

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 - Агроинженерия

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Совершенствование технологии приготовления кормов с разработкой

измельчителя

Шифр ВКР.35.03.06.293.18 ПЗ

Студент 2312 группы _____ Яруллин Н.З.
подпись Ф.И.О.

Руководитель к.т.н., доцент _____ Нафиков И.Р.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 14 от «13» июня 2018 г.)

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

Казань – 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	
1.1 Обзор измельчителей кормов.....	
1.2 Обзор технологий приготовления кормов.....	
1.3 Зоотехнические требования, предъявляемые к измельчителям корнеплодов	
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	
2.1. Анализ технологии обработки корнеплодов	
2.2. Обоснование, выбор, описание технологии обработки корнеплодов.	
2.3. Технологические расчеты.....	
2.3.1. Определение усилия резания. Ножи, применяемые в корнерезках.....	
2.3.2 Определение производительности и мощности привода корнеплодов.....	
2.4. Планирование мероприятий безопасности жизнедеятельности по улучшению условий труда.	
2.4.1. Требование безопасности конструкции измельчителя кормов	
2.4.2. Указания по эксплуатации измельчителя кормов.....	
2.5. Выводы по разделу	
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	
3.1. Описание и обоснование выбранной конструкции	
3.2. Определение основных параметров и прочностной расчет деталей измельчителя сочных кормов.....	
3.2.1. Определение производительности измельчителя.....	
3.2.2. Определение потребной мощности измельчителя и выбор электродвигателя	
3.2.3. Расчет клиноременной передачи	
3.2.4 Прочностной расчет основных деталей измельчающего органа	
3.3. Обоснование технико-экономической эффективности измельчителя корнеклубнеплодов повышенной производительности	
3.3.1. Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение	
3.4 Техника безопасности.....	
3.5 Рекомендации по улучшению состояния окружающей среды.....	
3.6 Физическая культура на производстве.....	
3.7 Выводы по разделу	
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
СПЕЦИФИКАЦИИ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Одной из самых актуальных проблем сельскохозяйственного производства является обеспечение достаточного количества качественных продуктов животноводства. Для того, чтобы успешно удовлетворить растущий спрос на мясо - молочные продукты нужно развивать животноводство, в свою очередь, напрямую связано с организацией сильного кормовой базы.

Известно, что питательные вещества активно поглощаются животными в измельченной форме, как и в измельченный корм увеличивает активную поверхность частиц. Это помогает ускорить процесс пищеварения и усвояемости питательных веществ [1]. Измельчение стебельных кормов. Наиболее распространено резание кормов лезвием. Различают рубку, наклонное и скользящее резание.

Рубка происходит, когда лезвие ножа расположено параллельно кромке противорежущей пластины и движется к ней, наклонное резание — когда кроме нормальной силы, направленной перпендикулярно к лезвию, действует боковая сила, которая не может вызвать дополнительного перемещения материала вдоль лезвия. При этом кромка лезвия не параллельна кромке противорежущей пластины. В данном случае используется косо поставленный клин, вызывающий уменьшение фактического угла заточки лезвия (вдоль направления скорости его движения) и снижение из-за этого нагрузки. Усилие резания понижается, время резания увеличивается по сравнению с рубкой, а нагрузка на нож становится стабильнее, и тем самым повышается сохранность привода. Условие наклонного резания — защемление материала, т. е. угол раствора (между лезвием и противорежущей пластиной) должен быть меньше удвоенного угла скользящего резания (суммы углов трения материала по лезвию и по противорежущей пластине, определяемых экспериментально и зависящих от материалов). Скользящее резание — когда при резании дополнительно происходит перемещение материала вбок из-за косо поставленного лезвия, т. е. происходит как бы его перепиливание. При этом

возможна угроза рубки в конце лезвия вследствие зажима материала в боковой части зоны резания. В данном случае угол раствора больше суммы углов скользящего резания, а угол скольжения (между окружной скоростью и нормальной ее составляющей к лезвию) больше угла скользящего резания.

Приготовление кормов из корнеплодов. Для этого используют измельчители, корнерезки, терки, пастоизготовители и мялки. Корни преимущественно измельчают на машинах с ударными, ударно-режущими или режущими рабочими органами (ножами, фрезами, штифтами и т. п.). При резании лезвием меньше потери сока, но выше абразивный износ (от песка и камней).

Ножи изготавливают из инструментальной углеродистой стали с углом заточки 18...25°. Лезвие бывает сплошным, гребенчатым, совочкообразным. По форме ножи бывают прямоугольными, треугольными и криволинейными.

В процессе перемещения лезвия в толще корней вначале происходит срез массы с одновременным ее сжатием. Далее образуется трещина, обгоняющая клин лезвия. Трещина сначала идет в толщу материала, затем движется в сторону поверхности. Если она выходит на поверхность, то отваливается кусок корнеплода. Если трещина не доходит до поверхности, то по лезвию перемещается стружка. Пока лезвие перемещается на участке зуглубленного расположения трещины, нагрузка на клин стремится к нулю. В результате поверхность резания оказывается чаще всего волнообразной, как и нагрузка на лезвие.

Качество кормовых рационов и их степень баланса оказывает значительное влияние на производительность и здоровья животных. Большой вес в рационе для большинства видов укорениться. В зависимости от цели корней может быть подвергнут чистка и мойка, измельчение, приготовление пищи и смешивания. В зависимости от обрабатываемого сырья, и их целью, принятой технологии подготовки кормов, виды скота используют различные методы шлифования.

Процесс резки в основном используется для измельчения грубых кормов и корнеплодов. Корнеплоды занимают большую долю в рационе для большинства видов. Они включают в себя кормов и сахарной свеклы, картофеля, моркови, репы и т.д. Они характеризуются хорошим вкусом и хорошими вкусовыми. Особое значение кормовых они представляют для крупного рогатого скота. Известно, что включение корнеплодов в рационе молочных коров увеличивает поедаемость грубых кормов, улучшает перевариваемость органических веществ, а также увеличивает производительность.

В общем, актуальной проблемой является улучшение качества помола. Ее решение позволит устранить дополнительные шлифования в подготовке центра и улучшить усвояемость корма. Это особенно важно при использовании силоса веса зерна кукурузы стержня, как зерно кукурузы имеет твердую оболочку, и если не разрушить, зерно "в пути" проходит через желудочно-кишечный тракт животного.

Использование данного измельчителя в подготовке центра на свинофермах, молочных ферм и животноводческих ферм будет значительно улучшить технико-экономические показатели.

Известно, что на животноводческих фермах в структуре потребления энергии в пище до 80% энергии. При подготовке корма расходуется 25 ... 30% от общего потребления энергии [4]. Таким образом, развитие энергосберегающих технологий и оборудования является актуальной проблемой. Ее решение позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства в целом.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Обзор измельчителей кормов

В настоящее время разработаны большое разнообразие конструкций машин для измельчения и дробления кормов, которые отличаются производительностью, формой молотков, потребляемой мощностью и т.д. Рассмотрим некоторые из них.

Известен измельчитель кормов (патент РФ №2072765). Он состоит (рисунок 1.1) из установленного на раме 1 корпуса 2 с устройством для загрузки 3 и устройствами для разгрузки 4 и 5, ротора 6 и кольцевой секционной деки 7. Между устройством для загрузки кормов 3 и ротором 6 расположен ножевой измельчитель 8 с одной парой ножей 9 с двумя режущими концами каждый и с двумя парами противорежущих ножей 10.

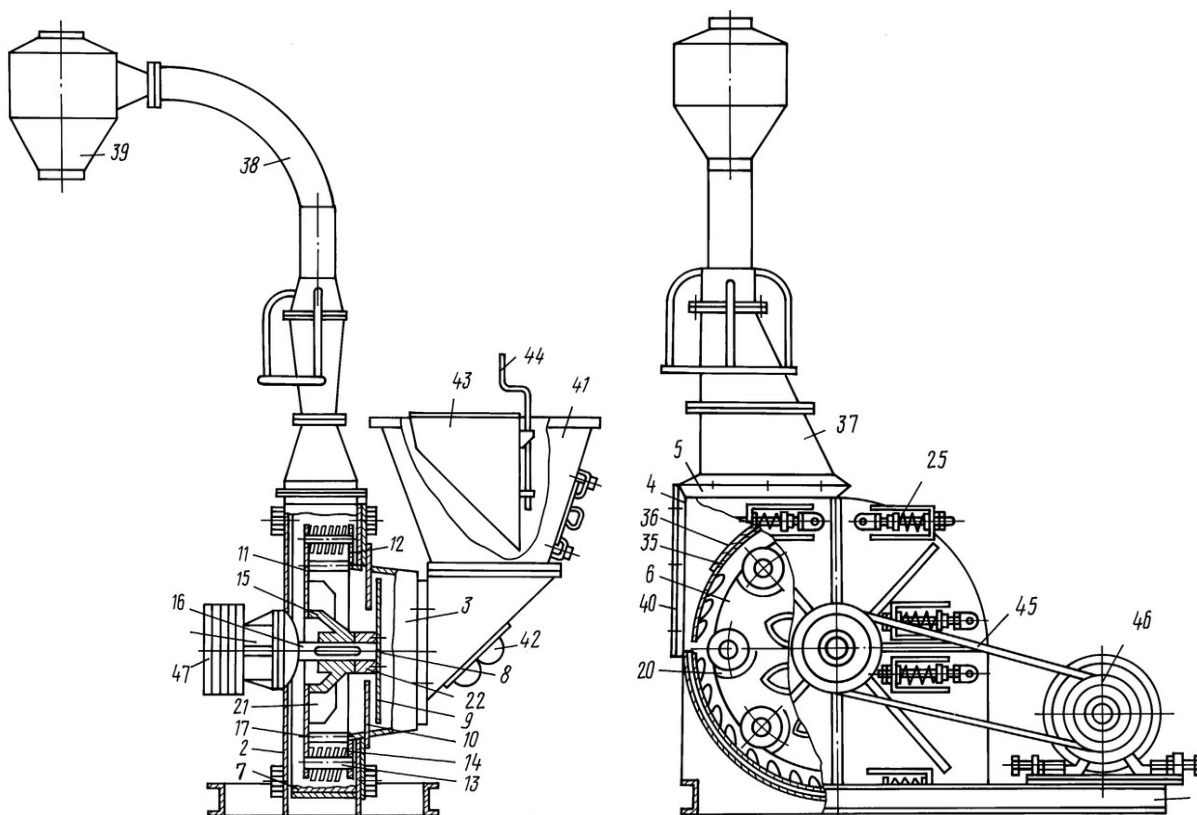


Рисунок 1.1 – Измельчитель кормов

Ротор 6 выполнен из переднего 11 и заднего 12 дисков, на которых закреплены оси 13 с размещенными на них измельчающими элементами в виде колец зубчатой формы 14. Задний диск 12 крепится на конусной ступице 15, которая крепится на валу 16, а передний диск 11 крепится к заднему 12 при помощи связей 17. Втулки зубчатой формы 14 отделены друг от друга втулками 18 и от дисков 11, 12 втулками 19 и размещаются под углом к оси 13, а их рабочие плоскости скошены по отношению колец зубчатой формы 14 на угол, равный углу наклона колец зубчатой формы 14 по отношению к осям и составляет $10\ 45^\circ$ и в рабочем положении рабочие плоскости параллельны рабочей поверхности деки 7. Угол наклона колец зубчатой формы 14 в $10\ 45^\circ$ оптимальный для создания эффекта скольжения

ударяющихся о боковые поверхности предварительно измельченных частиц корма для направленной подачи его в окончательную зону измельчения между рабочими плоскостями колец зубчатой формы 14 и поверхностью деки 7. Установка колец зубчатой формы 14 наклонно к оси 13 обеспечивается посадочным гнездом, выполненным в виде отверстия, внутренняя поверхность которого представляет два усеченных конуса, направленных вершинами друг к другу.

На заднем диске 12 закреплены экраны 20, крепящиеся и к переднему диску 11 на некотором расстоянии от колец зубчатой формы 14 и охватывающие их.

На ступице 15 ротора 6 расположены лепестки лопаток обтекаемой формы с заостренным передним концом 21, а на валу 16 ротора 6 и переходной втулке 22 между устройством для загрузки 3 и ротором 6 установлен ножевой измельчитель 8, состоящий из пары подвижных ножей 9, концы которых имеют такой же вид, как и противорежущие ножи 8, взаимодействующих с противорежущими неподвижными ножами 8, образуя при их взаимодействии раствор типа ножниц.

Подвижные ножи 9 ножевого измельчителя 8 съемные, каждая из пар их оснащена выполненными вдоль поперечной их оси и параллельно ей пазом, равным ширине ножа, и по крайней мере половине его толщины по сечению паза, что обеспечивает удобство сборки и надежности их фиксации.

