

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия

Магистерская программа – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

ТЕМА: Разработка и исследование устройства для измельчения зерна

Студент магистратуры _____ Сабиров И. Н.

Научный руководитель,
к.т.н., доцент _____ Дмитриев А.В.

Рецензент
к.т.н., доцент _____ Калимуллин М.Н.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

Протокол № ____ от _____ 2019 г.

Заведующий кафедрой машин и
оборудования в агробизнесе _____ Зиганшин Б.Г.

Казань – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	
Общие сведения о кормах.....	
1.1 Классификация способов измельчения зерна.....	
1.2 Анализ существующих конструкций машин для измельчения зерна.....	
1.3 Анализ теоретических исследований процесса измельчения зерна	
1.4 Задачи исследований.....	
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА.....	
2.1 Рекомендации для измельчителя зерна.....	
2.2 Конструкция и принцип действия предлагаемого устройства для измельчения зерна.....	
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	
3.1 Методика определения влажности зерна.....	
3.2 Методика определения модуля помола зерна.....	
3.3 Методика определения энергоемкости на процесс измельчения	
3.4 Методика статистической обработки результатов экспериментов.....	
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	
4.1 Результаты определения влажности зерна.....	
4.2 Результаты определения модуля помола зерна.....	
4.3 Результаты исследований определения удельного расхода электроэнергии на процесс измельчения.....	
4.4 Расчет технико-экономических показателей измельчителя.....	
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	

ВВЕДЕНИЕ

Животноводство является важнейшей отраслью сельскохозяйственного производства не только в России, но и во всем мире. В животноводстве основное направление - производство молока, мяса крупнорогатого скота, свиней и птицы, яиц, звероводческой, рыбной продукции. В большей степени мясная продукция, производимая в стране, включает в себя говядину, свинину, птицу, баранину. Кормление является наиболее важной частью технологического процесса производства продуктов животноводства. Для дальнейшей интенсификации отрасли животноводства необходимо постоянное полноценное кормление, которое обеспечивает получение продукции высокого качества при снижении затрат на производство кормов [3, 8].

Правильное кормление сельскохозяйственных животных во многом зависит от знаний потребностей животных в питательных, минеральных веществах и витаминах. По последним зоотехническим исследованиям установлены новые детализированные нормы кормления сельскохозяйственных животных. В них учтена их потребность в 25...30 элементах питания. Применение всех необходимых элементов питания в нужном количестве и соотношении повышает продуктивность животных на 30...40% и снижает затраты корма на 20% [33].

Питательность кормов или рациона определяется общим анализом всех показателей детализированных норм кормления. Большое значение для полноценного кормления имеют протеины и белки. Продуктивность животных неразрывно связана с процессами образования и распада белков в организме. Для получения мясной и молочной продукции животные должны получать необходимое количество протеинов в составе рациона. Однако в условиях практики животные недополучают 25...30% белков, что ведет к снижению продукции, перерасходу кормов на ее производство, снижению воспроизводства [12].

Для приготовления полноценного корма для животных необходима подготовка зерна. Наиболее часто встречающимся видом подготовки зерна является измельчение (дробление) [1].

Данная работа посвящена разработке конструкции устройства для измельчения зерна при приготовлении кормов сельскохозяйственным для животным.

АННОТАЦИЯ

В выпускной квалификационной работе на тему «Разработка и исследование устройства для измельчения зерна» на первом этапе рассмотрены вопросы измельчения зерна с точки зрения приготовления концентрированных кормов, различные способы измельчения зерна, проведен анализ теоретических исследований измельчения и дробления, дан обзор существующих конструкций устройств измельчителей.

На основе этих исследований были поставлены и решены следующие задачи:

1. разработка конструкции устройства для измельчения зерна;
2. разработка методики определения показателей эффективности работы устройства для измельчения зерна;
3. определение влияния конструктивных особенностей устройства для измельчения зерна на показатели эффективности его работы.

Данная работа состоит из 59 страниц пояснительной записки 30 рисунков, 60 формул, 9 таблиц, 32 использованной литературы .

ANNOTATION

Final qualifying work on the theme “Development and research of a device for grinding grain

Various methods of grinding are considered: crushing, splitting, breaking, cutting, sawing, grinding, hard and free kick.

The analysis of the theoretical study to obtain crushed grain. The advantages and disadvantages of shredders were identified.

The purpose of this work is to develop a device for grinding grain with upgraded shell of the device for grinding grain.

By solving the following tasks:

1. analysis of existing grain grinders;
2. design of the device of the grain grinder;
3. development of methods for determining the performance indicators of the grain grinder;
4. Determination of the influence of the design features of the grain grinding device on the indicator of its performance.

A device for grinding grain consists of a hopper, a housing, an electric motor, a shell, a shaft on which a chopping knife is attached, working chamber.

The proposed device for grinding grain is different with the modernization of the shell, which allows to obtain the module grinding the smallest size reduces the energy intensity of the process by 2.5 times.

This work consists of 71pages of the explanatory note, 30 drawings, 60 formulas, 9 tables, 32 used literature.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общие сведения

Кормами называют продукты растительного, животного, микробиологического и химического происхождения, которые содержат питательные вещества не оказывающих вредных воздействий на здоровье животных [34].

В кормах содержатся доступные питательные вещества, которые в процессе пищеварения могут быть использованы организмом животного для поддержания жизни и регуляции обмена веществ. Корма подразделяются на: грубые, зеленые, силосованные, корне - клубневоды и зерновые корма.

Рассмотрим зерновые корма полученные после измельчения. Концентрированные корма можно классифицировать следующим образом: отходы мукомольного, маслоэкстракционного и высушенные остатки свеклосахарного, бродильного и крахмального производств, продукты переработки, зерновые корма. В этих кормах имеется больше чем 0,5 кг питательных переваримых веществ т.е 0,65 кормовых единиц на 1 кг. концентрированные корма можно разделить на: протеиновые и углеводистые. К углеводистым можно отнести зерновые злаковые, а к протеиновым отходы маслоэкстракционного производства, зерновые бобовые.

Концентрированные корма являются основной пищей для сельскохозяйственных животных. Годовая структура кормовых рационов концентратов занимают у крупного рогатого скота до 25%, у свиней до 70%, у птицы до 85%, у овец- 10-15%, у лошадей до 30%, у кроликов 25-30%, от годовой потребности в кормовых единицах.

Зерновые корма используют для того, чтобы уравнивать рацион по протеину, энергии и другим питательным компонентам. Питательная ценность и качество зерна зависит от множества факторов: способа хранения, технологии уборки, климата выращивания зерна. Корм для вскармливания

животных так же должен соответствовать зоотехническим требованиям, которые указаны в технических условиях для кормов или стандартах.

Все способы обработки корма, независимо от его вида подразделяют по роду энергии, которая затрачивается на технологический процесс: тепловые, химические, механические, биохимические и биологические способы.

Потребность в разработке наиболее эффективных технологических процессов привела к созданию разнообразных отраслевых технологий. В соответствии с этим все виды обработки различных материалов путем механического воздействия на них с помощью инструмента или рабочего органа машины относятся к механической технологии [10].

Механическая технология обработки сельскохозяйственных зерновых культур включает в себя изучение физико-механических свойств этих материалов и получаемых продуктов, научных основ самих способов механической обработки, а также рабочих органов машин и методов их усовершенствования.

Самой распространённой технологией приготовления кормов является измельчение или дробление. В данной технологии приготовления кормов самым важным процессом является измельчение, которое обусловлено требованиями физиологии кормления животных. Питательные вещества усваиваются организмом животного только в растворенном виде и скорость обработки корма желудочным соком прямопропорциональна площади поверхности частиц корма. В результате измельчения кормов образуется множество частиц с высокоразвитой поверхностью, что способствует ускорению процессов пищеварения и повышению усвояемости питательных веществ [9].

1.1 Анализ способов измельчения зерна

Для получения сыпучего материала продукт подвергается к процессу измельчения или дробления. Конечный продукт, удобен для дальнейшей

обработки или усвоению животными. Такой метод разрушения твердых частиц называется простым измельчением [7].

Различают 8 основных способов простого измельчения зерна: раздавливание, раскалывание, разламывание, резание, распиливание, растирание, жесткий и свободный удар. Они характеризуются различной степенью деформации сжатия и сдвига [14, 15].

Способ измельчения **раздавливанием**. С помощью механической силы, рабочий орган прикладывается сверху под давлением, где поверхности рабочих элементов измельчителя плоские. Измельчаемое зерно деформируется во всем объеме и, когда внутреннее напряжение в нем превысит предел прочности, зерно разрушается - получают кусочки разных размеров и формы (рисунок 1.1). Данный способ измельчения применяется, если оболочка зерна не срослась с ядром [27].

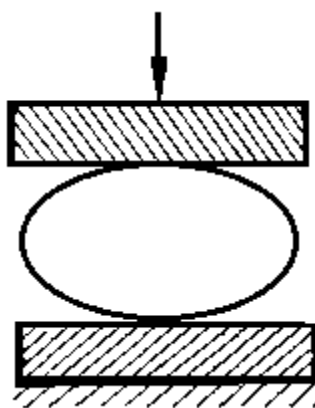


Рисунок 1.1 – Раздавливание зерна

Следующий способ измельчения **раскалывание** – это способ, где сила прикладывается сверху и снизу резко или неожиданно с помощью клинообразных рабочих элементов измельчителя. Вследствие того, что зерно разбивается на части только в местах концентрации нагрузок, то его части могут быть примерно одинаковы по размерам, но не по форме.

(рисунок 1.2)

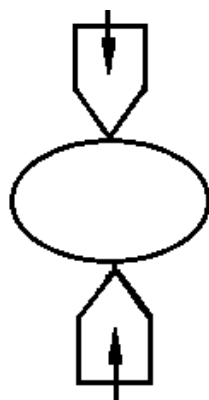


Рисунок 1.2 – Измельчение зерна раскалыванием

Разламывание – способ измельчения, когда зерно разбивается под давлением изгибающихся сил, действуют навстречу друг другу. Размеры и формы частей зерна получаются как при раскалывании (рисунок 1.3).

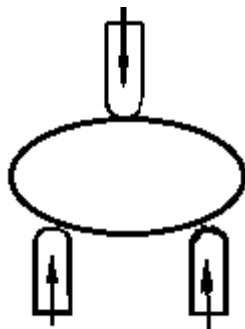


Рисунок 1.3 – Измельчение зерна разламыванием

Резание – это способ, когда сила прикладывается сверху и резко (рисунок 1.4). Структура рабочего элемента измельчителя состоит из острой зубчатой поверхности. При резании части зерна можно получить любых размеров и форм.

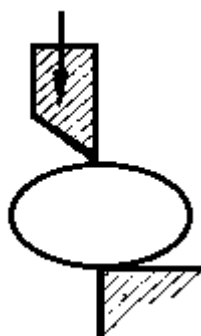


Рисунок 1.4 – Измельчение зерна резанием

Распиливание – способ, когда сила прикладывается со стороны рабочих элементов измельчителя с острой зубчатой поверхностью (рисунок 1.5). Кусочки зерна можно получить любых размеров и форм, где под действием различных разрушающих сил (трения, удара и пр.) происходит измельчение.

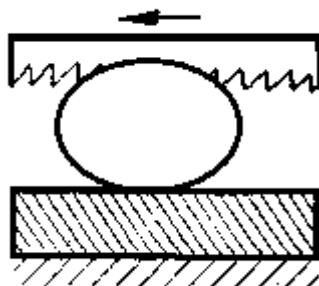


Рисунок 1.5 - Измельчение зерна распиливанием

Растирание - когда сила прикладывается сверху и со стороны прогрессивно (рисунок 1.6). Поверхность рабочего элемента измельчителя - сферический и плоский. Зерно раздробляется под действием сжимающих, растягивающих и срезающих сил, таким образом, продукт получается порошкообразным.

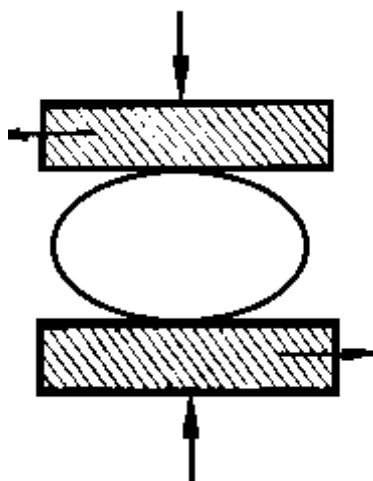


Рисунок 1.6 – Измельчение зерна растиранием

Жесткий удар – когда зерно разрушается на части под влиянием динамично действующих сил), по измельчаемому зерну производится удар рабочими элементами измельчающими молотками (рисунок 1.7).

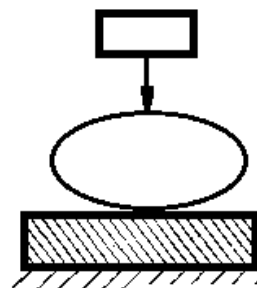


Рисунок 1.7 – Измельчение зерна жестким ударом.

