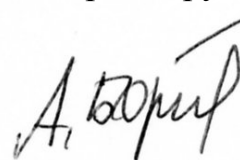


На правах рукописи



БОРИСОВ АЛЕКСЕЙ ПАВЛОВИЧ

**РЕЖИМЫ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ЗЕРНА ПОСРЕДСТВОМ
МАЯТНИКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ**

Специальность 05.20.01 –
Технологии и средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул – 2009

Работа выполнена в Алтайском государственном техническом
университете им. И.И. Ползунова

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор,
заслуженный изобретатель РФ
В.Л. Злочевский (ГОУ ВПО Алтайский
государственный технический
университет им. И.И. Ползунова)

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
В.И. Земсков (ФГОУ ВПО Алтайский
государственный аграрный университет)

кандидат технических наук
В.И. Костров (Администрация Алтайского
края. Управление пищевой,
перерабатывающей и фармацевтической
промышленности)

Ведущее предприятие: Алтайский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства (г. Барнаул)

Защита состоится "24" декабря 2009 г. в "13-00" часов на заседании
диссертационного совета Д 212.004.02 при Алтайском государственном
техническом университете по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

Факс: (3852) 36-71-29

www.altu.secna.ru; ntsc@desert.secna.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке
Алтайского государственного технического университета
им. И.И. Ползунова.

Автореферат разослан "23" ноября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Куликова Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Одним из основных этапов технологического процесса любого зерноперерабатывающего предприятия является измельчение зерна и промежуточных продуктов размола.

Практика показала, что наиболее эффективное решение - это постепенное (поэтапное) извлечение эндосперма. Принцип такой технологии заключается в первоначальном грубом дроблении зерна, в получении промежуточных фракций, а затем в отдельном измельчении фракций различной крупности.

Потенциальные технологические ресурсы типичного зерна весьма велики. Оно содержит от 78% до 84% эндосперма с зольностью 0,35 – 0,55%. Это значит, что при полном использовании зерна можно было бы выработать до 84% муки высоких сортов. Однако при достигнутом в последние годы общем выходе сортовой муки 78% и действующих нормах качества еще имеется разрыв между потенциальными возможностями и фактическим использованием зерна, свидетельствующим о наличии резервов в мукомольной промышленности.

Основным оборудованием зерноперерабатывающих предприятий для измельчения зернового сырья в муку являются вальцовые станки, рабочим органом которых является пара валков расположенных параллельно друг другу и вращающихся в противоположные стороны с разными скоростями. Недостатком этих машин является переизмельчение зерна, чрезмерный нагрев продукта и высокие энергозатраты, что ведет к ухудшению качества вырабатываемой муки.

Целью данной работы является повышение технологической эффективности разрушения зерновых материалов посредством изучения энергетических характеристик и снижения энергозатрат с повышением выхода круподуновых продуктов.

Для достижения поставленной цели в диссертации были определены и решены следующие **задачи**:

- 1) экспериментальное определение энергетических характеристик процесса разрушения зернового материала;
- 2) разработка механико-технологических режимов процесса разрушения зерновых материалов маятниковым измельчителем;
- 3) разработка системы управления автоматизированного электропривода маятникового измельчителя;
- 4) разработка состава и структуры автоматизированного рабочего места (АРМ) для определения энергетических характеристик при разрушении зерновых материалов.

Методы исследования. Основные результаты выполненной работы получены с использованием как стандартных, так и оригинальных методик экспериментальных исследований процессов измельчения зернового материала.

Размол зернового материала производили с помощью разработанного на кафедре МАПП ГОУ ВПО АлтГТУ им. И.И. Ползунова и запатентованного маятникового измельчителя.

Система управления процессом размола зернового материала основана на разработанном и запатентованном электроприводе с низкочастотном однофазно-трёхфазном полупроводниковом преобразователе частоты, ведомом сетью.

Процессы регистрации затрат энергии на разрушение зернового материала регистрировались оригинальной методикой, которая обеспечивает сбор данных и их обработку с использованием компьютерной техники.

Достоверность полученных результатов при решении поставленных в диссертационной работе задач обеспечивалась использованием современных серийных приборов, технологического оборудования, компьютерной техники, достаточным количеством повторений опытно-экспериментальных исследований, а также получением адекватных практических результатов.

Научная новизна работы:

1. Разработана оригинальная методика процесса разрушения зернового материала с использованием автоматизированного рабочего места посредством созданного алгоритма работы системы автоматического управления данным процессом.
2. Установлена область эффективной работы системы автоматического управления маятниковым измельчителем и определены рациональные режимы технологического процесса.
3. Определены значения основных параметров (энергозатраты, производительность) и произведено сравнение с существующими методами размола зернового материала.

Практическая значимость работы:

1. Разработан и изготовлен оригинальный маятниковый измельчитель.
2. Разработаны структурная и электрическая схемы системы автоматического управления и изготовлен блок автоматического управления процессом размола зернового материала с помощью маятникового измельчителя.

3. Разработан и изготовлен оригинальный низкочастотный однофазно-трёхфазный полупроводниковый преобразователь частоты, ведомый сетью.

4. Выполнена апробация разработанного автоматизированного рабочего места для измельчения зернового материала в опытно-экспериментальном режиме на базе ГОУ ВПО Алтайского Государственного Университета им. И.И. Ползунова, подтвердившая работоспособность устройства в области рекомендуемых режимов размола и рекомендованная для внедрения в учебный процесс по специальностям «Машины и аппараты пищевых производств» и «Технология переработки зерна».

5. Полученные результаты рассмотрены и приняты производственной компанией ЗАО «Союзмука» с целью совершенствования процесса измельчения зерновых материалов, позволяющего использовать автоматизированное рабочее место как предсистему перед дранными системами.

6. Рассмотренные материалы по измельчению зерновых материалов с применением предсистемы (маятниковый измельчитель) приняты к использованию при проектировании малогабаритных мельниц, выпускаемых промышленной группой «СТРОИТЕЛЕВ».

Результаты по разработке и исследованию режимов работы устройства бесконденсаторного запуска трёхфазного электродвигателя от однофазной сети доложены на конференции «Наука и молодежь – 2008», IV Всероссийской научно-практической конференции «Виртуальные и интеллектуальные системы 2009» и девятой международной научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств 2009», а также на крупнейшей агропромышленной выставке Сибири «Алтайская Нива 2009».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Основы процесса разрушения зернового материала посредством взаимодействия колеблющейся маятниковой поверхности и опорной.