Ножи 9 плоской формы имеют двухстороннюю заточку лезвий пересекающихся на конце ножа. Секционная дека 7 состоит из четырех секций, закрепленных в корпусе 2 при помощи осей 23 и снабжена бичами 24, установленными с регулируемым зазором относительно колец зубчатой формы 14 ротора 6. Регулировка зазора осуществляется механизмом 25 регулировки рабочего зазора, который включает бобышки 26, винт 27 с гайками 28, 29, 30; втулки 31, 32; упоры 33, пружины 34. Бобышки 26 установлены с двух сторон осей 23, проходящих через тело деки 7, корпуса 3 и измельчителя, на их концах и с двух сторон корпуса 2 измельчителя. В бобышки 26 перпендикулярно осям 23 и параллельно поверхности корпуса ввинчены винты 27, проходящие через упоры 33, закрепленные на корпусе 2 измельчителя. На винтах 27 между упорами 33 и втулками 31 и 32 размещены пружины 34 для обеспечения возможности отхода секций деки 7 при попадании камней или других инородных тел в измельчающий корм и защиты измельчающих элементов 14 и бичей 24 деки 7 от повреждений.

Секционная дека 7 имеет окно 35 для монтажа в нем съемного решета 36 или заслонки, занимающей в ней 3/16 части ее окружности.

Окно 35 соединяет попеременно камеру измельчения в зависимости от измельчаемого материала с одним из разгрузочных устройств 4 или 5, одно из которых (4) выполнено сбоку

корпуса 2, а другое (5) сверху него. К верхнему разгрузочному устройству 5 крепится патрубок 37 с дефлектором 38 и циклоном 39. Разгрузочное устройство 4 и 5 оснащены заслонкой 40 для перекрывания одной из них в зависимости от вида перерабатываемого корма.

Устройство 3 для загрузки кормов включает в себя бункер 41 с наклонной плоскостью, на которой закреплены магниты 42 для улавливания металлических включений. При работе с зерном к входному отверстию бункера 41 устанавливается дополнительный бункер 43 с заслонкой 44. Привод измельчителя кормов обеспечивает ротору 6 двухстороннее вращение и осуществляется посредством клиноременной передачи 45 и шкивов 46 и 47 от двигателя или ВОМ трактора.

Измельчитель кормов работает следующим образом. При измельчении грубых кормов типа сена, соломы, сенажа, травы бункер 43 снимают с горловины бункера 41, перекрывается заслонкой 40 верхнее разгрузочное устройство 5. Разгрузочное устройство 4 открыто. Решето 36 отсутствует. Окно 35 перекрыто заслонкой. Механизмом 25 регулировки рабочего зазора устанавливается оптимальный для этого вида корма рабочий зазор, который составляет 4 ± 1 между внутренней поверхностью бичей 24 деки 7 и наружными рабочими плоскостями колец зубчатой формы 14.

Зазор устанавливается следующим образом: за упором 33 отпускается гайка 30, винт 27 стопорится в бобышке 26 поворотом гайки 28, поворотом гаек 29, дека 7 перемещается на осях 23 до упора бичей 24 в наружную плоскость колец зубчатой формы 14. Поворотом гаек 30 дека 7 отводится на заданное расстояние, образуя заданный рабочий зазор. Положение гаек 30 фиксируется при помощи контргаек. Величина зазора устанавливается по оттарированной одной из сторон упора 33. Подлежащая измельчению масса грубого стебельчатого корма питателем или мобильным кормораздатчиком (не показан) подается в бункер 41 и по его наклонной поверхности поступает в загрузочное устройство 3. Включается привод ротора 6 и ножевого измельчителя. При перемещении массы по наклонной поверхности бункера 41, постоянно действующие магниты 42 улавливают металлические включения. Поступающий из загрузочного устройства 3 корм предварительно измельчается ножами 9 ножевого измельчителя 8 и противорежущими ножами 10, поступает на лепестки лопаток обтекаемой формы с заостренным передним концом 21 и по одной из сторон их подается на экраны 20, направляющие этот корм на боковую поверхность колец зубчатой формы 14 и далее непосредственно в зону окончательного измельчения между бичами 24 деки 7 и наружными рабочими плоскостями колец зубчатой формы. Поток воздуха, создаваемым лепестками лопаток обтекаемой формы с заостренным передним концом 21 и экранами 20 и кольцами зубчатой формы, измельчаемый корм удаляется из

камеры измельчения через разгрузочное устройство 4 на транспортер, а затем в транспортное средство (не показаны).

При измельчении сочных кормов типа корнеклубнеплодов или бахчевых культур при помощи механизма регулировки 25 устанавливают рабочий зазор между бичами 24 и деки 7 и рабочими плоскостями колец зубчатой формы 14, равный $10^{+1,5}$ мм. Уменьшают в два раза скорость вращения ротора 6 путем смены шкивов. Снимают, за исключением одного, неподвижные противорежущие ножи и один нож 9 ножевого измельчителя 8, что обеспечивает измельчение корнеклубнеплодов без переизмельчения. Ротор 6 вращается в том, что и ранее, направлении. Процесс измельчения корнеклубнеплодов аналогичен процессу измельчения грубых стебельчатых кормов.

При измельчении початков кукурузы в сухом виде механизмом 25 регулировки деки 7 устанавливают рабочий зазор 3 5 мм в окно 35 помещают решето 36, перекрывают разгрузочное устройство 4, изменяется направление вращения ротора 6 на противоположное переключением подключения двигателя, переставляют деку 7, увеличивают скорость ротора до прежней величины. Процесс подачи массы и измельчение аналогично вышеописанному, но при этом работают другие поверхности лепестков лопаток обтекаемой формы с заостренным передним концом 21, экранов 20, а измельченный корм поступает на решето 36, просеивается и выгружается через выгрузное устройство 5, патрубок 37, дефлектор 38 и подается в циклон 39, а из циклона 39 в транспортное средство (не указано).

Измельчение зерна происходит аналогично измельчению початков, но при этом устанавливается дополнительный бункер для зерна 43 и снимаются все ножи 9 ножевого измельчителя 8 и неподвижные противорезы 10. Количество подачи зерна регулируют заслонкой 44 бункера 43.

На рисунке 1.2 показан измельчитель кормов (патент РФ №2046661).

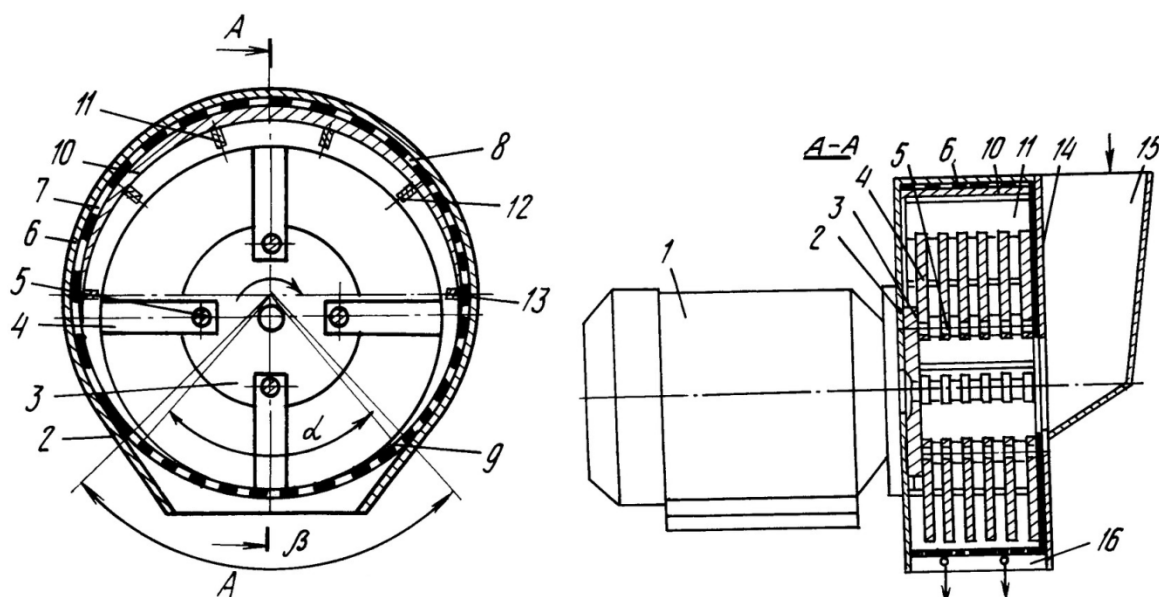


Рисунок 1.2 – Измельчитель кормов

К фланцу электродвигателя 1 прикреплен корпус 2 с размещенным в нем ротором 3. Молотки 4 шарнирно закреплены на пальцах 5 ротора 3. Внутри корпуса 2 помещен классификатор в виде перфорированного цилиндра 6 с участками, на каждом из которых размеры отверстий одинаковы, но отличаются от размеров отверстий других участков. На фиг.1 отверстия 7 имеют наибольший размер, отверстие 8 меньше по размеру отверстия 7, отверстие 9 еще меньше. Внутри перфорированного цилиндра 6 соосно с ним размещается бронева плита в виде кругового желоба 10, на внутренней поверхности которого имеются противорез-ребра, причем ребро 11 характеризуется наибольшей высотой, ребро 12 имеет меньшую высоту, ребро 13 еще меньше. Все ребра располагаются параллельно оси вращения ротора в серповидном зазоре между внутренней поверхностью желоба 10 и окружностью, описываемой внешними концами молотков 4.

Серповидный зазор образован за счет смещения ротора 3 вниз относительно корпуса 2, цилиндра 6 и желоба 10, расположенных соосно между собою. Центральный угол, в пределах которого размещается участок перфорированного цилиндра 6 с отверстиями одинакового размера, больше центрального угла раскрытия желоба 10. В результате к желобу 10 примыкает нижняя часть цилиндра 6, на которой все отверстия имеют одинаковый размер. Корпус 2 закрыт крышкой 14 с прикрепленным к ней загрузочным бункером 15. В нижней части корпуса 2 имеется выгрузное окно 16.

Измельчитель работает следующим образом. Подлежащий измельчению корм, например свекла, фуражное зерно, поступает в загрузочный бункер 15, затем под действием сил веса перемещается в центральную часть ротора 3, где вовлекается во вращательное движение и под воздействием центробежных сил накапливается в рабочей зоне молотков 4. Происходят соударения частиц измельчаемого сырья с молотками 4, ребрами 11, 12 и 13,

поверхностями желоба 10 и нижней частью цилиндра 6. Ребра 11, 12 и 13 предназначены для измельчения частиц кормов с использованием удара, а также препятствуют вращательному движению продукта вокруг оси вращения ротора 3. При этом окружная скорость погашается, а частицы падают вниз, попадая под удары молотков 4. Установка на поверхности желоба 10 ребер 11, 12 и 13 разной высоты обеспечивает эффективное торможение частиц сырья с разными размерами, что расширяет область применения измельчителя, уменьшает время пребывания измельчаемого продукта в устройстве и удельные энергозатраты, увеличивает производительность.

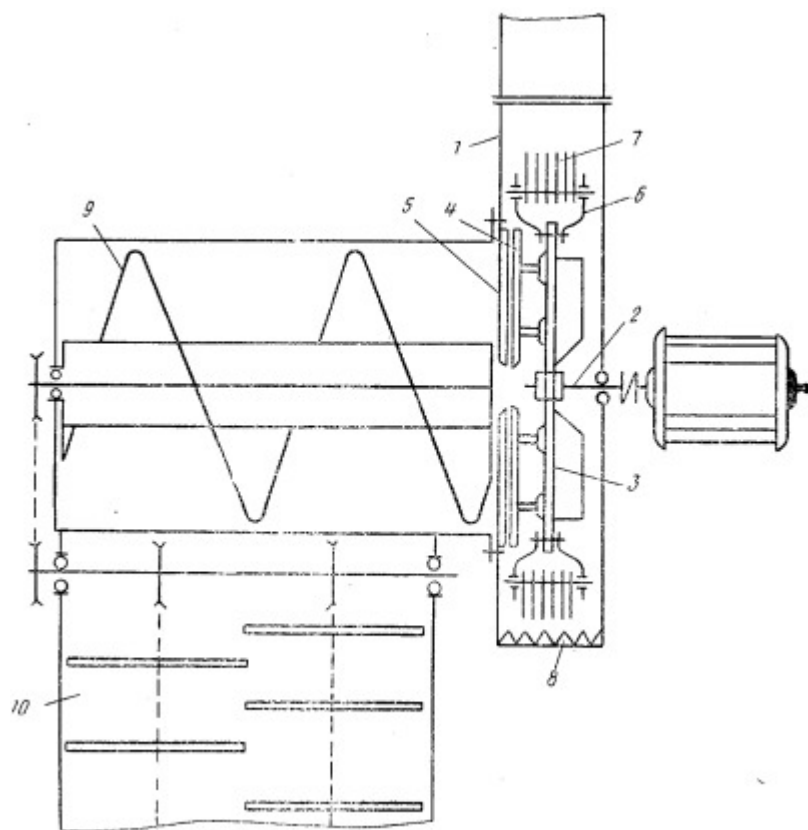
Частицы, размеры которых меньше размеров отверстий классификатора, проходят эти отверстия и через выгрузное окно 16 удаляются из измельчителя. Более крупные частицы, не прошедшие через отверстия цилиндра 6, подвергаются дополнительному измельчению. Если нужно изменить размеры частиц получаемого продукта, что может быть связано с измельчением другого вида кормов или применением измельченного продукта по новому назначению, оператор выключает электродвигатель 1 и после остановки ротора 3 открывает крышку 14 и поворачивает цилиндр 6 на угол, необходимый для использования в качестве классифицирующей перегородки той части цилиндра 6, где располагаются отверстия нужного размера. Постоянство зазора между внешними концами молотков 4 и ребрами 11, 12 и 13 обеспечивает высокую эффективность ребер как противорезов и как средств, препятствующих вращению измельчаемого продукта в сторону вращения ротора 3.