Свободный удар - измельчаемое зерно само сталкивается с рабочим элементом измельчителя или другими телами в полете (рисунок 1.8). В основном определяется скоростью столкновений разрушаемого зерна и его частей с рабочими органами.

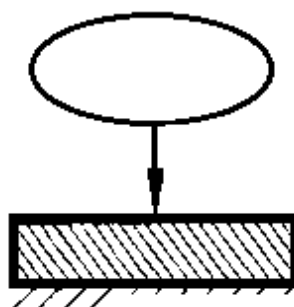


Рисунок 1.8 – Измельчение зерна свободным ударом

В современном мире для измельчения зерна применяются различные виды устройств и машин предназначенные для измельчения зерна. Измельчители бывают следующих видов: конусные, щековые, валковые, роторные и молотковые [5].

Щековые измельчители предназначены для крупного среднего измельчения горнорудной промышленности. Принцип действия таких измельчителей заключается в следующем: одна часть неподвижная, а другая

подвижная. Процесс измельчения происходит за счет приближения подвижной части к неподвижному. Щеки расположены под углом друг другу, когда подвижная часть отходит от неподвижной появляется клиновидный щель, после приближения щек расстояние уменьшается и частицы подаются ниже, а в следующем приближении щек они еще раз измельчаются до нужных размеров и выходят из сита который располагается в нижней части измельчителя.

Конусный измельчитель – измельчает сырье при пропуске его через пару усеченных конусов. Вал внутреннего конуса установленном эксцентриковом устройстве, которое обеспечивает его боковое перемещение при вращении [32].

Принцип работы конусного измельчителя. Агрегат легко регулируется на выпуск необходимой фракции продукции, но не работает с сырьем с высокой вязкостью и влажностью. Рабочий узел, дробящий материалы в зазоре между дробящим конусом и чашей, циклично меняющим свой размер, используется в конусных дробилках. Конструктивно чаша выполнена как жестко закрепленный перевернутый конус. Внутри его возвратно-поступательно движется рабочий орган, меняя зазор между конусами. Щель, постоянно меняющая свою ширину, заполняется исходным материалом, который дробится движущимся конусом. Отсутствие холостого хода значительно увеличивает производительность машины. Не поддающиеся измельчению элементы могут проваливаться в зазор за счет подпружинивания подвески неподвижной чаши относительно рамы. Благодаря этому она может в некоторых пределах смещаться в сторону или опускаться, увеличивая тем самым выходной зазор.

Измельчитель валкового типа измельчает (расплющивает) зерновую массу, пропускаемую между двух валов [13]. Измельчение происходит в промежутке между валком и колосниковой решеткой. Для получения мелких фракций агрегат этого типа может содержать два и более валов.

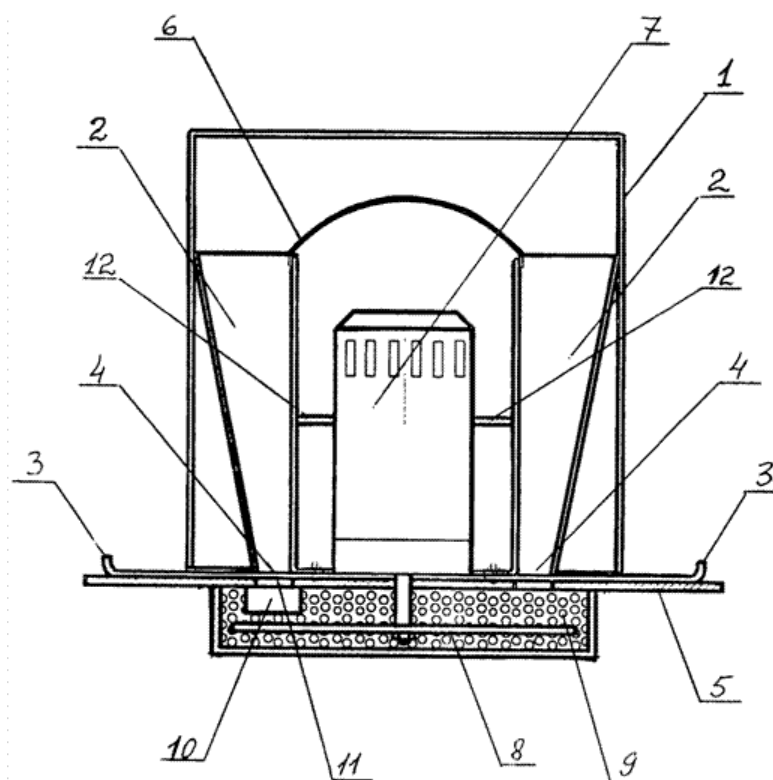
Конструкция большинства валковых измельчителей подразумевает наличие одного жестко закрепленного вала и подпружиненного второго. За счет варьирования жесткости пружины добиваются требуемого размера на выходе зерна. Поверхность валков может быть рельефной, гладкой и зубчатой [5].

1.2 Анализ существующих конструкций устройств для измельчения зерна

В настоящее время для эффективного решения задачи при приготовлении кормов из зерна является модернизация существующих устройств, а также машин для измельчения зерна, которая играет важную роль при получении качественной продукции.

Основными машинами для измельчения зерна являются конусные, щековые, валковые, роторные и молотковые измельчители. Данные машины применяются в существующих технологиях и воздействуют на зерно различными способами – раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, растиранием, жесткими свободным ударом.

Устройства для измельчения зерна представленная на рисунке 1.9, содержит корпус с загрузочным бункером и отсеком электродвигателем на вертикальном валу которого закреплен нож в виде прямоугольной пластины, цилиндрическую рабочую камеру с отверстиями, станину и задвижку для контроля подачи зерна [30].



1 – корпус, 2 – загрузочный бункер, 3 – задвижка, 4 – рабочая отверстия, 5 – станина, 6 – отсек, 7 – электродвигатель, 8 – нож, 9 – рабочая камера, 10 – отражатель, 11 – окно для выхода зерна.

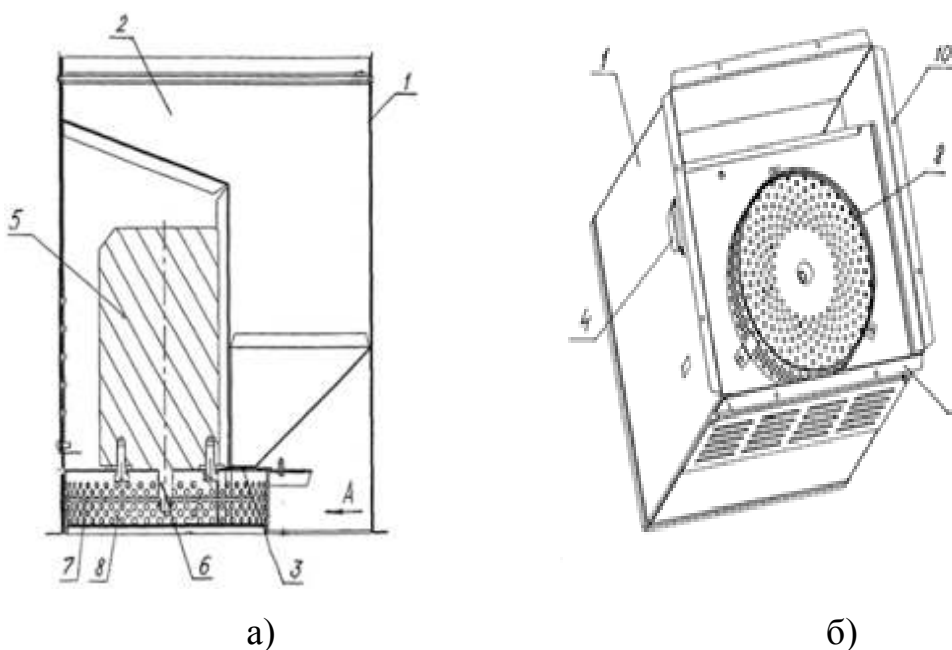
Рисунок 1.9 – Устройство для измельчения зерна (патент РФ 116 790)

Устройство для измельчения зерна работает следующим образом: вначале оператор проверяет задвижку (для подачи зерна в рабочую камеру), которая должна быть закрытой. После чего заполняет бункер с измельчаемым зерном. Затем включают электродвигатель и начинают открывать задвижку. Зерно начинает сыпаться в рабочую камеру и где ударяться об нож, ударяется до тех пор пока размер измельченного зерна не будет соответствовать размерам сит, и после чего оттуда высыпается в емкость. Добавляя все новые порции зерна в бункер устройства для измельчения зерна, оператор измельчает нужное количество зерна, после чего он закрывает заслонку и выключает электродвигатель.

Недостатком данного устройства для измельчения зерна является невысокая надежность работы устройства, обусловленная повышенным

вибрацией электродвигателя при работе и повышенными ударными нагрузками на пластину ножа вследствие односторонней загрузки зерна в рабочую камеру, что приводит к повышенному износу ножа и сокращению срока службы электродвигателя.

Устройство для измельчения зерна (рисунок 1.10) содержит корпус прямоугольной формы. Во внутренней полости корпуса размещен загрузочный бункер, образованный наклонными поверхностями, сопряженными между собой. В нижней части загрузочного бункера расположено окно для подачи зерна, которое снабжено задвижкой, перекрывающей его в момент загрузки бункера. Кроме того, имеется отсек для электродвигателя, размещенный вертикально, на его валу установлен измельчающий элемент, выполненный в виде плоской пластины. Ко дну отсека для электродвигателя крепится рабочая камера, выполненная в виде цилиндрической чаши с отверстиями на боковой поверхности и днище [31].



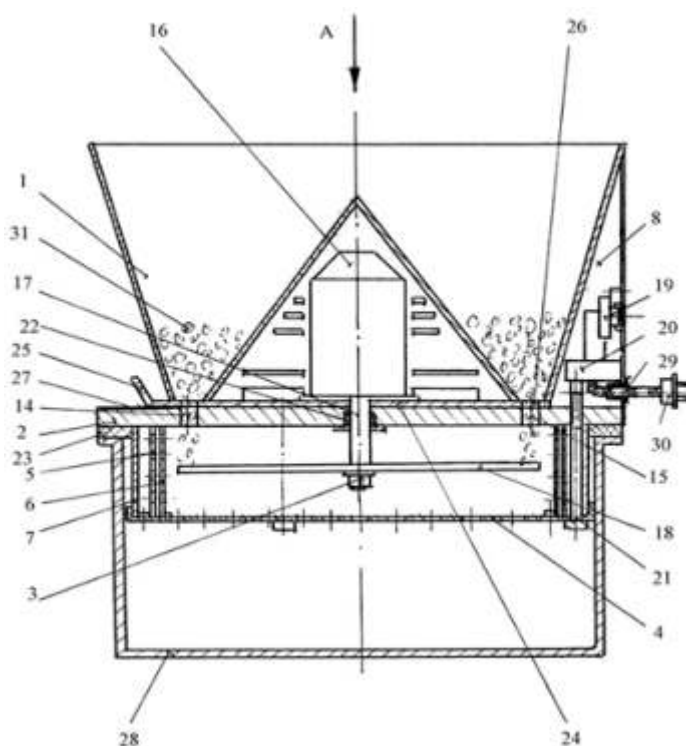
а) вид сбоку; б) общий вид устройства;

1 – корпус прямоугольной формы; 2 – загрузочный бункер; 3 – окно для подачи зерна; 4 – заслонка (задвижка); 5 – электродвигатель; 6 – вал; 7 – измельчающая пластина; 8 – рабочая камера; 9 – сетка (фланец); 10 – крепежные детали.

Рисунок 1.10 – устройства для измельчения зерна (Патент РФ 116 790)

Недостатком измельчителя зерна является низкая производительность, энергоемкость, односторонняя загрузка, износ рабочей пластины.

Измельчитель зерна " Фермер " (рисунок 1.11) содержит загрузочный бункер, установленный на станине, который выполнен окном для выхода зерна. Электродвигатель измельчителя установлен вертикально на плите. На валу электродвигателя, пропущенного сквозь плиту, закреплена ударная пластина, плоскость вращения которой проходит под окном для выхода зерна [11].



1 – бункер; 2 – станина; 3 – измельчитель, 4 – нижнее сито; 5 – 6 сито боковое; 7 – отражатель; 8 – пульт управления; 9 – корпус; 10, 11, 12; 13 – окна для выхода зерна; 14 – 15 окна в виде плиты; 16 – Электродвигатель; 17 – вал; 18 – ударная пластина(измельчающая пластина); 19 – 20 выключатель; 21 – крепежные детали; 22 – пыльник; 23 – прокладка; 24 – регулятор расхода зерна; 25 – заслонка; 26 – рабочая отверстие; 27 – шкала показывающая степень открытия окна; 28 – устойчивая тара; 29 –кабель; 30 – вилка; 31 – зерно.