2. Алгоритм система автоматического управления (САУ) движения маятникового измельчителя.

3. Разработка технологических основ измельчения для первичного разрушения зерновых материалов с использованием предсистемы и ее использование в существующем технологическом процессе производства муки.

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены и доложены на региональных конференциях по вопросам современных технологий и автоматизации управления.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, в том числе 1 в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 патента на изобретение РФ, 1 патент на полезную модель и 1 положительное решение на выдачу патента на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Диссертация изложена на 158 страницах, содержит 68 рисунков, 26 таблиц и 4 приложения.

Автор выражает благодарность за оказанную помощь сотрудникам кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», в частности С.А. Троцко, заведующему кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств» к.т.н., профессору В.П. Тарасову, а также профессору кафедры «Автоматизированный электропривод и электротехнологии» М.И. Стальной, которая осуществляла консультирование по вопросам электропривода.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность решаемой в диссертации проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность результатов работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ существующей проблемы размола зерновых материалов и наиболее распространенные способы ее решения, а также обзор оборудования для размола зерновых материалов.

Измельчение рассматривается как процесс производства (приращения) поверхности частиц зерна, то есть образование новых поверхностей составляет основное содержание всякого процесса измельчения. С точки зрения получения муки различных сортов к процессу измельчения зерновых устанавливают требуемые размеры или крупность частиц. Однако, чтобы дать энергетическую оценку процессов измельчения, этого недостаточно. Необходимо знать степень измельчения материалов.

Степень измельчения $i_{из}$ это отношение средних размеров D_m , L_m кусков материала до измельчения к средним размерам частиц продукта после измельчения (d_m , l_m), то есть

$$i = \frac{D_m}{d_m} = \frac{L_m}{l_m},$$

Вальцовый станок служит для измельчения продукта. Существенной частью его являются два металлических вальца, расположенных параллельно друг другу и вращающихся в противоположные стороны. Продукт подается равномерной тонкой лентой посредством питающего механизма и подвергается измельчению при прохождении в зазоре между вальцами.

Среди факторов, влияющих на эффективность процесса измельчения зерновых продуктов, важное место отводится *кинематическим* и *геометрическим* параметрам вальцовых станков. К *кинематическим* параметрам относят окружные скорости быстро- и медленно вращающегося вальцов v_b и v_m , а также отношение их скоростей.

К *геометрическим* параметрам вальцового станка относят: диаметр вальцов $2R_в$, ширина щели (т. е. кратчайшего расстояния между вальцами) $b_в$, размер входящего продукта $a_в$; характер поверхности вальцов – рифленая или микрошероховатая; параметры рифления вальцов – число рифлей на единицу длины окружности вальца p_p , уклон рифлей y_p , профиль рифлей, взаимное расположение рифлей парно работающих вальцов, параметры микрошероховатости.

Производительность вальцового станка зависит в основном от условий входа зерна или промежуточных продуктов в зону измельчения.

Вторая глава посвящена разработке измельчителя маятникового типа, образованного двумя цилиндрическими поверхностями как в вальцовом станке, но одна из них – внешняя поверхность цилиндра, а другая – внутренняя, как показано на рисунке 1.

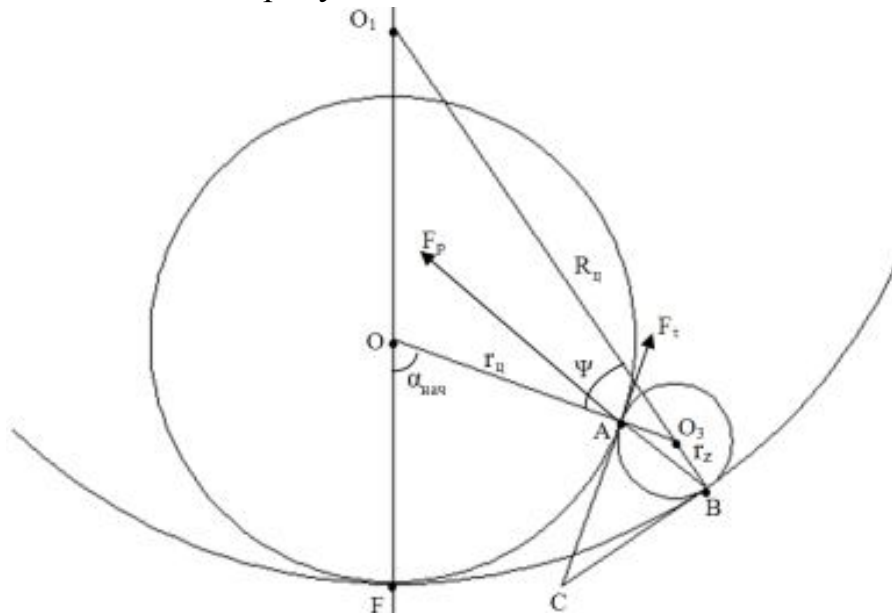


Рисунок 1 – Схема взаимодействия зернового материала с рабочими органами измельчителя

Очевидно, и процесс разрушения в данной схеме будет в значительной мере отличаться оттого, что происходит в вальцовом станке.

После захвата зерновки по схеме, показанной на рисунке 1, начинается процесс упругой и пластической деформаций. Когда достигается предел прочности оболочки, она раскрывается. Такое разрушение должно происходить по самому ослабленному месту оболочки – бороздке. Очевидно, что такой процесс несравним с резанием зерновки, как это происходит на первых драных системах, использующих рифленые валки.

Нижняя поверхность (рисунок 2) выполнена регулируемой. С помощью регулировки можно изменять геометрию рабочей зоны. Конструкция измельчителя позволяет легко заменять рабочие поверхности. Это открывает возможность исследовать разрушение зерна при различных характеристиках поверхностей и при различных геометрических параметрах рабочей зоны. Еще одной важной особенностью лабораторного комплекса является автоматизация процесса регистрации движения рабочего органа, выполненного в виде маятника, и дальнейшей обработки результатов измерений.