За счет описанных особенностей конструкции устройства и создается положительный эффект, заключающийся в упрощении конструкции измельчителя с целью повышения надежности и снижения себестоимости, увеличения долговечности, уменьшения удельных энергозатрат и увеличения производительности при измельчении сырья различной исходной крупности.

Известен измельчитель кормов (а.с. № 539552), содержащий корпус с загрузочной и выгрузной горловинами, декой с молотковым ротором, ножевым измельчителем, неподвижными ножами и подающим устройством, причем лезвия неподвижных ножей выполнены криволинейными с обеспечением угла скольжения, равным 30° 40° и число неподвижных ножей меньше на одно числа подвижных ножей, а лезвия подвижных ножей расположены под углом 10° 15° к радиусу их вращения.

Данный измельчитель может измельчать стебельчатые корма и зерно, однако не обеспечивает измельчение корнеклубнеплодов, бахчевых культур из-за забивания камеры измельчения при выгрузке продукта измельчения без дополнительных средств выброса через верхнюю горловину.

Как и в предыдущих известных измельчителях и дробилках прямолинейная форма молотка приводит к его быстрому изнашиванию, перестановке молотков, произвольному изменению рабочего зазора при их изнашивании. Кроме того, универсальность измельчителя без подбора параметров и рабочих элементов, необходимых для каждого вида измельчаемого корма, приводит к получению некачественного продукта измельчения по всем видам корма.

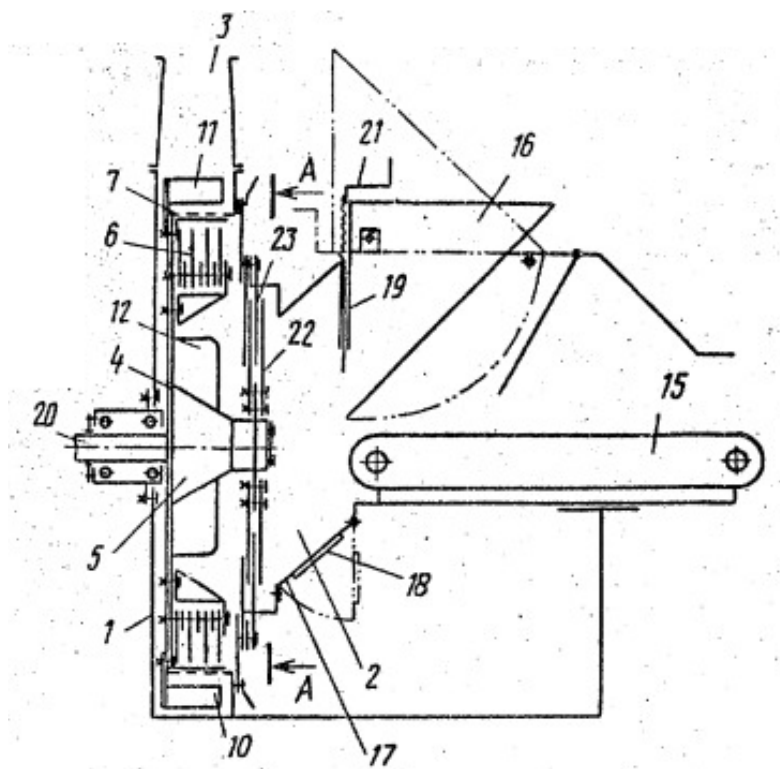


1 – корпус, 2 - валом, 3 – диск, 4 - подвижные ножи, 5 – неподвижные ножи, 6 – проушины, 7 – молотки, 8 – дека, 9 – шнек, 10 - цепочно-планчатый транспортер

Рисунок 1.3 - Измельчитель кормов

Известен измельчитель кормов (а.с. №1748728), содержащий корпус с загрузочной и разгрузочной горловинами, внутри которого размещены камера измельчения с ротором, оснащенный измельчающими элементами и лопатками, размещенный между устройством для загрузки кормов и ротором ножевой измельчитель (рисунок 1.4).

В известном измельчителе противорежущие ножи установлены наклонно по ходу вращения ротора под углом к его радиусу, равным 0,28 радиан, а рабочая поверхность решета выполнена в виде зигзагообразных прорезей, чередующихся с круглыми отверстиями, при этом за решетом образована зарешетная камера, в которой размещены выбрасывающие лопатки. Такое конструктивное выполнение измельчителя позволяет достичь необходимого качества измельчения определенных видов кормов, например зерностержневой смеси и стеблей кукурузы с початками, также зерна.



1 – корпус, 2 – загрузочная горловина, 3 – разгрузочная горловина, 4 – камера измельчения, 5 – с дробильный ротор, 6 – измельчающие элементы, 7 – неподвижные противорежущие элелгенты, 8 – кольцевая дека, 9 – решето, 10 – зарешетная камера, 11, 12 – лопатки, 13 – окно, 14 – рабочая полость, 15, 16 – устройства для загрузки волокнистых кормов и сыпучих материалов, 17 – скатная доска, 19 – регулируемая заслонка, 20 – привод

Рисунок 1.4 - Измельчитель кормов

К недостаткам известного измельчителя относится то, что с его помощью невозможно осуществить измельчение силоса, бахчевых культур и корнеклубнеплодов с высоким содержанием влаги из-за частого забивания камеры измельчения, невозможности произвести их выгрузку через верхнее выгрузное окно.

К недостаткам известного измельчителя относится также и то, что прямые лопасти ножевого измельчителя не способствуют перемещению подлежащего измельчению материала непосредственно к измельчающим элементам, не создают требуемого вентиляционного напора, а также то, что измельчитель не обеспечивает подбора рабочих параметров для каждого вида корма и, как и в предыдущих измельчителях, измельчающие элементы ротора-молотилки, работающие одной верхней гранью.

В основу изобретения поставлена задача создания измельчителя кормов, в котором за счет новых, неизвестных из ранее описанных и других источников известности технических

решений измельчающих элементов, устройств установки рабочих параметров обеспечивается измельчение всех видов кормов на одном измельчителе с достижением требуемого качества к каждому продукту.

Поставленная задача решается тем, что в измельчителе кормов, содержащем корпус с загрузочным и разгрузочным устройствами, внутри которого размещены камера измельчения с ротором, оснащенный измельчающими элементами и лопатками лепестковой формы, устройство для загрузки кормов, размещенный между устройством для загрузки кормов и ротором ножевой измельчитель и противорежущие ножи, согласно изобретению, измельчающие элементы ротора выполнены в виде колец зубчатой формы, установлены наклонно по отношению к их осям на угол, равный углу скоса рабочих плоскостей колец зубчатой формы и охваченных экранами, лепестки лопаток ротора выполнены обтекаемой формы с заостренным передним концом, а корпус снабжен вторым разгрузочным устройством, что ножи ножевого измельчителя выполнены с двухсторонней заточкой лезвий, механизмов регулировки рабочего зазора, выполненным в виде установленных на осях, проходящих через корпус, с двух его сторон, бобышек, соединенных с подпружиненным винтом, размещенным в упоре и втулках и ограниченным гайками, а также тем, что посадочные гнезда колец зубчатой формы в виде двух усеченных конусов, направленных вершинами друг к другу.

Отличительные признаки измельчителя кормов заключаются в том, что измельчающие элементы ротора выполнены в виде колец зубчатой формы, установленных наклонно по отношению к их осям на угол, равный углу скоса рабочих плоскостей колец зубчатой формы и охваченными экранами, а лепестки лопаток ротора выполнены обтекаемой формы с заостренным передним концом, а корпус оснащен вторым разгрузочным устройством, ножи ножевого измельчителя с двухсторонней заточкой лезвий и в том, что корпус оснащен механизмом регулировки рабочего зазора, выполненным в виде установленных на осях, проходящих через корпус, с двух его сторон бобышек, соединенных подпружиненным винтом, размещенным в упоре и втулках и ограниченным гайками, является новым и существенным, так как имеют в их совокупности причинно-следственную связь с достигаемым техническим результатом, заключающемся в возможности измельчения всех видов кормов на одном измельчителе с достижением требуемого качества каждого продукта измельчения, а также по отдельным его признакам:

выполнение измельчающего элемента в виде наклонно установленных колец зубчатой формы с углом наклона их установки по отношению к их осям на угол, равный углу скоса рабочих плоскостей колец зубчатой формы, обеспечивает направленную подачу корма по боковым их поверхностям на окончательное измельчение между поверхностями бичей и

рабочих плоскостей колец зубчатой формы, самозатачивание боковых режущих кромок, втулок зубчатой формы, а следовательно, постоянный установленный зазор без произвольного увеличения при их изнашивании, параллельность поверхностей бичей деки и рабочих плоскостей колец зубчатой формы, а как результат качественное измельчение на окончательном этапе всех видов кормов;

выполнение колец зубчатой формы охваченными экранами, а лепестков лопаток ротора выполненных обтекаемой формы и заостренным передним концом - обеспечивает направленную подачу, предварительно измельченных кормов к кольцам зубчатой формы, усиливает воздушный поток в камере измельчения, способствует удалению корма из нее и предотвращает забивание ротора;

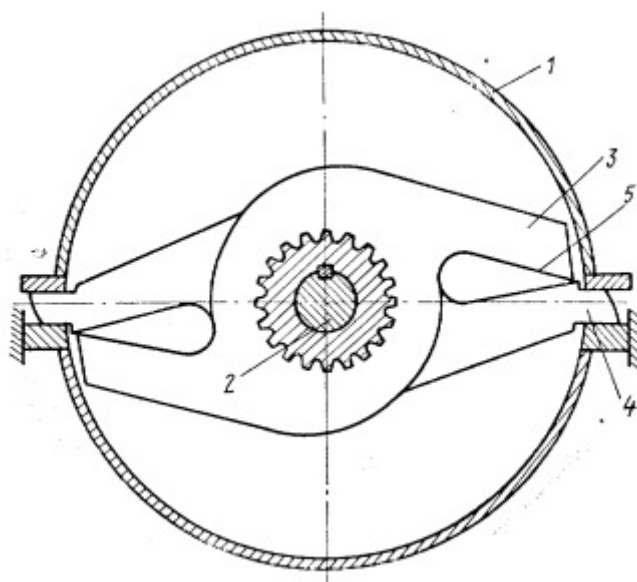
корпус измельчителя снабжен вторым разгрузочным устройством, обеспечивающим прямой выброс недостаточно летучих частиц корма, например частиц корнеклубнеплодов, влажного грубого корма, тогда как первое обеспечивает удаление легкоудаляемых частиц зерна;

измельчитель оснащен механизмом регулировки зазора, выполненным в виде установленных на осях, проходящих через корпус, с двух его сторон бобышек, соединенных с подпружиненным винтом, размещенным в упоре и втулке и ограниченным гайками, что обеспечивает при простоте конструкции жесткость установки деки с одновременной возможностью ее отхода при попадании включений типа камня, а также возможность установки требуемого зазора в зависимости от вида перерабатываемого корма;

ножи ножевого измельчителя с двухсторонней заточкой, что обеспечивает их самозатачиваемость и длительность эксплуатации ножей, а следовательно и качество реза.

Таким образом заявляемый измельчитель кормов отличается новыми и существенными признаками, обеспечивающими решение задачи и достижение технического результата, и отвечает требованиям к изобретению - "изобретательский уровень".

Известен измельчитель кормов (а.с. № 410733), содержащий корпус с размещенными в нем неподвижными и закрепленными на валу подвижными ножами, в котором лезвия неподвижных ножей выполнены криволинейными, с обеспечением угла скольжения при резании, равными 30 40°, причем число неподвижных ножей меньше на одно числа подвижных ножей (рисунки 1.5).

