

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление *35.03.06 «Агроинженерия»*

Профиль *Технические системы в агробизнесе*

Кафедра *машин и оборудования в агробизнесе*

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: *Проектирование технологической линии измельчения кормов с разработкой дробилки*

Шифр ВКР.35.03.06.116.17

Студент _____
подпись

Егоров М.В.
Ф.И.О.

Руководитель *доцент* _____
ученое звание подпись

Луцнов М.А.
Ф.И.О.

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

Зав. кафедрой *доцент* _____
ученое звание подпись

Халиуллин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2017 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление *35.03.06 «Агроинженерия»*

Профиль *Технические системы в агробизнесе*

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

_____ / *Халиуллин Д.Т./*

« _____ » _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту *Егорову Максиму Викторовичу*

Тема ВКР: *Проектирование технологической линии измельчения кормов с разработкой дробилки*

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

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР _____

3. Исходные данные

Патенты РФ;

d – диаметр куска материала, $d = 85$ мм;

$\eta = 48 \text{ и} \dot{\text{и}} \text{ }^{-1}$;

$N = 34,46$ кВт;

$\varphi_{\tau} = 0,06$;

$\tau = 400$ МПа;

f_h - коэффициент трения, $f_h = 0,3$;

$\alpha = 16,7^\circ$;

ρ - плотность материала, $\rho = \text{от } 1,4 \text{ до } 3 \text{ и} \dot{\text{и}} \text{ }^3$;

L - длина валков, $L = 600$ м.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

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

5. Перечень графических материалов

1. Обзор конструкций
2. Технологическая линия
3. Сборочный чертеж и деталировка

6. Консультанты по ВКР

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

7. Дата выдачи задания _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

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

Студент _____ (*Егоров М.В.*)

Руководитель ВКР _____ (*Лцшнов М.А.*)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Егорова М.В. на тему: Проектирование технологической линии измельчения кормов с разработкой дробилки.

Одной из наиболее актуальных проблем аграрного производства является обеспечение населения в достаточном количестве качественными продуктами. Известно, что питательные вещества активно усваиваются в измельчённом виде, так как в измельчённых продуктах увеличивается активная поверхность частиц. Это способствует ускорению процесса пищеварения и усвояемости питательных веществ.

На сегодняшний день еще слабо решены вопросы механизации очистки и мойки корнеплодов, а также их измельчение. Ряд машин и агрегатов имеют низкую производительность дробилки и несовершенство рабочего процесса измельчения, которое сопровождается выделением сока. В данной работе на данном этапе поставлена задача, разработать новый, более совершенный, дробилки зерна повышенной производительности, который должен наиболее полно удовлетворять зоотехническим требованиям. Применение такой дробилки в кормоцехах, на свинокомплексах, молочных фермах и фермах КРС позволит существенно повысить технико-экономические показатели.

Целью данной выпускной квалификационной работы является Проектирование технологической линии измельчения кормов с разработкой дробилки.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	7
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	19
2.1 Зоотехнические требования к технологиям приготовления кормов	19
2.2 Расчет потребного количества кормов	20
2.3 Составление схемы технологического процесса приготовления кормов	21
2.4 Расчет производительности поточных технологических линий	22
2.5 Выбор системы машин для кормоцеха	23
2.6 Описание проекта-прототипа кормоцеха	25
2.7 Описание предлагаемого проекта кормоцеха	27
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	29
3.1 Назначение и область применения машины	29
3.1.1 Описание конструкции и принцип действия	30
3.1.2 Определение производительность дробилки	33
3.1.3 Определение мощности двигателя	34
3.1.4 Расчет вала	36
3.2 Мероприятия по охране жизнедеятельности	37
3.2.1 План мероприятий по безопасности жизнедеятельности на рабочем месте оператора	37
3.2.1.1 Расчет заземления	42
3.3 Техничко-экономические показатели	44
3.3.1 Расчет технико-экономических показателей дробилки	44
3.3.1.1 Расчеты балансовой стоимости и массы	44
3.3.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции	47
ВЫВОДЫ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	53
СПЕЦИФИКАЦИИ	55

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее актуальных проблем аграрного производства является обеспечение населения в достаточном количестве качественными продуктами. Известно, что питательные вещества активно усваиваются в измельчённом виде, так как в измельчённых продуктах увеличивается активная поверхность частиц. Это способствует ускорению процесса пищеварения и усвояемости питательных веществ.

В настоящее время в нашей стране выпускаются более 2000 наименования машин и оборудования, в том числе высокопроизводительные щечковые, конусные, валковые, молотковые, и роторные дробилки.

Процесс дробления применяется для доведения минерального сырья (и других материалов) до необходимой крупности, требуемого гранулометрического состава или заданной степени раскрытия зерна.

Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления материалов в основном средней прочности на гладких и рифленых валках и мягких на зубчатых валках. По конструктивному исполнению валковые дробилки бывают одно-, двух- и четырехвалковые. Валковые дробилки имеют небольшую производительность и неравномерный износ поверхности бандажей по длине валка.

Основным рабочим элементом валковых дробилок является вращающиеся на горизонтальной оси цилиндрические валки, которые вращаются навстречу друг другу и дробят попавший между ними материал. Зазор между валками регулируется с помощью болта регулировочного и гайки на нем. При попадании между валками не дробимого предмета передвижной валок, преодолевая сопротивление пружины отходит, предотвращая поломку дробилки.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Назначение и классификация дробильных установок

Дробильные установки применяются во многих отраслях хозяйства. По статистике специалистов на процесс дробления и размельчения приходится около 10 процентов мировых энерго трат. Повсеместное применение дробильного оборудования сыскало в разрушении не рудных строительных спецматериалов. Дробилка - это аппарат для механического влияния на крепкие материалы с целью их разрушения.

В пищевой промышленности применяются следующие виды ударных машин: молотковые дробилки, дезинтеграторы, конусные дробилки и многоступенчатые дисковые мельницы. Наиболее распространены молотковые дробилки и дезинтеграторы. Дробилки бывают: щековые, конусные, молотковые и роторные.

Патент №2415714

Изобретение относится к устройствам для измельчения материалов и может быть использовано для измельчения зерновых, например материалов. Молотковая дробилка содержит камеру измельчения с размещенным в ней ротором, окном загрузки, окном подачи сушильного агента, разделительную камеру с горловиной выгрузки. Разделительная камера в верхней части оснащена сепаратором, направляющей решеткой для отсекаания крупных включений и окном выгрузки недоизмельченного материала для повторного измельчения.

Дробилка состоит из камеры измельчения 1, ротора 2, окна загрузки 3, окна подачи сушильного агента 4, разделительной камеры 5, горловины выгрузки 6, сепаратора 7 с вертикальной осью вращения, направляющей решетки 8, окна выгрузки недоизмельченного материала 9.

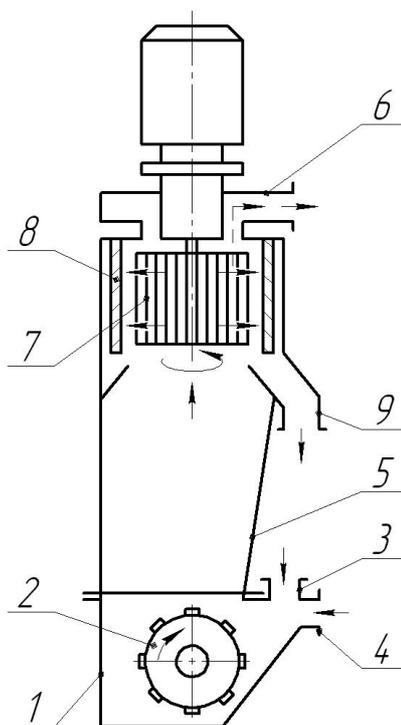


Рисунок 1 – Дробилка патент №2415714

Устройство работает следующим образом.

Измельчаемый материал, как правило, из питателя через окна загрузки 3 направляется в камеру измельчения 1. Туда же через окна подачи сушильного агента 4 подается теплоноситель (например, нагретый воздух или продукты сгорания природного газа). Измельчаемый материал находится в камере 1 молотковой мельницы до тех пор, пока не высохнет до необходимой влажности и не измельчится до размеров, способных всплывать в воздушном потоке разделительной камеры 5. Установленный в верхней части разделительной камеры 5 сепаратор 7 удаляет случайно поднявшиеся вверх крупные включения. Направляющая решетка 8 отсекает крупные включения от основной порошкообразной массы и направляет их через окно выгрузки недоизмельченного материала 9 для повторного измельчения.

Таким образом, подача теплоносителя в камеру измельчения способствует измельчению сырья любой влажности до необходимых размеров.

Применение сепаратора 7 (за счет изменения скорости его вращения) позволяет регулировать размер фракций порошка, получаемого при

измельчении. Кроме того, совмещение нескольких технологических процессов (измельчение, сушка и сепарация крупных включений) в корпусе одного агрегата обеспечивает упрощение конструкции общей системы подготовки карьерных материалов и снижает его стоимость.

Патент №1507442

Изобретение относится к устройствам для дробления зерна и других сыпучих материалов и может быть использовано в сельском хозяйстве, а также в комбикормовой промышленности. Дробилка зерна содержит корпус дробилки, дробильную камеру, корпус загрузочного бункера, окно с поворотной заслонкой, окно загрузки исходного материала. В корпусе дробилки зерна установлен делитель, состоящий из трех желобов криволинейной формы, изготовленных из листовой стали и расположенных один над другим на одинаковом расстоянии друг от друга в вертикальной плоскости. Поверхность каждого желоба разделена равномерно в виде расходящихся лучей продольными разделительными ребрами для распределения материала, верхние концы желобов крепятся к окну с поворотной заслонкой корпуса загрузочного бункера, нижние – к окну загрузки исходного материала в дробильную камеру.

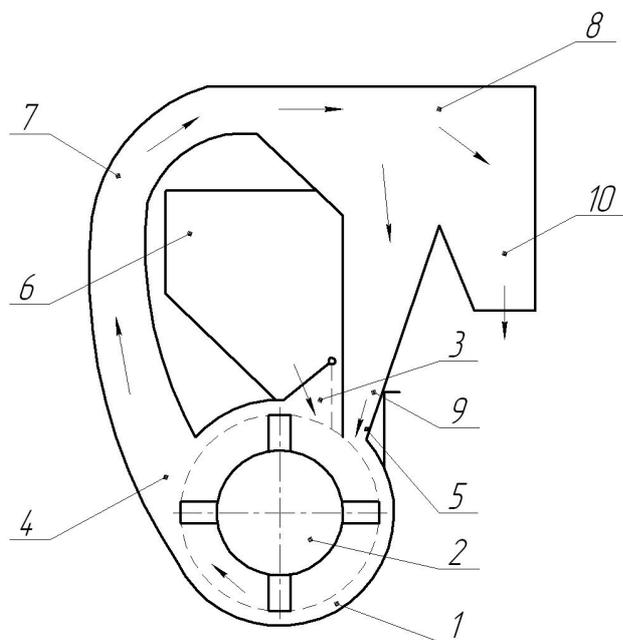


Рисунок 2 - Дробилка кормосмеси патент №1507442

Дробилка зерна (рисунок 2) содержит дробильную камеру 1 с размещенным в ней ротором 2, на котором шарнирно закреплены молотки 3. В стенках дробильной камеры по периферии выполнены окна загрузки исходного материала в дробильную камеру 4 и окно выгрузки готового продукта 5. Также к этим стенкам камеры крепятся нижняя 6 и верхняя 7 деки, концы которых с одной стороны соединены решетом 8, с другой – с окном загрузки исходного материала в дробильную камеру 4. В верхней части дробилки зерна в виде ковша размещен корпус загрузочного бункера 9, имеющий в нижней части окно с поворотной заслонкой 10 для дозированной подачи исходного материала (например, зерна) в дробильную камеру 1. В корпусе дробилки зерна между окном с поворотной заслонкой корпуса загрузочного бункера и окном загрузки исходного материала в дробильную камеру установлен делитель 11. Делитель представляет собой три желоба криволинейной формы 12, изготовленных из листовой стали и расположенных один над другим на одинаковом расстоянии друг от друга в вертикальной плоскости. Поверхность каждого желоба 12 разделена равномерно продольными разделительными ребрами 13 в виде расходящихся лучей, для управления подачей исходного материала из корпуса загрузочного бункера дробилки зерна через окно загрузки исходного материала в дробильную камеру.