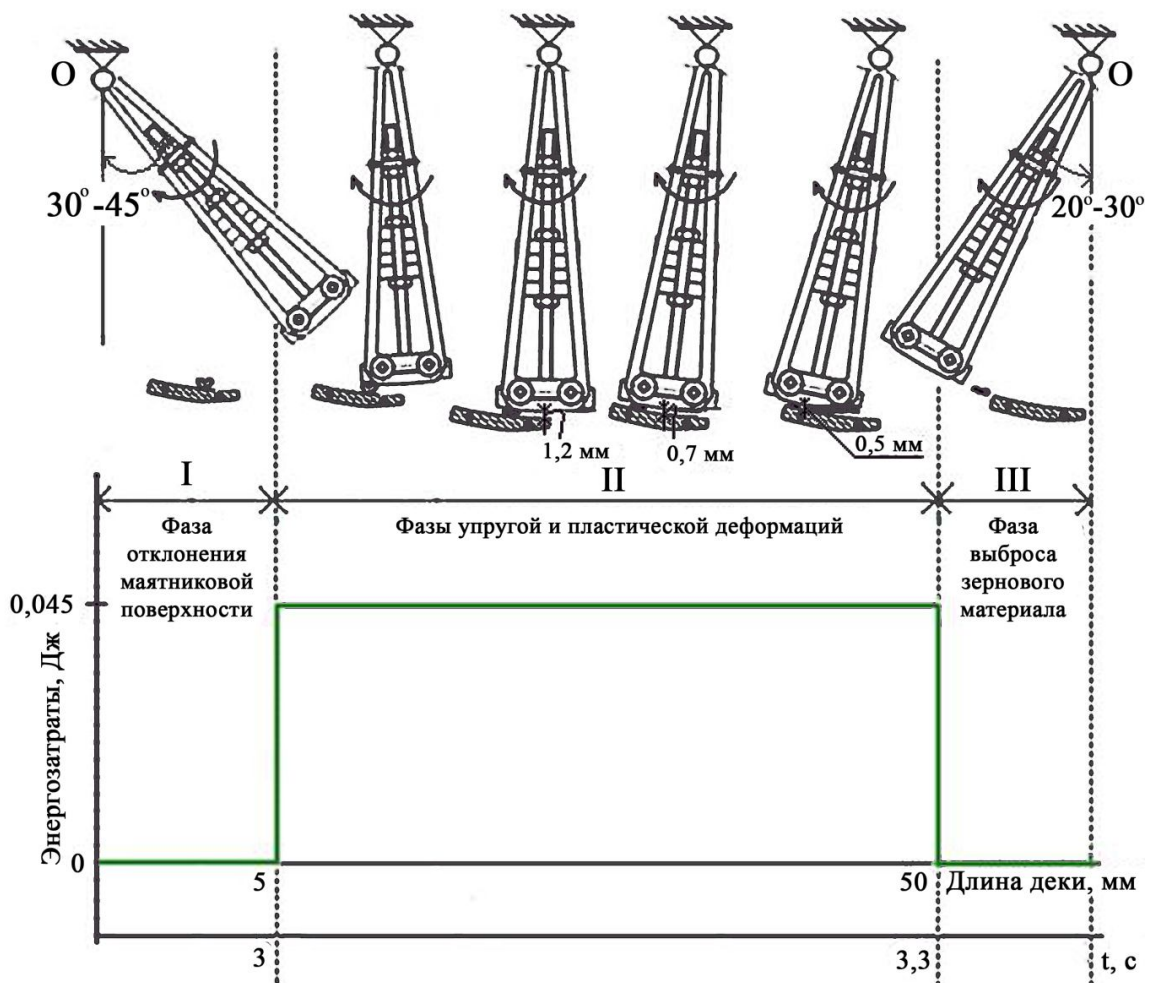


Рисунок 2 – Процесс разрушения зернового материала

На первом этапе была использована неподвижная опорная поверхность, отрегулированная так, что угол захвата меньше удвоенного

угла трения и зерновка продвигается маятником в рабочую зону, при этом возникает переменное нормальное давление и тангенциальное сдавливающее усилие, поскольку рабочая зона сужается по мере продвижения зерновки. В определенный момент оболочка разрушается, максимально раскрывая эндосперм. При дальнейшем продвижении в рабочей зоне происходит частичное разрушение эндосперма.

Также теоретически была определена производительность маятникового измельчителя: массовая – $W_m=281$ т в сутки; объемная – $Q_r = 7,49$ м³ в сутки на 1 см длины цилиндров. Для сравнения, производительность вальцового станка составляет: массовая – 335,2 т в сутки; объемная – 8,94 м³ в сутки на 1 см длины валков, что говорит о целесообразности разработки маятникового измельчителя.

Основой поднятия маятниковой поверхности является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, который имеет следующие преимущества: малые габаритные размеры, простую конструкцию, высокую надежность, отсутствие подвижных контактов, жесткие механические характеристики на рабочем участке.

Для питания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором от однофазной сети, была разработана и предложена схема на полупроводниковых преобразователях, которая позволяет добиться понижения скорости в несколько раз (рисунок 3) с использованием векторно-алгоритмической коммутации (рисунок 4) полупроводниковых ключей.

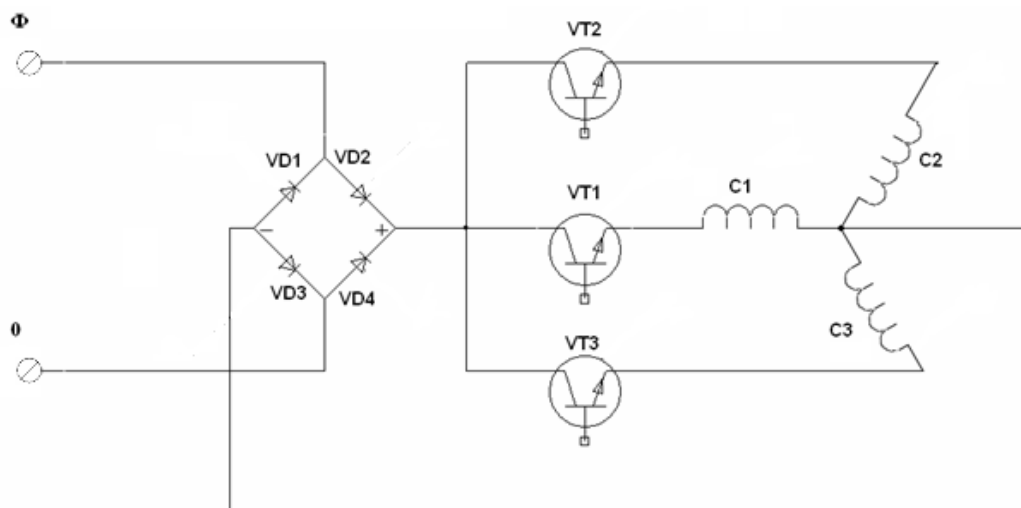


Рисунок 3 – Транзисторный редуктор для питания трёхфазного короткозамкнутого двигателя, статорные обмотки которого соединены по типу «звезда», от однофазной сети