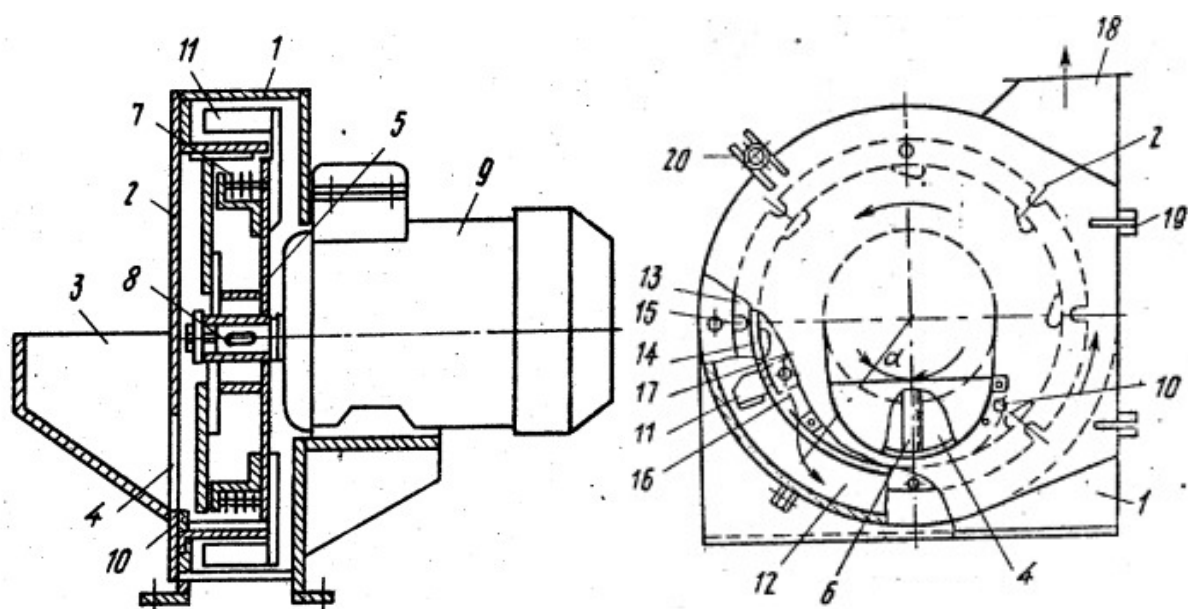


1 – корпус; 2 – вал; 3 – ножи; 4 - противорежущие ножи; 5 - лезвия

Рисунок 1.5 – Измельчитель кормов

Измельчитель обеспечивает измельчение стебельчатых, грубых и сочных кормов, однако не может измельчать зерно, а также кукурузу с початками и, кроме того, ножи ножевого устройства сложной конфигурации трудоемки в изготовлении, отсутствие дополнительных средств выброса массы приводит к забиванию камеры измельчения, к недостаточному качеству измельчения.

Известен измельчитель растительных кормов по (а.с. 1665942), содержащий корпус с загрузочным окном и выгрузной горловиной, ротор с измельчающими элементами и установленную в корпусе с возможностью образования кольцевой полости кольцевую деку с бичами, в которой выполнено выгрузное окно, расположенное перед загрузочным окном по направлению вращения ротора, при этом дека установлена с возможностью поворота по направлению от загрузочного окна к выгрузной горловине против хода ротора, причем угол между осью выгрузного окна и вертикальной осью ротора составляет $45 \div 180^\circ$ (рисунок 1.6). На крышке корпуса установлен серповидный противорез и на диске ротора закреплены с внешней стороны ротора лопатки, расположенные в кольцевой полости выброса. Измельчающие элементы ротора режущие.



1 - корпус, 2 - крышка, 3 - бункер, 4 - загрузочное окно, 5 - ротор,
 6,7 - режущие элементы, 8 - вал, 9 - электродвигатель, 10 - серповидный противорез, 11 -
 лопатки, 12 - кольцевая полость выброса, 13 - кольцевая дека, 14 - бичи, 15 - пазы, 16 -
 выгрузное окно, 17 - рабочая полость,
 18 - выгрузная горловина, 19 - завеса, 20 - откидная рукоятка

Рисунок 1.6 – Измельчитель кормов

В известном измельчителе улучшен технологический процесс измельчения за счет конструкции деки и расположения выгрузного окна, наличия выгрузных лопаток, однако на этом измельчителе невозможно произвести качественное измельчение грубых и сочных кормов, т.к. измельчитель оснащен в загрузочной горловине только серповидными ножами, активные подвижные ножи в этой зоне отсутствуют и горловина в процессе работы будет забиваться, чему способствует также отсутствие забирающих и подающих на измельчающие элементы лопаток. Кроме того, на указанном измельчителе невозможно произвести качественное измельчение зерна, т. к. он снабжен только режущими элементами, и по этой же причине невозможно качественно измельчить кукурузные початки.

1.2 Обзор технологий приготовления кормов

Одним из главных вопросов увеличения производства продукции форм и комплексов крупного рогатого скота, является сбалансированным рационом по основным питательным веществам, протеину, микроэлементам, витаминам.

Наиболее рационально скормить крупному рогатому скоту многокомпонентные смеси, состоящие из грубых, сочных, концентрированных кормов и различных добавок. Это позволяет полностью механизировать раздачу кормов, улучшать усваиваемость корма, так же обеспечивается сокращение времени кормления животных, что снижает их травмированность.

Используемые в составе смеси дополняют друг друга, компенсируют недостающие элементы питания, в результате повышается их перевариваемость, корма используются более экономно. Улучшается поедаемость грубых кормов с высоким содержанием клетчатки, в том числе и соломы, снижаются потери отдельных компонентов, меньше расходуется энергии животными и перевариваемость пищи.

В составе кормосмеси экономятся комбикорма, которые служат основной энергетической и белковой добавкой к рациону крупного рогатого скота.

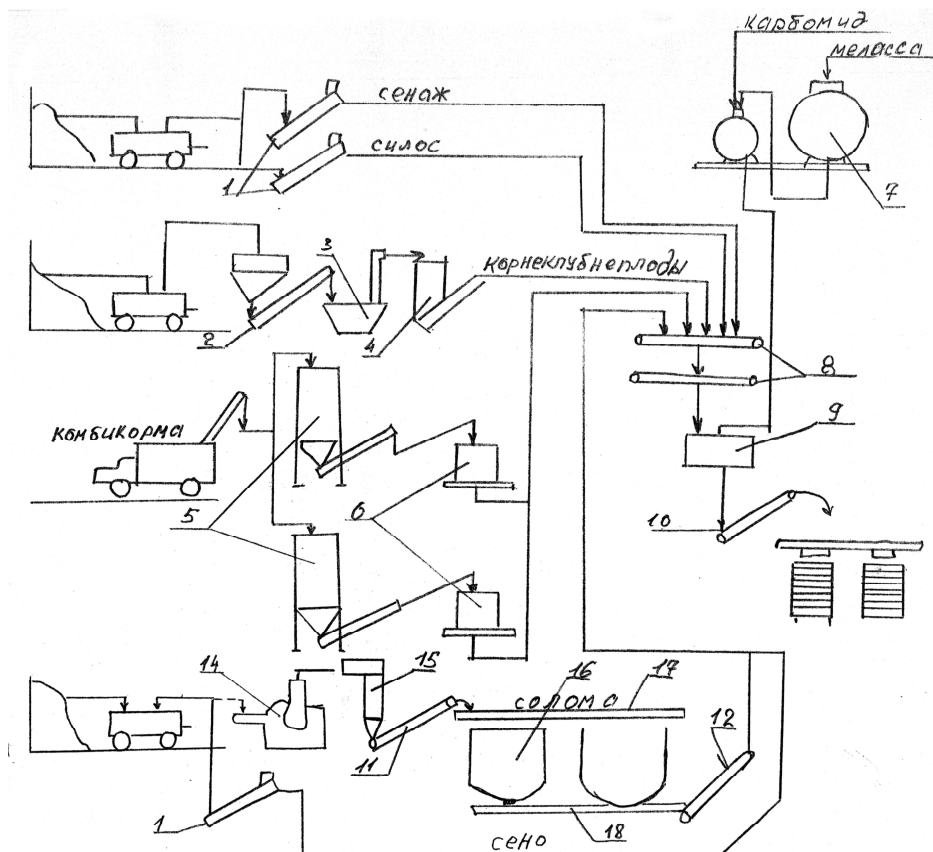
В настоящее время на крупных фермах и комплексах крупного рогатого скота простроены кормоцеха, в которых производится подготовка кормов к скармливанию. В различных хозяйствах страны насчитывается более 50 тысяч кормоцехов с различными технологическими приемами обработки кормов и набором оборудования.

В последнее время в связи со сложным финансовым положением, происходит снижение поголовья скота, и кормоцеха эксплуатируются мало.

По способу приготовления кормов, по способу смешивания компонентов кормоцеха бывают на базе закрытых смесителей С-12, со смесителями периодического действия и смесителями непрерывного действия. Последние являются более совершенными, они обеспечивают поточность процессов, более высокую производительность.

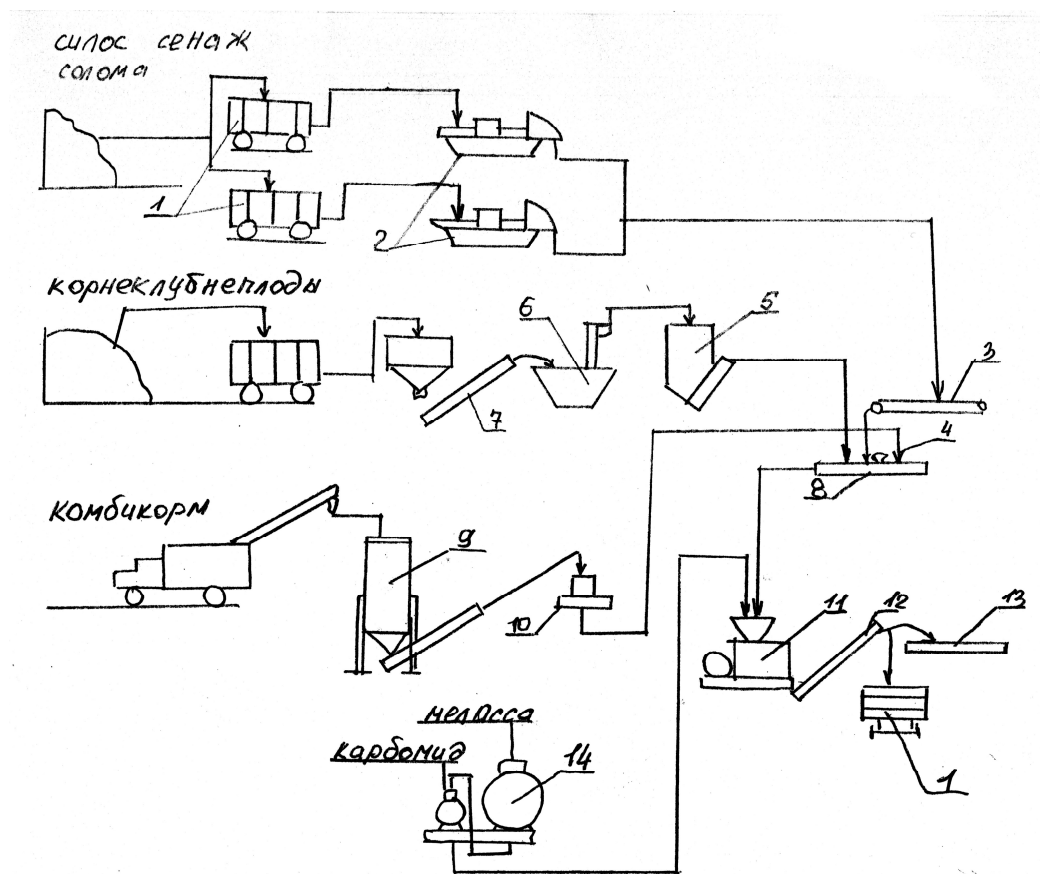
По конструктивному признаку кормоцеха бывают с поточным способом приготовления кормосмесей. Они подразделяются на 2 типа: с одновременным дроблением и смешиванием компонентов в дробилко-смесителе, и со смешиванием заранее измельченных компонентов в смесителях непрерывного действия.

На рисунках 1.7 и 1.8 приведены технологические схемы различных кормоцехов.