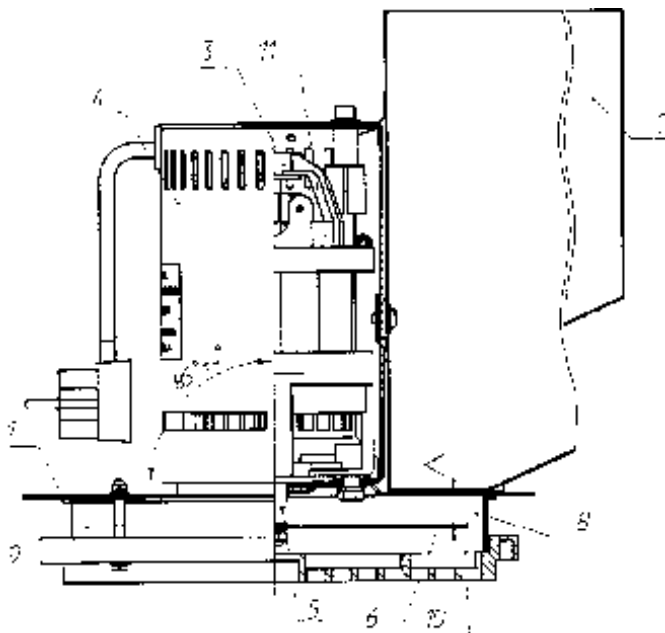
Рисунок 1.11 – Измельчитель зерна «Фермер» (патент РФ 2 229935)

Измельчитель также имеет боковое и нижнее сита, отражатель и пульт управления. Загрузочный бункер в сечении выполнен W-образной формы и снабжен не менее чем двумя окнами для выхода зерна, расположенными

диаметрально противоположно в вершинах углов со стороны станины, а в станине выполнены соответствующие им окна для выхода зерна. Вал электродвигателя размещен симметрично окнам для выхода зерна. Между бункером и станиной смонтирован регулятор расхода зерна с ручным приводом.

Недостатком данной конструкции является недостаточно высокая производительность измельчителя, а также недостаточно высокие эксплуатационные характеристики в части обеспечения безопасности работы, ресурса работоспособности, пылезащищенности окружающей среды и возможности получения продукции с различной степенью дисперсности измельчения.

Устройства для переработки зерна (рисунок 1.12) содержит раму, бункер для зерна, измельчитель и термopедохранитель [18].



1 – основание; 2 – загрузочный бункер; 3 – измельчитель (в виде электродвигателя); 4 – защитный кожух; 5 – вал электродвигателя; 6 – пластина; 7 – рабочие лопасти; 8 – камера дробления; 9 – обечайка; 10 – съемная сетка; 11 – термopедохранитель.

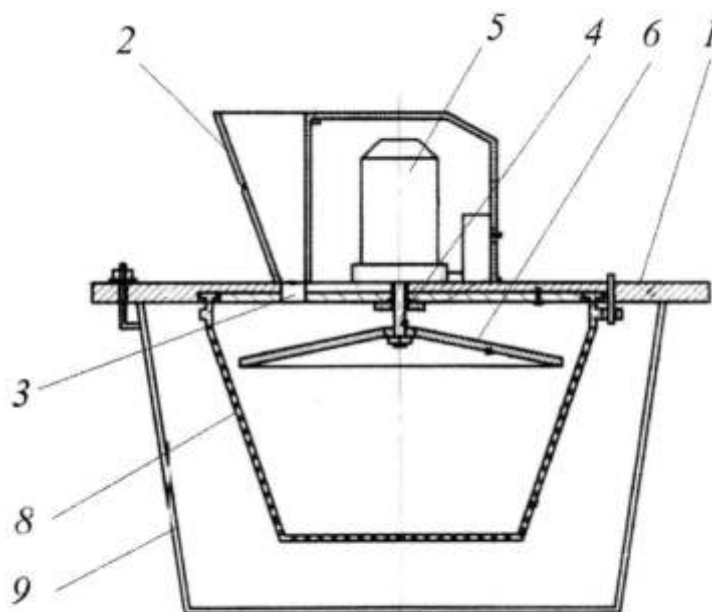
Рисунок 1.12 – Устройство для дробления зерна (Патент RU 2 341 330)

Дробилка снабжена термopедохранителем, который установлен на обмотке электродвигателя, если в дробилку попадает твердые частицы, то

термопредохранитель отключает устройства. На защитном кожухе установлен загрузочный бункер. Измельчающая пластина заточена под углом $25\pm 5^\circ$. Дробилка установлена относительно основания под углом $85\pm 4^\circ$, такой угол направляет зерно к съемной сетке. Сито выполнено в виде съемной сетки, где нижняя часть основания и съемная сетка образует рабочую камеру, а измельчающая пластина с рабочими лопастями установлена на валу электродвигателя. Применение данного устройства для дробления повышает степень измельчения зерна.

Недостатками устройства является массогабаритные размеры, большой расход электроэнергии, так как рабочие лопасти не имеют острой режущей кромки.

Устройство предназначено для переработки фуражного зерна на комбикорма и может быть использовано в индивидуальных и фермерских хозяйствах. Устройство содержит станину, привод, сито и отражатель. Загрузочный бункер с окном для выхода зерна закреплен на станине. На приводном валу размещена разгонная пластина конической формы с рифлями. Рифли выполнены радиально загнутыми с уменьшающейся высотой. Сито и отражатель выполнены в виде усеченных конусов. Изобретение повышает производительность и качество измельчения [19].



1 – станина; 2 – загрузочный бункер; 3 – окном для выхода зерна;
4 – вал; 5 – привод; 6 – разгонная пластина; 8 – сито;
9 – отражатель.

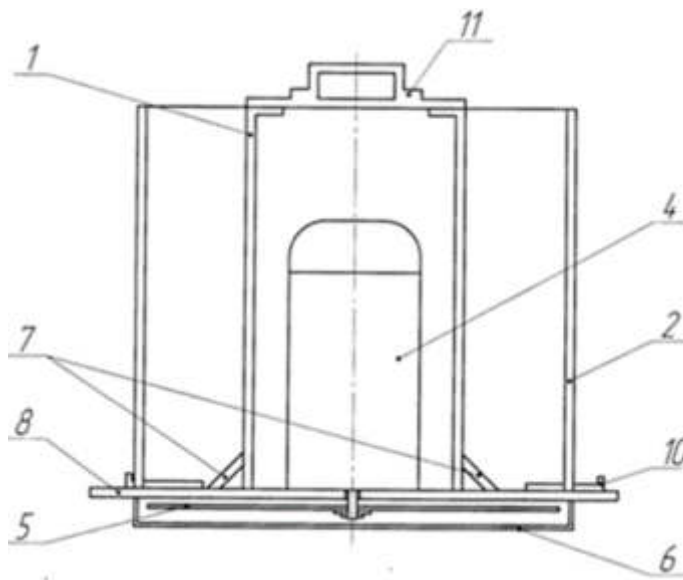
Рисунок 1.13 – Устройство для измельчения зерна (Патент RU 253 4111)

Измельчитель работает следующим образом: зерно загружают в загрузочный бункер, включают электродвигатель, который приведет в действие приводной вал, вал в свою очередь разгоняет разгонную пластину конической формы. Зерно через окно для выхода зерна под собственным весом попадает в рабочую камеру, ударяясь с разгонной пластиной отталкивается в сито, который выполнен виде усечённого конуса, прошедшие зерно сходят из сито, а не измельчённые обратно отталкиваются от сито в разгонную пластину и еще раз измельчаются.

Недостатком устройства является низкая производительность, так как продукт засыпается в рабочую камеру с одной точки струей, в результате работает очень малая часть разгонной пластины равной ее ширине.

Устройство для дробления компонентов кормосмеси представленная на рисунке 1.14 содержит корпус с загрузочным бункером, нижняя часть корпуса служит его основанием, в центре которого установлен отсек с электродвигателем, на вертикальном валу которого закреплен нож в виде прямоугольной пластины, расположенный внутри цилиндрической рабочей камеры с отверстиями, при этом загрузочный бункер выполнен из четырех

отсеков, образованных неподвижно смонтированными радиальными перегородками, между которыми установлены откосы, при этом основание каждого отсека снабжено окном с регулируемой заслонкой для дозирования компонентов кормосмеси [20].



1 – корпус; 2 – загрузочный бункер 3 – перегородки; 4 – электродвигатель; 5 – нож; 6 – рабочая камера с круглыми отверстиями; 7 –откосы; 8 – основания; 9 – окно для выхода зерна; 10 – заслонка для дозирования компонентов; 11 – съемная крышка

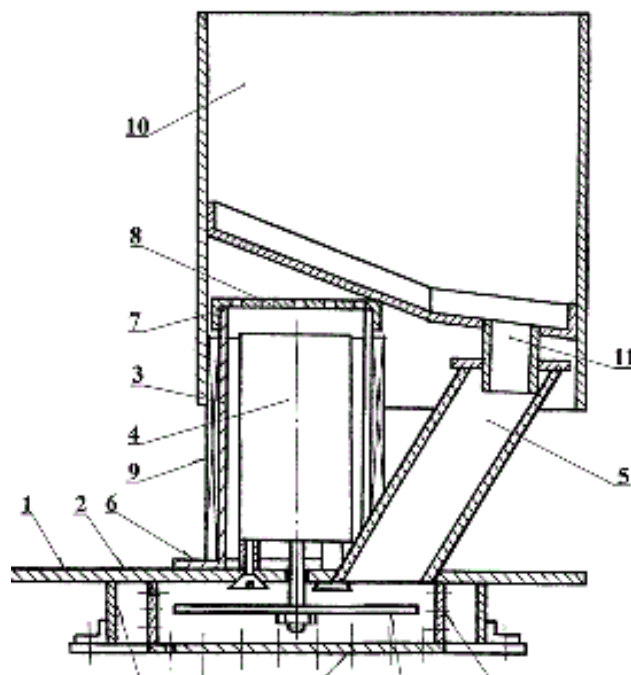
Рисунок 1.14 Устройство для дробления компонентов корма смеси
(ПатентRU 189 600).

Перед началом работы все заслонки должны быть находиться в закрытом положении, после включения электродвигатель, заслонки открывают в нужном соотношении. Каждый компонент поступает в рабочую камеру через окно, где происходит процесс дробления и смешивается и выходит из камеры дробления через сито.

Недостатком дробилки является низкая производительность, срок обслуживания и высокая энергоемкость процесса дробления.

Устройства для измельчения зерна (рисунок 1.15) содержит корпус, основания, электродвигатель, загрузочный патрубок, пластины, направляющая крышка, вентиляционная отверстия, корпус электродвигателя,

бункер для зерна, сменные рубочные ножи, сито, съемная днища, кожух [21].



1 - корпус; 2 - основания; 3 - направляющие; 4 - электродвигателя; 5 - загрузочные трубы; 6 - пластины; 7 - направляющая крышка; 8 - вентиляционные отверстия; 9 - корпус; 10 - бункер для зерна; 11 - загрузочным патрубком; 12 - 13 - сменные рубочные ножи; 14 - цилиндрическое сито; 15 - съемное днище; 16 - кожух

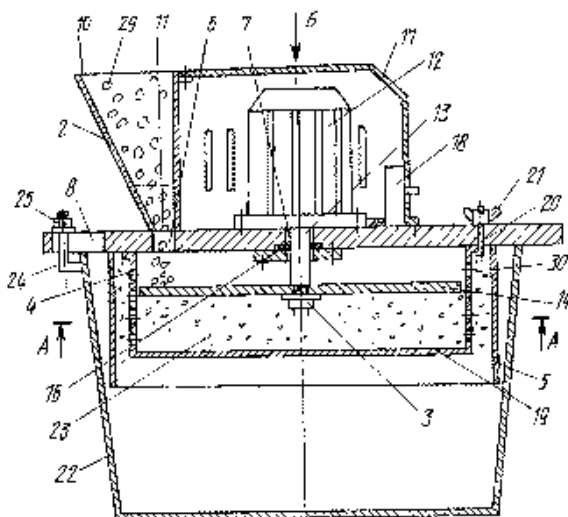
Рисунок 1.15 - Измельчитель (патент RU 103 310)

Устройства работает следующим образом: для измельчения зерна загружают в бункер, после включения электродвигателя через патрубок зерна поступают в рабочую камеру, где измельчается с ножом, который имеет ровную боковую поверхность.

Недостатком устройства является ее низкая производительность, большие частицы измельченного зерна, и высокая энергоемкость.

Устройство для измельчения зерна (рисунок 1.16) содержит станину, бункер, измельчитель, сито и отражатель. Станина сделана виде плиты выгрузным окном для выхода зерна и отверстием под вал измельчителя, который выполнен в виде вертикально установленного на станине высокооборотного электродвигателя, вал которого пропущен

сквозь станину, и симметрично закрепленной на валу пластины. Причем плоскость вращения периферийной ударной части пластины проходит под окном для выхода зерна, сито выполнено съемным и закреплено под измельчителем, а по его периметру с радиальным зазором закреплен отражатель [22].