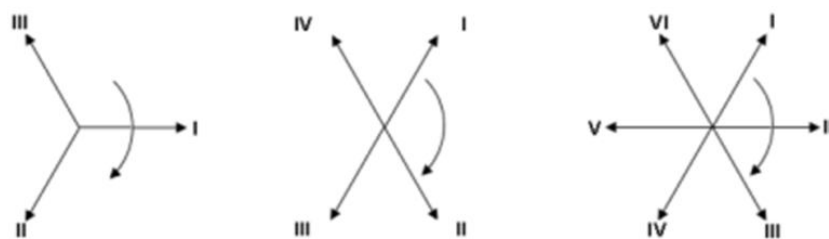


Рисунок 4 – Векторно-алгоритмическая коммутация полупроводниковых ключей

Также была разработана структура и принципиальная схема САУ управления движением маятниковой поверхности и определены ее основные компоненты, обеспечивающие необходимые функциональные возможности блоков САУ.

Важным элементом системы управления является определение положения маятникового измельчителя. Наиболее подходящим по технологическому заданию является инкрементальный цифровой механический датчик положения.

Используя инкрементальный датчик (энкодер), в соответствии с режимом работы и в результате проведения многочисленных исследований был выработан алгоритм работы маятникового измельчителя (рисунок 5) позволяющий обеспечить регулирование угла отклонения в пределах от 0° до 90° .

С использованием разработанного алгоритма и транзисторного редуктора для питания трёхфазного короткозамкнутого двигателя, статорные обмотки которого соединены по типу «звезда», от однофазной сети была создана система автоматического управления процессом разрушения зернового материала (рисунок 6).

Данная система выполнена на основе промышленного контроллера SMH 2010 C, к которому подключены основные блоки, реализующие движение маятникового измельчителя.

Общий вид маятникового измельчителя представлен на рисунке 7.

Третья глава посвящена методике проведения эксперимента для определения основных характеристик маятникового измельчителя, а также использование АРМа для измельчения зерновых материалов в качестве предсистемы в существующей технологической линии.

Оценка эффективности использования оборудования применительно к конкретному технологическому процессу и обрабатываемым материалам требует проведения экспериментальных исследований с целью определения основных технологических и эксплуатационных характеристик устройств.

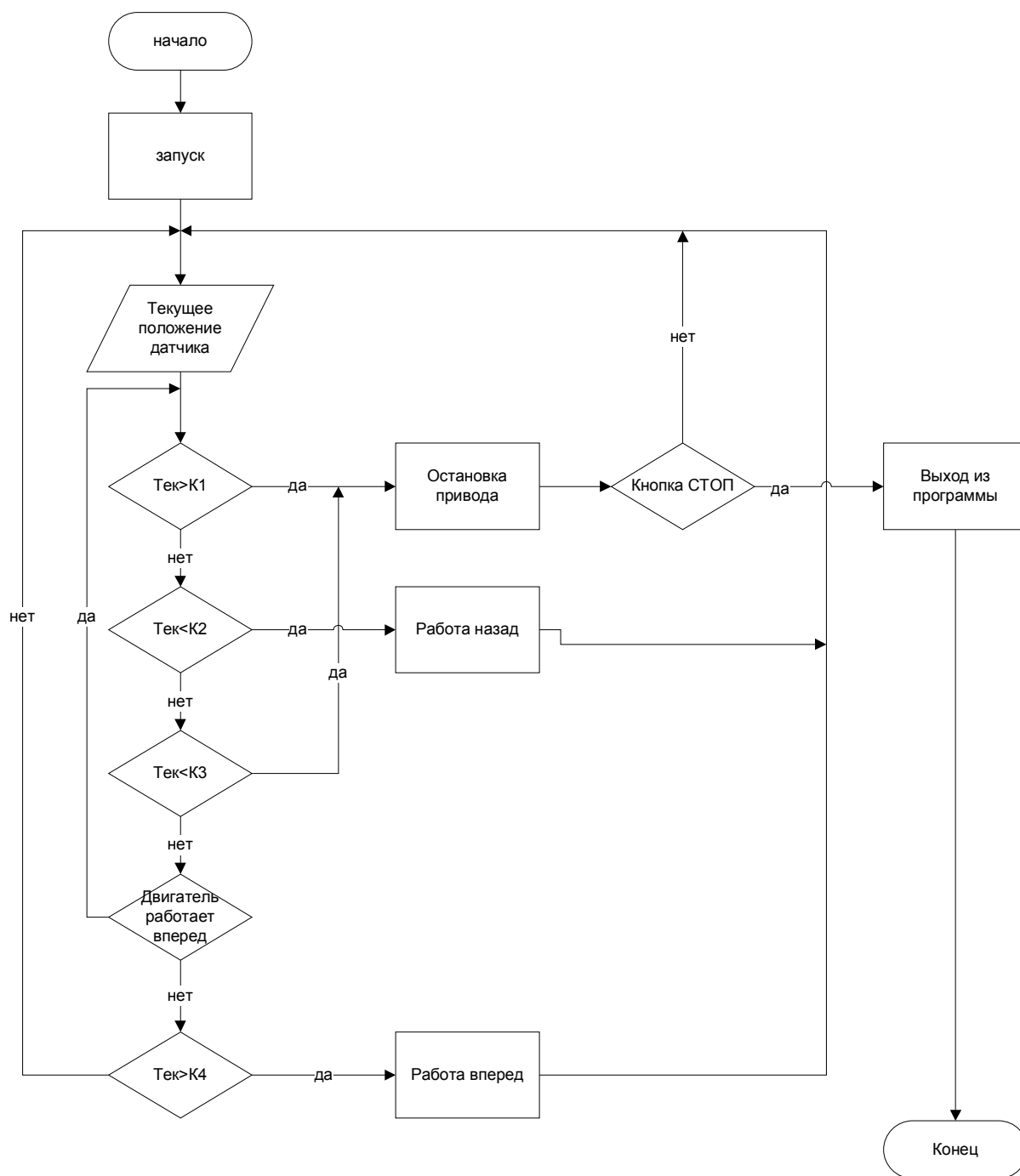


Рисунок 5 – Алгоритм работы устройства

На первых этапах исследований проводились предварительные оценочные испытания с целью выявления основных факторов, влияющих на работу маятникового измельчителя. На основании этого, используя полученную априорную информацию, проведено комплексное изучение основных факторов с помощью метода планирования эксперимента, при котором определяются не только количественные зависимости между факторами и их взаимосвязь, но также влияющие на показатели работы оборудования. Для проведения экспериментальных исследований разработано автоматизированное рабочее место (АРМ) для измельчения зерна.