1 – питатели дозаторы КПК 10.46.15; 2 – транспортер ТК-5; 3 – измельчитель ИКМ-5; 4 – дозатор ДС-15; 5 – бункер комбикормов БСК-10; 6 – дозатор комбикормов ДК-10; 7 – смеситель семян СМ-17; 8 – транспортер ТЛ-65; 9 – смеситель С-30; 10,11,12 – транспортеры ТС-40М; 13 – распределительный шнек ШР-30; 14 – измельчитель ИКГ-30; 15 – циклон-разгрузитель ЦОП-3; 16 – смеситель-запариватель С-12; 17 – загрузочный шнек ШКС-40М; 18 – выгрузной шнек ШЦС-40М; 19 – кормораздатчик КТУ-10

Рисунок 1.7 - Схема технологического процесса кормоцеха по типовому проекту



1 – кормораздатчик КТУ-10; 2 – дозатор стебельных кормов ДСК-30; 3,8 – транспортер ТА 65.0; 4 – электромагнит; 5 – дозатор сочных кормов ДС-15; 6 – измельчитель кормоуловитель ИКМ-5; 7 – транспортер ТК-5Б; 9 – бункер БСК-10; 10 – дозатор концкормов ДК-10; 11 – измельчитель-смеситель ИСК-3; 12 – транспортер ТС-40М; 13 – стационарный транспортер раздачи кормов; 14 – смеситель мелиссы С-17

Рисунок 1.8 - Схема технологического процесса типового кормоцеха

Типовой проект кормоцеха (рис. 1.7) обеспечивает поточное приготовление полнорационных кормовых смесей из силоса или сенажа, термохимическая обработка соломы или сена, корнеклубнеплодов, а также выдачу кормосмесей в мобильные кормораздатчики, или на стационарные линии раздачи кормов.

Цех имеет следующие уровни: технологические приемы и дозированные подачи соломы, силоса, сенажа, зеленой массы; термохимическая обработка соломы; прием, мойка, измельчение и дозированная подача корнеклубнеплодов; прием и дозированная подача комбикорма; приготовление и дозированная подача обогащенных растворов, смешивание, измельчение и выдача готовой кормосмеси.

На рисунке 1.8 представлен кормоцех, обеспечивающий приготовление полнорационных рассыпных кормовых смесей, а также выдачу кормосмесей в мобильные кормораздатчики или на стационарную линию раздачи кормов.

Кормоцех предназначен для комплексов 400-100 голов крупного рогатого скота.

Производительность кормоцеха 10-15 т/час. Установленная мощность электродвигателя 102,2 кВт, расход пара на подогрев мелисы 170 кг/с; продолжительность рабочего дня – 4 часа; общее число обслуживающего персонала – 2 человека.

1.3 Зоотехнические требования, предъявляемые к измельчителям корнеплодов

К измельчителям корнеплодов предъявляется целый ряд требований, основными из них являются следующие:

- Для резки различных типов культур должна быть такой, чтобы результирующая резки может быть любой для разных видов животных.
- Высокая производительность, позволяя 1-2 часа, чтобы приготовить порцию корма за одно кормление.
- Высокое качество резки определяется равномерностью микросхемы с минимальным количеством образования сока.
- Хороший доступ к рабочим частям машины для быстрой регулировки, замены или чистки.
- Возможность механического нагружения изделия для обеспечения непрерывной и равномерной работы машины.
- Небольшие габариты машины.
- Скорость рабочей части простого электродвигателя привода.

Измельчители корней должны иметь долговечность не менее 6 лет и обладают достаточно высокой надежностью.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Анализ технологии обработки корнеплодов

Наибольшее применение при измельчении грубых кормов нашли следующие три типа измельчающих рабочих органов: ножевые, штифтовые, молотковые.

Достоинством ножевых рабочих органов является малый удельный расход энергии, возможность измельчать корма любой влажности. Этот тип рабочих органов применяется для измельчения грубых кормов, корнеплодов. Недостаток: резка получается с острыми краями, нет продольного расщепления стеблей.

Штифовые рабочие органы применяются для измельчения грубых кормов путем излома, разрыва, расщепления вдоль волокон. Их преимущество перед другими измельчителями состоит в том, что они измельчают стебли не только поперек, но и вдоль волокон. Корм в таком виде хорошо запаривается и охотно поедается животными. Недостатки: повышенная энергоемкость, неудовлетворительная работа на кормах влажностью более 20...25 %.

Молотковые рабочие органы являются универсальными — могут измельчать все виды кормов. Измельчение происходит очень сильное, что не всегда требуется. Тем не менее молотковые измельчители незаменимы при производстве травяной, сенной или соломенной муки, когда требуется получить размер частиц не более 1...3 мм.

Для приготовления сочных кормов используют корнеклубнемойки, корнерезки, измельчители корнеклубнеплодов и кормоприготовительные агрегаты. Отделение камней, частиц грязи от кормовой массы выполняют специальные устройства различного конструктивного исполнения. Наиболее эффективно этот процесс протекает в воде, где камни, имеющие удельную массу значительно большую, чем у корнеклубнеплодов, оседают на дно ванны, а продукт выводится из устройства.

Корнеклубнемойки по конструкции рабочих органов делятся на кулачковые, барабанные, дисковые и шнековые. Различают машины

периодического и непрерывного действия, вода в них служит для удаления в осадок отдельных частиц грязи.

Корнерезки и измельчители корнеплодов по принципу действия делятся на машины с режущими (рубящими) рабочими органами, ударного действия (штифтовые или молотковые) и комбинированные (рубящие и ударные). Ножи при резке корнеклубнеплодов подвержены быстрому износу в результате абразивного воздействия земли и песка, находящихся на поверхности измельчаемого продукта.

Рабочими органы ударного действия служат жестко или шарнирно закрепленные штифты, молотки или фрезы. Они более стойки к абразивному износу, однако измельчают корнеплоды со значительным выделением сока, что увеличивает потери питательных веществ в процессе приготовления кормов.

При надлежащем конструировании режущие рабочие органы имеют некоторые преимущества по удельным энергозатратам и получению продукта заданного гранулометрического состава.

В настоящее время для обработки корнеклубнеплодов, кроме отдельных машин, используются комбинированные машины и агрегаты, которые выполняют две технологические операции и более, обеспечивая поточность и высокое качества приготовления кормов.

Технология и режим обработки корнеплодов должны удовлетворять зоотехническим требованиям [1, 3, 13]. Обработка корнеплодов, перед скармливанием животным, занимает большой удельный вес в механизированных процессах кормоцехов.

Могут применяться следующие виды обработки в зависимости от вида животных: мойка и очистка, измельчение, запаривание или варка (тепловая обработка) и смешивание с другими компонентами кормосмеси. Измельчать корнеплоды следует непосредственно перед скармливанием не позднее, чем за 2 часа, так как измельченная масса, окисляясь, быстро темнеет, теряет сок и покрывается плесенью [11, 2].

При измельчении толщина ломтей допускается в следующих пределах [8]:

- для взрослого крупного рогатого скота – 10...15 мм;
- для телят и свиней – 5...10 мм;
- для птицы – 3...4 мм;
- для водоплавающей птицы – до 10 мм.

По ведомственным нормам технологического проектирования кормоцехов (ВНТП-85) в измельченной массе корнеплодов частиц размером 5...6 мм должно быть не мене 70...75 % по массе, частиц размером 10...15 мм должно быть в пределах 20..30 %. Наибольший размер частиц не должен превышать 20 мм [14].

В свете последних достижений науки и практики для кормления КРС и свиней целесообразно получать продолговатую стружку в виде соломки. Необходимо отметить, что для свиней корнеплоды необходимо мять перед скармливанием.

2.2. Обоснование, выбор, описание технологии обработки корнеплодов.

Процесс обработки корнеплодов занимает большой удельный вес в общем объеме обработки кормов. Обработка корнеплодов производится с целью повышения качества кормов, создание необходимых условий для приготовления кормосмесей, обеспечение полной поедаемости кормов. На сегодняшний день как в России, так и за рубежом, имеется значительное множество машин и агрегатов для измельчения корнеплодов, которые отличаются по технологическому назначению, производительности и установленной мощности, типу рабочих органов, технологической схеме и некоторым другим признакам.

2.3. Технологические расчеты

2.3.1. Определение усилия резания. Ножи, применяемые в корнерезках

Ножи, применяемые в корнерезках, бывают следующих видов: с прямолинейным лезвием, с гребенчатым лезвием, с криволинейным лезвием или совочкообразные [5, 6, 7].

Плоский нож со сплошным лезвием способен давать стружку в виде широких ломтей толщиной h , зависящей от установки ножа относительно плоскости, диска или барабана, шириной b , равной ширине продукта, и длиной ℓ , достигающей длины частиц продукта. Такая форма и размеры стружки соответствуют требованиям кормления крупного рогатого скота. Гребенчатый нож отрезает стружку в виде узких полосок шириной b равной ширине гребня, толщиной h , равной высоте установки, и длиной ℓ , равной длине частиц продукта. Такая стружка соответствует требованиям кормления молодняка крупного рогатого скота и свиней. Гребенчатые ножи закрепляют на диске или барабане со смещением по длине один относительно другого на величину, равную ширине b_1 гребня. При такой установке гребни первого ножа снимают стружку шириной b_1 и толщиной h , а гребни второго ножа срезают остающиеся выступы.

В отличие от соломосилосорезок, в которых стебельные корма перерезаются лезвием, действие ножей корнерезок принято рассматривать как действие острых клиньев, перемещающихся в перерезаемом корме. В зависимости от расположения клина (перпендикулярно или под углом к направлению движения) различают скользящее и рубящее резание, которое наиболее распространено в существующих корнерезках. В первый момент в соответствии с теорией В. П. Горячкина нож (клин) с углом заточки α , внедряясь в материал, под действием силы P сжимает стружку на пути a .

Исследованиями установлено, что линии скалывания элементов стружки опережают лезвие клина и сначала углубляются в толщу материала, а затем направляются вверх. Однако до поверхности разрыв не доходит и ускорения элемента стружки не наблюдается, т. е. $\ell = \ell_1$. Длина элементов стружки h увеличивается с увеличением толщины стружки h и угла заточки α и почти не

зависит от скорости резания и толщины лезвия ножа. Путь уплотнения можно определить по формуле В. П. Горячкина [17]:

$$a = \frac{0,5h \cdot \cos \varphi \cdot \cos 0,5(\varphi - \alpha)}{\cos^3 0,5(\varphi + \alpha)}, \quad (2.1)$$

где h — толщина стружки, $h=13$ мм;

$\varphi = 35...40^\circ$ — угол трения материала о грани клина;

α — угол резания, $\alpha=30^\circ$;

$$a = \frac{0,5 \cdot 13 \cdot \cos 40 \cdot \cos 0,5(40 - 30)}{\cos^3 0,5(40 + 30)} = 8,892 \text{ мм.}$$

Усилия резания определяют на основе рациональной формулы В. П. Горячкина:

$$P = P_o + P_d + P_v, \quad (2.2)$$

где P — общее сопротивление резанию;

P_o — сопротивление, зависящее от прочности материала, ширины стружки и толщины лезвия;

P_d - сопротивление, равное усилию деформации стружки;

P_v — сопротивление, равное усилию на отделение стружки и сообщение ей кинетической энергии.

Составляющие общего сопротивления резанию определяют из выражений, предложенных Г.И. Новиковым:

$$P_o = k_m b t \delta; \quad (2.3)$$

$$P_d = k_d b; \quad (2.4)$$

$$P_v = 0,025 h b v^2, \quad (2.5)$$

где κ_m — коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала: для свеклы — 10,4, моркови — 7,5, картофеля — 6,5;

$b = 120 \dots 180$ мм — ширина стружки или длина ножа;

$t = 0,03 \dots 0,1$ мм — толщина лезвия ножа;

c — показатель степени для свеклы — 0,53, моркови — 0,5, картофеля — 0,55;

δ — предел прочности или отношение пути а уплотнения к длине ℓ элемента стружки;

$\kappa_\delta = 1,5 \dots 2$ — коэффициент деформации стружки;

h — толщина стружки, мм;

v — скорость резания (ножа), м/с.

$$P_o = 10,4 \cdot 150 \cdot 0,05 \cdot 0,25 = 19,5 \text{ Н};$$

$$P_\delta = 1,5 \cdot 150 = 225 \text{ Н};$$

$$P_v = 0,025 \cdot 13 \cdot 150 \cdot 1,5^2 = 109,6 \text{ Н}.$$

$$P = 19,5 + 225 + 109,6 = 354,1 \text{ Н}.$$

Усилие резания до начала внедрения ножа в материал равно нулю. По мере продвижения ножа оно достигает максимума и в момент скалывания падает до нуля, после чего процесс повторяется.

Совочкообразные ножи [21] отрезают стружку в виде узких полосок полуовального сечения. Высота и ширина стружки здесь зависят от размеров совочков и установки ножей, а длина равна длине частиц продукта.

Качество работы совочкообразных ножей выше, чем гребенчатых, так как здесь лезвия и первого, и второго ножей только отрезают стружку, а не отрывают. К недостаткам их следует отнести сложность заточки.

Определение скорости ножей измельчителя. Минимально допустимую частоту вращения крылача режущего аппарата дисковой измельчителя

определяют из условия скорости подхода продукта к ножам. При движении корнеплодов вдоль лопасти на них действуют следующие силы: тяжести mg ; трения fmg , возникающая от действия силы тяжести при перемещении продукта по диску крылача; трения корнеплодом по лопасти $2f_m\omega V_0$, возникающая от силы Кориолиса $2m\omega V_0$, и центробежная $m\omega^2 R_p$. Перемещение продукта в направлении ножей возможно в том случае, если центробежная сила больше сил трения, т.е.

$$f_1 mg + 2f_2 m\omega V_0 + m\omega^2 R_p, \quad (2.6)$$

где f_1 и f_2 — коэффициенты трения корнеплодов соответственно по диску и по лопасти;

m — масса материала, находящиеся в камере резания, кг;

v_0 — скорость перемещения продукта к ножам, м/с;

R_p — радиус камеры резания, м.