Дробилка зерна работает следующим образом. Из корпуса загрузочного бункера 9 исходный материал (например, зерно) через окно с поворотной заслонкой 10 поступает в делитель 11, в котором разделяется на равные части и подается в дробильную камеру 1 через окно загрузки исходного материала в дробильную камеру. При этом характер подачи исходного материала в дробильную камеру 1 в зоне окна загрузки исходного материала в дробильную камеру меняется; поступающий исходный материал подается в дробильную камеру 1 как в вертикальной плоскости, так и по ширине окна загрузки исходного материала в дробильную камеру достаточно равномерно.

Патент №2487526

Машина имеет отношение к оборудованию, предназначенных для процессов, содержащие в себе дробление зерна, которые могут быть использованы при заготовлении кормов животным.

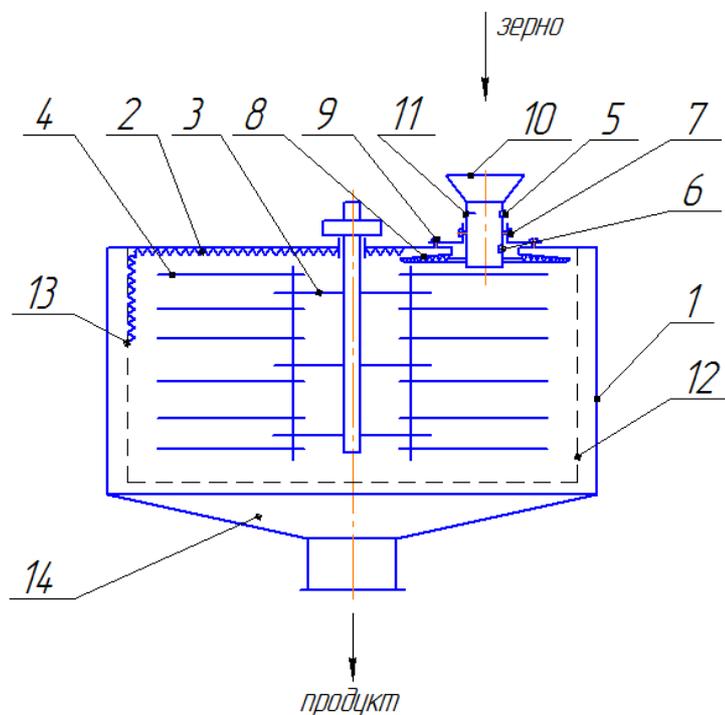


Рисунок 3 - Дробилка патент №2487526

Дробилка (рисунок 3) состоит из вертикально установленного цилиндрического корпуса 1, который имеет сверху крышку 2, внутри корпуса - ротора 3 с молотками 4, имеется также загрузочный патрубок 5, который закреплен в загрузочном окне 6 на крышке 2, фиксатором 7 осуществляет жёсткое положение загрузочного патрубка 5 от вертикальных и горизонтальных перемещений, из конусной деки 8, имеющей рифли 9, расположенных концентрично, имеется загрузочный бункер 10, подача в который регулируется положением заслонки 11, ситовая обечайка 12, по всей длине внутреннего периметра выполнена кольцевая дека 13, а внизу расположился поддон 14.

Дробилка работает следующим образом. Зерно загружается в приемный бункер 10, из которого через заслонку 11 поступает в загрузочный патрубок 5 и далее на движущиеся молотки 4 на их переднюю грань и боковую поверхность.

Молотки 4 своей передней гранью как бы подсекают с одновременным ударным измельчением движущиеся частицы через зазор h , и образовавшиеся осколки отбрасываются со скоростью на концентрично расположенные рифли конусной деки 8, где и происходит их ударное пассивное измельчение, и далее частицы отбрасываются на кольцевую деку 13 и деку крышки 2 и поступают на обечайку 12, где происходит их дальнейшее доизмельчение, сепарация и поступление в поддон 14. Загрузочный патрубок может перемещаться в горизонтальной плоскости, удаляясь от оси вращения ротора или приближаясь к ней, при этом будет изменяться и скорость соударения частиц с молотками и соответственно гранулометрический состав готового продукта.

Необходимость такого перемещения вызвана физико-механическими свойствами измельчаемого материала, а регулируемый зазор h между боковой поверхностью молотка 4 и загрузочным патрубком 5 повышает вероятность активного разрушения частиц передней гранью молотка и пассивного разрушения о поверхность концентрически расположенных рифлей 9 конусной деки 8. Концентрическое расположение рифлей 9 на конусной деке позволяет осуществлять прямое пассивное соударение частиц о поверхность рифлей, и при этом исключается возможность нестолкновения частиц с молотками. Достигается это также за счет того, что одновременно взаимодействуют множество частиц, находящихся перед передней гранью молотка на всем сечении загрузочного патрубка 5 и боковой поверхности молотка.

Данная дробилка, вышеуказанной конструкции, обеспечивает более равномерное измельчение и снижение удельных затрат энергии.

Патент и 3215

Данная машина имеет отношение к оборудованию, касающегося к процессам дробления не только зерна, но и различных других материалов.

Машина для дробления (рисунок 4) включает в себя корпус 1 цилиндрической формы, расположенный вертикально, загрузочное 2 и выгрузное 3 окна, ротор 4, диск ротора 5, измельчающие секции 6, каждая из которых имеет палец 7, с помощью которых плотно зафиксированы ударяющие

молотки 8, вокруг ротора расположена ситовая обечайка 9, решетка 10, расположенное горизонтально, бункер материала начального состояния 11, устройство для регуляции 12.

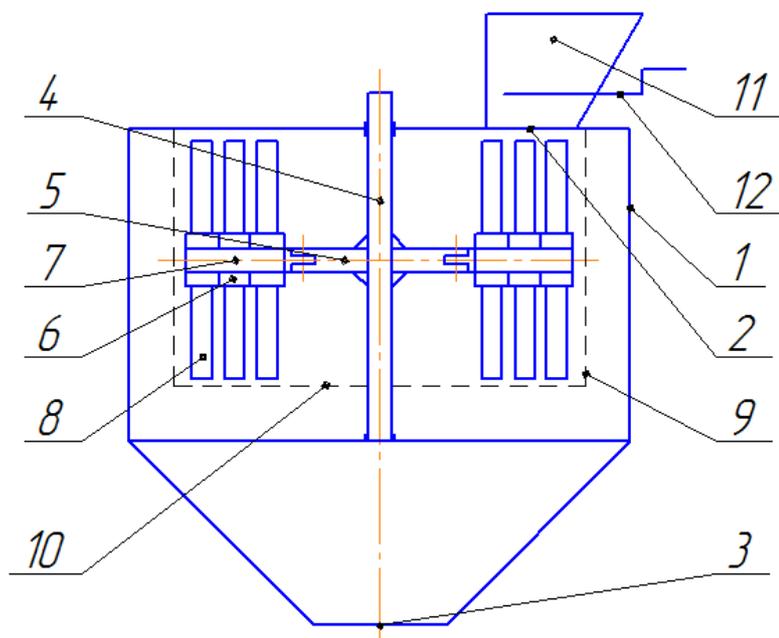


Рисунок 4 – Дробилка патент №3215

Дробилка работает следующим образом.

Исходный материал из бункера исходных компонентов 11 через загрузное окно 2 подается в вертикальный цилиндрический корпус 1, где ударными элементами 8 измельчается до требуемой крупности и под действием инерции, полученной от ударных элементов и воздушного потока, проходит через отверстия ситовой обечайки 9, горизонтального решета 10 и самотеком через выгрузное окно 3 удаляется из вертикального цилиндрического корпуса 1. Подача продукта в измельчитель изменяется регулирующим устройством 12.

Размер частиц готового продукта устанавливается диаметром отверстий ситовой обечайки 9 и горизонтального решета 10.

Выполнение ротора в виде вала с диском, на котором шарнирно закреплены пальцы с установленными на них в вертикальной плоскости ударными элементами, позволяет равномерно подавать материал на ударные

элементы по всей ширине измельчающих секций, благодаря чему ударные элементы одновременно участвуют в процессе измельчения, увеличивая степень воздействия их на измельчаемый материал, повышая тем самым производительность процесса измельчения и качество конечного продукта.

Благодаря равномерной нагрузке на все ударные элементы, износ их протекает одинаково, исключается дисбаланс дробилки, чем увеличивается его надежность.

Шарнирное закрепление измельчающих секций на диске ротора предохраняет дробилку от поломки в случае попадания в него недробимых включений, снижает вибрацию, передаваемую на вал ротора, а это также повышает надежность дробилки.

К достоинствам данного оборудования можно отнести улучшенную надежность, а также высокие показатели производительности процесса измельчения и качества производимого продукта.

Патент №2279920

Изобретение относится к молотковым дробилкам. Молотковая дробилка содержит дробильную камеру с молотковым ротором, входную горловину, которая расположена по центру дробильной камеры, обводной канал со стенками, переходящими в деку и примыкающими к дробильной камере под прямым углом, в центре обводного канала расположено выгрузное приспособление, снабженное дефлектором, дополнительная стенка обводного канала в месте примыкания к дробильной камере выполнена перфорированной и совместно с внешней стенкой обводного канала образует камеру для отвода запыленного воздуха.

Дробилка (рисунок 5) состоит из дробильной камеры 1 с молотковым ротором 2, входной горловины 3, которая расположена по центру дробильной камеры, обводного канала 4 со стенками 5 и 6, деки 7, выгрузного приспособления, например шнека 8, и дефлектора 9.

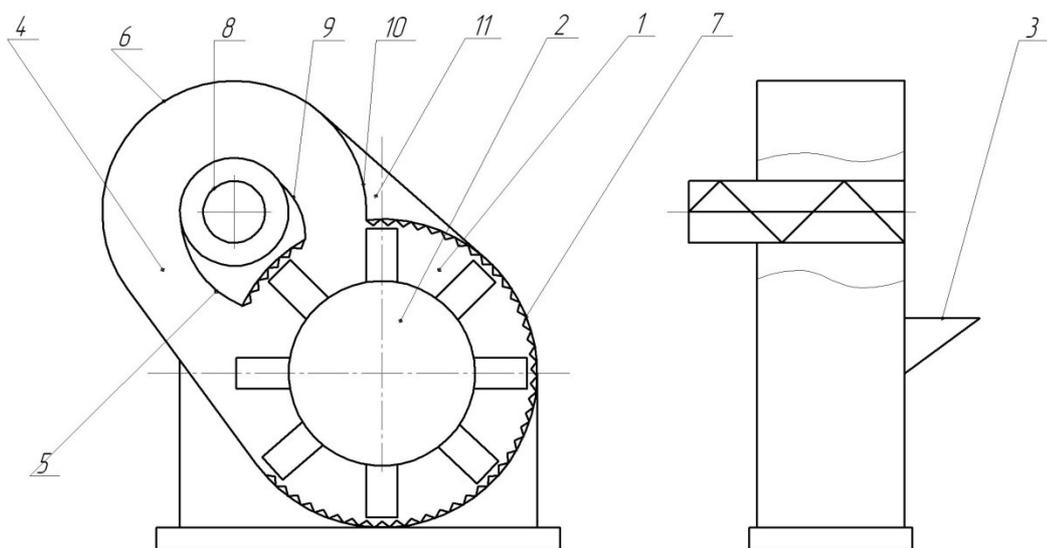


Рисунок 5 – Молотковая дробилка патент №2279920

Обводной канал 4 образован стенками 5 и 6, переходящими в деку 7 и примыкающими к дробильной камере 1 под прямым углом. При этом обводной канал 4 снабжен дополнительной перфорированной стенкой 10, которая примыкает к дробильной камере 1 под прямым углом в месте пересечения вертикальной плоскости оси ротора 2 с касательной верхней точки дробильной камеры 1, образуя с внешней стенкой 6 обводного канала 4 камеру для отвода запыленного воздуха 11. Внутренняя стенка 5 сопрягается с дробильной камерой 1 под прямым углом в верхней точке деки, расположенной под выгрузным приспособлением.