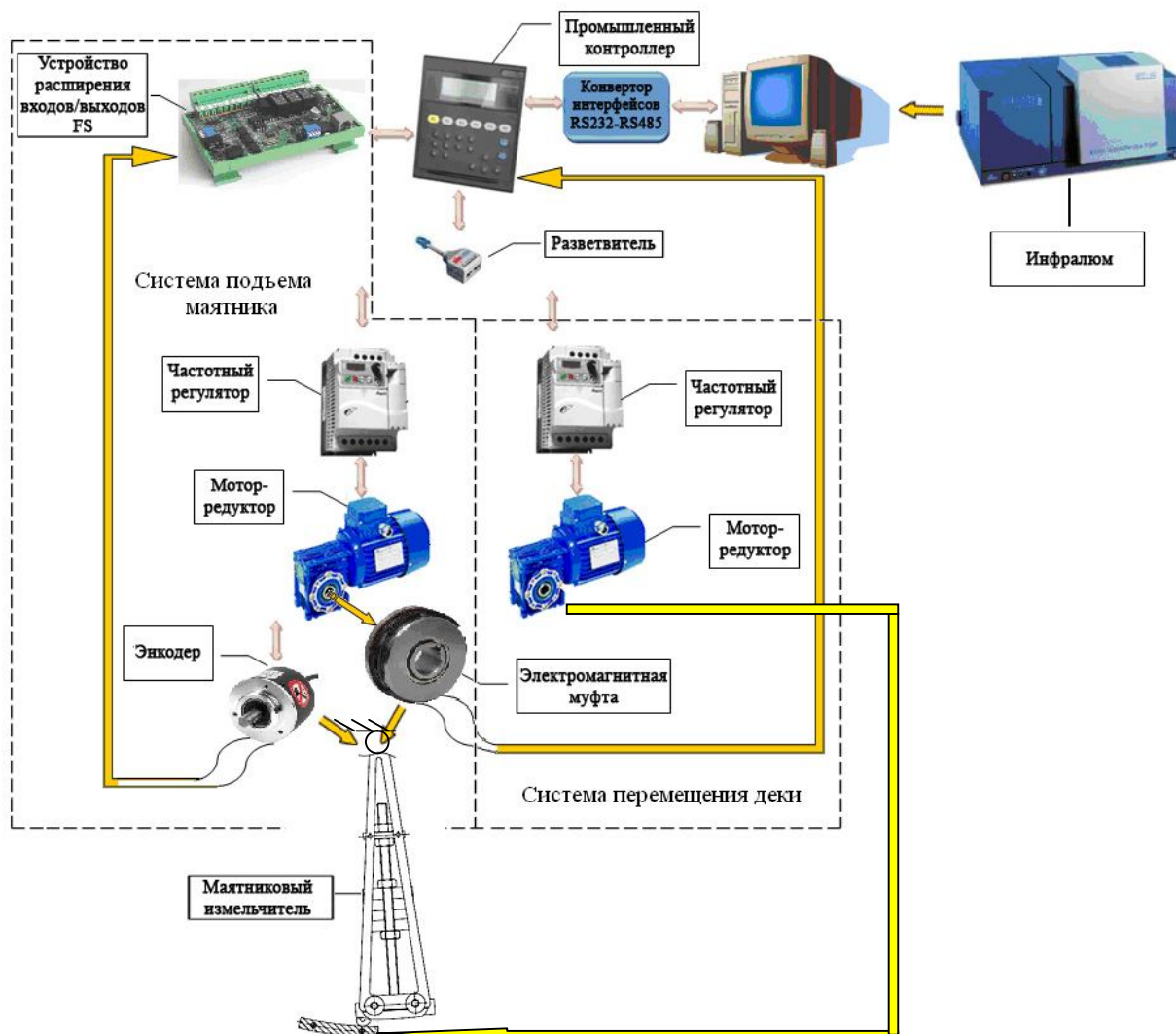


Рисунок 6 – Система автоматического управления процессом разрушения зернового материала

Качество зернового материала и продуктов размола определялась при помощи стационарного лабораторного прибора спектрометра «ИнфраЛЮМ ФТ-10». Результаты анализа продуктов размола выводятся на монитор компьютера. Продолжительность анализа - 1,5 минуты, что позволяет быстро и качественно настраивать систему разрушения зерна.

Для управления частотным регулятором при регистрации изменения угла отклонения маятника во времени была использована среда «MasterSCADA» (рисунок 8). С помощью конвертора интерфейсов RS232-RS485 производится обмен данными между частотным регулятором Delta и компьютером.