При изготовлении дисков и лопастей из одного материала

$$f_1 = f_2 = f.$$

Скорость перемещения продукта к ножам зависит от толщины стружки h , числа ножей z , частоты вращения крылача n . Ее определяют по формуле:

$$v_o = hzn/60, \quad (2.7)$$

$$v_o = 0,13 \cdot 3 \cdot 300/60 = 1,95 \text{ м/с}.$$

Подставив значение скорости v_o в неравенство и выразив в нем угловую скорость через $\pi n/30$, получим

$$fg \leq \frac{\pi^2 n^2 R_p}{30 \cdot 30} - 2f \frac{\pi n}{30} \frac{h n z}{60}, \quad (2.8)$$

или

$$fg \leq \frac{\pi n^2}{30 \cdot 30} (\pi R_p - fhz). \quad (2.9)$$

Решая это выражение относительно n , найдем минимально допустимую частоту вращения диска:

$$n = 30 \sqrt{\frac{fg}{\pi(\pi R_p - fhz)}}, \quad (2.10)$$

$$n = 30 \sqrt{\frac{0,9 \cdot 9,81}{3,14(3,14 \cdot 0,31 - 0,9 \cdot 0,013 \cdot 3)}} = 51,9 \text{ мин}^{-1}.$$

2.3.2 Определение производительности и мощности привода корнеплодов

Производительность, кг/ч, дисковых и барабанных измельчителей

$$Q = 60 \cdot V \cdot n \cdot \rho, \quad (2.11)$$

где V – объём продукта, срезаемого ножами за один оборот диска или барабана, м³;

n – частота вращения режущего аппарата, мин⁻¹;

ρ – плотность корнеклубнеплодов, кг/м³;

η – коэффициент наполнения, ($\eta = 0,3 \div 0,5$).

$$Q = 60 \cdot 0,00105 \cdot 300 \cdot 600 \cdot 0,4 = 4536 \text{ кг/ч}.$$

Объём продукта определяется по формуле:

$$V_1 = \pi \cdot D_p \cdot b \cdot L \cdot z \cdot k_\kappa \quad (2.12)$$

где D_p - диаметр камеры резания, м;

L - длина ножа, м ($L=0,17$ м);

b - толщина срезанного ломтика, м ($b=0,002$ м);

z - число ножей ($z=2\div 5$);

k_k - конструктивный коэффициент использования ножей

($k_k = 0,6 - 0,8$).

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,62 \cdot 0,002 \cdot 0,15 \cdot 3 \cdot 0,6 = 0,00105 \text{ м}^3.$$

Если диск или барабан измельчителя снабжен ножами с гребенчатым или совочкообразным лезвием, при которых стружка толщиной h снимается лишь проходом двух ножей, в формулы объема V и производительности Q вместо z подставляют $z/2$.

Мощность, необходимая для работы измельчителя, расходуется на преодоление сил сопротивления резанию корнеплодов, сил трения, возникающих при соприкосновении продукта с движущимися частями машины (барабаном или диском), и сил сопротивления в передаточном механизме.

Мощность, затрачиваемая на резание определяется по формуле [16]:

$$N_I = g_o L z V_{cp} k_o k', \quad (2.13)$$

где g_o - 1500...2000 Н/м – удельное сопротивление резанию;

L – длина ножа, м ($L=0,17$ м);

Z – число ножей;

V_{cp} – средняя скорость резания, м/с.

k_o – коэффициент использования длины ножей: для вертикально дисковых корнерезок – 0,3...0,4, для горизонтально-дисковых 0,8...0,9;

$k' - 0,6 \dots 0,7$ — коэффициент, учитывающий пустоты между частицами продукта.

$$N_1 = 1500 \cdot 0,17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 1468 \text{ Вт.}$$

Мощность, Вт, затрачиваемая на преодоление трения корнеплодов о диск радиусом R при условии приложения силы трения на плече, равном $2/3R$,

$$N_2 = M\omega = (2/3)TRf\omega\beta, \quad (2.14)$$

где T — нормальная сила давления, Н;

R — радиус, описываемый внешним концом лезвия ножа;

f — коэффициент трения продукта о диск;

ω — угловая скорость, с^{-1} ;

$\beta - 0,6 \dots 0,7$ — коэффициент, учитывающий уменьшение нормальной силы давления продукта на диск за счет срезан.

$$N_3 = (2/3) \cdot 152,8 \cdot 0,31 \cdot 0,8 \cdot 31,4 \cdot 0,6 = 475,9 \text{ Вт.}$$

Нормальная сила давления зависит от количества продукта G , находящегося в воронке, и угла α наклона плоскости воронки. Ее рассчитывают по формуле:

$$T = 9,81Gtg\alpha, \quad (2.15)$$

$$T = 9,81 \cdot 27 \cdot 0,57 = 152,8 \text{ Н.}$$

Количество продукта в бункере:

$$G = V_B \rho, \quad (2.16)$$

где V_B — объем бункера, м^3 ;

ρ — плотность корнеплодов, кг/м^3 .

$$G = 0,045 \cdot 600 = 27 \text{ кг.}$$

Следовательно:

$$N_2 = M\omega = (2/3)9,8l GRf\omega \beta tg\alpha, \quad (2.17)$$

$$N_2 = (2/3) \cdot 9,81 \cdot 0,31 \cdot 0,8 \cdot 31,4 \cdot 0,6 \cdot 0,577 = 14,6 \text{ Вт.}$$

Мощность N_p , Вт, требуемая для привода центробежного измельчителя, расходуется на преодоление сопротивления резанию N_I подачу корнеплодов к ножам N_2 и преодоление сил трения, возникающих от давления материала на стенки камеры резания N_3 .

Следовательно:

$$N_p = N_I + N_2 + N_3, \quad (2.18)$$

$$N_p = 1468 + 14,6 + 475,9 = 1958,5 \text{ Вт.}$$

Энергоемкость процесса измельчения современных машин составляет 1,5...2 кВтч/т.

Основные параметры измельчителя корнеплодов представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Основные параметры измельчителя.

Наименование	Величина
1. Производительность, т/ч	
а) измельчение кормовой свеклы	4,5...5,0
2. Качество измельчения	

а) длина резки, мм	30...70
б) форма поперечного сечения резки (стружки), %	
- треугольные	80
- трапециидальные	10...15
- сенажные грубешки	10...5
в) средний размер поперечного сечения резки треугольной формы, мм	4x4x4
3. Частота вращения, об/мин	
а) электродвигателя	965
б) ротора режущего аппарата	300±5
4. Установленная мощность электродвигателя, кВт	5,0
5. Габаритные размеры, мм	
длина	1650
ширина	770
высота	775
6. Масса, кг	430

В отличие от существующих аналогов новый измельчитель корнеклубнеплодов обеспечивает хорошее качество измельчения, имеет меньшую энерго – и металлоемкость, способствует значительному повышению производительности труда.

Отличительной чертой данного измельчителя является то, что при работе рабочих органов машины резко снижаются затраты энергии на трение измельчаемого материала о стенки рабочей камеры.

В отличие от существующих измельчителей новый измельчитель корнеплодов обеспечивает хорошее качество измельчения, исключаящее выделение сока. Благодаря усовершенствованной конструкции рабочей камеры за счет уменьшения трения корнеплодов о стенки Измельчитель имеет меньшую энергоемкость. В качестве прототипа разрабатываемой машины использованы разработки кафедры.

2.4. Планирование мероприятий безопасности жизнедеятельности по улучшению условий труда.

2.4.1. Требование безопасности конструкции измельчителя кормов

Измельчитель кормов установить на фундаментной основе, на расстоянии 1,2 м от входной двери.

Приводные ремни измельчителя кормов должны иметь металлические ограждения, не позволяющие случайного попадания в зону из работы.

Органы управления работой измельчителя кормов должны находиться на высоте, не превышающей 1,5 м от пола.

Усилие на органы управления измельчителя не должно превышать значения 10 Н. Они должны надежно обеспечивать пуск и остановку, а также аварийную остановку электродвигателя.

Все металлические части и корпуса, электродвигателей должны быть надежно заземлены в соответствии с правилами пользования электроустановок.

2.4.2. Указания по эксплуатации измельчителя кормов

1. Измельчитель корнеклубнеплодов устанавливается по уровню на специальный фундамент. Допускается наклон не более 5°.

2. Измельчитель должен быть закреплен на опорных болтах.

3. Подача корнеклубнеплодов должна быть равномерной.

4. Не допускается попадание металлических предметов, камней, мерзлой глины и других посторонних предметов.

5. В качестве питателей можно использовать ленточный транспортер корнеплодов ТК-5М (2 шт.).

6. Включение измельчителя осуществляется в холостую.

7. При эксплуатации измельчителя корнеплодов необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

2.5. Выводы по разделу

Были проведены технологические расчеты по процессу измельчения корнеплодов, разработаны рекомендации по улучшению состояния условий труда и техники безопасности в предприятии и непосредственно в производственных цехах. Необходимо для улучшения безопасности работы разработать инструкцию по охране труда оператора, работающему непосредственно с измельчителем кормов.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Описание и обоснование выбранной конструкции

Измельчитель кормов состоит из: цилиндрического корпуса; диска с закреплёнными на ней рифлеными ножами; ротора и, содержащего ступицу, на которой установлены наклонные крылачи и усечённые сегменты. На роторе также закреплена разгрузочная крыльчатка. В корпусе измельчителя имеется разгрузочный патрубок. Привод осуществляется от электродвигателя через клиноремённую передачу. Корпус измельчителя, ротор и электродвигатель установлены на раме.

Работа измельчителя осуществляется следующим образом:

подготовленный к измельчению материал подаётся в рабочую камеру измельчителя. Под действием крылачей материал приобретает вращательное движение. Определённый наклон крылачей в сторону вращения способствует прижиманию материала к диску и соответственно и режущим ножам.

При вращении крылачей материал измельчается режущими ножами. Рабочий процесс протекает также как при измельчении материала на обычной тёрке для овощей. Режущие ножи срезают с вращающихся и прижимающих под действием крылачей материала ломтики определённого размера.

Наличие в конструкции измельчителя усечённых сегментов позволяет исключить трение измельчаемого материала о стенки корпуса.

При этом высота усечённых сегментов не должна превышать $\frac{2}{3}$ высоты рабочей камеры. Это позволяет снизить металлоёмкость конструкции и уменьшить шумовые токи (момент сопротивления) при запуске электродвигателя.

Передняя часть сегментов имеет скос для уменьшения трения при вхождении сегмента в массу материала.

Указанные технические решения (наличие усечённых сегментов, скоса на передней части сегмента) позволяют снизить затраты энергии на трение материала о корпус измельчителя и о переднюю грань усечённых сегментов. Это позволяет улучшить технико-экономические показатели процесса измельчения кормов. Количество сегментов равно числу крылачей, прикрепляемых в измельчителе, количество последних зависит от геометрических размеров рабочей камеры измельчителя и числа режущих ножей.

Измельчитель корнеплодов, состоящий из: цилиндрического корпуса; диска, с закреплёнными рифлёными ножами; ротора, содержащего ступицу с наклонными крылачами и разгрузочной крыльчаткой; разгрузочного патрубка, отличающегося тем, что на ступице роторе к наклонным крылачам установлены усечённые сегменты, причём усечённой стороной в сторону движения.

Для определения качества измельчения рекомендуется использовать кормовую свеклу. Масса одного корма составляет от 2 до 4,5 кг. Корни перед измельчением предварительно необходимо очистить.

Загрузка измельчителя осуществляется самотеком порциями с помощью специального бункера. Масса каждой порции составляет до 30 кг. Регулируя скорость подачи материала, изменяется нагрузка измельчителя. Для определения максимальной производительности корнеплоды в количестве 30 кг загружаются мгновенно. Время измельчения измеряется секундомером. А начало, и конец отчета определяется по поступлению измельченного корма из разгрузочного патрубка.

Качество измельчаемого материала (корнеплодов) определяется методом проб. Размеры частиц измеряется штангенциркулем, а процентное соотношение частиц каждого размера определяется взвешиванием на весах ценой одного деления 10 г.

Зазор между режущим и противорежущими ножами определяется щупами и штангенциркулем.

3.2. Определение основных параметров и прочностной расчет деталей измельчителя сочных кормов

Основными факторами, обуславливающими рабочий процесс измельчителей, являются производительность, число оборотов ротора и число ножей.

