:

$$\text{сцепления} - f_c = 0,08;$$

$$\text{запрессовки} - f_h = 0,2.$$

Определяем среднее контактное давление:

$$P_m = \frac{2K \cdot T \cdot 10^3}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f_c} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 54 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 22^2 \cdot 15 \cdot 0,08} = 177 \text{ Н/мм}^2. \quad (3.9)$$

Определяем коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$ :

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \mu; \quad (3.10)$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} + \mu. \quad (3.11)$$

Т.к  $d_1 = 0$ , то  $C_1 = 1 - 0,3 = 0,7$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{22}{40}\right)^2}{1 - \left(\frac{22}{40}\right)^2} + 0,3 = 0,3.$$

Определяем деформацию деталей:

$$\Delta = P_m \cdot d \cdot 10^3 (C_1/E_1 + C_2/E_2) = 177 \cdot 22 \cdot 10^3 (0,7/2,1 \cdot 10^5 + 0,3/2,1 \cdot 10^5) = 72 \text{ мкм}. \quad (3.12)$$

Определяем поправку на обмятие микронеровностей:

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 14   |

Выбираем по 7-му качеству:

$$R_{a1} = 1,6;$$

$$R_{a2} = 1,6.$$

$$U = 5,5(R_{a1} + R_{a2}) = 5,5(1,6 + 1,6) = 17,6 \text{ мкм.} \quad (3.13)$$

Определяем минимальный требуемый натяг:

$$[N]_{\min} \geq \Delta + U + \Delta t = 72 + 17,6 + 0 = 89,6 \quad (3.14)$$

Определяем максимальное контактное давление, допускаемое прочностью детали:

$$[P]_{\max} = 0,5 \cdot G_{T2} [1 - (d_1/d_2)^2] = 0,5 \cdot 540 [1 - (22/40)^2] = 188,3 \text{ Н/мм}^2. \quad (3.15)$$

Определяем максимальную деформацию, допускаемую прочностью охватываемой детали:

$$[\Delta]_{\max} = [P]_{\max} \cdot \Delta / P = 188,3 \cdot 72 / 177 = 76,6 \text{ мкм.} \quad (3.16)$$

Определяем максимальный допускаемый натяг, гарантирующий прочность охватываемой детали:

$$[N]_{\max} \leq [\Delta]_{\max} + U = 76,6 + 17,6 = 94,2 \text{ мкм.} \quad (3.17)$$

Выбираем посадку  $\frac{H7}{U7}$  для которой:

$$N_{\min} = 99 \text{ мкм} > [N]_{\min};$$

$$N_{\max} = 149 \text{ мкм} < [N]_{\max}.$$

Определяем давление от максимального натяга  $N_{\max}$  выбранной посадки:

$$P_{\max} = (N_{\max} - U) \cdot P / \Delta = (149 - 17,6) \cdot 177 / 72 = 323 \text{ Н/мм}^2. \quad (3.18)$$

Определяем силу запрессовки для выбранной посадки:

$$F_n = \pi \cdot d \cdot l \cdot P_{\max} \cdot f_n = 3,14 \cdot 22 \cdot 15 \cdot 323 \cdot 0,2 = 66938 \text{ Н} = 66,938 \text{ кН.} \quad (3.19)$$

Таким образом, для сборки соединения требуется пресс, развивающий силу 67 кН.

### 3.4 Техническое обслуживание гранулятора

Техническое обслуживание включает в себя технические мероприятия, создающие наиболее благоприятные условия для работы деталей, своевременно предупреждающие появление неисправностей и

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 15   |

устраняющие дефекты. В соответствии с назначением, объемом и составом работ, периодичностью выполнения техническое обслуживание подразделяется на следующие виды: ежесменное, выполняемое регулярно перед началом работы, во время работы, вовремя перерывов и после окончания работы; периодическое, выполняемое через каждые 240 часов работы.

Ежесменное техническое обслуживание. Для проведения этого вида работ выделяется время в начале и в конце смены. Перед началом работы проверить:

- надежность работы системы ввода пара или воды;
- уровень масла в редукторе;
- степень налипания переувлажненного продукта в смесителе;
- натяжение приводных ремней;
- надежность болтовых соединений оборудования и муфты.

Для проверки надежности работы системы ввода пара проделать следующие операции:

- снять распылитель и при необходимости прочистите сопло в нем;
- открыть кран.