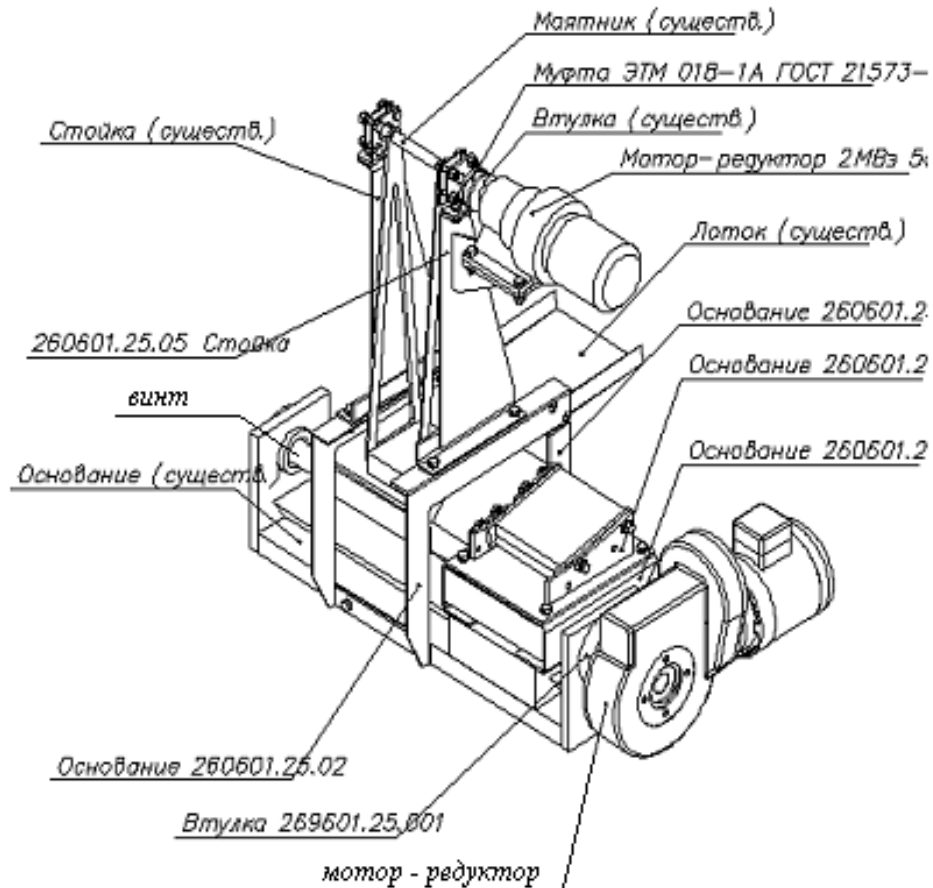


Рисунок 7 – Общий вид маятникового измельчителя

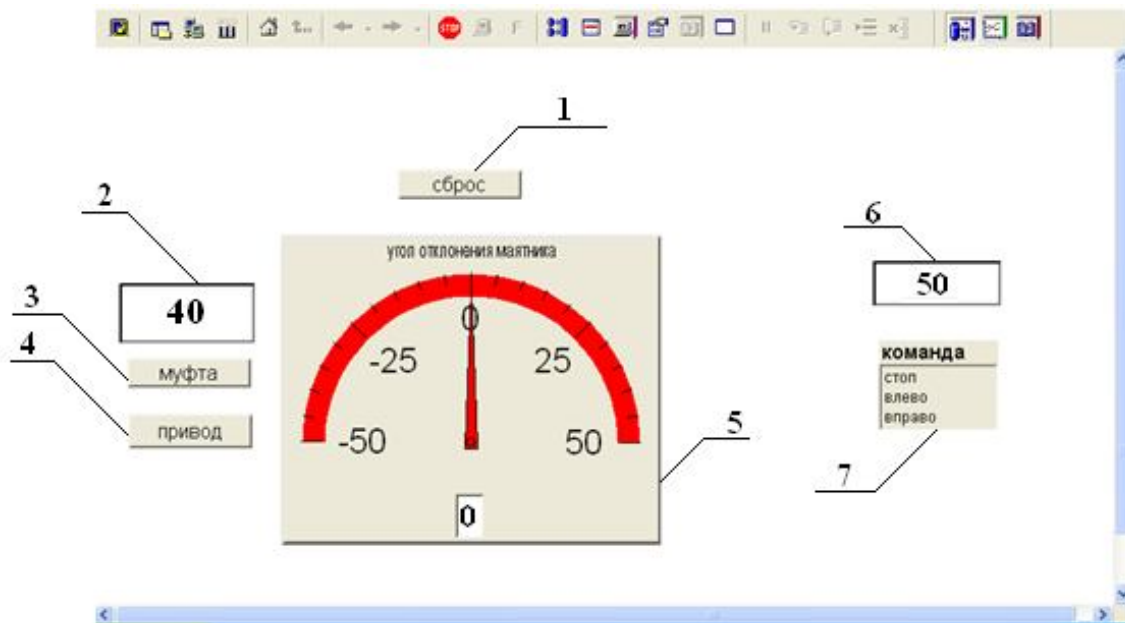


Рисунок 8 – MasterScada

1 – сброс значения угла отклонения маятника в 0; 2 – задание уставки отклонения маятника; 3 - кнопка включения/выключения муфты; 4 – кнопка включения/выключения двигателя; 5 – стрелочный индикатор, показывающий текущее значения угла отклонения маятникового измельчителя; 6 – задание скорости перемещения деки в Гц; 7 – команды управления движением деки.

Для определения энергозатрат на разрушение зерновых материалов была разработана методика проведения эксперимента, которая состояла из следующих пунктов:

1) Определение момента инерции подвижной части определяется по формуле:

$$I = \frac{T^2 \cdot M \cdot g \cdot l_m}{4 \cdot \pi^2}$$

где T – собственные колебания маятникового измельчителя;

l_m – расстояние между точкой подвеса и центром масс маятникового измельчителя;

M – момент силы F_τ относительно оси O .

2) Определение энергии, которая рассеивается за один период:

$$E = M \cdot g \cdot l_m \cdot (\cos(e^{-kT} \alpha_1) - \cos \alpha_1)$$

где k – декремент затухания колебаний;

α_1 – начальный угол отклонения маятникового измельчителя.

3) Управление движением подвижной части и ее установка на фиксированный угол α_1 , расположение зернового материала в зоне захвата и освобождение подвижной части. Измерение угла α_2 через один период колебаний.

Энергия разрушения E_r определяется как разность потенциальной энергии подвижной части при ее отклонении на угол α_1 от линии отвеса:

$$\Pi_1 = M \cdot g \cdot l_m \cdot (1 - \cos \alpha_1),$$

и потенциальной энергии при α_2 в конце периода после разрушения зерновки:

$$\Pi_2 = M \cdot g \cdot l_m \cdot (1 - \cos \alpha_2),$$

с учетом потерь энергии на трение:

$$E_{mp} = M \cdot g \cdot l_m \cdot (\cos(e^{-kT} \alpha_1) - \cos \alpha_1)$$

то есть

$$E_r = \Pi_1 - \Pi_2 - E_{mp}$$

или

$$E_r = M \cdot g \cdot l_m \cdot (\cos \alpha_2 - \cos(e^{-kT} \alpha_1))$$

4) Путь, преодолеваемый маятником рассчитывается по формуле

$$S_m = \alpha^{pad} \cdot h$$

где α^{pad} – угол в радианах, который преодолевает маятник за полпериода колебаний;

h – высота маятника.