Для определения основных параметров измельчения рассмотрим силы, действующие на корнеплоды. В результате анализа рабочего процесса центробежного измельчителя установлено, что она будет работать в том случае, если происходит перемещение продукта от центра к периферии. Это возможно, когда центробежная сила больше силы, препятствующей перемещению, то есть силы трения. Это условие будет [12]:

$$fmg \leq m\omega^2 r \quad (3.1)$$

или

$$r \frac{\pi^2 n^2}{30 \cdot 30} \geq fg \quad (3.2)$$

где m - масса продукта, находящаяся в бункере, кг·с²/м;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

ω - угловая скорость крылача, с⁻¹;

r - минимальный радиус в начале движения продукта, м;

n - число оборотов крылача, мин⁻¹;

f - коэффициент трения корнеклубнеплодов.

При движении корнеплодов вдоль лопасти на них будут действовать следующие силы:

$$G = m \cdot g \text{ - сила тяжести;}$$

$f \cdot m \cdot g$ - сила трения, возникающая от действия силы веса при перемещении продукта по диску;

$2 \cdot f \cdot m \cdot \omega \cdot v_0$ - сила трения продукта по лопасти, возникающая от силы Кориолиса $2 \cdot m \cdot \omega \cdot v_0$.

Преодолевать силы трения будет центробежная сила $m \cdot \omega^2 \cdot R_p$.

Очевидно, что перемещение продукта в направлении ножей возможно в том случае, если центробежная сила больше сил трения.

3.2.1. Определение производительности измельчителя.

Производительность измельчителя определяют по формуле:

$$Q = 60 \cdot V_1 \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta, \quad (3.3)$$

где Q - производительность измельчителя, кг/ч;

V_1 - объем продукта, срезаемого за один оборот крылача, м³;

n - число оборотов крылача, мин⁻¹;

γ - плотность корнеплодов, кг/м³ ($\gamma=600$ кг/м³);

η – коэффициент наполнения, ($\eta = 0,3 \div 0,5$).

$$Q = 60 \cdot 0,00105 \cdot 300 \cdot 600 \cdot 0,4 = 4536 \text{ кг/ч.}$$

Объем продукта определяется по формуле:

$$V_1 = \pi \cdot D_p \cdot b \cdot L \cdot z \cdot k_k \quad (3.4)$$

где D_p - диаметр камеры резания, м;

L - длина ножа, м ($L=0,17$ м);

b - толщина срезанного ломтика, м ($b=0,002$ м);

z - число ножей ($z=2 \div 5$);

k_k - конструктивный коэффициент использования ножей ($k_k = 0,6 - 0,8$).

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,62 \cdot 0,002 \cdot 0,15 \cdot 3 \cdot 0,6 = 0,00105 \text{ м}^3.$$

3.2.2. Определение потребной мощности измельчителя и выбор электродвигателя

При определении необходимой мощности для привода shredder необходимо иметь данные о силы резания. Согласно теории резания, процесс резки выполняется в корнеплодах, подвергая продукт ножа, как острые клин перемещается в толще материала. В нашем случае это вырезать Режущий.

Процесс резки корнеплодов заключается в следующем. В начальный момент нож с углом α под силу F удаляет элемент в пути w . Сжатие происходит, пока сила достигает максимума, при которых F сдвига элемент длиной L , которая больше, чем путь сжатия w . Линия расщепления лезвие вперед клина и началом некоторых глубже в толщу продукта, а затем идет вверх.

Режущее усилие корня нож культур переменная: во-первых, перед разрезанием, она равна нулю, а в качестве продвижения ножа в направлении силы сжатия достигает максимума, и в момент, расщепляющих падает до нуля, то процесс повторяется.

Общее усилие P резания корнеплодов определяется из зависимости:

$$P = P_o + P_d + P_v, \quad (3.5)$$

где P_o - усилие резания лезвием ножа, Н;

P_d - сопротивление деформации отрезаемого слоя, Н;

P_v - усилие, затраченное на отбрасывание стружки, Н.

Эта формула, и вычисленные значения для определения средней силы резания громоздкими. Таким образом, при расчете стоимости удельного сопротивления резания принимают в пределах $14,8 \div 19,6$ Н.

Мощность, потребность в измельчитель выделяется для преодоления силы сопротивления резания корней и преодолеть силы трения, возникающие в контакте с диском.

Мощность, необходимая для преодоления сил сопротивления резанию корнеплодов, определяется как произведение средней силы резания на скорость резания из следующего выражения:

$$N_p = \frac{P_{cp} \cdot L \cdot z \cdot V_{cp} \cdot k \cdot k_k}{102}, \quad (3.6)$$

где P_{cp} - среднее усилие резания в кг/см (Н/м);

L - длина ножа в см;

V_{cp} - средняя скорость резания, м/с.

$$N_p = \frac{1154 \cdot 0,17 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 0,62 \cdot 0,3}{102} = 4,3 \text{ кВт.}$$

$$V_{cp} = \frac{\pi \cdot n}{120} (D_p + d), \quad (3.7)$$

где n - частота вращения ротора, мин⁻¹;

D_p - внешний диаметр, описываемый ножами, м;

d - внутренний диаметр, описываемый ножами, м.

$$V_{cp} = \frac{3,14 \cdot 300(0,62-0,12)}{120} = 4 \text{ м/с.}$$

Мощность, потребляемая для преодоления сил трения, возникающих при соприкосновении корнеклубнеплодов с диском, при условии приложения сил трения на плече $2/3$ будет равна:

$$N_m = \frac{\pi \cdot f \cdot G \cdot R^2 \cdot n \cdot \beta}{102 \cdot 45}, \quad (3.8)$$

где R - внешний радиус, описываемый корнеплодом, м;

β - коэффициент, учитывающий уменьшение силы нормального давления за счет срезания стружки ножами (0,4 – 0,6);

G - масса продукта, находящегося в бункере, кг.

$$N_m = \frac{3,14 \cdot 0,35 \cdot 27 \cdot (0,310)^2 \cdot 300 \cdot 0,5}{102 \cdot 45} = 0,093 \text{ кВт.}$$

$$G = V_\delta \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (3.9)$$

где V_δ - объем бункера, м³;

γ - плотность корнеплодов, кг/м³.

$$G = 0,045 \cdot 600 = 27 \text{ кг.}$$

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot H, \quad (3.10)$$

где H - высота бункера, м.

$$V_\delta = \frac{3,14 \cdot (0,62)^2 \cdot 0,15}{4} = 0,045 \text{ м}^3$$

Общая мощность, потребная для привода измельчителя,

$$N = \frac{N_p + N_m}{\eta \cdot \eta_m}, \quad (3.11)$$

где η - к.п.д. подшипников, (0,97- для подшипников качения);

η_m - к.п.д. трансмиссии, (0,94- для ременной передачи).

$$N = \frac{4,3 + 0,093}{0,97 \cdot 0,94} = 4,81 \text{ кВт.}$$

В соответствии с требуемой мощностью выбираем по каталогу электродвигатель: трехфазный асинхронный двигатель А О2-51-6 по ГОСТ 13589-68. Мощность – 5,0 кВт, частота вращения – 965 мин⁻¹.

По требованию ряда хозяйств РТ необходимо обеспечить измельчение мороженных корнеплодов. С этой целью целесообразно установить электродвигатель мощностью 7,5 кВт.

3.2.3. Расчет клиноременной передачи

Дано: мощность на валу электродвигателя $N_{\text{э}} = 5,0$ кВт; частота вращения вала электродвигателя $n_{\text{э}} = 965$ мин⁻¹; частота вращения вала ротора $n_p = 300$ мин⁻¹.

Определяем угловую скорость, номинальный вращающий момент на валу электродвигателя

$$\omega_{\text{э}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{э}}}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (3.12)$$

где $\omega_{\text{э}}$ - угловая скорость вала электродвигателя, с⁻¹;

$$\omega_9 = \frac{3,14 \cdot 965}{30} = 101 \text{ с}^{-1}.$$

$$M_9 = \frac{N_9}{\omega_9}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.13)$$

где M_9 - номинальный вращающий момент на валу электродвигателя, Н·м.

$$M_9 = \frac{5,0}{101} = 49 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для случая, когда установлен электродвигатель мощностью $N_9 = 7,0$ кВт, получим $M_9 = 0,69 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

При таком значении M_9 рекомендуемое сечение ремня Б с площадью поперечного сечения $F = 138 \text{ мм}^2$ Выбираем диаметр D_1 , ведущего шкива. Для обеспечения большой долговечности ремня рекомендуется не ориентироваться на $D_{\min} = 125 \text{ мм}$, а брать шкив на 1...2 номера больше. Принимаем $D_1 = 160 \text{ мм}.$

Определяем передаточное отношение i без учета скольжения по формуле

$$i = \frac{n_9}{n_p}, \quad (3.14)$$

где n_p - частота вращения вала ротора, мин⁻¹.

$$i = \frac{965}{300} = 3,21$$

Находим диаметр D_2 ведомого шкива, приняв относительное скольжение $\varepsilon = 0,015$

$$D_2 = i \cdot D_1 (1 - \varepsilon), \text{ мм} \quad (3.15)$$

где ε - относительное скольжение ремня.

Ближайший стандартный диаметр $D_2=500$ мм.

$$D = 3,21 \cdot 160(1-0,015) = 505,89 \text{ мм.}$$

Уточняем передаточное отношение i с учетом ε :

$$i = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)}$$

$$i = \frac{500}{160(1-0,015)} = 3,172$$

Пересчитываем: $n_p = \frac{n_{\text{э}}}{i}$.

$$n_p = \frac{965}{3,172} = 304,22 \text{ мин}^{-1}.$$

Допустимое Δ до 3 %.

$$\text{Расхождение с заданием } \Delta = \frac{304,22 - 300}{304,22} \cdot 100\% = 1,38\%.$$

Принимаем: $D_1=160$ мм, $D_2=500$ мм по ГОСТ 17383-73.

Определяем межосевое расстояние « a »:

$$a_{\max} = 2(D_1 + D_2), \text{ мм} \quad (3.16)$$

$$a_{\min} = 0,55(D_1 + D_2) + 10,5, \text{ мм} \quad (3.17)$$

$$a_{\max} = 2(160 + 500) = 1320 \text{ мм,}$$

$$a_{\min} = 0,55(160 + 500) + 10,5 = 318,5 \text{ мм.}$$

Принимаем близкое к среднему значению $a=700$ мм.

Расчетная длина ремня определяемая по формуле:

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a}, \text{ мм} \quad (3.18)$$

$$L_p = 2 \cdot 700 + \frac{3,14(160 + 500)}{2} + \frac{(500 - 160)^2}{4 \cdot 700} = 2518,7 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ 1284.1-80 длину ремня $L=2500$ мм.

Определяем окружное усилие:

$$P = \frac{N}{V}, \quad (3.19)$$

где V - скорость вращения ротора, м/с.

$$V = 0,5\omega_3 \cdot D \quad (3.20)$$

Находим расчетное число ремней

$$V = 0,5 \cdot 101 \cdot 160 \cdot 10^{-3} = 8,08 \text{ м/с.}$$

Окружное усилие:

$$P = \frac{5,0 \cdot 1000}{8,08} = 618 \text{ Н.}$$

$$z = \frac{P}{[P]}, \quad (3.21)$$

где $[P]$ - допускаемое окружное усилие на один ремень, Н.

$$z = \frac{618}{312} = 1,98$$

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_p, \quad (3.22)$$

где P_0 - окружное усилие, передаваемое одним ремнем, Н;

C_α - коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата ($C_\alpha = 0,93$);

C_L - коэффициент, учитывающий влияние длины ремня ($C_L = 1$).

$$[P] = 335 \cdot 0,93 = 312 \text{ Н.}$$

Находим угол охвата:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60 \cdot \frac{D_2 - D_1}{a}, \quad (3.23)$$

Исходя из расчетов, для измельчения мороженных корнеплодов целесообразно иметь количество ремней $z=3$.

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60 \cdot \frac{500 - 160}{700} = 150^\circ.$$

Определяем усилие в ременной передаче, приняв напряжение от предварительного натяжения $\sigma_0 = 1,6 \text{ Н/мм}^2$.

$$S = \sigma_0 \cdot F, \quad (3.24)$$

где F - площадь поперечного сечения ремня, мм^2 .

$$S = 1,6 \cdot 138 = 221.$$

Определяем усилие на валу

$$Q = 2 \cdot S_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (3.25)$$

$$Q = 2 \cdot S_0 \cdot 2 \cdot \sin \frac{150^\circ}{2} = 848 \text{ Н.}$$

3.2.4 Прочностной расчет основных деталей измельчающего органа

Определяем прочность ножа на срез.

Общее усилие резания – 1150 Н.

Нагрузка на один нож – 115 Н.

Материал ножа – сталь ХВГ.