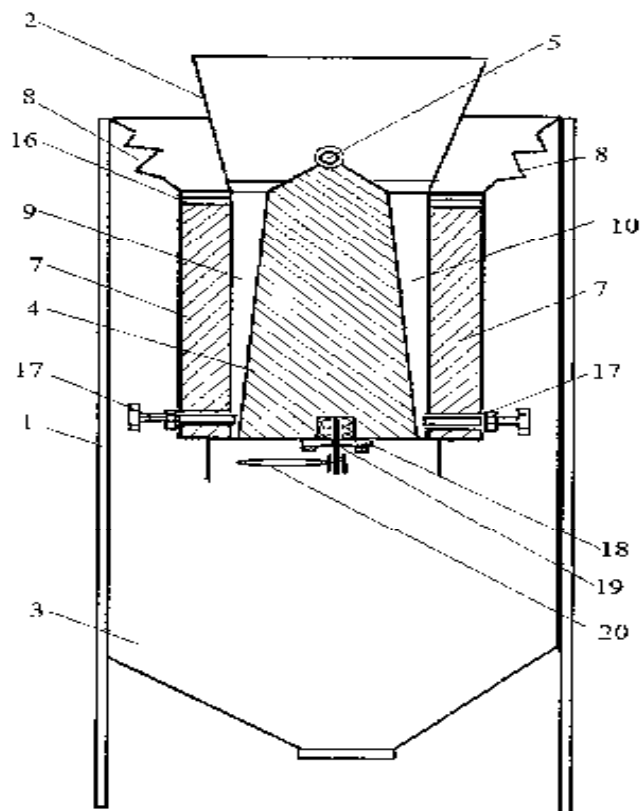
1 – станина; 2 – бункер; 3 – измельчитель; 4 – сито; 5 – отражатель; 6 – окно для выхода зерна; 7 – отверстие; 8 – пазы; 9 – шкала; 10 – раструб; 11 – окно; 12 – электродвигатель; 13 – вал; 14 – пластина; 15 – ударная часть; 16 – шайба; 17 – кожух; 18 – пульт управления; 19 – дно; 20 – винты; 21 – гайки; 22 – тара сборник; 23 – измельченный продукт; 24 – кронштейны; 25 – резьбовые части гайк; 26 - кабель питания, 27 – вилка, 29 – зерно,

Рисунок 1.16 - Устройства для измельчения зерна (патент РФ 2 140325)

Недостатком данного устройства является большой расход электроэнергии, малая удельная производительность, которая характеризуется отношением производительности к расходу электроэнергии, а также большая металлоемкость.

Измельчитель зернового материала предназначен для дробления фуражного зерна и других зернистых культур. Измельчитель состоит из рамы, загрузочного бункера, разгрузочного бункера, маятникового трапецеидального молота, оси, боковых стенок, двух дробильных щек, гибкие

поддерживающие элементы, из двух рабочих камер, подшипниковые узлы, дебалансные валы, гибкой муфты, привод, регулировочных пластин, регулировочных винтов, двух консольных валов лопасти [23].



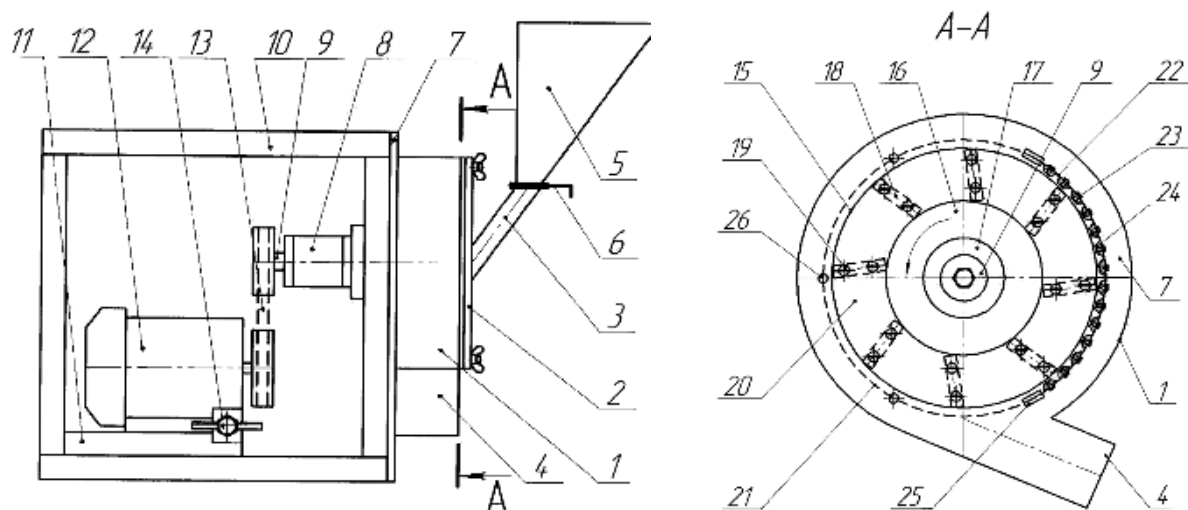
1 – рама; 2 – загрузочный бункер; 3 – выгрузной бункер; 4 – молот; 5 - ось; 6 - боковые стенки; 7 - дробильные щеки; 8 – поддерживающий элемент; 9 -10 рабочие камеры; 11 - подшипниковые узлы; 12 - дебалансные валы; 13 – дебалансиры; 14 - муфту 15 –приводом; 16 - регулировочные пластины; 17 - регулировочные винты, 18 – опора; 19 – консольные валы ; 20 – лопасти

Рисунок - 1.17 Измельчитель зернового материала (патент РФ 2 688 424)

Недостаткам измельчитель зернового материала является высокий расход электроэнергии, вибрация измельчителя , износ рабочих органов (молотков), габаритные размеры измельчителя.

Центробежный измельчитель фуражного зерна содержит корпус, крышка, загрузочная горловина, выгрузная горловина, оперативный

бункер, подвижный шибер, корпус подшипников, приводной вал, раму, основание, электродвигатель, винтовой механизм, показано размещение рабочих органов в корпусе. ротор, диск, плоских разгонных лопат, винты, кольцо, решето, плит, винтов, отбойные элементы [24].



1 – рама; 2 – крышка; 3 – загрузочная горловина; 4 – выгрузная горловина; 5 – опротивный бункер; 6 – подвижный шибер; 7 – пластина; 8 – корпус подшипников; 9 – приводной вал; 10 – рама; 11 – основание; 12 – электродвигатель; 13 - клиноремённая передача; 14 – винтовой механизм; 15 – ротор; 16 – диск; 17 – ступица; 18 - разгонные лопатки; 19 – 23 - винты; 20 – кольцо; 21 – решето; 22 – плита; 24 – отбойные элементы, 25 – кранштейны; 26 – фиксатор

Рисунок 1.17 Центробежный измельчитель фуражного зерна (патент РФ 189 365 424)

Недостатком центробежного измельчителя фуражного зерна является пропускная способность измельчителя, скорость движения зерен по лопаткам для измельчения их ударом об отбойные элементы, пространство между отбойными элементами квадратного сечения забивается частицами зерном, что приводит к снижению пропускной способности и увеличению затрат труда на очистку, энергоёмкость процесса.

1.3 Анализ теоретических исследований измельчения зерна

Определение величины энергии, затрачиваемой на преодоление внутренних сил сцепления зерен при их разрушении, является одной из основных задач в теории дробления и измельчения [4, 6].

Измельчение является одной из основных технологических операций при приготовлении кормов. Данная операция обусловлена физиологическими требованиями кормления животных.

В организме животных питательные вещества усваиваются только в измельченном виде, что способствует ускорению пищеварения. Так, за счет После измельчения зернового материала питательность его повышается на 10-15% [28].

Процесс образования дополнительных поверхностей характеризуется степенью измельчения зерна. Для лучшего дозирования, равномерного смешивания и лучшей сыпучести применяется измельченный продукт.

При измельчения зерна работа затрачивается на следующие показатели:

- 1) на отделение внутренних поверхностей измельчаемых частиц
- 2) сила возникающая трением между рабочими поверхностями и продуктом ;
- 3) внутреннее трение частиц при их измельчении;
- 4) Трение, возникающая при движении рабочих органов машин и другие механические сопротивления. Так как расходуется энергия при измельчении, ему невозможно дать конкретную формулу для подсчета энергии, которая возникает в данном процессе.

В течение многих лет изучения с учеными Фридрихом Киком и профессором Петером фон Риттингером было предложены две теории измельчения зерна.

Фридрих Кик в своей теории исходит из расчета работы, которая необходима для деформации измельчаемого продукта.

Из известной теории упругости, знаем что работа деформации при сжатии равна:

$$A = \frac{\sigma \cdot V}{2 \cdot i}, \quad (1.1)$$

где (σ) – возникающее при деформации напряжение;

(E) – модуль упругости (для зерна 1000 ... 5000 кг/см²);

(V) – объем измельчаемого тела.

Усилие, требуемое для измельчения, по теории Кика определяется следующим образом.

Из формулы (1.1) вид, что отношение работы, потребляемый для измельчения пропорционального объему измельчаемых частиц продукта:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (1.2)$$

где (a_1) и (a_2) – линейные размеры частицы.

Иначе, работа равняется произведению силы на путь, поэтому

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{P_1 \cdot S_1}{P_2 \cdot S_2}, \quad (1.3)$$

где (P_1) и (P_2) – усилия измельчения;

(S_1) и (S_2) – соответствующие абсолютные деформации.

По закону Гука деформация тела пропорциональна его линейным размерам:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{a_1}{a_2}, \quad (1.4)$$

Подставляя в равенство (1.3) вместо отношения деформаций отношение линейных размеров, получаем:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{P_1 \cdot a_1}{P_2 \cdot a_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (1.5)$$

откуда,
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (1.6)$$

Таким образом, Кик в своей теории, определил, что работа на измельчение пропорциональна объему измельчаемого продукта, а усилия измельчения пропорциональны площади поперечного сечения этого продукта.

В связи с этим, данная теория Кика более точно подходит при измельчении крупных продуктов. Данная теория имеет ощутимые погрешности при таком измельчении, такое как в мукомольном производстве.

Теория П. Риттингера более подходит для измельчения зерна в муку. Риттингер исходит из работы, которая требуется для отделения внутренних поверхностей измельчаемых частиц.

Например, кубическая частица, имеет размер равный 1 мм, измельчается в одном случае до частиц с размером в $1/3$ мм, а в другом случае до частиц с размером в $1/4$ мм.

Работа, которая требуется, для первого случая измельчения можем обозначить через (A3), а для другого через (A4). Для этого работу, необходимую для отделения поверхности 1 мм^2 , обозначим через (A).

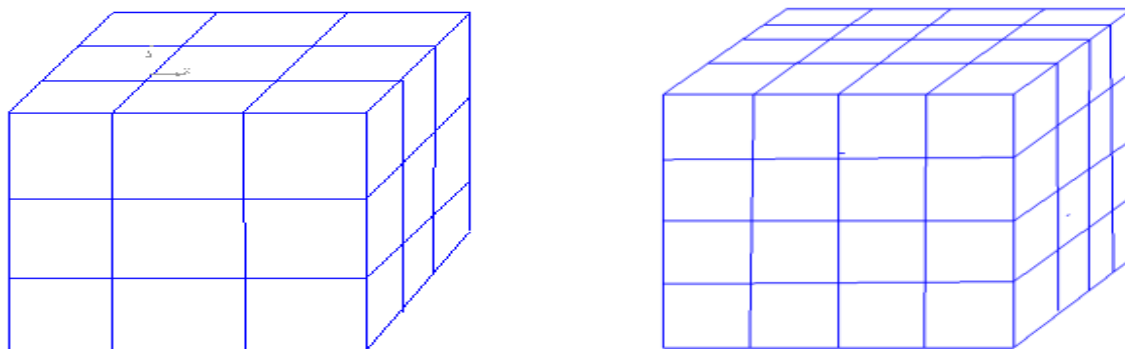


Рисунок 1.7 – Приращение новых поверхностей

На основе выше изложенного рисунка 1.7 можно предполагать, что для деления куба на части с размерами, равными в $1/3$ мм, приходится отделение проводить по шести плоскостям. Здесь поверхность каждой плоскости равна 1 мм^2 , а количество плоскостей выражается следующим образом:

$$6 = 3(3 - 1), \quad (1.7)$$

а работа на измельчение:

$$A_3 = 6A = 3A(3 - 1). \quad (1.8)$$

При делении куба на части, линейные размеры которых равны $\frac{1}{4}$ мм, приходится проводить девять плоскостей, с поверхностью в 1 мм² каждая. Число плоскостей выражается:

$$9 = 3(4 - 1). \quad (1.9)$$

Работа на измельчение:

$$A_4 = 9A = 3A(4 - 1). \quad (1.10)$$

Таким путем можно убедиться, что для измельчения куба на части с линейными размерами в n раз меньшими приходится проводить $3(n - 1)$ плоскости, и работа на такое измельчение будет равна:

$$A_n = 3A(n - 1). \quad (1.11)$$

При делении на (m) частей также получим:

$$A_m = 3Am(m - 1). \quad (1.12)$$

откуда

$$\frac{A_m}{A_n} = \frac{3A(m - 1)}{3A(n - 1)} = \frac{m - 1}{n - 1}. \quad (1.13)$$

При больших величинах (m) и (n) единицей можно пренебречь, и формула работы на измельчение получится:

$$\frac{A_m}{A_n} = \frac{m}{n}. \quad (1.14)$$

Коэффициентом измельчения называется число, показывающее во сколько раз линейный размер измельчаемых частиц больше линейного размера измельченных частиц, Поэтому по теории Риттингера получаем, что работа на измельчение продукта прямо пропорциональна коэффициенту измельчения. Кик значительно облегчил практическую возможность пользования формулой Риттингера, изменив ее в сторону замены показателя степени измельчения на линейные размеры измельчаемых и измельченных частиц.