5) Скорость маятника определяется по формуле

$$v_m = A \cdot e^{-k \cdot t} \cdot \sin(k \cdot t + \alpha_1)$$

б) Ускорение маятника определяется по формуле

$$a_m = \frac{m \cdot g \cdot l_m \cdot \sin \alpha_1}{I}$$

Эффективность процесса измельчения зернового материала в мукомольном производстве оценивается в основном первыми тремя драными системами. В зависимости от количества и качества получаемых круподунстовых продуктов, на этих системах мы получаем соответствующий конечный результат. Чем больше круподунстовых продуктов с I, II, III драных систем стандартного качества, тем больше выход готовой продукции. Поэтому в исследовании были взяты три первых драных системы.

Исследования проводились в двух вариантах:

1) измельчение продукта проводили на вальцовом станке с тремя драными системами;

2) измельчение продукта проводили на маятниковом измельчителе с последующим доразмолом на вальцовом станке с тремя драными системами.

Для процесса разрушения зерновых материалов были построены математические модели, связывающие параметры процесса маятникового измельчителя и состава зерна (масса маятника, угол отклонения, влажность зернового материала, расстояние зерновки от центра деки) с энергозатратами, необходимыми на процесс разрушения зерновых материалов. При этом использовали методы математического планирования эксперимента с применением дробных факторных планов (типа 2^{4-1} с определяющим контрастом $1=X_1X_2X_3$).

В матрице планирования эксперимента выходным параметром являются энергозатраты. В качестве факторов выбраны масса маятника m , угол отклонения α_1 , влажность зернового материала W_K , расстояние зерновки от центра деки l_0 соответственно. Гипотеза об однородности дисперсий и критерий адекватности модели не превышают табличных значений, что говорит о правильности выбора модели.

Отбросив статистически незначимые коэффициенты, строим математическую модель:

$$Y = 1,8 \cdot 10^{-3}X_1 + 6,05 \cdot 10^{-4}X_3 + 5,27 \cdot 10^{-4}X_4 + 1,79 \cdot 10^{-3}X_{12} + 4,41 \cdot 10^{-4}X_{13} + 2,12 \cdot 10^{-2}X_{14}$$

где X_1 – масса маятника;

X_2 – угол отклонения маятника;

X_3 – влажность зернового материала;

X_4 – расстояние от центра деки до расположения зерновки.

Полученные данные были использованы при корректировке системы управления.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям по определению энергозатрат и использованию АРМа как предсистему в существующем технологическом процессе измельчения зернового материала.

Общий вид проведения эксперимента представлен на рисунке 9.

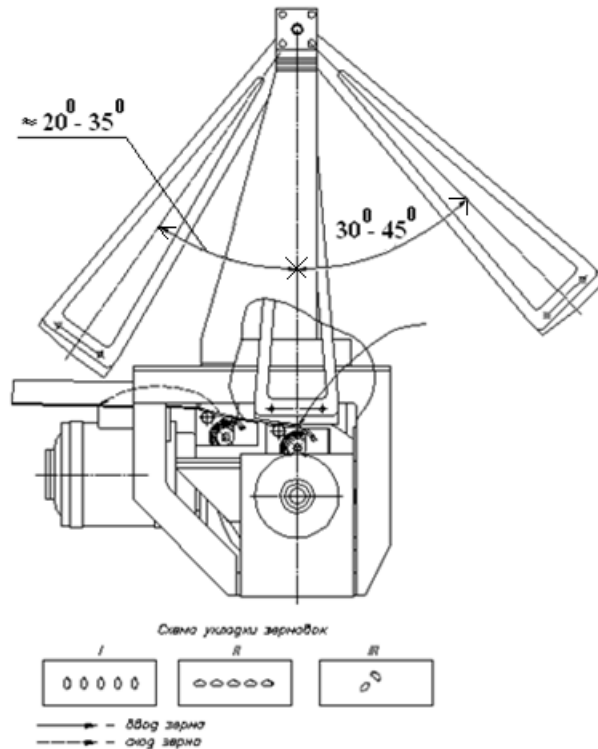


Рисунок 9 – Схема проведения эксперимента

Для уменьшения количества экспериментов был использован метод латинского квадрата.

Параметрами латинского квадрата являются:

Φ – положение зерновки на деке (зона 1, зона 2, зона 3), рисунок 10;

α_I – угол отклонения маятника (отклоняется на 30° , 40° , 45°);

φ' – угол поворота зерновки в квадрате деки (может лежать – вертикально, горизонтально, диагонально).

Развернутый латинский квадрат представлен в таблице 1, в соответствии с которым проводился эксперимент.

Таблица 1 – Развернутый латинский квадрат

№ режима	φ'	α_I	Φ	№ режима	φ'	α_I	Φ	№ режима	φ'	α_I	Φ
1	верт	30	1	4	гориз	30	3	7	диаг	30	2
2	верт	40	2	5	гориз	40	2	8	диаг	40	1
3	верт	45	3	6	гориз	45	1	9	диаг	45	3

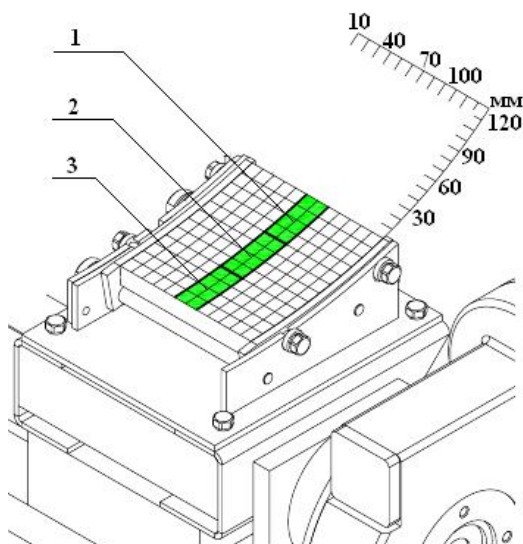


Рисунок 10 – Положение зерновки на деке

1 – первая зона размола, 2 – вторая зона размола; 3 – третья зона размола

При проведении серии экспериментов был выявлен рациональный режим работы маятникового измельчителя, показанный на рисунке 11.

Анализ экспериментальных данных показывает:

1. При первичном разрушении зерновых материалов энергозатраты составляют от 0,01 до 0,045 Дж в зависимости от режима. Так как при измельчении на вальцовом станке при размоле 1 тонны зернового материала энергозатраты составляют порядка 0,114–3,24 В·ч ($5,9 \cdot 10^3 - 11,6 \cdot 10^4$ Дж, на тонну зернового материала, что при примерно составляет 0,02 – 0,58 Дж на одну зерновку при среднем весе зерновки 0,05 г) то процесс разрушения зернового материала при помощи маятникового измельчителя менее энергозатратный и его использование экономически обосновано.