Если в корпусе смесителя налипают толстый слой влажного продукта, его необходимо очистить через специальное окно в корпусе.

Во время работы смазывать подшипники прессующих валцов через каждые 3-4 часа работы пресса. После окончания смены проделать следующую работу:

- очистить оборудование и площадку вокруг него от остатков продукта, крошки, пыли;
- смазать подшипники ;
- проверить зазоры между матрицей и прессующими вальцами, при необходимости отрегулировать их в пределах 0,2...0,5 мм;

Периодическое техническое обслуживание. Техническое обслуживание следует проводить через каждые 240 часов работы

|             |             |                 |                |            |                                            |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|------------|--------------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |            | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> |                                            | 16          |

оборудования. Периодическое техническое обслуживание оборудования состоит из:

- ежедневного технического обслуживания;
- внутренней и наружной чистки составных частей оборудования от остатков продукта и крошки;
- технического обслуживания прессующих валцов;
- периодической смены масла в редукторе;
- технического обслуживания системы ввода пара или воды;
- технического обслуживания электрооборудования.

Возможные неисправности и способы их устранения.

Неисправность - срез предохранительных штифтов пресса.

Причина - в камеру прессования попали посторонние предметы (куски металла, камни и т. д.).

Способ устранения - очистить камеру прессования. Поставить новые предохранительные штифты.

Причина - вышли из строя подшипники роллеров.

Способ устранения - очистить камеру прессования. Снять роллеры, разобрать и тщательно промыть. Продуть смазочные отверстия в осях. Заменить подшипники. Собрать роллеры, отрегулировать осевой зазор в подшипниках в пределах  $0,1 \div 0,17$  мм. Заглушить пробкой задние смазочные отверстия в осях. Установить роллеры на место. Отрегулировать зазор между роллерами и матрицей. При установке роллеров обязательно сохранить взаимное расположение их с матрицей.

Причина - затвердели гранулы в отверстиях матрицы.

Способ устранения – очистить камеру прессования. Поставить новые предохранительные штифты. Дать поработать прессу вхолостую 20 минут. При этом через лоток подать сырье или гранулы вручную небольшими порциями.

Причина - неправильно отрегулирован зазор между роллерами и матрицей.

|             |             |                 |                |            |                                            |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|------------|--------------------------------------------|-------------|
|             |             |                 |                |            | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> |                                            | 17          |

Способ устранения – очистить камеру прессования. Поставить новые предохранительные штифты. Отрегулировать зазор между роллерами и матрицей.

Неисправность - происходит забивание сырья в лотке, соединяющем смеситель с прессом.

Причина - качество гранул не соответствует стандартному.

Способ устранения - проверить качество гранул. Поверхность гранул должна быть блестящей. Если гранулы с блестящей поверхностью получаются мягкими, это не является признаком не качества продукции, так как при прохождении системы охлаждения гранулы быстро твердеют. Если количество не гранулированного сырья минимальное, но поверхность гранул получается шероховатой, это значит, что сырье переувлажнено. В таком случае нужно или уменьшить количество подаваемого пара(воды), или дозатором постепенно снизить подачу сырья.

Причина - влажность не соответствует стандартной.

Способ устранения - в процессе гранулирования влажность сырья должна находиться в пределах 13-18%. При меньшей влажности необходимо увлажнить сырье, при большей – просушить сырье.

Причина - нагрузка на электродвигатель пресса не соответствует допустимой.

Способ устранения - уменьшить нагрузку на электродвигатель путем уменьшения количества подаваемого сырья.

Неисправность - упала производительность пресса.

Причина - увеличение зазора между роллерами и матрицей (если падение производительности незначительное).

Способ устранения – очистить камеру прессования. Отрегулировать зазор между роллерами и матрицей.

Причина - изменение свойств сырья.

Способ устранения - увеличить подачу сырья.

Причина - выход из строя одного роллера (если падение

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 18   |

производительности значительное).

Способ устранения - очистить камеру прессования. Заменить вышедший из строя ролик. Отрегулировать зазор между роликами и матрицей.

Неисправность - перегрев подшипниковых узлов.

Причина - недостаточная смазка.

Способ устранения - произвести смазку оборудования.

Причина - перекошены корпуса подшипников при перекосе рамы или ослаблении их крепления.

Способ устранения - разобрать подшипниковый узел, промыть его и, если подшипник не имеет дефектов, искать причины в подшипниковом узле.