Выгрузное приспособление, предназначенное для выгрузки измельченных частиц заданного размера, расположено в центре обводного канала 4.

Молотковая дробилка работает следующим образом.

Измельчаемый материал в дробильную камеру 1 подается через входную горловину 3. Молотки ротора 2 измельчают материал и выбрасывают его в обводной канал 4. При этом мелкая фракция проходит по внутренней стенке 5 и выводится выгрузным приспособлением, например шнеком 8, находящимся в центре обводного канала 4. Более крупные частицы по инерции возвращаются в дробильную камеру 1 по внешней стенке 6 обводного канала 4 на

доизмельчение. Проходя по дополнительной перфорированной стенке 10 обводного канала 4, крупные частицы измельчаемого материала отделяются от пыли, которая удаляется посредством камеры для отвода запыленного воздуха 11.

За счет того, что дополнительная стенка 10 выполнена перфорированной, крупные частицы измельчаемого материала, проходя по ней, возвращаются в дробильную камеру 1, а пылевидные частицы проходят сквозь отверстия стенки 10 и затем выводятся через камеру 11. Таким образом, при помощи камеры 11 возможно отделять крупные частицы от мелковзвешенных частиц пыли, что позволит обеспечить эффективную работу дробилки, увеличить ее пропускную способность, а также получить продукт, соответствующий зоотехническим требованиям.

Степень измельчения материала регулируется зазором между декой 7 и молотками ротора 2 и посредством дефлектора 9 выгрузного устройства.

Использование предлагаемой дробилки позволит обеспечить эффективную работу дробилки, увеличить пропускную способность и получить продукт, соответствующий зоотехническим требованиям.

Патент №2125362

Изобретение имеет отношение к центробежным дробилкам ударного действия для измельчения зерна и может применяться не только в пищевой, но и других отраслях промышленного назначения.

Кормодробилка (рисунок 6) содержит приемный бункер 1 для загрузки тыквы и корнеклубнеплодов, бункер 2 для загрузки измельченного силоса, рабочую камеру 3 для измельчения тыквы и корнеклубнеплодов, состоящую из перфорированного полудиска 4, с которым взаимодействует клиновидный нож 5 аппарата измельчения, установленный на валу 6 и вертикальной перегородки 7, камеру вторичного измельчения 8, с клиновидным ножом 9, установленным на валу 6, аппарат доизмельчения, состоящий из двух полудисков 10 и 11, смещенных друг относительно друга по вертикали с зазором по величине,

равным высоте ножа 12, имеющего форму ласточкиного хвоста, а также выгрузную камеру 13 и размещенную в ней пальцевую швырялку 14, установленную на валу 6, при этом пальцы 15 пальцевой швырялки 14 установлены на валу 6 с перекрытием их зон действия по правой винтовой линии, направление которой от днища выгрузной камеры 13 противоположно вращению вала 6.

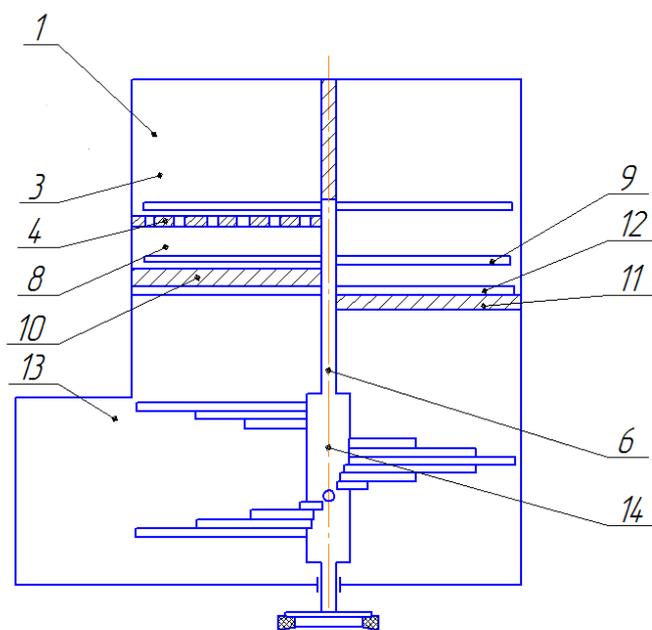


Рисунок 6 - Центробежная дробилка патент №2125362

Кормодробилка работает следующим образом. В приемный бункер 1 загружается тыква или корнеклубнеплоды, в рабочей камере 3 при взаимодействии клиновидного ножа 5 и перфорированного полудиска 4 происходит первичное измельчение поступающего продукта, горизонтальному перемещению которого препятствует вертикальная перегородка 7, измельченные частицы через отверстия перфорированного полудиска 4 попадают в камеру вторичного измельчения 8, где при взаимодействии клиновидного ножа 9 и полудиска 10 происходит дополнительное измельчение продукта. Одновременно с этим в приемный бункер 2 поступает измельченный силос, который под действием силы тяжести попадает в аппарат доизмельчения, состоящий из двух полудисков 10 и 11, и ножа 12. В аппарате

доизмельчения происходит окончательное измельчение двух компонентов тыквы или корнеклубнеплодов из приемного бункера 1 и силоса из бункера 2, а также их смешивание. Далее корма под действием силы тяжести и вихревого потока перемещаются вниз в выгрузную камеру 13, где корм попадает под действие пальцевой швырялки 14, сбрасывающей его к боковым стенкам выгрузной камеры 13, а так как зазор между пальцами 15 и боковыми стенками выгрузной камеры 13 минимален (2 мм), пальцы 15, внедряясь в корм, перемешивают его и транспортируют к выгрузному окну, при этом транспортировка осуществляется каждым пальцем 15 малыми порциями и равномерно распределенного по всей высоте зоны действия пальцев 15, что позволяет осуществлять выгрузку кормов с большей интенсивностью и равномерностью.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Зоотехнические требования к технологиям приготовления кормов

Для разработки кормоцеха применим суточный кормовой рацион для крупнорогатого скота в стоиловый период по табл.30[1]:

Силос и сенаж 14 кг (10+4);

Сено и солома 9 кг (3+6);

Корнеклубнеплоды 3 кг;

Концентрированные корма (мука ячменная 1,1 кг, гороховая 0,8 кг, ржаная 1,1 кг) 3 кг.

Зоотехническими требованиями обусловлены следующие операции по приготовлению концентрированных кормов:

1. Очистка от грязи, земли, камней, семян сорных растений производится обычно предварительно, т.е. не входит в операции производимые непосредственно в кормоцехе;

2. Измельчение до заданной крупности (размеры частиц для КРС не больше 3 мм);

3. Дозирование и смешивание компонентов при приготовлении кормовых смесей (для зерновых кормов показатель однородности смеси должен быть не ниже 90%).

К приготовлению грубых кормов предъявляются следующие зоотехнические требования: сено хорошего качества, отвечающее требованиям по ГОСТ 4808-79, коровам может откармливаться без подготовки, по условиям механизации раздачи кормов требует их измельчения; солома и сено низкого качества подвергают измельчению с целью повышения поедаемости и создания условий, необходимых для осуществления последующих технологических операций;

При измельчении размер резки должен быть для КРС 40-50 мм, более мелкую резку (5-10 мм) говорят, если в дальнейшем ее смешивают с сочными кормами.

С целью повышения эффективности использования питательных веществ грубых кормов, резку смешивают с другими видами кормов (корнеклубнеплоды, силос и т.д.).

К приготовлению сочных кормов предъявляются следующие требования: корнеплоды подвергают мойке, резке и смешиванию; толщина резки при скармливании КРС 10-15 мм; вес корнеклубнеплоды требуются готовить непосредственно перед скармливанием (не ранее чем за 2 часа) во избежание порчи.

2.2 Расчет потребного количества кормов

В течение суток на фермах корма расходуются для каждого кормления неравномерного как по массе, так и по видам кормов.

Для КРС суточный рацион распределяют следующим образом по таблице 3.13. [2].

Таблица 1.1 - Примерное распределение суточного рациона по выдачам (%)

Вид корма	Выдача корма %		
	Утренняя с 6 до 7	Дневная с 13 до 14	Вечерняя с 21 до 22
Грубый	50	-	50
Сочный	30	40	30
Концентраты	35	35	30

Количество корма данного вида по выдачам определяют по формуле [2].

$$q_{к.д.} = п \cdot к \cdot P_{с.к.} / 100 \quad (2.1)$$

где $q_{к.д.}$ - количество корма данного вида в выдаче, кг;

$п$ – количество животных;

$к$ – процент распределения кормов по выдачам (таблица 2.1);

$P_{с.к.}$ – количество корма данного вида в суточном рационе одного животного, кг.

Исходя из рациона приведенного выше, можно определить количество кормов по выдачам:

Утренняя выдача:

Грубый корм:

$$q_{г.к.} = 800 \cdot 50 \cdot 9 / 100 = 3600 \text{ кг};$$

Силос и сенаж:

$$q_{с.с.} = 800 \cdot 30 \cdot 14 / 100 = 3360 \text{ кг};$$

Корнеклубнеплоды:

$$q_{к.п.} = 800 \cdot 35 \cdot 3 / 100 = 720 \text{ кг};$$

Концентраты:

$$q_{к.ц.} = 800 \cdot 35 \cdot 3 / 100 = 840 \text{ кг};$$

Дневная выдача:

$$q_{с.с.} = 800 \cdot 40 \cdot 14 / 100 = 4480 \text{ кг},$$

$$q_{к.п.} = 800 \cdot 40 \cdot 3 / 100 = 960 \text{ кг},$$

$$q_{к.ц.} = 800 \cdot 35 \cdot 3 / 100 = 840 \text{ кг}.$$

Вечерняя выдача:

$$q_{г.к.} = 800 \cdot 50 \cdot 9 / 100 = 3600 \text{ кг},$$

$$q_{с.с.} = 800 \cdot 30 \cdot 14 / 100 = 3360 \text{ кг},$$

$$q_{к.п.} = 800 \cdot 30 \cdot 3 / 100 = 720 \text{ кг},$$

$$q_{к.ц.} = 800 \cdot 30 \cdot 3 / 100 = 720 \text{ кг}.$$

2.3 Составление схемы технологического процесса приготовления кормов

Для проектируемого кормоцеха выбираем схему технологического процесса приготовления кормов предназначенную для приготовления многокомпонентных влажных кормовых смесей с возможностью использования измельченной соломы (сена). Эта схема представлена на рисунке 2.1.