Общую сумму резания 1150 раскладываем на две силы: на нормальную и потенциальную составляющие. Расчет ведем по нормальной составляющей, так как потенциальная составляющая, по сравнению с нормальной незначительна.

$$P_p^N = P_p \cdot \cos 30^\circ, \text{ Н} \quad (3.26)$$

$$\tau_{cp} = \frac{2 \cdot M_{\max} \cdot r_{\max}}{I_p}, \quad (3.27)$$

где M_{\max} - максимальный момент сечения, Н/мм;

r_{\max} - плечо действия силы, мм;

I_p - полярный момент инерции сечения, мм⁴.

$$M_{\max} = P_p^N \cdot r_{\max}, \quad (3.28)$$

$$I_p = k \cdot b^3 \cdot h, \quad (3.29)$$

где k - коэффициент прямоугольного сечения;

b - ширина сечения, мм;

h - высота сечения, мм.

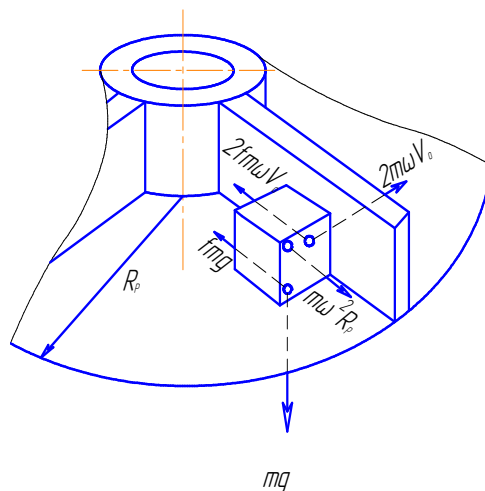


Рис. 3.1. Схема сил, действующих на корнеплоды.

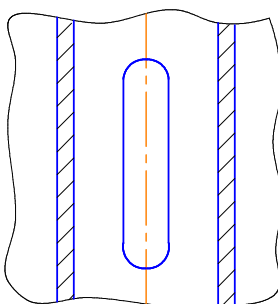


Рис. 3.2. Схема к расчету крылача.

Условие прочности выполняется.

$$I_p = 0,141 \cdot 12^3 \cdot 10 = 2436 \text{ мм}^4.$$

$$M_{\max} = 115 \cdot 25 = 2875 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$\tau_{cp} = \frac{2 \cdot 2875 \cdot 25}{2436} = 59 \text{ Н/мм}^2 < [\tau]_{cp}.$$

$[\tau]_{cp} = 110 \text{ Н/мм}^2$ - допускаемое контактное напряжение.

3.3. Обоснование технико-экономической эффективности измельчителя корнеклубнеплодов повышенной производительности

Расчет технико-экономической эффективности от внедрения измельчителя корнеклубнеплодов выполнен по сравнению с измельчителем корнеклубнеплодов ИКМ-Ф-10, используемый в настоящее время самостоятельно или в составе поточных технологических линий кормоцехов.

3.3.1. Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Таблица 3.1 – Исходные данные

Показатели	ИКМ-Ф-10	ИЗМ-5
Масса, кг	940	430
Балансовая стоимость, руб.	75 000	55 000
Потребная мощность, кВт	14,3	5,0
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работ	IV	IV
Тарифная ставка, руб/чел.·ч	8	10
Срок службы, лет	6	6
Норма амортизации, %	16,6	16,6
Годовая загрузка, ч	850,0	850,0
Производительность, т/ч	5	5...7,0

Стоимость базовой (сравниваемой) и разрабатываемой конструкции принимается одинаковой, так как не представляется возможным на данный период определить цену разрабатываемого устройства (в действительности стоимость измельчителя корнеплодов будет ниже стоимости ИКМ-Ф-10, вследствие меньшей металлоемкости, меньших габаритов, меньших затрат на ремонт и ТО и так далее).

Определяем энергоемкость процесса:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W}, \quad (3.30)$$

где N_e - потребляемая мощность, кВт;

W - часовая производительность, т/ч.

$$\mathcal{E}_e' = \frac{N_e}{W} = \frac{5,0}{5,0} = 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т};$$

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W} = \frac{14,3}{5} = 2,86 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т};$$

Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.

Металлоемкость процесса:

$$G_e = \frac{G}{W \cdot T_{год} \cdot T_{сл} \cdot T_{ст}}, \quad (3.31)$$

где G - масса конструкции, кг;

$T_{год}$ - годовая загрузка, ч;

$T_{сл}$ - срок службы, лет.

$T_{ст}$ – тарифная ставка, руб

$$G_e' = \frac{430}{5,0 \cdot 850 \cdot 10 \cdot 6} = 0,0016 \text{ кг/т};$$

$$G_e = \frac{940}{5 \cdot 850 \cdot 8 \cdot 6} = 0,046 \text{ кг/т};$$

Фондоемкость:

$$F_e = \frac{C_{\bar{\sigma}}}{W \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (3.32)$$

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

$$F_e' = \frac{55000}{5,0 \cdot 850 \cdot 6} = 2,15 \text{ руб/т};$$

$$F_e = \frac{75000}{5 \cdot 850 \cdot 6} = 2,94 \text{ руб/т};$$

Себестоимость:

$$S = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{Э}} + C_{\text{РТО}} + A, \quad (3.33)$$

где $C_{\text{ЗП}}$ - затраты на заработную плату, руб/т;

$C_{\text{Э}}$ – затраты на электроэнергию, руб/т;

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

A – амортизационные отчисления, руб/т.

$$C_{\text{ЗП}} = z \cdot T_e \cdot K_{\partial} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{ом}} \cdot K_{\text{сс}}, \quad (3.34)$$

где z - часовая тарифная ставка, руб/чел·ч

$$T_e = \frac{n p}{W}, \quad (3.35)$$

где n_p - количество рабочих, чел.

$$T_e' = \frac{1}{5,0} = 0,2 \text{ чел} \cdot \text{ч/т} ;$$

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

$$C'_{3n} = 0,2 \cdot 10 \cdot 1,8 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 4,87 \text{ руб/т};$$

$$C'_{3n} = 0,2 \cdot 10 \cdot 1,8 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 4,87 \text{ руб/т};$$

$$C_{\text{Э}} = \text{Ц}_{\text{Э}} \cdot \text{Э}_{\text{е}}, \quad (3.36)$$

где $\text{Ц}_{\text{Э}}$ – цена электроэнергии отпускная $\text{Ц}_{\text{Э}} = 1,47 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$.

$$C_{\text{Э}}^1 = 1,47 \cdot 1 = 1,47 \text{ руб/т};$$

$$C_{\text{Э}} = 1,47 \cdot 2,86 = 4,20 \text{ руб/т};$$

$$C_{\text{пто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{пто}}}{100 \cdot W \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.37)$$

где $H_{\text{пто}}$ - суммарная норма затрат на ремонт и ТО, $H = 13 \%$.

$$C'_{\text{пто}} = \frac{55000 \cdot 13}{100 \cdot 5,0 \cdot 850} = 1,68 \text{ руб/т};$$

$$C_{\text{пто}} = \frac{75000 \cdot 13}{100 \cdot 5 \cdot 850} = 2,29 \text{ руб/т};$$

$$A = \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{100 \cdot W \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.38)$$

где a - норма амортизации;

$$A' = \frac{55000 \cdot 16,6}{100 \cdot 5,0 \cdot 850} = 2,14 \text{ руб/т};$$

$$A = \frac{75000 \cdot 16,6}{100 \cdot 5 \cdot 850} = 2,95 \text{ руб/т};$$

Себестоимость:

$$S^1 = 4,87 + 1,47 + 1,68 + 2,14 = 10,16 \text{ руб/т};$$

$$S = 4,87 + 4,20 + 2,29 + 2,95 = 14,31 \text{ руб/т};$$

Приведенные затраты:

$$C_{прив} = S + E_H \cdot k = S + E_H \cdot F_e, \quad (3.39)$$

где E_H - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений = 0,15.

$$C'_{прив} = 10,16 + 0,15 \cdot 2,15 = 10,48 \text{ руб/т};$$

$$C_{прив} = 14,31 + 0,15 \cdot 2,94 = 14,54 \text{ руб/т};$$

Годовая экономия:

$$\mathcal{E}_{год} = (S - S') \cdot W_1 \cdot T_{год}, \quad (3.40)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (14,31 - 10,16) \cdot 5,0 \cdot 850 = 17637,5 \text{ руб};$$

Годовой экономический эффект:

$$E_{год} = (C_{прив} - C'_{прив}) \cdot W_1 \cdot T_{год}, \quad (3.41)$$

$$E_{\text{год}} = (14,54 - 10,48) \cdot 5,0 \cdot 850 = 17255 \text{ руб};$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (3.42)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{55000}{17637,5} = 3,1 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений:

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (3.43)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{3,1} = 0,32$$

Таким образом, применение новых измельчителей корнеплодов, позволит существенно повысить производительность труда, снизить металло- и энергоемкость процесса.

Годовой экономический эффект от внедрения составит около 17255 руб. на один измельчитель.

3.4 Техника безопасности

В проектируемом кормоцехе некоторые кормоприготовительные машины имеют мощность электродвигателей более 2,8 кВт, поэтому в кормоцехе необходимо их устанавливать на бетонных фундаментах.

Ременные передачи от электродвигателей к измельчающим органам, механизмам вращения питающих транспортеров ограничиваются защитными кожухами из листовой стали толщиной 2 мм.

Предупреждение причин, вызывающих несчастные случаи и травматизм работников, обслуживающих технологические машины и оборудование,

создание оптимальных условий труда - главная задача техники безопасности в помещении. Поэтому проектируемая система должна удовлетворять требованиям действующих документов:

- ГОСТ 19348-82 “Изделия электротехнические сельскохозяйственного назначения. Общие технические условия”;
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ);
- Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ);
- ГОСТ 12.2042-79 “Машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства. Общие требования безопасности.” Система стандартов безопасности труда (ССБТ);
- Правил пожарной безопасности.

Защитное заземление должно быть $R_3 \leq 10$ Ом. Заземляющие проводники изготавливаем из стальных труб $\varnothing 50$ мм, толщиной стенки 5 мм, длиной 2 м и соединяем эти трубы между собой стальной полосой, сечением 4x30 мм и проложенной на глубине 0,8 м. Соединение труб и полос осуществляется сваркой.

3.5 Рекомендации по улучшению состояния окружающей среды

В настоящее время происходит интенсивное изъятие человеком из природы в результате его производственной деятельности необходимых веществ: сырья для промышленности, животных, воды, леса и других природных ресурсов. Одновременно нарастает выброс в природу отходов промышленности, бытовых отходов, отработавших предметов и оборудования и т.п. Кроме того человек перестраивает природу для своих нужд, в первую очередь для с/х производства, существенно ее изменяя. Использование сельскохозяйственной техники приводит к негативному механическому,

химическому, акустическому и электромагнитному воздействию на живую и неживую природу.

Основными загрязнителями окружающей среды в сельских районах являются животноводческие и птицеводческие фермы, промышленные комплексы по производству мяса. Основным фактором воздействия на окружающую среду являются стоки животноводческих комплексов, которые загрязняют близлежащие территории, являются одной из причин эвтрофикации водоемов.

Необходимо не допускать загрязнение почвы и воды отходами животноводства, следить за их утилизацией и исправностью сооружений, организовать правильное использование и хранение навозофекального сырья и сточных вод на полях хозяйства, вести борьбу с переносчиками инфекционных болезней.

3.6 Физическая культура на производстве

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

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

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

3.7 Выводы по разделу

Выполненные конструктивные расчеты показывают работоспособность конструкции измельчителя сочных кормов. Проведенный анализ существующих конструкций позволил обосновать параметры нового измельчителя кормов. Экономический эффект от использования проектируемой конструкции измельчителя кормов составит 17255 руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного материала и выполненной работы, можно сделать следующие основные выводы:

1. Проведенный анализ существующих конструкций измельчителей корнеплодов позволил выявить основные направления для совершенствования конструкций машин с целью снижения затрат энергии и повышения качества измельченных кормов.

2. На основе выполненного критического анализа существующих машин для измельчения кормов разработан новый измельчитель корнеплодов, обладающий более высокими технико-экономическими показателями.

3. Измельчитель позволяет получить хорошее качество измельчаемого продукта без потерь сока. Измельченный продукт получается в виде соломки, что заставляет животного более активно использовать жевательный процесс и тем самым активизировать усвояемость корма.

4. На основе выполненных расчетов и разработанных рабочих чертежей измельчителя можно разработать конструкторскую документацию, состоящую из технического задания, технических условий, спецификаций, чертежей. Которую после соответствующих уточняющих расчётов и доработок можно передать в конструкторские бюро и проектные организации для организации в дальнейшем серийного производства.

5. Годовой экономический эффект от внедрения измельчителя корнеплодов составляет 17255 руб. При этом, как показывают расчеты, снижена энергоемкость процесса измельчения на 8-10 %, уменьшена металлоемкость процесса до 30-35 %.