Неисправность - неравномерный износ роликов.

Причина - неравномерно закреплены ролики.

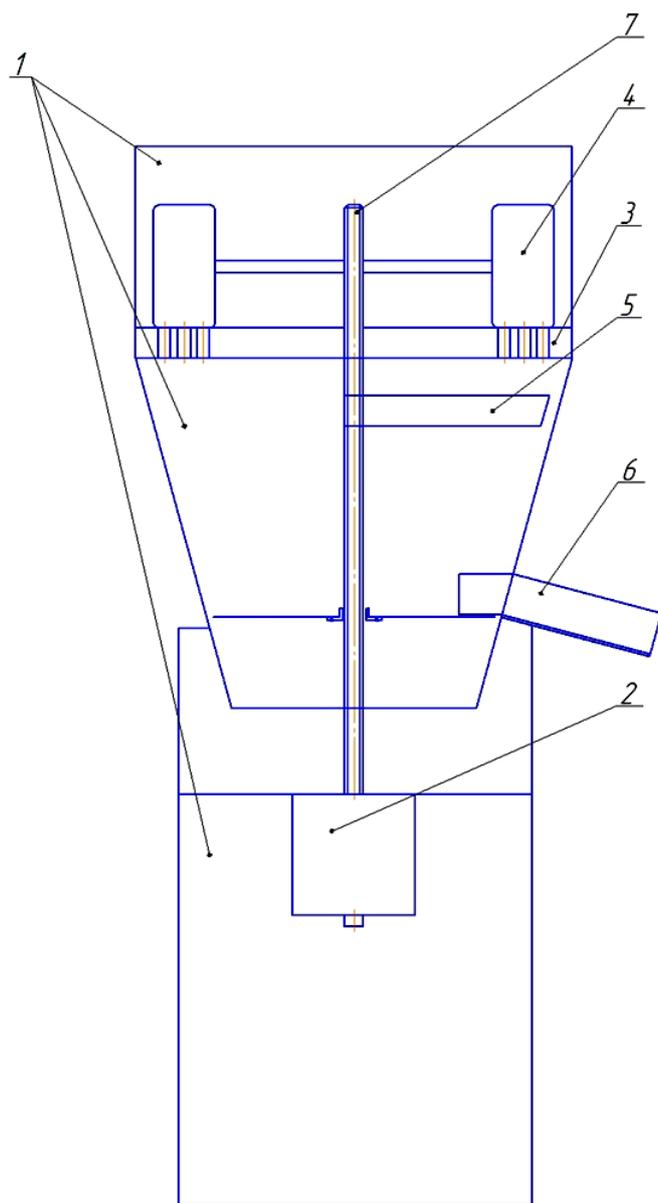
Способ устранения - оценить износ роликов по конусообразности поверхности. Угломером измерить угол образующийся между цилиндрическими поверхностями(конус), если угол составляет не более  $2^\circ$ , следует переустановить ролики на  $180^\circ$ , если угол износа составляет более  $2^\circ$ , то требуется замена роликов.

### **3.5 Лабораторная установка для определения гранулирования корма.**

Для эффективного и более удобного кормления разных видов сельскохозяйственных животных (и разных групп одного вида) рекомендуют определенный диаметр гранул:

1. Взрослая птица – гранулы диаметром около 5 миллиметров.
2. Поросята-отъемыши – гранулы диаметром около 8 миллиметров.
3. Взрослые свиньи – гранулы диаметром около 10 миллиметров.
4. КРС – гранулы диаметром около 15 миллиметров.

На рисунке – 18 представлен схема общего вида лабораторной установки.



1 – корпус, 2 – электродвигатель, 3 – матрица, 4 – ролик, 5 – режущий механизм,  
6 – выгрузная, 7 – вал.

Рисунок 18 - Общий вид лабораторной установки

На рисунках - 18 представлены фотографии конструкции лабораторной установки.