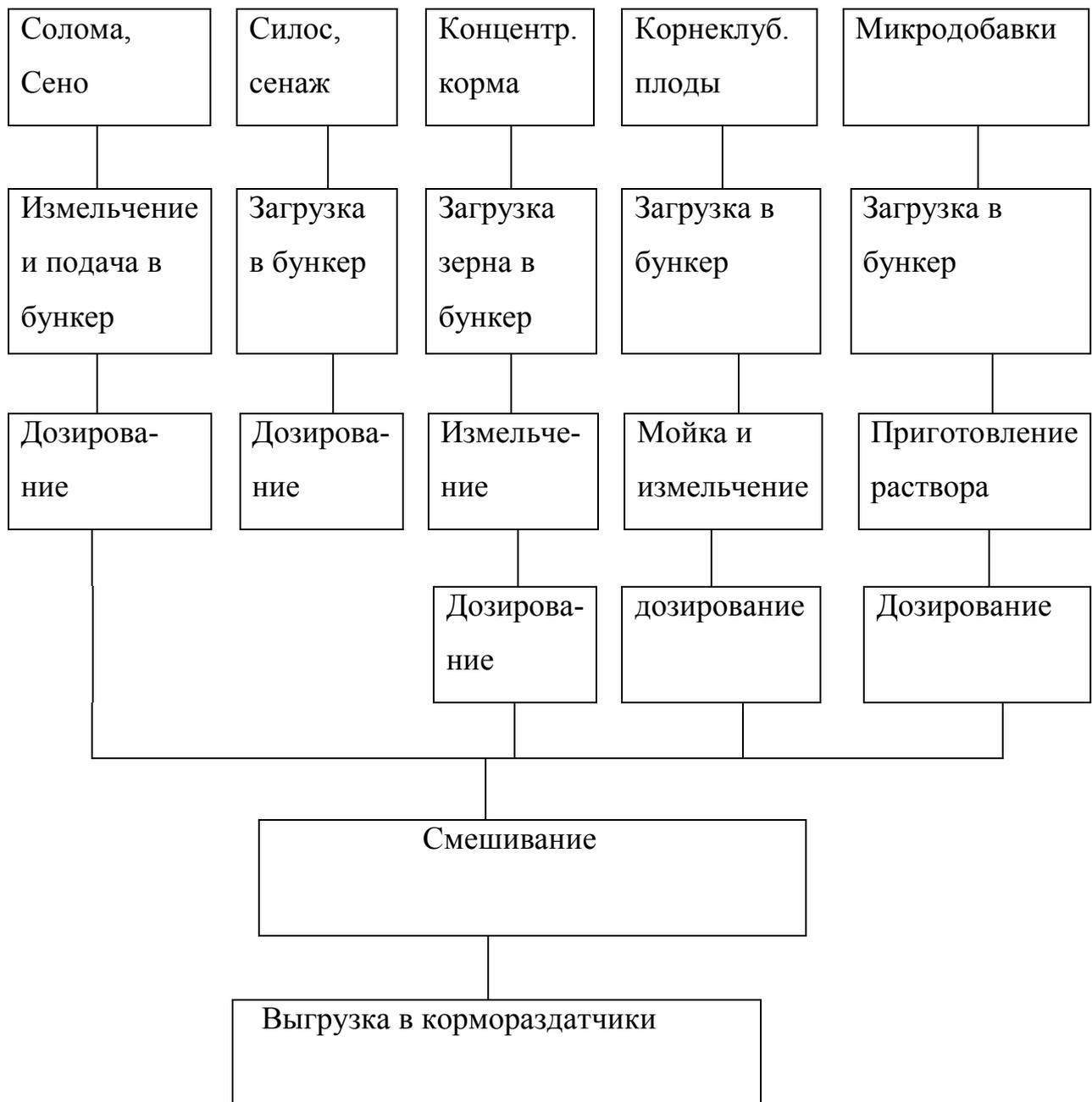


Рисунок 2.1 Схема технологического процесса приготовления кормов

2.4 Расчет производительности поточных технологических линий

Производительность технологической линии находят по формуле [2].

$$W_{\text{лт}} = P_{\text{ко}} \cdot \tau / t, \quad (2.2)$$

где $W_{\text{лт}}$ – производительность технологической линии, т/ч;

$P_{\text{ко}}$ – количество данного вида корма по максимальной выдаче, т;

τ – коэффициент использования рабочего времени, ($\tau = 0,98$);

t – время работы машины, технологической линии, ч.

Объем перерабатываемых кормов в нашем случае по выдачам невелик и поэтому можно ограничить временем работы кормоцеха и всех его технологических линий одним часом, что позволит обходиться без накопительных бункеров готового корма, и производить загрузку непосредственно к кормораздатчикам. Коэффициент τ можно пренебречь, т.к. его применяют обычно при расчетах работы в течение смены. Тогда производительность технологических линий равны разовой выдачи корма данного вида:

-грубых кормов: $W_{г.к.} = 3,6$ т/ч; -

сочных кормов (силос, сенаж): $W_{с.с.} = 4,48$ т/ч; -

корнеклубнеплоды: $W_{к.п.} = 0,96$ т/ч; -

концентрированных кормов: $W_{кц} = 0,84$ т/ч; -

производительность линии смешивания:

$$W_{лс} = W_{гк} + W_{сс} + W_{кп} + W_{кц} = 3,6 + 4,48 + 0,96 + 0,84 = 9,88 \text{ т/ч.} \quad (2.3)$$

2.5 Выбор системы машин для кормоцеха

В качестве прототипа применим проект кормоцеха для приготовления влажных кормовых смесей ВНЭСХа. Производительность данного кормоцеха 60 тонн в смену или примерно 8,6 т/ч. Для нашего случая по выше произведенным расчетам требуется 9,88 т/ч. Рассматривался в расчетах случай работы кормоцеха на один час. Для того чтобы проект прототипа привести в соответствии с требуемой производительностью нужно увеличить время его работы до 1,15 часа или 1 час 10 минут.

В рассматриваемой работе отсутствует зернодробилка, комбикорма завозятся в готовом виде. По заданию ВКР требуется разработать технологическую линию дробления комбикормов, поэтому вводим, а систему машин кормоцеха дробилку.

В проекте ВНЭСХа солома или сено доставляются в кормоцех в измельченном виде и подвергаются повторному измельчению в дробилке ДКВ-

3. Предлагается подводить грубые корма к кормоцеху неизмельченному, хранить необходимый на площадке около кормоцеха, Измельчение производить в один этап измельчением грубых кормов НГК-305 размещенным под навесом со стороны площадки для хранения грубых кормов.

По проекту ВНЭСХа кормоцех оборудован накопительными бункерами больших объемов. Уменьшения объемов (количества) бункеров позволит уменьшить площадь кормоцеха, поэтому произведем расчеты необходимые для определения потребных объемов бункеров для нашего случая.

Объем бункеров – питателей определяется по формуле [2].

$$V_{\text{п}} = P_{\text{с}} \cdot \pi / (K \cdot \rho), \quad (2.4)$$

где $V_{\text{п}}$ - объем бункера питателя, м^3 ;

$P_{\text{с}}$ – суточный расход корма, кг;

π – число суток, в течение которых расходуется корма (для корнеклубнеплодов и силоса $\pi = 1,3$, для грубых кормов $\pi = 2$, для комбикормов $\pi = 3$).

K – коэффициент, учитывающий заполнение объема бункера – питателя $k = 0,9$ [2].

ρ – насыпная плотность корма, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Насыпная плотность кормов определяется по формулам [2]:

Для пшеничной соломы (применим общую для грубых кормов):

$$\rho_{\text{сол}} = (0,11 \cdot \omega^2 + 2548,4 \cdot \omega + 193336) / (10,042 \cdot \omega - 0,001 \cdot \omega^2 + 1008,053), \quad (2,5)$$

где ω – влажность кормов, % [2] (для соломы $\omega = 20\%$, для силоса $\omega = 70\%$).

$$\rho_{\text{сол}} = (0,11 \cdot 20^2 - 6,41 \cdot 20 - 129,89) / (0,24 \cdot 20 - 14,9) = 350 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$\rho_{\text{сол}} = (0,11 \cdot 70^2 + 2548,4 \cdot 70 + 193336) / (0,042 \cdot 70 - 0,001 \cdot 70^2 + 1008,053) = 700 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Для зерна применим насыпную плотность ячменя по таблице 10 [3]:
 $\rho = 1300 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Тогда объем бункеров:

Для измельченной соломы (сена):

$$V_{\text{пгк}} = 7200 \cdot 2 / 0,9 \cdot 350 = 45 \text{ м}^3;$$

Для силоса:

$$V_{\text{пск}}=11200 \cdot 13/0,9 \cdot 700=23 \text{ м}^3;$$

Для зерна:

$$V_{\text{пз}}=2400 \cdot 3/0,9 \cdot 1300=6,1 \text{ м}^3.$$

По проекту ВНЭСХа объемы бункеров: для грубых кормов два по 30 м^3 , для силоса (сенажа) 35 м^3 , для комбикормов (в нашем случае зерна) 20 м^3 .

Устанавливаем объемы бункеров для проектируемого кормоцеха:

Для грубых кормов оставляем два бункера по 30 м^3 (КТУ - 10); Для силоса и сенажа один бункер 35 м^3 (КТУ - 10); Для зерна один бункер-питатель объемом 10 м^3 ; Для корнеклубнеплодов один бункер - питатель объемом 10 м^3 .

Уменьшение площади занимаемой бункерами-питателями, изменение расположения оборудования позволяет уменьшить площадь кормоцеха по сравнению с прототипом на 90 м^3 .

2.6 Описание проекта-прототипа кормоцеха

Кормоцех КЦ-15 – проект-прототип. Проект кормоцеха разработан ВНЭСХом. Кормоцех размещен в здании размером $12 \times 15 \text{ м}$, к которому примыкает навес шириной $4,5 \text{ м}$ и легкая постройка шириной $7,5 \text{ м}$, через которые завозят корма и выводят готовую смесь.

Через проемы в стене и в заглубленные бункера $19,21$ (рисунок 1.2.) сгущают корнеклубнеплоды и концентрированные корма.

Особенностью технологической схемы кормоцеха является предварительное накопление в отдельных бункерах-дозаторах для силоса 3 (рисунок 1.3.) измельченных компонентов кормосмеси, одновременная подача их на сборный транспортер и в дробилку-смеситель для окончательного измельчения и смешивания.

Кормораздатчик КТУ-10 с измельченной соломой заводят тракторами под навес и подключают к передвижному электроприводу.

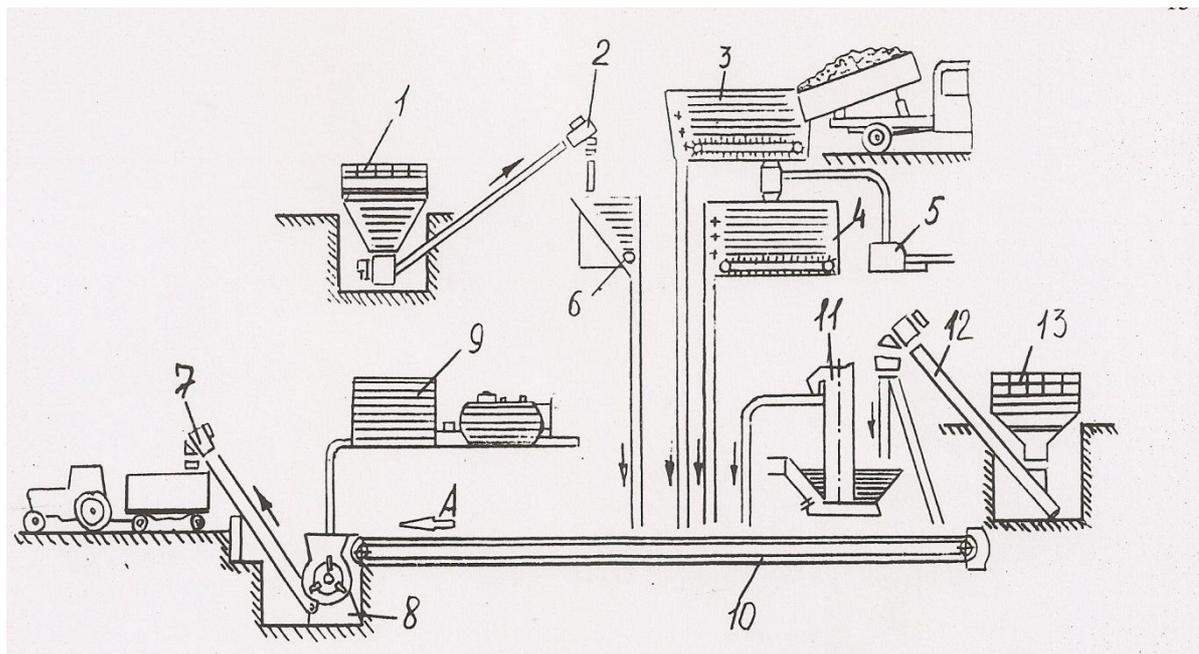
Из кормораздатчика солома поступает в молотковую дробилку грубых кормов 5 , где измельчается на частицы длиной $1-3 \text{ см}$ и далее вентилятором по трубопроводу подается в два накопительных бункера-накопителя 4 .