При измельчении куба с линейным размером стороны (В) при коэффициенте измельчения (n) линейный размер измельчений частицы (b) будет равняться:

$$b = \frac{B}{n}, \quad (1.15)$$

откуда получаем:

$$n = \frac{B}{b}, \quad (1.16)$$

Подставив это выражение в формулу Риттингера, получим работу на измельчение куба с линейными размерами в миллиметрах:

$$A_n = 3A \cdot \left(\frac{B}{b} - 1 \right). \quad (1.17)$$

Если куб имеет длину сторон не в 1 мм, а в (В) мм, то площади раздела будут равны (В) мм² и работа измельчения будет:

$$A_B = 3A \cdot B^2 \left(\frac{B}{b} - 1 \right). \quad (1.18)$$

В 1 мм³ продукта, содержится 1/В³ кубиков со стороной в (В) мм. Поэтому работа измельчения единицы объема продукта, в данном случае 1 мм³ продукта, равна:

$$A_1 = 3A \frac{B^2}{B^3} \left(\frac{B}{b} - 1 \right) = 3A \left(\frac{1}{b} - 1 \right). \quad (1.19)$$

Если возьмем два случая измельчения одного и того же продукта при различных конечных размерах его части, то отношение затрачиваемой работы, согласно указываемой формуле, получается:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{3A \left(\frac{1}{b_1} - \frac{1}{B} \right)}{3A \left(\frac{1}{b_2} - \frac{1}{B} \right)} = \frac{b_2}{b_1} \cdot \frac{B - b_1}{B - b_2}, \quad (1.20)$$

Эта формула дает представление об изменении количества работы, затрачиваемой при измельчении зерна до различных линейных размеров частиц муки [22].

Как видно из этой формулы, чем меньше крупнота измельченных частиц, тем больше расход энергии.

Это положение находит свое подтверждение в мукомольном производстве, в котором получение более тонкой муки связано с большим расходом энергии на размол.

В 1928 году академик П.А. Ребиндер предложил оценивать работу измельчения как сумму работ, затрачиваемых на деформацию разрушаемых кусков и на образование поверхностей, впоследствии названную основным законом измельчения:

$$A = K\Delta V + \sigma\Delta F, \quad (1.21)$$

где K, σ - коэффициенты пропорциональности;

ΔV - деформированный объем;

ΔF - вновь образованная поверхность.

Необходимо отметить, что ни одна из ранее предложенных гипотез не дает достаточно точных результатов при теоретическом определении затрат энергии на измельчение, следовательно энергетические гипотезы измельчения можно рассматривать приближенными. В связи с этим при выводе формулы для расчета мощности привода измельчителя учитывая значительные расхождения между теоретическими и эмпирическими данными, необходимо вводить в нее поправочные коэффициенты, полученные из экспериментальных исследований [23].

Используя основной закон измельчения (1.21) С.В. Мельников в 1952 г. предложил эмпирическую рабочую формулу для определения работы на дробление:

$$A_{\text{изм}} = C_{\text{пр}} \left[C_v \lg \lambda^3 + C_s(\lambda - 1) \right], \quad (1.22)$$

где $A_{\text{изм}}$ - полные затраты работы на измельчение, Дж/кг;;

$C_{\text{пр}}$ - коэффициент процесса;

C_s, C_v - постоянные коэффициенты, Дж/кг;

λ - степень измельчения.

Степень измельчения λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{D_H}{dk}, \quad (1.23)$$

где D_H - средний начальный линейный размер материала, мм;

dk - средний конечный линейный размер материала, мм;

Сопоставляя вероятностному характеру процесса измельчения марковский случайный процесс для степени измельчения Алешкиным В.Р. было получено следующее выражение:

$$\lambda = (t+1)^\alpha \text{ или } \lambda = e^{a \ln(t+1)}, \quad (1.24)$$

где t - время, с;

α - параметр процесса.

Формула (1.24) дает нам теоретически найденную зависимость степени измельчения от времени. Очевидно, что параметр процесса α определяется экспериментально и должен быть меньше единицы. Иначе, чем больше работает молотковая дробилка, тем быстрее возрастает степень измельчения λ . На самом деле следует ожидать, что с увеличением времени t степень измельчения λ возрастает все медленнее [11]. Но в любом случае из формулы (1.24) следует, что степень измельчения может возрасти неограниченно.

Данный процесс является многостадийный, так как корма измельчаются до тех пор, пока они не измельчатся до нужных размеров в камере измельчения. На практике можно допустить существование предельного времени измельчения $t_{\text{пред}}$, такого, что если время переработки

измельчаемого материала превышает $t_{пред}$, то дальнейшего измельчения практически не происходит.

1.4 Задачи исследований

На основании проведённого анализа технических устройств и способов измельчения зерна, а также анализа теоретических исследований процесса измельчения зерна можно сделать вывод, что существует множество устройств для измельчения зерна, но с разными способами воздействия на зерно. Кроме этого, на эффективность измельчения зерна существенное влияние оказывает его физико-механические свойства. Целью работы является повышение эффективности измельчения зерна на основе разработки нового устройства для измельчения.

Исходя из научных исследований были поставлены следующие задачи:

1. разработать конструкцию устройства для измельчения зерна, зная преимущества и недостатки устройств.
2. разработать методику определения показателей эффективности работы измельчителя зерна
3. определить влияние конструктивных особенностей устройства для измельчения зерна на показатели эффективности его работы
4. произвести статистическую обработку полученных результатов эксперимента;
5. сделать выводы по полученным результатам.

2. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

2.1 Рекомендации для устройства измельчения зерна.

Процессом механического действия для разделения твердого тела называется - измельчение. [12].

Работа измельчителя оценивается следующими характеристиками:

- 1) размером измельченных частиц;
- 2) их формой;
- 3) распределением измельченных частиц по классам.

На современном этапе развития науки и техники недостаточно процесс измельчения достаточно полно изучен. Однако устройства предназначенные для измельчения зерна не всегда работают эффективно. Это можно объяснить, что на процесс измельчения влияют множество факторов, которые не всегда учитываются в теоретических исследованиях [29].

Особенности процесса измельчения:

- 1) Свойства зерна: твердость, прочность, однородность, вязкость, состояние и вид поверхности оболочки, степень влажности, стекловидность, размеры, форма, коэффициент трения между частицами материала и другие;
- 2) Свойства измельчительной машины: форма и состояние измельчающих поверхности, скорость движения частиц, масса рабочего органа (масса продукта).

Технический процесс измельчения достаточно дорогой и энергозатратный. Для улучшения процесса измельчения необходимо:

- 1) увеличение производительности измельчителя;
- 2) уменьшение расхода на энергоемкость;
- 3) уменьшение износа рабочих деталей.

Основные эксплуатационные требования для измельчителей и требования безопасности.

- технологические регулировки во время процесса работы измельчения, должны быть без ручного регулирования;
- во время процесса измельчения, необходимо средства индивидуальной защиты, исключающие производственную опасность;
- измельчающие ножи, пластины устройства должны быть статистически и динамически отбалансированы;

- в электрических схемах устройства должны быть предусмотрены автоматы, для защиты от перегрузок и короткого замыкания.

- устройство должно обладать наименьшими энергозатратами и максимальными экономическими показателями.

2.2 Конструкция и принцип действия предлагаемого устройства для измельчения зерна.

При проведении анализа существующих устройств для измельчения зерна, были изучены применяющиеся в производстве устройства и новые конструкции дробилок, которые применяются в сельском хозяйстве. Материалы были взяты из электронных и книжных источников. В результате проведенных анализов были выявлены преимущества и недостатки существующих устройств. Рассмотрим предлагаемую новую конструкцию устройства для измельчения зерна, которые представлены на рисунках (2.1...2.3).

Целью разработки является снижение энергоёмкости в процессе измельчения за счет модернизации устройства, повышение требуемого модуля помола и улучшение производительности измельчителя.

Разрабатываемое устройство для измельчения зерна содержит корпус 1 прямоугольной формы. Внутри него размещен загрузочный бункер 2 выполненный полуконусообразно, который расположен с боковой стороны.

В нижней части загрузочного бункера расположено окно для подачи продукции 3, кроме того она снабжена с задвижкой 4 для контроля подачи зерна. Электродвигатель расположен в отсеке 5 в корпусе 1. На вертикальном расположенном валу 6 устанавливается измельчающий нож 7, который выполнен в виде прямоугольника с обеих сторон. Ко дну отсека электродвигателя прикрепляется цилиндрическая обечайка 8, имеющая отверстия в виде надрезов по всей вертикальной площади. Простота модернизации обечайки позволила добиться улучшения ее работы. Выполнение стандартной обечайки с отверстиями намного энергозатратнее,

чем производство модернизированной обечайки с надрезами. Обечайка закрепляется при помощи четырех болтов.

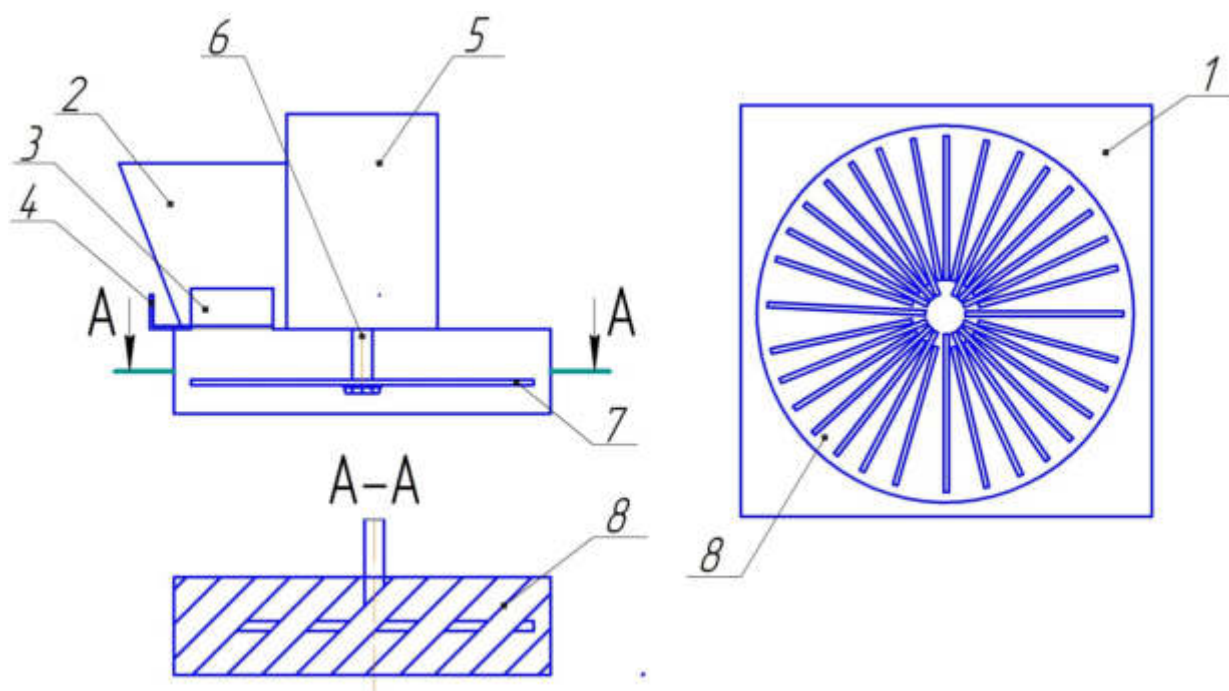


Схема устройства предлагаемого устройства для измельчения зерна.

1 – корпус, 2 – бункер, 3 – окно для подачи зерна, 4 – задвижка для контроля подачи зерна, 5 – отсек электродвигателя, 6 – вал, 7 – нож, 8 – обечайка.

Рисунок 2.1 – схема предлагаемого устройство для измельчения зерна.



Рисунок 2.2 - Общий вид предлагаемого устройства для измельчения зерна



Рисунок 2.3 – Расположение надрезов на предлагаемом устройстве для измельчения зерна

Принцип работы предлагаемого устройства для измельчения зерна.

Зерно или иной исходный продукт измельчения в чистом виде загружается в бункер 2 измельчителя. После включения электродвигателя открывается задвижка 4. Зерно под собственным весом поступает в рабочую камеру измельчения, где под воздействием разгоняющегося ножа 7 измельчается и выходит из машины через отверстия на обечайке. На эффективность процесса влияют форма ножа, скорость его вращения, подача зерна в устройство в единицу времени, влажность подаваемого материала, форма и размеры отверстий на обечайке измельчителя. На предлагаемом устройстве для измельчения зерна используется обечайка новой формой отверстий в виде надрезов по всей ее площади через каждый 10 градусов. Наличие отверстий такой формы позволяет при других одинаковых значениях вышеописанных параметров снизить энергоемкость процесса измельчения [25]. Предлагаемое устройство для измельчения зерна может так же измельчать, овес, пшеницу, просу, ячмень. Измельченный продукт

повышает переваримость и усвояемость питательных веществ в организме. Благодаря измельчению зерна облегчается процесс разжёвывания корма животными, значительно увеличивается площадь соприкосновения измельченного зерна с пищеварительным соком желудочно-кишечного тракта, питательные вещества быстро усваиваются, так как микроорганизмам меньше требуется энергии для расщепления кормосмеси. Одним из основных применяемых способов эффективного кормления животных является измельчение зерна.