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 20   |

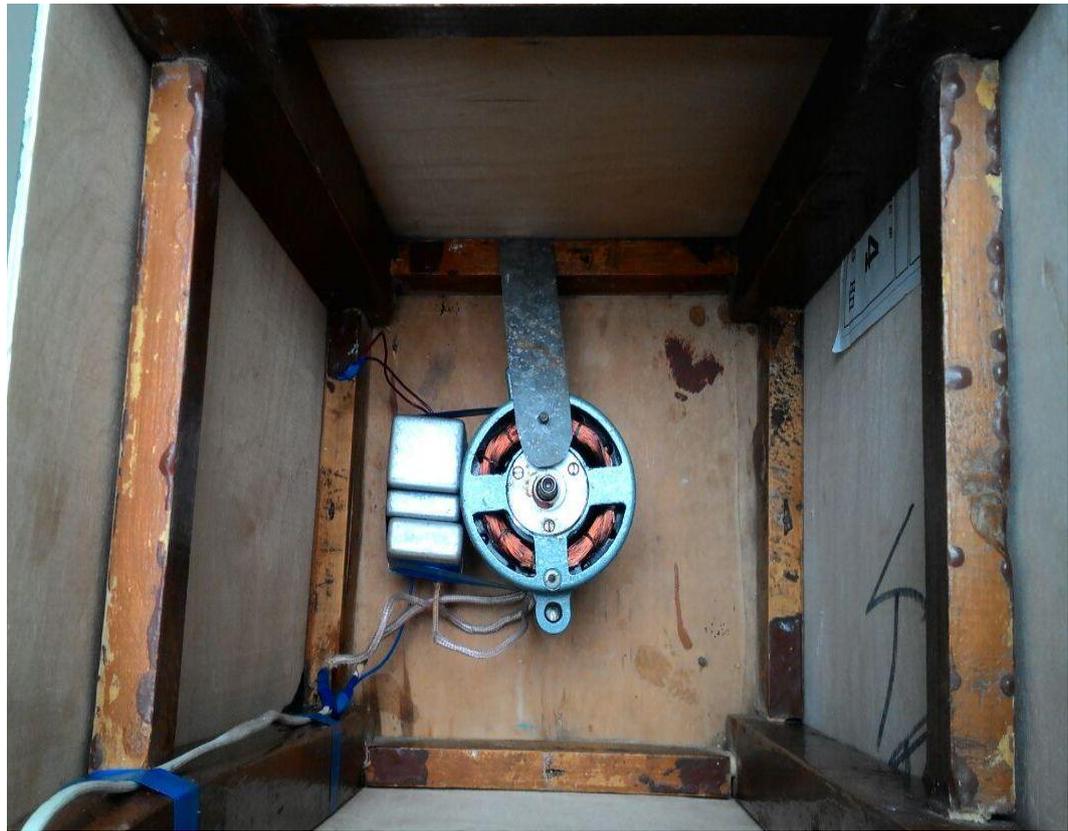


а



б

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 21   |



**В**

Рисунок 18 - а, б, в Конструкция лабораторной установки

### 3.6 Работа лабораторной установки

Включают питание, и с помощью автотрансформатор регулируют обороты электродвигателя 2, после этого сырьевая масса нагружается и выдавливается сквозь матрицу 3 с помощью роликов, которая имеет необходимое сечение, обеспечивающее определенный диаметр готовому продукту. Далее необходимой длины гранулы отрезаются специальным отрезным механизмом 5 и выгружаются через выгрузной части 6. Наилучшим для гранулирования является продукт влажностью 12—18%. В зависимости от используемой матрицы диаметр гранул может быть: 3, 4, 5, 6 или 8 мм.

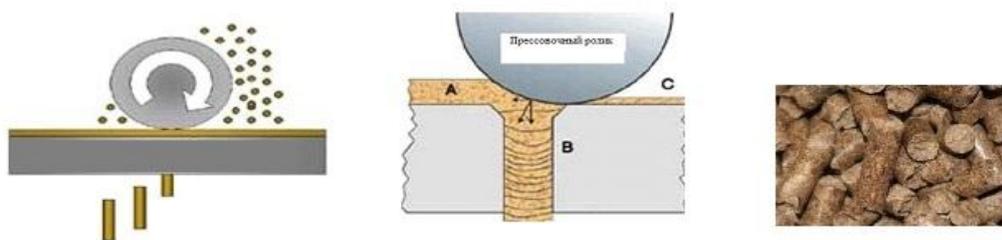


Рисунок 19 - Процесс гранулирования

|      |      |          |         |     |                                            |      |
|------|------|----------|---------|-----|--------------------------------------------|------|
|      |      |          |         |     | <i>ВКР.36.03.06.100.17.ГКШ.00.00.00.ПЗ</i> | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат |                                            | 22   |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе хозяйственной деятельности была выявлена высокая себестоимость продукции животноводства, для чего было предложено модернизировать технологическую линию приготовления кормов.