Силос, сенаж или измельченную зеленую массу сливают в бункер-дозатор 3, установленной в заглубленном приемке.

Корнеклубнеплоды загружают в заглубленный бункер 13 и по транспортеру 12 подают в мойку-измельчитель 11 и бункер-дозатор, выполненный на базе кормораздатчика КРС -1.

Концентрированные корма сгружают в заглубленный бункер 1 и транспортером – питателем ПК-6 подают в тарельчатый дозатор 6. Затем их направляют либо на сборочный ленточный транспортер, либо в котел ВКС-3М для осолаживания и дрожжевания.

Из бункеров-дозаторов, установленных на заданную норму выдачи, компоненты непрерывно поступают ТЛ-4 и в дробилку-смеситель 8 для дополнительного измельчения перемешивания. Готовую кормосмесь наклонным транспортером ТС-40М подают в мобильные кормораздатчики.



1- бункер питатель ПК-6 для концентрированных кормов; 2-шнековый транспортер ШВС-40; 3-бункер-дозатор для силоса на базе КТУ-10; 4-бункер-накопитель для грубых кормов на базе КТУ -10 с наращенными бортами ($V=60\text{м}^3$); 5-молотковая дробилка ДВЗ -15; 6-дозатор МТД-3А; 7-выгрузочный транспортер ТС-40М; 8-дробилка-смеситель ДВС-15; 9-смеситель СМ-1,7; 10-сборочный ленточный транспортер ТЛ-4; 11-измельчитель корнеклубнеплодов ТК-5; 12-транспортер корнеклубнеплодов ТК-5; 13-бункер для корнеклубнеплодов ($V=15\text{м}^3$).

Рисунок 2.3 Технологическая схема кормоцеха КЦ-15

Растворы различных микродобавок приготавливают в смесителе 9 и также падают в дробилку-смеситель.

Воду для приготовления растворов направляют в электроводонагреватель 8 марки ЭВП-2А и сохраняют в баке 7.

Отвод грязной воды производится через кран в канализацию.

Управление всем оборудованием дистанционное, с электропульты. Приборы защиты электроустановок размещены в электрошкафах 11. Для обогрева помещения в зимнее время установлен автоматический электродвигатель.

Многое оборудование кормоцеха изготовлено не базе серийно выпускаемых машин. К основному не выпускаемому серийно оборудованию относятся дробилка ДВЗ-15 и молотковая дробилка-смеситель ДАС-15. Производительность кормоцеха - 15т/ч. Мощность установленных электродвигателей 110 кВт. Обслуживающий персонал-3 чел. Площадь застройки с навесами 324м², в том числе основного помещения с капитальными стенами 90 м². Масса установленного оборудования 16,2 т.

2.7 Описание предлагаемого проекта кормоцеха

Предлагаемый проект имеет следующие отличия. Грубые корма не подвозятся в кормоцех в измельченном виде, площадка для их хранения находится непосредственно возле кормоцеха и измельчаются они в кормоцехе на НГК-30Б. Больших изменений в проекте эта операция не вносит, но позволяет обойтись без предварительного измельчения грубых кормов вне кормоцеха. Дополнительно в проект внесена валковая дробилка СМД-507, что позволяет получать комбикорм из зерна непосредственно в кормоцехе. Исключение из проекта электродвигателя 3(рисунок 1.2.) позволяет при добавлении дробилки обойтись без увеличения общей мощности электродвигателей.

По расчетам емкость бункеров для корнеклубнеплодов и зерна при расчетном количестве голов КРС 800 возможно убавить в два раза. Это

позволяет уменьшить площадь помещения (освободить площадь для дробилки). Уменьшение площади можно произвести за счет исключения операции подвозки-разгрузки в кормоцех измельченных грубых кормов. Общее уменьшение площади здания 90 м².

Предлагается увеличить площадь капитального помещения до 150м². Размещение оборудования в закрытом помещении обеспечивает лучшую его работоспособность и сохранность. Еще более важной причиной данного решения является улучшение условий труда обслуживающего персонала особенно в зимний период. Под навесами расположены измельчитель НТК-30 с транспортером и площадка для загрузки готового корма в кормораздатчики.

Производительность кормоцеа 60 т за смену (9т/ч). Установленная мощность двигателей 116 кВт. Обслуживающий персонал 3 человека. Площадь застройки с навесом 234м², в том числе основного помещения 1150м². Масса установленного оборудования за счет убавления бункеров добавления дробилки приблизительно 16т.

3. КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ

Условия размещения оборудования требуют установки на дробилку нестандартного загрузочного шнека длиной шесть метров. Произведем расчет потребной мощности электродвигателя и расчет вала шнека для определения возможности сохранения основных параметров загрузочного шнека для определения возможности сохранения основных параметров загрузочного шнека неизменными для обеспечения унификации со стандартными.

3.1 Назначение и область применения машины

Дробилка валковая - обогатительное дробильное оборудование, оснащённое валками с закреплёнными на них зубчатыми сегментами, имеющими форму многогранника, жестко насаженного на вал. Дробилки валковые широко применяются для тонкого, среднего и мелкого измельчения пищевых продуктов.

Дробилки хорошо разрушают хрупкие материалы (сухое зерно, мел, кости, лед, соль, сахар) и менее эффективны при измельчении влажных продуктов или продуктов с большим содержанием жира (шоколадная масса). В этих машинах материал разрушается благодаря ударам по нему стальных молотков, ударам частиц о кожу дробилки и в результате истирания их о штампованное сито, составляющее основную часть кожуха дробилки. Наибольшее распространение получили молотковые дробилки со свободно подвешенными молотками.

					<i>ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ</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>Валковая дробилка</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Егоров М.В.</i>						
<i>Провер.</i>		<i>Лещнов М.А.</i>						
<i>Т. Контр.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Пикциллин Г.В.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Халицillin Д.Т.</i>			<i>Казанский ГАУ каф. МОА</i>			
					<i>лист 1</i>	<i>листов 11</i>		

Поверхности валков бывают гладкие, рифленые, ребристые и зубчатые. Сочетания дробящих поверхностей могут быть различными: например, оба валка могут иметь гладкую поверхность, или один гладкую, другой - рифленую и т. д.

Существуют лабораторные валковые дробилки типа ДГ, ДВГ с диаметром валков до 200 мм.

Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления материалов в основном средней прочности (до $\sigma_{сж} = 150 \text{ МН/м}^2$ на гладких и рифленых валках и мягких (до $\sigma_{сж} = 80 \text{ МН/м}^2$) - на зубчатых валках.

Ниже показан общий вид валковой дробилки с двумя валками, один из которых гладкий, другой рифленый. Подшипники одного из валков крепятся к корпусу дробилки 1 подшипники другого крепятся к подвижной раме 3, соединенной с корпусом шарниром 2.

В верхней части корпус и рама связаны между собой предохранительным механизмом 4, состоящим из системы тяг и пружин, позволяющих регулировать зазор между валками, а также допускающих расхождение валков при попадании недробимого предмета. В этом случае валок вместе с подвижной рамой и установленным на ней электродвигателем поворачиваются вокруг шарнира и зазор между валками увеличивается. После прохождения недробимого предмета пружины возвращают валок в первоначальное положение. Усилие, необходимое для дробления материала, обеспечивается предварительным поджатием пружин.

Основными параметрами валковой дробилки являются: ширина выходной щели, угол захвата α , диаметр D , длины валков L , частоты их вращения n , и потребляемая мощность N .

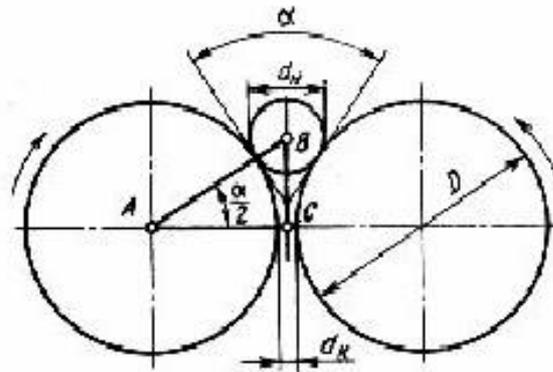


Рисунок 3.2 - Схема для расчёта валковой дробилки

Определяем ширину выходной щели a , м, из отношения:

$$a/d = 0,25, \quad (3.1)$$

где d – диаметр куска материала, $d = 85 = 0,085$ м [по заданию]

$$a = d \times 0,25, \quad (3.2)$$

$$a = 0,085 \times 0,25 = 0,021 \text{ м.}$$

Значение D находится из треугольника ABC (Рис. 1):

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos \alpha = \frac{D}{2} + \frac{\alpha}{2} \quad (3.3)$$

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos \alpha - 0.25}{1 - \cos \alpha} \quad (3.4)$$

где $f_n = \text{tg}(\alpha/2)$ – коэффициент захвата сырья.

Коэффициент f_n трения для прочных пород принимают 0,3, при таких значениях угол $\alpha = 16,7^\circ$, а отношение D/d :

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos 16.7 - 0.25}{1 - \cos 16.7} = 17 \quad (3.5)$$

Наибольший диаметр загружаемого материала (d) задан 85 мм, поэтому диаметр валцов равен:

$$D = d \cdot 17 = 85 \cdot 17 = 1445 \text{ мм}$$

Максимально допустимое значение частоты вращения валка (n) определяется условиями отбрасывания частиц материала центробежными силами:

$$n \leq 102.5 \sqrt{f / \rho \cdot d_i \cdot D} \quad (3.6)$$

ρ – плотность материала, для щебня от 1,4 до 3 г/см³

					<i>ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

$$n = 102.5 \sqrt{0.3/8.5 * 1.4 * 144.5} = 1336.17 = 1,34 \text{ об/с} = 80,4 \text{ мин}^{-1}$$

Для нахождения минимальных и максимальных значений частоты вращения валков воспользуемся формулами

$$n_{\min} = 1 / D \quad (3.7)$$

$$n_{\max} = 2 / D \quad (3.8)$$

$$n_{\min} = 1 / 1.445 = 0.692$$

$$n_{\max} = 2 / 1.445 = 1.384$$

Длину валка L мм, находят из таблицы

Выбираем ближайшее значение L=600

3.1.2 Определение производительность дробилки

Производительность валковых дробилок можно вычислить, если представить процесс дробления как движение ленты материала шириной, равной длине L валка, и толщиной, равной ширине a выходной щели. Тогда за один оборот вала объем (м³) ленты материала, прошедший через выходную щель:

$$V = \pi * D * L * d_k \quad (3.9)$$

Значит, при n (с⁻¹) производительность (м³/с) дробилки будет:

$$Q = \pi * D * L * d_k * n \quad (3.10)$$

Необходимо иметь в виду, что при дроблении материалов средней прочности пружины, поджимающие валки, несколько сжимаются и валки расходятся. При этом ширина выходной щели может существенно измениться, что нужно учитывать, особенно при мелком дроблении пород средней прочности на гладких вплотную сдвинутых валках, т. е. при d — 0. Значит Q = 0.