Качество и размеры измельченного продукта определяется в зависимости от зерна и вида животных. Для мягкого зерна (овес) модуль помола 2мм, а для твердого (пшеница) модуль помола меньше 1 мм.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Общий план исследований

Программа проведения лабораторных экспериментов проводилась в следующей последовательности:

- 3.1. Методика определения влажности зерна
- 3.2. Методика определения модуля помола зерна
- 3.3. Методика определения энергоемкости на процесс измельчения.
- 3.4 Методика статистической обработки результатов экспериментов

3.1. Методика определения влажности зерна

Влажность зерна определяется методом высушивания навесок [23]. Для определения влажности зерна пшеница использовался сушильный шкаф стерилизационный СШС – 80, термометр ТПК, весы ВК-600 (рисунки 3.1).



Рисунок 3.1 –шкаф сушильный стерилизационный ШСС – 80, термометр ТПК



Рисунок 3.2 – Весы ВК-600

Для определения влажности берутся 5 бюкс и взвешиваются до 0,01 граммов. После этого измельчают 30 граммов зерна и помещают в отдельные бюксы и закрывают плотно крышкой. В дальнейшем из емкости отбирают

порции весом 5 г и ставят в бюксы, точность должна быть взвешена до 5 г размолотого зерна.



Процесс закладывания бюксов в сушильный шкаф - 80т .рисунок (3.4)

В сушильный шкаф, нагретый до 130°C, помещаем подготовленные бюксы, открыв их крышки. В течение 40 минут выдерживаем в сушильном шкафу при температуре 130°C. Достаем бюксы и закрываем плотно притертой крышкой, а затем охлаждаем 15...20 минут.

Охлажденные бюксы с навесками и крышками взвешиваем на весах.

Массу испарившейся влаги выразим в процентах к навеске массой 5 грамм, по разнице масс, до и после высушивания.

Расчетная формула для определения влажности:

$$W = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}, \quad (3.1)$$

где a - масса бюксы с крышкой, гр;

b - масса бюксы с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания, гр;

c - масса бюксы с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания, гр.

Для точного определения влажности пробы проведем пять исследований влажности. Влажность исследуемых проб находят как среднее арифметическое значение, расхождение между пятью определениями допускается не более $\pm 0,5\%$.

3.2 Методика определения модуля помола зерна

Качество продукта, полученного при измельчении, определяют с помощью сит, такой метод называется ситовой анализ. Этот процесс выполняется на решетном классификаторе [17]. В соответствии ГОСТом 8770-58 определяют тонкость помола, а средне взвешенный диаметр частицы (модуль), определяется по формуле:

$$M = \frac{0,5 \cdot G_0 + 1,5 \cdot G_1 + 2,5 \cdot G_2 + 3,5 \cdot G_3}{100}, \quad (3.2)$$

где M – модуль помола, мм; дается в процентном отношении,

G_0 – масса навески на дне классификатора, г;%

G_1, G_2, G_3 – масса навесок на ситах с отверстиями диаметром соответственно 1, 2 и 3 мм, г, %

Определяют помол частиц:

- тонким считается, если модуль помол входит в пределы от 0,2 до 1 мм;
- средним считается, если модуль помола входит в пределы от 1 до 1,2 мм;
- крупным считается модуль помола, если входит в пределы от 1,8 до 2,6 мм.

Из ниже следуемого выражения определяют работу устройства по степени измельчения зерна:

$$\lambda = \frac{D_{\text{э}}}{d_{\text{ср}}}, \quad (3.3)$$

где $d_{\text{ср}}$ —средневзвешенный диаметр частиц измельченного зерна, мм;

$D_{\text{э}}$ —диаметр объема шара, равным объему одного зерна который, эквивалентен диаметру зерна.

Из расчета по С.В. Мельникова можно принять эквивалентно значения для пшеницы равным 3,8 мм. Форма зерна является сложным, для этого применяется понятия эквивалентный диаметра $D_{\text{э}}$.

Эквивалентный диаметр определяется следующим образом.

Из определенной партии зерна отбирают массу 500гр, используя методику ГОСТ 3040-55 «Зерно. Методы определение качества».

Из пробы выделяют две навески зерна по 5 грамм и от каждой из них отбирают по 100 зерен. Далее взвешивают отобранные 100 зерен и определяют среднюю массу каждого зерна.

В мерную пробирку, который наполненный керосином, помещают 100 отобранных зерен. Средний объем зерна (V_3 , см³) определяют разницей керосина до и после погружения.

Для определения среднего объема одного зерна V_3 , требуется повторять опт. Из другой партии ста зерен. Для дальнейших расчетов принимают среднее значение из двух объемов.

Объем вычисляют по эквивалентному диаметру зерна $D_{\text{э}}$ по формуле:

$$D_{\text{э}} = 1,24\sqrt[3]{V_3}. \quad (3.4)$$

По значению эквивалентного диаметра определяют удельную площадь поверхности SH , см²/г исходного (начального) зернового материала по формуле:

$$S_H = \frac{6}{p D_{\text{э}}}, \quad (3.5)$$

где p – плотность зерна, г/см³.

3.3 Методика определения удельного расхода энергоемкости на процесс измельчения.

Большой интерес имеет определения удельного расхода энергия затраченный на измельчение единицы зерна, и определение удельного расхода энергии затрачиваемой на образования новых поверхностей зерна в процессе его измельчения [16].

Эффективность работы и качество измельчения зерна надо учитывать. Таким образом для определения затрат на процесс измельчения рассчитывают из расхода полезной энергии на образование единицы новой поверхности по формуле:

$$A = \frac{P_{\text{д}} - P_{\text{хх}}}{Q_{\Delta S}}, \quad (3.6)$$

где A – удельный расход энергии, Дж/м²;

$P_{\text{д}}$ – мощность на валу ротора измельчителя при измельчении Вт;

$P_{\text{хх}}$ – мощность холостого хода измельчителя, Вт;

– приращение удельной площади поверхности, м²/кг.

Мощность на валу берем из технических характеристик; мощность холостого хода надо взять на 15% меньше от установленной мощности электродвигателя [26]. Производительность устройства, кг/с, определяют по формуле:

$$Q = \frac{G}{t}, \quad (3.7)$$

где G – масса измельченного за время опыта зерна, кг;

t – время опыта, с.

Степень измельчения и удельная площадь поверхности таблице 1.

помол	Средневзвешенный диаметр частиц $d_{\text{ср}}$, мм	Степень измельчения λ	Приращение удельной площади поверхности ΔS , М ² /кг
Очень мелкий	0,4	15	21,9
Мелкий	1	4,2	3,3
Средний	1,8	2,3	1,4
Крупный	2,6	1,6	0,7

Для энергетической оценки процесса измельчения, необходимо вычислить удельный расход полезной энергии на единицу массы по формуле:

$$A_M = \frac{P_D - P_{XX}}{Q}, \quad (3.8)$$

где A_M – удельный расход энергии на единицу массы, Дж/кг.

Энергоемкость процесса измельчения определяется по формуле:

$$Ac = \frac{Pn}{Q\lambda}, \quad (3.9)$$

где Ac - энергоёмкость процесса измельчения с учетом степени измельчения, кВтч/кг;

Pn - полезная мощность, кВт.

3.4 Методика статистической обработки результатов экспериментов

Одним из основных задач статистической обработки результатов экспериментальных данных, является отыскание некоторых величин, которые характеризуют выборную статистическую совокупность. Достаточную статистику об эксперименте можно получить только определив

эти характеристики: среднее значение $\bar{x}$; стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение) – S ; стандартная ошибка (ошибка средней) - $S_{\bar{x}}$; коэффициент вариации - v . [24].

Часто встречающим характеристикой является средняя арифметическая представляющая собой частное от деления суммы значений всех вариантов на их число:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}. \quad (3.10)$$

Одним из важнейших статистических характеристик является среднее квадратическое отклонение, характеризующее рассеяние значений вариантов по отношению к среднему распределения, т.е. к средней арифметической:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}, \quad (3.11)$$

где x - значение отдельных вариантов;

$\bar{x}$ - средняя арифметическая;

n - число вариант.

Среднеквадратическое отклонение – именованное число и выражается в тех же единицах, что и данные измерения. Это затрудняет сравнение разно размерных признаков для оценки степени их варьирования. Относительный показатель изменчивости изучаемого материала может быть вычислен в виде коэффициента вариации:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%. \quad (3.12)$$

Одним из основных задач статистического анализа, является установление степени приближения оценок (средней арифметической, среднего квадратического отклонения и других), вычисленных для выборки, к таким же параметрам генеральной совокупности. Прямая проверка этого,

как правило, невозможна, однако теория математической статистики дает возможность с определенной вероятностью установить пределы, в которых находится средняя генеральной совокупности. Для этого вычисляется ошибка средней:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (3.13)$$

Эта величина, выраженная в тех же единицах измерения, что и средняя арифметическая, характеризует ошибку, которая допускается, рассматривая $\bar{x}$ в качестве средней генеральной совокупности. Учитывая это, среднюю арифметическую записывают обычно с ее ошибкой - $\bar{x} = \pm S_{\bar{x}}$. Стандартное отклонение, средняя квадратичная ошибка отдельного измерения определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{m_i}^{\Pi} (m_{cp} - m_i)^2}{\Pi}}, \Pi \rightarrow \infty \quad (3.14)$$

где m_{cp} - среднее арифметическое значение;

m_i - значение отдельных вариантов;

Π - повторность. (периодичность).

Коэффициент вариации – относительная средняя квадратическая ошибка измеряется в процентах и определяется по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \%. \quad (3.15)$$

4.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Результаты определения влажности зерна

Согласно методике определения влажности изложенной в разделе 3.1., нами была определена влажность пяти партий пшеницы. Результаты определения влажности показаны в таблице 4.1

Таблица 4.1 Результаты эксперимента по определению влажности.

№, опыта.	1	2	3	4	5
Влажность W %	8,6	10,6	12,1	13,2	14,8

Промежуточные результаты определения влажности зерна приведены в приложении.

4.2 Результаты определения модуля помола зерна

Определения модуля помола, было проведено по методике приведенной в разделе 3.2. Было проведено измельчение 5 партий зерна с различной влажностью в двух измельчителях – в существующем, с стандартной обечайкой, и предлагаемом с модернизированной обечайкой. Используемые оборудование показаны на рисунках (4.1...4.4).

Взвешивание партий зерна и продукты измельчения осуществлялся на электронных весах ВК-600. (рисунок 4.1). Измельчение зерна проводились на существующем устройстве измельчения зерна со стандартной обечайкой рисунок (4.2) и на разработанной с модернизированной обечайкой (рисунок (4.3)).



Рисунок 4.1 настольные электронные весы (VK-600).



Рисунок 4.2 Существующий измельчитель со стандартной обечайкой



Рисунок 4.3 Предлагаемое устройство для измельчения зерна с модернизированной обечайкой.

После подготовки 5 партий, с 5 влажностью измельченного материала, начинаем просеивать измельченный продукт. Для этого использовался ситовый классификатор.

Определения модуля помола проводились на ситовом классификаторе ВП-30, который приведен на рисунке (4.4).



Рисунок 4.4 Ситовый классификатор (вибропривод ВП-30Т)

Модуль помола определялся просеиванию через 3 сита, с диаметрами отверстий 1, 2, 3 мм. Представлены на рисунке 4.5



Рисунок 4.5 подбор необходимых сит.

Результат просеивания пшеницы показаны на рисунки (4.6) на двух разных измельчителях.



на существующем измельчители рисунок (4.6).



Рисунок (4.7) на предлагаемое устройство для измельчения зерна.

Результаты определения модуля помола на двух измельчителях показаны на графике (рисунок 4.8).