Разработан роликовый пресс-гранулятор с плоской матрицей, в котором повышается эффективность процесса гранулирования за счет обеспечения оптимального проскальзывания рабочих поверхностей вальца и матрицы, а также более удобны при современном механизированном производстве.

Также, в данном роликовый пресс-грануляторе применена матрица, содержащая корпус с прессующими каналами, включающими цилиндрическую формующую часть, расширяющиеся входную и выходную полости, отличающаяся тем, что, с целью повышения прочности гранул, выходная полость выполнена в виде участка тороидальной поверхности с осевой протяженностью, не превышающей двух диаметров цилиндрической части и максимальным диаметром не более 1,1 диаметра последней. Осуществлен расчет предложенной конструкции.

Произведённые расчёт показывают, что применение предлагаемого пресс-гранулятора позволит получить годовой экономический эффект в размере 37454,6 рублей при сроке окупаемости 0,56 год.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, А.В. и др. Сопротивление материалов/ А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.Д. Державин: Учебник для вузов – 2-е изд. испр-е. /М. Высшая школа. 2000. – 560 с.
2. Брагинец, Н.В., Палишкин Д.А. - Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства. - М.: Агропромиздат, 1991.
3. Бронвич, М.В. Анализ экономической эффективности капиталовложений. - М.: Знание, 1996.
4. Волкова, Н.А., Коновалов, В.В., Спицын, И.А., Иванов, А.С. Экономическая оценка инженерных проектов (методика и примеры расчетов на ЭВМ)/ Н.А. Волкова, И.А. Спицын, В.В. Коновалов, А.С. Иванов.: Учебное пособие. – Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – 242 с.
5. Дашков, В.Н. Развитие производства комбикормов и кормовых смесей в республике Беларусь / В.Н. Дашков, И.С. Нагорский, А.Д. Селезнев // Научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства «Концепции развития механизации и автоматизации животноводства в XXI веке». Сборник научных трудов. Т 11, ч 1. – Подольск: ГНУ ВНИИМЖ, 2002. – С. 199-204.
6. Завражнов, А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев// М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
7. Иванов, М.Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов/ М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 11-е изд., перераб. – М.: Высш.шк., 2007. – 408 с.
8. Канарев, Ф.М. Охрана труда / Ф.М. Канарев // 2-е изд., переработанное и дополненное - М.: Агропромиздат, 1988.
9. Колпаков, А.В., Карнаухов, И.Е. проектирование и расчет механических передач. – М.: Колос, 2000. – 328 с.: ил.
10. Концепция развития механизации и автоматизации процессов в животноводстве на период до 2015 года. – Подольск: ГНУ ВНИИМЖ, 2003. – 102 с.

11. Курочкин, А.А. основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств / А.А. Курочкин // М.: Колос, 2006. – 320 с.
12. Кукта, Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов /Г.М. Кукта// М.: Агропромиздат, 1997. – 303 с.
13. Курдюмов В.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве / В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов // М.: Колос,2006. – 424 с.
14. Курдюмов В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности/ В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов //М.: Колос, 2005 .-216 с.
15. Лазарев, В.И. Краткий курс лекций по сопротивлению материалов для студентов факультета механизации сельского хозяйства / В.И. Лазарев // В 2-х частях. Ульяновск СХИ, 1994. – 61 с.
16. Лапшин, Ю.А. Безопасность жизнедеятельности / Ю.А.Лапшин, К.В. Шленкин // Методическое пособие по выполнению подраздела «Экологичность проекта» в дипломных проектах для студентов инженерного факультета. – Ульяновск, УГСХА, 2004. - 48 с.
17. Мартыненко, Я.Ф. Промышленное производство комбикормов / Я.Ф. Мартыненко// М.: Колос, 1975. – 216 с.
18. Методические указания по выполнению и оформлению курсовых и дипломных проектов (работ) для студентов инженерного факультета. - Ульяновск, УГСХА, 2005. – 44 с.
19. НТП-АПК 1.10.16.001-02. Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. – Введ. 29.04.2002. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 172 с.
20. НТП-АПК 1.10.16.002-03. Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов. – Введ. 01.01.2004. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 82 с.

# *ПРИЛОЖЕНИЕ*

# *СПЕЦИФИКАЦИИ*