Фактически производительность не равна нулю, так как валки раздвигаются на ширину b, зависящую от фактических усилий дробления и степени жесткости предохранительных пружин. Тогда:

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ					

$$Q = \pi * D * L * (d_k + b) * n \quad (3.11)$$

На основании практических данных $b = 0,25d_k$, т. е. в расчетах производительности ширину выходной щели с учетом деформации пружин принимают равной $1,25 d_k$. При $d_k = 0$ фактическое значение b можно определить по средневзвешенному значению $d_{св}$ готового продукта в каждом конкретном случае.

Так как обычно длина вала используется не полностью и материал выходит из дробилки в разрыхленном виде, а не плотной лентой, то в формулу учитывающий степень разрыхленности материала: принимают для прочных материалов $\mu = 0,2-0,3$.

Часто в формулу вводят также плотность дробимого материала ρ (т/м³). Тогда окончательно производительность Q (т/с) валковой дробилки

$$Q = 1.25 * \pi * D * L * d_k * n * \mu * \rho \quad (3.12)$$

$$Q = 1.25 * 3.14 * 1.445 * 0.6 * 0.015 * 1,336 * 0,2 * 1,4 = 0,0192 \text{ т/с} = 1,152 \text{ т/мин}$$

3.1.3 Определение мощности двигателя

Мощность двигателя $N_{дв}$ валковой дробилки с учетом затрат мощности на преодоление всех сопротивлений при работе машины

$$N_{дв} = (N_1 + N_2) / \eta, \quad (3.13)$$

где N_1 – мощность, расходуемая на дробление с учетом трения материалов о валок;

N_2 – мощность расходуемая на трение подшипников;

η – КПД передачи, $\eta = 0,90-0,95$

Мощность двигателя N_1 необходима для дробления (Вт):

$$N_1 = 2 * \pi * n * \tau * L * l * \mu * \lambda * f * R, \quad (3.14)$$

где λ – коэффициент, учитывающий одновременность раскалывания материалов, $\lambda = 0,02$

$$N_1 = 2 * 3,14 * 0,8 * 80 * 10^6 * 0,5 * 0,33 * 0,4 * 0,02 * 0,45 * 0,85 = 41517 \text{ Вт}$$

					<i>ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Мощность N_2 , необходимая на преодоление трения в подшипниках двух валков, Вт:

$$N_2 = 2 \times \pi \times n \times d_{ш} \times f_1 \times G, \quad (3.15)$$

где $d_{ш}$ – диаметр шейки вала, м;

f_1 – коэффициент трения качения, приведенный к валу, $f_1 = 0,001$

G – нагрузка на подшипники, Н.

$$G = \sqrt{Q^2 + P_{cp}^2}, \quad (3.16)$$

где Q – сила тяжести валка, Н, $Q = 25000\text{Н}$

$$G = \sqrt{25000^2 + (37,2 \times 10^6)^2} = 368848 \text{ Н},$$

$$N_2 = 2 \times 3,14 \times 0,8 \times 0,1 \times 0,001 \times 368848 = 3335,5 \text{ Вт}$$

$$N_{дв} = (41517 + 3335,5) / 0,95 = 47213 \text{ Вт} = 47,2 \text{ кВт}$$

3.1.4 Расчет вала

Расчет вала выполняется на кручение

Определяем крутящий момент вала

$$M = 7162(N/\eta) \quad (3.17)$$

где N – мощность на валу, л.с., $N = 34,46$ л.с. (по прототипу)

η – число оборотов вала в минуту, $\eta = 48$ об/м (по прототипу)

$$M = 7162(34,46/48) = 5141,7 \text{ Н*м}$$

Определяем действующий на вал горизонтальные и вертикальные составляющие.

Находим окружное усилие соответствующее результирующее усилие:

$$p_{рез} = 2M/D \quad (3.18)$$

$$p_{рез} = 2 \times 5141,7 / 1,1 = 10270 \text{ Н}$$

Находим проекции результирующего усилия на оси x и y .

$$P_x = p_{рез} \cos \alpha \quad (3.19)$$

$$P_x = 10270 \times \cos 24^\circ 20' = 9367,4 \text{ Н}$$

$$P_y = p_{рез} \sin \alpha \quad (3.20)$$

					<i>ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

$$P_y = 10270 \times \sin 24^\circ 20' = 4209,9 \text{ Н}$$

Строим эпюры изгибающих моментов. Вал рассматриваем как балку на двух опорах:

а) нагрузка в горизонтальной плоскости

Находим опорные реакции

$$\Sigma M_a = 0; P_x 0,95 - H_B 1,9 = 0$$

$$H_B = P_x 0,95 / 1,9$$

$$H_B = 9,367 \times 0,95 / 1,9 = 4,68 \text{ кН}$$

$$\Sigma M_a = 0; P_x 0,95 - H_A 1,9 = 0$$

$$H_A = P_x 0,95 / 1,9$$

(3.21)

$$H_A = 9,367 \times 0,95 / 1,9 = 4,68 \text{ кН}$$

$$\text{Проверка } \Sigma x = 0; H_A + P_x - H_B = 0,$$

$$4,68 - 9,36 + 4,68 = 0$$

$$0 = 0$$

Строим эпюру M_{kl}^r , кНм

$$\Sigma M_{kl}^r = H_a 0,95;$$

$$\Sigma M_{kl}^r = 4,62 \times 0,95 = 4,44 \text{ кНм}$$

б) Нагрузка в вертикальной плоскости.

Находим опорные реакции

$$\Sigma M_6 = 0; R_a 1,9 + P_y 0,95 = 0$$

$$R_a = -P_y 0,95 / 1,9,$$

(3.22)

$$R_a = -4,2 \times 0,95 / 1,9 = -2,1 \text{ кН}$$

$$\Sigma M_a = 0; R_6 1,9 + P_y 0,95 = 0$$

$$R_6 = 4,2 \times 0,95 / 1,9 = 2,1 \text{ кН}$$

$$\text{Проверка } \Sigma y = 0; R_A + P_x - P_B = 0,$$

$$-2,1 + 4,2 - 2,1 = 0$$

$$0 = 0$$

Строим эпюру M_x^6 , кНм

$$\Sigma M_x^6 = R_A 0,95,$$

$$\Sigma M_x^6 = 2,1 \times 0,95 = 1,99 \text{ кНм}$$

					<i>ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Рассчитываем диаметры ступенчатого вала:

$$\sum M_{\kappa}^o = \sqrt{(M^r)^2 + (M^{\sigma})^2} \quad (3.23)$$

где M^r – крутящий момент в горизонтальной плоскости,

$$M^r = 4,44 \text{ кН};$$

M^{σ} – крутящий момент в вертикальной плоскости,

$$M^{\sigma} = 2,1 \text{ кНм}.$$

$$\text{Сечение I-I: } \sum M_{\kappa}^o = \sqrt{4,44^2 + 1,99^2} = 4,86 \text{ кН}$$

$$M_{np} = \sqrt{(M_n^o)^2 + (M_{\kappa})^2}, \quad (3.24)$$

$$M_{np} = \sqrt{4,36^2 + 5,14^2} = 7,074 \text{ кН}.$$

Диаметр вала определяется по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{i\sigma}}{\pi * [\tau]}}, \quad (3.25)$$

где $[\tau]$ – допускаемое напряжения, $[\tau] = 13,75 \text{ МПа}$ [по 2]

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 7074}{3,14 \times 13,75}} = 165 \text{ мм, принимаем } 160 \text{ мм}$$

$$\text{Сечение II –II: } M_{\kappa}^o = \sqrt{0,5^2 + 0,25^2} = 0,56 \text{ кНм},$$

$$M_{np} = \sqrt{0,56^2 + 5,14^2} = 5,17 \text{ кНм},$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 5170}{3,14 \times 13,75}} = 100 \text{ мм}.$$

Выполняем расчет вала на выносливость общий коэффициент запаса выносливости определяется:

$$n = n_{\sigma} \times n_{\tau} / \sqrt{n_{\sigma}^2 \times n_{\tau}^2}, \quad (3.26)$$

где n_{σ} – коэффициент запаса усталостной прочности по нормальным напряжениям;

n_{τ} – коэффициент запаса усталостной прочности по касательным напряжениям.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ					

$$n_{\sigma} = \sigma_1 / K \times \sigma_{\sigma} \times \sigma_{\max}, \quad (3.27)$$

где σ_1 – нормальное напряжение, $\sigma_1 = 550$ МПа;

σ_{\max} – максимальное нормальное напряжение;

K_{σ} – коэффициент концентратор напряжений.

$$K_{\sigma_{\sigma}} = (K_{\sigma} / E_{\sigma} + 1 / \beta_{\sigma} - 1) / \beta_{\sigma_{\sigma}}, \quad (3.28)$$

где K_{σ} – коэффициент концентратор, при $\sigma = 800$ МПа, и $\sigma = 1,8$;

E_{σ} – масштабный фактор, $E_{\sigma} = 0,2$;

β_{σ} – коэффициент качества обработки поверхности, $\beta_{\sigma} = 0,85$;

β_{σ} – коэффициент упрочнения частоты, $\beta_{\sigma} = 1,5$.

$$K_{\sigma_{\sigma}} = (1,8 / 0,8 + 1 / 0,85 - 1) / 1,5 = 1,62$$

$$\sigma_{\max} = M \times n / W_x, \quad (3.29)$$

где M – результирующий крутящий момент, $M = 4,86$ кНм

$$W_x = \pi D^3 / 32 \quad (3.30)$$

$$W_x = 3.14 \times 28^3 / 32 = 215.4 \text{ см}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4860}{215,4} = 225,6 \text{ МПа},$$

$$n_{\sigma} = \frac{550}{1,62 \times 225,6} = 1,5$$

$$n\tau = \frac{\tau - 1}{K_{\tau\sigma} \times \tau_a + \varphi_r \times \tau_c}, \quad (3.31)$$

где $\tau - 1$ – касательное напряжение, $\tau = 400$ МПа;

$K_{\tau\sigma}$ – эффективный концентратор напряжения;

τ_a, τ_c – касательные напряжения.

$$\tau_a = \tau_c = \tau_{\max} / 2.$$

φ_r – характеристика циклов нагружения, $\varphi_r = 0,06$

$$K_{\tau\sigma} = \left(\frac{K_{\tau}}{E_{\tau}} + \frac{1}{\beta_{\tau}} - 1 \right) \frac{1}{\beta_{\text{уп}}}, \quad (3.32)$$

где K_{τ} – коэффициент концентрации, $K_{\tau} = 1,7$;

E_{τ} – масштабный фактор, $E_{\tau} = 0,8$;

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ					

β_τ – коэффициент качества обработки поверхности, $\beta_\tau = 0,85$.

$$K_{\tau\omega} = \left(\frac{1,7}{0,8} + \frac{1}{0,85} - 1 \right) \frac{1}{1,5} = 1,54.$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_u}{W_p}, \quad (3.33)$$

где W_p – геометрическая характеристика продольного сечения, см^3 .

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16}, \quad (3.34)$$

$$W_p = \frac{3,14 \times 28^3}{16} = 430,8 \text{ см}^3$$

$$\tau_{\max} = \frac{4860}{430,8} = 112,8 \text{ МПа}$$

$$\tau_a = \tau_c = \frac{112,8}{2} = 56,4 \text{ МПа}$$

$$n\tau = \frac{400}{1,54 \times 56,4 + 0,06 \times 56,4} = 4,43.$$

Определяем общий коэффициент запаса выносливости:

$$n = \frac{1,5 \times 4,43}{\sqrt{1,5^2 + 4,43^2}} = 1,5.$$

Необходимо выполнения условия для обеспечения прочности вала:

$$n > [n] = 1,35;$$

$1,5 > 1,35$. Условие выполняется.