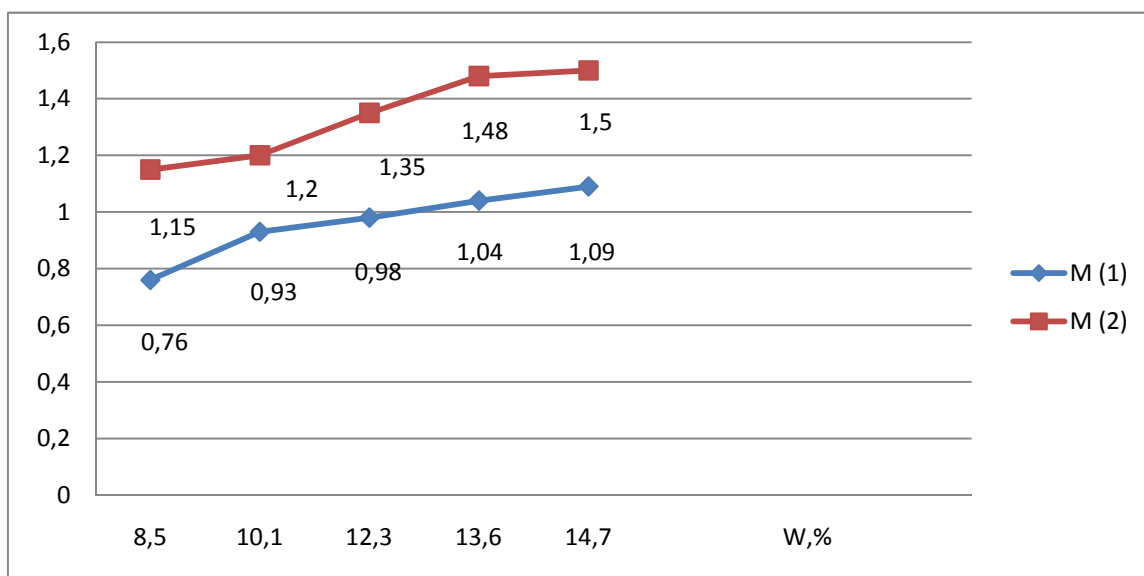


Рисунок – 4.8. График в зависимости модуля помола пшеницы от ее влажности при различных типах обечайки.

M_1 Существующей измельчитель,

M_2 Предлагаемое устройство для измельчения зерна.

Как видно из графика, при влажности зерна пшеницы 8,5 % ее средний модуль помола для существующего измельчителя равнялась $M=1,1$ мм, а для предлагаемого устройства для измельчения зерна $M= 0,76$ мм. При влажности зерна пшеницы 10,1 % ее средний модуль помола для

существующего $M=1,2$ мм, а для предлагаемого устройства для измельчения зерна $M=0,93$ мм. При влажности зерна пшеницы 12,3 % ее средний модуль помола для существующего измельчителя $M = 1,38$ мм, а для предлагаемого устройства для измельчения зерна $M = 0,98$ мм. При влажности зерна пшеницы 13,6 % ее средний модуль помола для существующего измельчителя равнялась $M = 1,48$ мм, а для предлагаемого устройства для измельчения зерна $M = 1,04$ мм. При влажности зерна пшеницы 14,7 % ее средний модуль помола для существующего $M=1,5$ мм, а для предлагаемого устройства для измельчения зерна $M = 1,09$ мм.

В результате проведенных экспериментов установлено, что с повышением влажности зерна повышается его сопротивляемость разрушению, удельный расход энергии на единицу вновь образованной поверхности. Это объясняется увеличением пластичности зерна с повышением влажности. Особенно заметно пластические деформации возрастают в оболочках, значительно сопротивляющихся разрушению. При измельчении сухого зерна нужно употреблять гораздо меньше энергии, чем при измельчении увлажненного зерна. С увеличением влажности зерна расход энергии повышается на единицу вновь образованной поверхности. В независимости от устройств для измельчения зерна, которые предназначены для измельчения зерна при увеличении влажности зерна модуль помола увеличивается.

4.3 Результаты определения энергоемкости на процесс измельчения

Для определения затрат энергии на процесс измельчения определим по формуле (3.6). Расход полезной энергии на образования единицы новой поверхности для существующего и предлагаемого измельчителя определяется:

Для существующего измельчителя:

$$A_{\text{сущ}} = \frac{1,02 - 0,87}{0,041 \cdot 3,3} = 6,4 \text{ Дж/м}^2;$$

Для предлагаемого измельчителя:

$$A_{\text{пред}} = \frac{1,02 - 0,87}{0,041 \cdot 15} = 1,4 \text{ Дж/м}^2$$

Как видно из полученных результатов расход полезной энергии на образования новой поверхности при измельчения зерна пшеницы в предлагаемом нами измельчителе на 80% ниже, чем при измельчение на существующем.

Найдем величину удельного расхода полезной энергии на единицу массы по формуле (3.8)

$$A_M = \frac{1,02 - 0,87}{0,041} = 21,21 \text{ Дж/ кг}$$

Вычислим энергоемкость процесса измельчения по формуле (3.9)

Найдем степень измельчения λ из формулы (3.3) , где D_3 диаметр шара дается по данным Мельникова для пшеницы 3,8мм, а d_{cp} средневзвешенный диаметр берется из таблицы 1 из 3 главы.

Вычислим для существующего измельчителя степень измельчения:

$$\lambda_{\text{сущ}} = \frac{3,8}{1} = 3,8$$

Для предлагаемого измельчителя степень измельчения :

$$\lambda_{\text{пред}} = \frac{3,8}{0,4} = 9,5$$

Вычислим энергоемкость существующего измельчителя:

$$A_{\text{сущ}} = \frac{0,867}{0,041 \cdot 3,8} = 5,6 \text{ КВтч/кг};$$

Энергоемкость разработанного устройства для измельчения зерна

$$A_{\text{Спред}} = \frac{0,867}{0,041 \cdot 9,5} = 2,2 \text{ КВтч/кг}$$

Определяя затрат энергии на процесс измельчения зерна пшеницы в предлагаемом нами устройстве для измельчения зерна с модернизированной обечайкой намного ниже, чем при использования существующем измельчителе зерна.

4.4 Расчет технико-экономических показателей измельчителя

Расчёт массы и стоимости конструкции устройства для измельчения зерна

Масса конструкции устройства для измельчения зерна определяется по формуле:

$$G = (G_k + G_g) \cdot K \quad (4.4.1)$$

где G_k – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_g – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($K=1,05 \dots 1,15$).[32].

Масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Расчёт массы сконструированных деталей

№ пп	Наименование деталей.	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
1	Бункер	0,5	1	2
2	Корпус	4	1	4
3	Электродвигатель	1,5	1	1,5
4	Нож	0,2	1	0,2
5	Гайка	0,02	1	0,2
6	Болт М12	0,02	4	0,8

7	Отражатель	0,	1	0,7
8	Болт м10	0,2	4	0,8
Итого:				6,2

Масса купленных деталей и цены на них представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2 - Масса покупных деталей и цены

№ пп	Наименование деталей	Количество	Масса, кг		Цены, руб	
			Одной	Всего	Одной	Всего
1	Гайка	1	0,02	0,02	20	20
2	Болты М10	4	0,025	0,1	4	8
3	Электродвигатель	1	0,5	0,5	1500	1500
4	Пластина нож	1	0,002	0,02	200	200
Итого:			1,32		1500	

Определим массу конструкции устройства для измельчения зерна по формуле 4.1, подставив значения из таблицы 4.1:

$$G = (6,2 + 0,32) \cdot 1,05 = 6,2 \text{ кг}$$

Определение балансовой стоимости новой конструкции производится на основе сопоставления ее отдельных параметров по расчетно-конструктивному способу с использованием среднеотраслевых нормативов затрат на 1 кг. массы [2]:

$$C_{\text{б}} = [G_{\text{к}} \cdot (C_{\text{з}} \cdot E + C_{\text{м}}) + C_{\text{пд}}] \cdot K_{\text{нац}} \quad (4.4.2)$$

где $G_{\text{к}}$ – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

$C_{\text{з}}$ – издержки производства, приходящиеся на 1 кг, массы конструкции, руб. ($C_{\text{з}} = 0,02 \dots 0,15$);

E – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска (принимается $E = 1,5$);

$C_{\text{м}}$ – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг. ($C_{\text{м}} = 0,68 \dots 0,95$);

$C_{\text{пд}}$ – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.;

$K_{\text{нац}}$ – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ($K_{\text{нац}} = 1,15 \dots 1,4$).

$$C_B = [6,2 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,8) + 1500] \cdot 1,25 = 1883 \text{руб}$$

4.4 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Для расчета технико-экономических показателей необходимо исходные данные

Таблица 4.3 - Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемой	Базовой
1	2	3
Масса конструкции, кг	6	6.2
Балансовая стоимость, руб.	1883	3000
Потребная мощность, кВт	1	1
Часовая производительность, кг/ч	300	250
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб./ч.	80	80
Норма амортизации, %	12,5	12,5
Норма затрат на ремонт ТО, %	10	10
Годовая загрузка конструкции, ч	20	20

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции дается их сравнение.

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как $X_{\text{сущ}}^0$, а проектируемого как $X_{\text{пред}}^1$.

Энергоемкость процесса определяют из выражения:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_z} \quad (4.3)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_z – часовая производительность конструкции; кг/ч.

Подставив значения в формулу (4.3) получим:

$$\Xi_{\text{сущ}}^0 = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг}$$

$$\Xi_{\text{пред}}^1 = \frac{1}{300} = 3 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг}$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (4.4)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_{\text{сущ}}^0 = \frac{6.4}{0,250 \cdot 20 \cdot 3} = 0,4 \text{ кг/т}$$

$$M_{\text{пред}}^1 = \frac{6}{0,300 \cdot 20 \cdot 3} = 0,3 \text{ кг/т}$$

Фондоёмкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_{\text{б}}}{W_z \cdot T_{\text{год}}} \quad (4.5)$$

где $C_{\text{б}}$ – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_{\text{сущ}}^0 = \frac{3000}{0,250 \cdot 20} = 600 \text{ руб./кг}$$

$$F_{\text{пред}}^1 = \frac{1883}{0,3 \cdot 20} = 313 \text{ руб./кг}$$

Трудоёмкость процесса определяют по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z} \quad (4.6)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_{\text{сущ}}^0 = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ чел} \cdot \text{час/кг}$$

$$T_{\text{пред}}^1 = \frac{1}{0,3} = 3,3 \text{ чел} \cdot \text{час/кг}$$

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{\text{зн}} + C_{\text{э}} + C_{\text{пто}} + A \quad (4.7)$$

где $C_{\text{зн}}$ – затраты на оплату труда, руб/кг;

$C_{\text{пто}}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/кг;

$C_{\text{э}}$ – затраты на электроэнергию, руб/кг;

A – амортизационные отчисления, руб/кг.

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$C_{\text{зн}} = Z \cdot T_e \quad (4.8)$$

где Z - часовая тарифная ставка, руб/ч:

$$C_{\text{сущ}}^0 = 100 \cdot 4 = 400 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{пре}}^1 = 100 \cdot 3,3 = 330 \text{ руб/кг}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{\text{э}} = \Pi_{\text{э}} \cdot \mathcal{E}_c \quad (4.9)$$

где $\Pi_{\text{э}}$ - комплексная цена за электроэнергию, руб/кВт.

$$C_{\text{сущ}}^0 = 2,8 \cdot 4 = 11,2 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{пред}}^1 = 2,8 \cdot 3,3 = 9,24 \text{ руб./кг}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{\text{пто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{пто}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (4.10)$$

где $H_{\text{пто}}$ - суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

Полученные значения подставим в формулу.4.10:

$$C_{\text{сущ}}^0 = \frac{3000 \cdot 10}{100 \cdot 0,25 \cdot 20} = 600 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{пред}}^1 = \frac{1883 \cdot 10}{100 \cdot 0,3 \cdot 20} = 313 \text{ руб./кг}$$

Затраты на амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_6 \cdot a}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}} \quad (4.11)$$

где a - норма амортизации, %.

$$A^0 = \frac{3000 \cdot 12,5}{100 \cdot 0,25 \cdot 20} = 750 \text{руб./кг}$$

$$A^1 = \frac{1883 \cdot 12,5}{100 \cdot 0,3 \cdot 20} = 393 \text{руб./кг}$$

Полученные значения подставим в формулу 4.7:

$$S_{\text{сущ}}^0 = 400 + 11,2 + 600 + 750 = 1762 \text{руб./кг}$$

$$S_{\text{пред}}^1 = 330 + 9,24 + 313 + 393 = 1045 \text{руб./кг}$$

Приведённые затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_H \cdot F_H \cdot k \quad (4.12)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,1$);

F_H – фондоемкость процесса, руб./кг;

k – удельные капитальные вложения, руб./кг.

$$C_{\text{сущ}}^0 = 1762 + 0,1 \cdot 600 = 1882 \text{руб./кг}$$

$$C_{\text{пред}}^1 = 1045 + 0,1 \cdot 313 = 1076 \text{руб./кг}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_q \cdot T_{год} \quad (4.13)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (1762 - 1045) \cdot 0,25 \cdot 20 = 3585 \text{руб.}$$

Для определения годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$E_{год} = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W_q \cdot T_{год} \quad (4.14)$$

$$E_{год} = (1882 - 1076) \cdot 0,3 \cdot 20 = 4836 \text{руб.}$$

Для определения капитальных вложений определяют срок окупаемости по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}} \quad (4.15)$$

$$T_{ок} = \frac{1883}{4836} = 0,4$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б}} \quad (4.4.16)$$

$$E_{эф} = \frac{4836}{1883} = 0,38$$

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции показаны в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, кг/с	250	300	1,2
2	Фондоёмкость процесса, руб./кг	600	312	0,52
3	Энергоёмкость процесса, кВт./кг	1	1	1
4	Металлоёмкость процесса, кг/т	0,4	0,3	0,12
5	Трудоёмкость процесса, чел*ч/кг.	4	3	1,3
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг	546	408	1,6
7	Уровень приведённых затрат, руб./кг.	1882	1076	1,5
8	Годовая экономия, руб.	3585		
9	Годовой экономический эффект, руб.	4836		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,4		

11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	0,38
----	--	------

Как видно из таблицы 4.4 предлагаемая конструкция устройства для измельчения зерна является экономически эффективной, так как срок окупаемости равен: 2 года и коэффициент эффективности равен 0,36.