					<i>ВКР.ВДК.00.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

3.2 МЕРОПРИЯТИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.2.1 План мероприятий по безопасности жизнедеятельности на рабочем месте оператора

Таблица 3.3

№	Наименование мероприятий	Ответственный
1	Заземлить ИКШ-4,5 в соответствии с ТБ	Гл.инженер
2	Установить остерегающие знаки и таблички на рабочем месте оператора ИКШ-4,5	Специалист по ТБ
3	Приобрести медицинские аптечки	Мед. Сестра

Безопасная работа дробилок может быть обеспечена путем соблюдения требований нормативных документов по технике безопасности. Предприятие, эксплуатирующее дробилку, назначает ответственных за безопасное производство работ.

Перед началом работы необходимо проверить:

- отсутствие посторонних предметов на вращающихся элементах дробилки;
- наличие защитного кожуха на вращающихся частях механизмов и надежного его закрепления;
- электропроводку на наличие повреждений;
- отсутствие на дробящих частях посторонних предметов;
- отсутствие механических повреждений (трещин, сколов) на валах и дробящих элементах;
- наличия заземления;
- надежность крепления грузового патрубка к входному окну дробилки.

В конструкции дробилки должно быть предусмотрено предохранительное устройство отключения электродвигателя в случае заклинивания вращающихся элементов дробилки. Кнопка отключения должна быть обозначена красным цветом.

Запрещается:

- запускать дробилку при наличии посторонних предметов на дробящих элементах;
- загружать в дробилку материал с категорией прочности выше допустимой;
- до набора максимального числа оборотов дробилкой загружать дробимый материал;
- при работающей дробилке производить ремонтные работы;
- запускать дробилку во время проведения ремонтных работ и обслуживания;
- производить ремонт дробилки персоналом, не имеющим определенной категории допуска;
- запускать дробилку при обнаружении дефектов до их устранения.

Монтаж дробилки осуществляется по частям: сначала устанавливается станина на поверхность, затем сама дробилка и редуктор с двигателем и передачами. Между станиной и поверхностью необходимо укладывать резиновую прокладку размером 2800×1840×30мм для снижения уровня вибрации, передаваемого от дробилки во время работы к поверхности на которую она установлена.

Во время работы дробилка является источником шума, поэтому обслуживающий персонал должен пользоваться индивидуальными средствами защиты от шума, такими как звукоизоляционные наушники.

Электрооборудование дробилки включает в себя: электродвигатель 4А28058 трех фазный, напряжение рабочее 360В; полуавтоматический выключатель; предохранительное реле – выключатель; плавкие предохранители; трехжильный кабель. Все электрооборудование должно быть

защищено от попадания влаги, механических воздействий, должно быть заземлено.

При работе дробилки, как правило, происходит пыление от древесных материалов. Поэтому обслуживающий персонал должен использовать средства индивидуальной защиты, такие как защитные очки, респиратор.

При замене масла в редукторе и прошприцовке литолом подшипников все отходы собираются в емкость. Недопустим слив масла в почву!

3.2.1.1 Расчет заземления

Наиболее распространенный и надежный метод защиты людей от поражения электрическим током являются защитные заземления – преднамеренные электрические соединения с землей или ее элементом посредством металлических токоведущих частей, которые могут оказаться под напряжением. В качестве искусственных заземлений используют стальные трубы или стержни длиной 2-3 метра.

Сопротивление растекания тока одиночного стержневого заземления определяется:

$$R_e = 0,366 \frac{\rho}{\ell} \left(\lg \frac{2\ell}{d} + 0,5 \lg \frac{4h + \ell}{4h - \ell} \right), \quad (3.35)$$

где R_e – сопротивление растекания тока одиночного стержневого заземления, Ом;

ρ – сопротивление почвы, Ом см;

ℓ – длина стержня, см;

d – диаметр стержня, см;

h – глубина заделки, см;

$$R_{\dot{a}} = 0,366 \frac{10^4}{300} \left(\lg \frac{2 \cdot 300}{1} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 300 + 300}{4 \cdot 300 - 300} \right) = 29,5 \text{ Ом.}$$

Необходимое число заземлений определяется:

$$n = \frac{R_e \cdot k_c}{R_n \cdot \eta_\zeta}, \quad (3.36)$$

где n – необходимое число заземлений;

k_c – коэффициент сезонности;

R_n – нормативное сопротивление заземлений, Ом;

η_ζ – коэффициент использования заземлений.

$$n = \frac{29,5 \cdot 1,2}{10 \cdot 0,88} = 4.$$

Принимая во внимание, что, находим.

Число заземлений – 4.

Выводы:

Проведение мероприятий по улучшению безопасности труда позволяют:

- повысить знания оператора в области БЖ;
- исключить случаи поражения электрическим током;
- снизить количество несчастных случаев;
- улучшить оснащенность медицинскими препаратами для оказания первой мед. помощи.

3.3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

3.3.1 Расчет технико-экономических показателей дробилки

3.3.1.1 Расчеты балансовой стоимости и массы

Балансовая стоимость конструкций определяется по формуле:

$$C_b = (C_k + C_{o.d.} + C_{п.д.} + C_{з.п.} + C_n), \quad (3.37)$$

где C_k – стоимость изготовления корпусных деталей (рам, каркасов), руб.;

$C_{o.d.}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей (валы, втулки), руб.;

$C_{п.д.}$ – затраты на покупные детали, руб.;

$C_{з.п.}$ – зарплата с начислениями на сборку конструкции, руб.;

C_n – накладные, общепроизводственные расходы и плановые накопления, руб.

Стоимость изготовления корпусных деталей (рама, крышка бака и т.п.) определяется исходя из средней стоимости 1 кг готовых изделий:

$$C_k = \sum C_i \cdot G_k, \quad (3.38)$$

где C_i – средняя стоимость 1 кг готовых деталей по справочным данным, руб.

G_k – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг. $C_k \approx 12000$ кг.

$$C_k = 12000 \cdot 30 = 360000 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей (клапана, корпуса и т.п.):

$$C_{o.d.} = C_{зп} + C_m, \quad (3.39)$$

где $C_{зп}$ – зарплата производственных рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, руб;

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб.

Зарплата определяется по формуле:

$$\tilde{N}_{\text{ст}} = n_{\text{шт}} \cdot z \cdot t_n \cdot \hat{e}_y, \quad (3.40)$$

где $n_{\text{шт}}$ – количество оригинальных деталей, шт;

z – часовая ставка рабочих начислений по среднему размеру, руб/ч;

t_n – средняя норма трудоемкости изготовления отдельных оригинальных деталей, чел.·ч;

k_3 – коэффициент, учитывающий различные виды доплат и начислений ($k_3 = 1,25 \dots 1,45$).

Согласно справочным данным:

часовая ставка рабочих начислений по среднему размеру $Z = 100$ руб/ч;

средняя норма трудоемкости изготовления отдельных оригинальных деталей $t_n \approx 4$ чел.·ч;

всего оригинальных деталей $n_{\text{шт}} = 24$ шт.

$$C_{зп} = 24 \cdot 100 \cdot 4 \cdot 1,35 = 3629 \text{ руб.}$$

Стоимость материала для изготовления оригинальных деталей определяется:

$$C_M = C_i \cdot G_3, \quad (3.41)$$

где C_i – цена за 1 кг материала заготовки, руб/кг.

По справочным данным $C_i = 15$ руб/кг.

Масса заготовки определяется по формуле:

$$G_3 = \frac{G_k}{k_3}, \quad (3.42)$$

где G_k – масса деталей, кг;

k_3 – коэффициент использования массы заготовки ($k_3 = 0,71$), [14].

По чертежам $G_k \approx 500$ кг;

$$G_3 = 500/0,7 = 714 \text{ кг.}$$

Тогда,

$$C_M = 15 \cdot 714 = 10710 \text{ руб.}$$

$$C_{од} = 3629 + 10710 = 14339 \text{ руб.}$$

Зарплата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции определяется по формуле:

$$C_{зп} = z_i \cdot t_{сб} \cdot K_э, \quad (3.43)$$

где z_i – средняя часовая тарифная ставка, руб/ч;

$t_{сб}$ – трудоемкость сборки по инструкции, чел.·ч.

средняя часовая тарифная ставка $z_i = 100$ руб/ч;

Трудоемкость сборки по инструкции определяется:

$$t_{сб} = \sum(t_{сбi} \cdot K_{сбi}), \quad (3.44)$$

где $t_{сбi}$ – трудоемкость сборки отдельных элементов конструкции, чел·ч;

$K_{сбi}$ – коэффициент, учитывающий соотношение между полным и оперативным временем сборки ($K_{сбi} = 1,08$), [14].

Трудоемкость сборки согласно технологии $t_{сбi} = 8$ ч.

$$t_{сб} = 8 \cdot 1,08 = 8,64 \text{ ч.}$$

$$C_{зп} = 28 \cdot 8,64 \cdot 1,35 = 327 \text{ руб.}$$

Косвенные затраты на изготовление конструкции:

$$C_H = \frac{\sum C_{зп} \cdot R}{100}, \quad (3.45)$$

где $\sum C_{зп}$ – сумма зарплат производственных рабочих, участвующих в изготовлении конструкции и сборке, руб;

R– процент косвенных расходов (R=50%), [14].

$$C_H = (3629+327)*50/100 = 1978 \text{ руб.}$$

Затраты на покупные детали, узлы по преЙскуранту определяются:

$$\tilde{N}_{\text{и}} = \sum \tilde{N}_i, \text{ дóа};$$

где C_i – стоимость каждой детали, руб.

Принимаем $\sum C_i \approx 20000$ руб.

$$C_{\text{п.д.}} = 20054 \text{ руб.}$$

Из полученных данных находим балансовую стоимость:

$$C_6 = 360000+14339+20054+3629+1978= 400000 \text{ руб.}$$

Масса конструкции $G_1 \approx 11600 \text{ кг} \pm 1,5 \%$.

3.3.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

В таблице 3.1. представлены технико-экономические показатели проектируемой и существующей конструкции.

Таблица 3.1 - Техничко-экономические показатели конструкций

Наименование	Варианты	
	Исходный	Проектируемой
Масса конструкций, кг	2400	11600
Балансовая стоимость, руб.	360000	400000
Потребляемая мощность, кВт	-	-
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1
Разряд работы	III	III
Средняя тарифная ставка, руб/чел*ч.	28	28
Норма амортизации, %	16,7	16,7
Норма затрат на ремонт и ТО, %	10	9

Годовая загрузка конструкции, ч	6000	6000
Срок службы, лет	6	6
Мощность, кВт	7,5	5
Производительность м ³ /ч	4,5	5

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

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводим в такой последовательности.

Энергоемкость, металлоемкость и фондоемкость процесса вычисляется не на единицу мощности, а на единицу производительности, ввиду того, что потребляемые мощности и производительность разные.

Металлоемкость конструкции определяется

$$M_{e1} = \frac{G_{к1}}{P_{z1} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} ; \quad (3.46)$$

$$M_{e0} = \frac{G_{к0}}{P_{z0} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} ,$$

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

$G_{к1}$, $G_{к0}$ – масса проектируемой и существующей конструкции, кг;

P_{z1} , P_{z0} – производительность проектируемой и существующей конструкции, т/ч;

$T_{год}$ – годовая загрузка, час;

$T_{сл}$ – срок службы, лет.

$$M_{e1} = 11600 / (5 \cdot 6000 \cdot 6) = 0,01 \text{ кг/м}^3;$$

$$M_{e0} = 24000 / (4,5 \cdot 6000 \cdot 6) = 0,03 \text{ кг/ м}^3.$$

Фондоемкость процесса определяется:

$$F_{e1} = \frac{C_{б1}}{P_{z1} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} ; \text{ руб./ м}^3; \quad (3.47)$$

$$F_{e0} = \frac{C_{б0}}{P_{z1} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} , \text{ руб./ м}^3.$$

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

$$F_{e1} = 400000 / (5 * 6000 * 6) = 0,43 \text{ руб./ м}^3;$$

$$F_{e0} = 360000 / (4,5 * 6000 * 6) = 0,5 \text{ руб./ м}^3.$$

Энергоемкость определяется:

$$\mathcal{E}_{e1} = \frac{N_{e1}}{P_{z1}}; \quad (3.48)$$

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{N_{e0}}{P_{z0}},$$

где \mathcal{E}_{e1} , \mathcal{E}_{e0} – энергоемкость проектируемой и существующей конструкции, кВт*ч/ м³;

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

P_{z1} , P_{z0} – производительность проектируемой и существующей конструкции, т/ч.

$$\mathcal{E}_{e1} = 5/5 = 1 \text{ кВт/м}^3;$$

$$\mathcal{E}_{e0} = 7,5/4,5 = 1,7 \text{ кВт/ м}^3.$$

Трудоемкость процесса, чел*ч/ м³.

$$\dot{O}_{a1} = \frac{n_{\delta}}{D_{z1}} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ чел*ч/м}^3; \quad (3.49)$$

$$\dot{O}_{a0} = \frac{n_{\delta}}{D_{z0}} = \frac{1}{4,5} = 0,22 \text{ чел*ч/ м}^3,$$

где n_p – количество обслуживающего персонала, чел.