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ ПО РАБОТЕ

1. На основе проведенного анализа способов измельчения зерна при производстве кормов для животных было выявлено большое их разнообразие, а выбор способа напрямую завесить от вида приготавливаемого корма. Для нашего случая, при приготовление концентрированного корма наиболее рациональным является измельчение резкой.
2. На основе выявленных недостатков существующих измельчителей разработана схема и конструкция нового устройства для измельчения зерна, отличающееся от существующих выполнением обечайки, в частности формой и расположением отверстий.
3. На основе разработанной методики определения показателей эффективности работы устройства для измельчения зерна определено влияние конструктивных особенностей разработанного устройства для измельчения зерна на модуль помола (M), степень измельчения(λ), расход полезной энергии на образование единице новой поверхности (A), расход удельной полезной энергии на единицу массы (A_m), энергоемкость процесса измельчения с учетом степени измельчения (A_c).
4. Проведенные лабораторные исследования показали, преимущество разработанного устройства для измельчения зерна перед существующим, в частотности при практически одинаковом модули помола($M_{\text{сущ}}=1,2$), ($M_{\text{пред}}=0,7$) полезная энергия на образование единице новой поверхности при работе предлагаемого устройство для измельчения зерна меньше на 80% ниже чем у существующего, энергоемкость процесса измельчения с учетом степени измельчения ниже на 60%.
5. При расчете технико-экономических показателей разработанного устройства для измельчения зерна годовая экономика составляет 690руб, годовой эффект 996 руб, срок окупаемости капитальных вложений составляет 2 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешкин В.Р., Рощин П.М. Механизация животноводства. - М.:Агропромиздат, 1985. - 336 с.
2. Булгариев Г.Г. Методическое указание по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ / Г.Г. Булгариев.- Казань, 2011.-13-18с.
3. Валиев А.Р. Некоторые проблемы технического обеспечения АПК и перспективы его развития / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Н.Н. Хамидуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. -2008. -№2 (8). -С. 148-152.
4. Все о технологии продуктов // Теория измельчения зерна. – 2015 / [Электронный ресурс] / URL: <http://hleb-produkt.ru/mukomolnoe-proizvodstvo/1545-teoriya-izmelcheniya-zerna.html/> (Дата обращения: 8.06.2018 г.)
5. Виды дробилок, их назначение и применение // Каталог. – 2018 [Электронный ресурс] - URL: https://www.jonwai.ru/articles/vidi_drobylok.html (дата обращения 15.05.2019)
6. Все о технологии продуктов // Теория измельчения зерна. – 2015 / [Электронный ресурс] / URL: <http://hleb-produkt.ru/mukomolnoe-proizvodstvo/1545-teoriya-izmelcheniya-zerna.html/> (Дата обращения: 8.06.2018 г.).
7. Елисеев В.А. Исследование процесса измельчения зерна ударом // автореферат дис. кандидата технических наук / В.А. Елисеев. – М.: Московский технологический институт пищевой промышленности, 1962. – 22 с.
8. Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Хамидуллин Н.Н. Некоторые проблемы технического обеспечения АПК и перспективы его развития // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2008. Т. 3. № 2 (8). С. 148-152.

9. Зиганшин Б.Г. Технологии и технические средства приготовления кормов / Б.Г. Зиганшин. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2003. – 188с
10. Зиганшин Б.Г. Технологии и технические средства приготовления кормов / Б.Г. Зиганшин. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2003. – 188с.
11. Измельчитель зерна «Фермер» : пат. 2 229 935 Федерация: МПК В02С 13/14 / Берсенёв А.Ю., Лузгин А.Ф., Пашаян В.А. : заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Уралспецмаш». № 2002113502/12; заял. 23.05.2002 ; опубл. 10.06.2004. Бюл. № 16
12. Лотфуллин Р.Ш., Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В. Влияние коэффициента восстановления зерна на процесс шелушения при его ударе о деку пневмомеханического шелушителя. Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29: сб. трудов XXIX Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т.5 / под общей редакцией А.А. Большакова. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т; Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), СПбПУ, СПИИРАН; Самара: Самарск. гос. техн. ун-т, 2016. – С. 34-37.
13. Машины и оборудование для послеуборочной обработки и хранения зерна // Каталог. – 2019 / [Электронный ресурс] - URL: устройства для измельчения зерна (Дата обращения: 25.04.2019 г.).
14. Механизация измельчения зерновых кормов // Студопедия.-[Электронный ресурс] / URL: https://studopedia.ru/4_3484_mehanizatsiya-izmelcheniya-zernovih-kormov.html/ (Дата обращения: 8.06.2019 г.).
15. Определение модуля помола и степени измельчения зерна // [Электронный ресурс] / URL: <http://kalxoz.ru/str/12drobilki2.htm/> (Дата обращения: 16.06.2019 г.)
16. Определение удельного расхода энергии на процесс измельчения // [Электронный ресурс] / URL: <http://kalxoz.ru/str/12drobilki2.htm/> (Дата обращения: 16.06.2018 г.)

17. Определение модуля помола и степени измельчения зерна // [Электронный ресурс] / URL: <http://kalxoz.ru/str/12drobilki2.htm/> (Дата обращения: 16.06.2019 г.)
18. патент на изобретение 2 341 330 C1 RU, МПК B02C 9/00. Устройство для дробления зерна / Е.Ф. Ширин, В. И. Шевцов, Л.Н. Сидоров, В.И. Цыгикало, Б.Б. Буняев – Оpubл. 20.12.2008. Бюл. №35
19. Патент на изобретение 2534111 C1 RU, МПК B02C13/04, B02C9/00. Устройство для дробления зерна / В.И. Лобанов, С.Ю. Бузоверов, М.Ю. Жуков – Оpubл. 27.11.2014.
20. Патент на полезную модель 189 600 B02C 9/02 A23K 40/00 (2016.01)A23N 17/00 (2006.01) C1 RU, МПК Устройство для дробления компонентов кормосмеси / Ч. Н. Овикович. Оpubл - : 28.05.2019 Бюл. № 16.
21. Патент полезная модель 103 310 C1 RU, МПК B02C 18/06. Измельчитель / А.П. Блажко – опубл. 10.04.2011. Бюл. № 10
22. Патент на изобретение 2 140 325 C1 RU, МПК B02C 9/04, B02C 7/18, B02C 13/16. Устройство для измельчения зерна / П.В. Мальцев, А.Ю. Берсенев, А.Ф. Лузгин – опубл. 27.10.1999.
23. Патент на изобретения 2 688 424 C1 RU, МПК B02C 19/16 Измельчитель зернового материала / И.Я. Федоренко, А.М. Левин, А.В. Табаев – опубл. 21.05.2019. Бюл. № 15
24. патент на полезную модель 189 365 424 C1 RU, МПК B02C 13/00 (2006.01) центробежный измельчитель фуражного зерна / А.М. Абалихин, А.В. Крупин, Т.А. Жукова, Е.А. Долгова / Оpubл. - 21.05.2019. Бюл. № 15
- удельного расхода энергии на процесс измельчения // [Электронный ресурс] / URL: <http://kalxoz.ru/str/12drobilki2.htm/> (Дата обращения: 16.06.2018 г.)
25. Сабиров И.Н., Дмитриев А.В. Анализ конструкций машин для измельчения зерна / Агроинженерная наука XXI века Научные труды региональной научно-практической конференции . – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. 2018. С. 204-211.

25. Семенов Е.В., Коробицин А.А., Карамзин В.А. Расчет производительности молотковой дробилки // Хранение и переработка сельхозсырья.- 1996. - № 1. - с.18.
26. Семенов Е.В., Коробицин А.А., Карамзин В.А. Расчет производительности молотковой дробилки // Хранение и переработка сельхозсырья.- 1996. - № 1. - с.18.
27. Сыроватка В.И. Исследование процесса измельчения зерна ударом // Тракторы и сельхозмашины. - 1962. - № 11. - С.27-29
28. Тарасенко А.П. Перспективы совершенствования механизации производства семян / А.П. Тарасенко, М.Э. Мерчадова, В.И. Оробинский, Р.А. Тарасенко// хранение и переработка зерна. Днепропетровск. 2000.- №6 (12). С. 38-39.
29. Технологии и оборудование для производства комбикормов в хозяйствах // Справочник [Текст] / Н.П. Мишунов. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. - 204 с.
30. Устройство для измельчения зерна : пат. 116 790 Рос. Федерация : МПК В02С 9/02 / Хованов П. И. : заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ТермМикс". № 2012100684/13; заявл. 11.01.2012 ; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16.
31. Устройство для измельчения зерна: пат. 54 533 Рос. Федерация: МПК В02С 9/02 / Сагитов Ф.Х. : заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "СпецТехСервис". № 2006102376/22; заявл. 27.01.2006 ; опубл. 10.07.2006, Бюл. № 36
32. Файловый архив студентов // Алтайский государственный технологический университет / [Электронный ресурс] / StudFiles. - URL: <https://studfiles.net/preview/1825487/page:12/> (Дата обращения: 12.06.2019г.).
33. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины – М.: Колос, 2003 – 624 с.
34. Основные принципы измельчения: [Электронный ресурс] / URL:<http://www.pharmspravka.ru/obschie-proizvodstvennyie->

voprosyi/izmelchenie-i-proseivanie-tverdyih-tel/osnovnyie-printsipyi-izmelch.html
(дата обращения 11.11.2017).

Приложения

Приложение А

Таблица №1

Результаты экспериментов по определению влажности пшеницы

Номер бюкса, №	Масса бюкса с крышкой- а, г	Масса бюкса с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания- в, г	Масса бюкса с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания- с, г	Влажность, w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ W, %	Сред- няя влаж- ность W _{ср} , %
1	2	3	4	5	6
1	24,58	29,58	29,15	8,6	8,6
2	23,58	28,58	28,15	8,6	
3	24,50	29,50	28,06	8,8	
4	24,54	29,54	29,12	8,4	
5	24,58	29,58	29,15	8,6	
1	29,95	29,95	29,45	10,1	10,1
2	26,40	31,40	30,90	10,2	
3	25,00	30,00	29,51	10,1	
4	25,04	30,04	29,50	10,3	
5	25,08	30,08	29,60	9,6	
1	26,25	31,25	30,64	12,2	12,3
2	27,70	32,70	32,09	12,2	
3	25,30	30,30	29,68	12,1	
4	26,34	31,34	30,70	12,3	
5	26,38	31,38	30,79	11,8	

Номер бюкса, №	Масса бюкса с крышкой- а, г	Масса бюкса с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания- в, г	Масса бюкса с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания- с, г	Влажность, w $= \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ W, %	Сред- няя влаж- ность W _{ср} , %
1	2	3	4	5	6
1	26,25	31,25	30,58	12,8	13,2
2	27,70	32,70	32,04	13	
3	25,30	30,30	29,62	13,2	
4	26,34	31,34	30,64	13,6	
5	26,38	31,38	30,69	13,4	
1	27,75	32,75	32,31	15,6	14,7
2	24,45	29,45	28,43	12,4	
3	24,46	29,46	28,44	15,8	
4	27,84	32,84	32,08	15,6	
5	27,88	32,88	32,14	15,8	

Приложение Б

Таблица №2

Результаты экспериментов по определению модуля помола зерна
Модуль помола для существующего измельчителя.

	W, %	M (мм)	M (мм) ср
1.	8,5	1,15	1,1
2.		1,12	
3.		1,17	
4.		1,16	
5.		1,11	
1.	10,1	1,2	1,2
2.		1,1	
3.		1,2	
4.		10,70	
5.		10,4	
6.	12,3	1,3	1,38
7.		1,4	
8.		1,5	
9.		1,1	
10.		1,6	
11.	13,6	1,47	1,48
12.		1,49	
13.		1,5	
14.		1,48	
15.		1,46	
16.	14,7	1,5	1,5
17.		1,49	
18.		1,51	
19.		1,47	
20.		1,53	

Приложение В

Таблица №3

Результаты экспериментов по определения модуля помола зерна пшеницы

Модуль помола для предлагаемого устройство для измельчения зерна.

	W, %	M (мм)	M (мм) ср
1.	8,5	0,77	0,76
2.		0,75	
3.		0,76	
4.		0,78	
5.		0,74	
1.	10,1	0,95	0,93
2.		0,93	
3.		0,92	
4.		0,96	
5.		0,94	
6.	12,3	0,98	0,98
7.		0,97	
8.		0,99	
9.		1	
10.		0,96	
11.	13,6	1,02	1,04
12.		1,06	
13.		1,05	
14.		1,0	
15.		1,04	
16.	14,7	1,11	1,09
17.		1,13	
18.		1,0,7	
19.		1,06	
20.		1,09	