Себестоимость работы (руб./м³) выполняемой с помощью спроектированной конструкции и в исходном варианте находят из выражения:

$$S_{эксн1} = C_{зн1} + C_{\mathcal{E}1} + C_{рмо1} + A_1; \quad (3.50)$$

$$S_{эксн0} = C_{зн0} + C_{\mathcal{E}0} + C_{рмо0} + A_0;$$

где $C_{зн1}$, $C_{зн0}$ – затраты на оплату труда обслуживающему персоналу, руб./ м³.

$C_{\mathcal{E}1}$, $C_{\mathcal{E}0}$ – затраты на электроэнергию, руб./ м³;

$C_{рмо1}$, $C_{рмо0}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./ м³;

A_1 , A_0 – амортизационные отчисления, руб./ м³.

Затраты на оплату труда определяются из выражения:

$$C_{\text{цт}1} = z_1 \cdot \dot{O}_{\text{д}1} \cdot \hat{e}_{\text{д}} \cdot \hat{e}_{\text{н}0} \cdot \hat{e}_{\text{и}0} \cdot \hat{e}_{\text{н}0} ; \quad (3.51)$$

$$C_{\text{цт}0} = z_0 \cdot \dot{O}_{\text{д}0} \cdot \hat{e}_{\text{д}} \cdot \hat{e}_{\text{н}0} \cdot \hat{e}_{\text{и}0} \cdot \hat{e}_{\text{н}0} ;$$

где z_1, z_0 – часовая ставка рабочих, начисляемая по среднему разряду, руб./ч.

$K_{\text{д}}, K_{\text{ст}}, K_{\text{от}}, K_{\text{соц}}$ – коэффициенты дополнительной оплаты, оплаты за стаж, оплаты отпусков и начислений по социальному страхованию.

Согласно данным производства:

$$z_1 = z_0 = 28 \text{ руб./ч.}$$

$$K_{\text{д}} = 1,3; K_{\text{ст}} = 1,1; K_{\text{от}} = 1,1; K_{\text{соц}} = 1,35, [16].$$

$$C_{\text{зп}1} = 28 * 0,04 * 1,3 * 1,1 * 1,1 * 1,35 = 2,38 \text{ руб./ м}^3;$$

$$C_{\text{зп}0} = 28 * 0,05 * 1,3 * 1,1 * 1,1 * 1,35 = 2,97 \text{ руб./ м}^3.$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле

$$C_{\text{Э}1} = \frac{N_{y1} * T_{\text{Э}}}{P_{z1}} ; \quad (3.52)$$

$$C_{\text{Э}0} = \frac{N_{y0} * T_{\text{Э}}}{P_{z0}} ,$$

где N_{y1}, N_{y0} – мощность проектируемой и существующих конструкции, кВт;

$T_{\text{Э}}$ – стоимость электроэнергии, $T_{\text{Э}} = 4,57 \text{ руб./кВт*час}$, [14].

$$\text{Э}_{e1} = 5/5 = 1 \text{ кВт/м}^3;$$

$$\text{Э}_{e0} = 7,5/4,5 = 1,7 \text{ кВт/ м}^3.$$

Затраты на ремонт и ТО (руб./ м³) определяют из выражения:

$$C_{\text{р}1} = \frac{C_{\text{б}1} \cdot H_{\text{р}1}}{100 \cdot P_{z1} \cdot T_{\text{год}}} ; \quad (3.53)$$

$$C_{\text{р}0} = \frac{C_{\text{б}0} \cdot H_{\text{р}0}}{100 \cdot P_{z0} \cdot T_{\text{год}}} ,$$

где $H_{\text{р}1}, H_{\text{р}0}$ – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{\text{р}1} = 400000 * 8 / (100 * 5 * 6000) = 0,21 \text{ руб./м}^3;$$

$$C_{\text{р}0} = 360000 * 10 / (100 * 4,5 * 6000) = 0,3 \text{ руб./ м}^3.$$

Затраты на амортизацию (руб./т) определяют из выражения:

$$A_1 = \frac{C_{\bar{b}_1} \cdot a_1}{100 \cdot P_{z1} \cdot T_{\text{год}}}; \quad (3.54)$$

$$A_0 = \frac{C_{\bar{b}_0} \cdot a_0}{100 \cdot P_{z0} \cdot T_{\text{год}}};$$

где a_1, a_0 – норма амортизации, % ,

$$A_1 = 400000 \cdot 16,7 / (100 \cdot 5 \cdot 6000) = 0,43 \text{ руб./ м}^3;$$

$$A_0 = 360000 \cdot 16,7 / (100 \cdot 4,5 \cdot 6000) = 0,5 \text{ руб./ м}^3.$$

Отсюда,

$$S_{\text{эксн1}} = 2,38 + 0,12 + 0,21 + 0,43 = 3,14 \text{ руб./ м}^3;$$

$$S_{\text{эксн0}} = 2,97 + 0,25 + 0,3 + 0,5 = 4,02 \text{ руб./ м}^3.$$

Годовая экономия в рублях определяется:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot P_{z1} \cdot T_{\text{год}}, \quad (3.55)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (4,02 - 3,14) \cdot 5 \cdot 6000 = 137280 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - a_1 \frac{\left(\frac{C_{\bar{b}_1}}{P_{z1} \cdot T_{\text{год}}} - \frac{C_{\bar{b}_0}}{P_{z0} \cdot T_{\text{год}}} \right) \cdot P_{z1} \cdot T_{\text{год}}}{100}, \quad (3.56)$$

$$E_{\text{год}} = 137280 - 16,7 \cdot \left(\frac{400000}{5 \cdot 6000} - \frac{360000}{4,5 \cdot 6000} \right) \cdot 5 \cdot 6000 / 100 = \\ = 148636 \text{ руб.}$$

Так как годовой экономический эффект получается больше чем годовая экономия, то принимаем $E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} = 137280$ руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\bar{b}_1} - C_{\bar{b}_0}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (3.57)$$

$$T_{\text{ок}} = (400000 - 360000) / 137280 = 0,29 \text{ лет.}$$

В таблице 3.2 представлена сравнительная технико-экономическая оценка эффективности конструкции.

Вывод. Разработанная нами конструкция молотковой дробилки по теоретическим расчетам, является экономически эффективной, так как срок окупаемости получился $0,29 < 10$ лет.

Таблица 3.2 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности

Наименование показателей	Варианты	
	Исходный	Проект
Часовая производительность, м ³ /ч	4,5	5
Фондоемкость конструкции, руб./ кг	0,5	0,43
Энергоемкость конструкции, кВт/ м ³	1,7	1
Металлоемкость конструкции, кг/ кг	0,03	0,03
Трудоемкость конструкции, чел*ч/ м ³	0,05	0,04
Уровень эксплуатационных затрат, руб./ кг	4,02	3,14
Годовая экономия, руб.	–	13728
Годовой экономический эффект, руб.		148636
Срок окупаемости капитальных вложений, лет.	–	0,29

ВЫВОДЫ

В результате расчетов были получены следующие основные параметры:

Ширина выходной щели, $a = 21$ мм;

Частота вращения валков, $n = 80,4$ мин⁻¹;

Сила дробления, $P_{cp} = 37,2$ МН;

Производительность 5 т/ч;

Мощность двигателя, $N_{дв} = 47,213$ кВт;

По данным видно, что дробилка СМД-507 по характеристическим показателям вполне удовлетворяет тем требованиям, которые предъявляются для измельчения зерна злаковых пленчатых культур. А также она имеет ряд преимуществ по сравнению с другими измельчающими машинами.

Все вышеперечисленные изменения позволили получить следующие расчетные результаты (в сравнении с тем, что в этих же условиях работает кормоцех по проекту – прототипу):

Все вышеперечисленные изменения позволили получить следующие расчетные результаты (в сравнении с тем, что в этих же условиях работает кормоцех по проекту – прототипу):

- годовая экономия составила 13728 руб.

- срок окупаемости капитальных вложений составил 0,29 лет

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авров, А.Е. Использование соломы в сельском хозяйстве /А.Е.Авров, З.М.Морозов // Л.: Колос, Ленинградское отделение,2006 г.
2. Алейникова, Л.Д. Корма для малой фермы /Л.Д.Алейникова// М.: Агропромиздат,2009 г.
3. Антипов, С.Т. -Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. для вузов /Под ред. акад. Расхн В.А. Панфилова. - М.: Высш. шк., 2001. - 703 с.
4. Бондарев, В.А. Способы подготовки грубых кормов к скармливанию /В.А.Бондарев// М.: Россельхозиздат,2008 г.
5. Боярский, Л.Г. Производство и использование кормов /Л.Г.Боярский// М.: Росагропромиздат, 2008 г.
6. Брагинец, Н.В Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства – 3-е изд., перераб. и доп./Н.В.Брагинец Д.А.Полешкин//– М.:Агропромиздат, 1991.
7. Верешагин, Ю.Д. Машины и оборудования для приготовления и раздачи кормов /Ю.Д.Верешагин, А.Н.Сердичный //М.: Колос,2006.
8. Демский, А.Б.Справочник по оборудованию зерно перерабатывающих предприятий /Демский А.Б., Борискин М.А.// 1970 - 432 с.
9. Драгилев, А.И. Технические машины и аппараты пищевых производств /Драгилев А.И., Дроздов В.С. - М.: Колос, 1999. – 378 с.
10. Егорченков, М.И. Кормоцехи животноводческих ферм./ М.И.Егорченков, Н.Г. Шапов // М.: Колос,2003.
11. Кормоцехи на фермах крупного рогатого скота. Альбом – справочник. П.р. Автономова И.Я. М.: Россельхозиздат,2008.
12. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации /Клушанцев Б. В., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А.: -М.: Машиностроение, 1990. 320с.
13. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм /Мельников С.В// Л.: Колос Ленинградское отделение 2008.

14. Машины и оборудования для приготовления кормов Справочник. И.В. Кулаковский, Ф.С.Кирпичников, Е.И. Резник – И.:Росагропромиздат,1987.
15. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов./С.В.Мельник // Л.:Колос,1985.
16. Мянз, А.Э. Кормоприготовительные машины и агрегаты /А.Э.Мянз// М.:Росагропромиздат, 1970.
17. Патент №2415714 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 15.09.2005 Бюл. №30.
18. Патент №1507442 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 24.08.2008 Бюл. №31.
19. Патент №2487526 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 15.03.2010 Бюл. №3.
20. Патент №3215 РФ, М.пк. 7 А01К 5/00, – Оpubл. 15.08.2007 Бюл. №39.
21. Чернавский, С.А. Проектирование механических передач – 5-е изд., и доп./Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Кузнецов Б.С.//М.: Машиностроение,1984 г.

СПЕЦИФИКАЦИИ