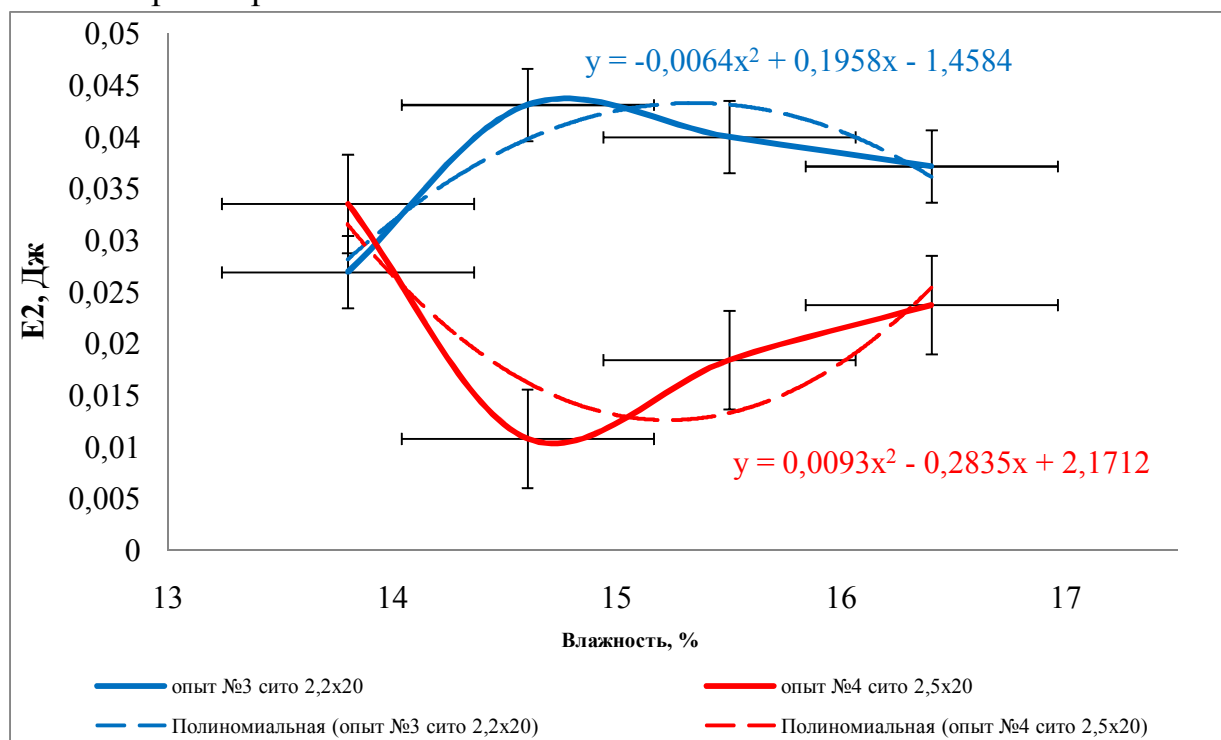


Рисунок 11 – Диапазон рационального использования маятникового измельчителя

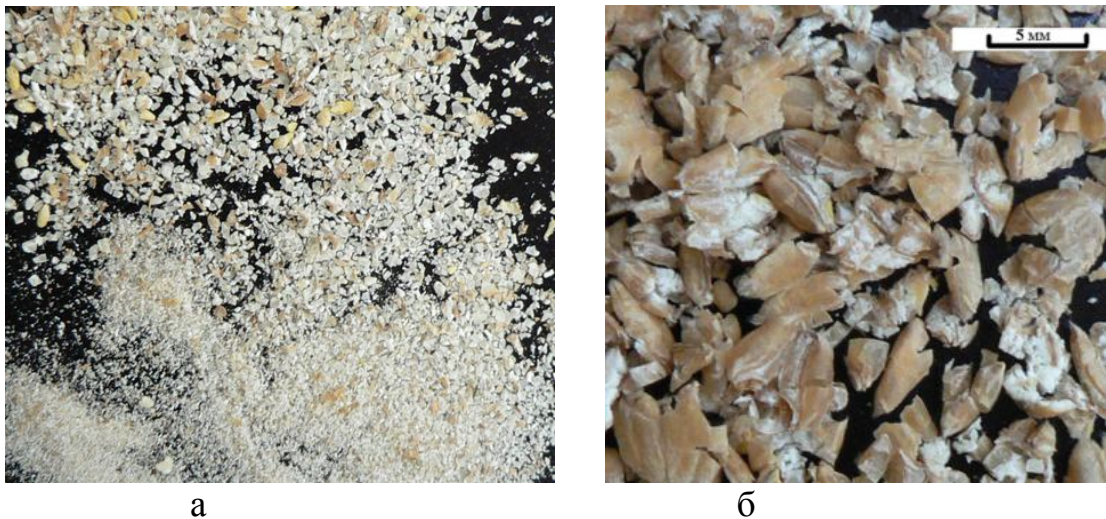
2. При относительно низких энергозатратах (порядка 0,05 – 0,18 Дж) в зоне 1 размола зернового материала не происходит, так как запас

кинетической энергии на этом участке минимален. Поэтому режимы №№ 1, 6, 8 – не рациональны.

3. Наибольшие энергозатраты (в среднем 0,042 Дж) имеет режим №9, что обусловлено большим углом отклонения (45^0) и нахождением зерна в 3 зоне, где максимальная скорость движения маятникового измельчителя.

4. Наиболее рациональным является режим 5 (отклонение маятникового измельчителя на угол 40^0 , горизонтальное расположение зернового материала, а также расположение его по центру деки), так как на всем протяжении опытов этот режим имеет средние показатели энергозатрат (порядка 0,026-0,028 Дж), что обусловлено отклонением маятникового измельчителя на 40^0 и расположением зернового материала во второй зоне, где наибольшие значения скорости и кинетической энергии.

Анализ продуктов разрушения (сход и проход через сито 1144 мкм, рисунок 12 а,б) показывает, что при 18%-ном извлечении не происходит значительного измельчения оболочек, большая часть зерновок разрушается по бороздке и разворачивается, при этом происходит значительное отделение зародыша.



а б
Рисунок 12 – Продукты разрушения после прохождения через предсистему

Также были определено влияние влажности круподуновых продуктов и времени отволаживания на выход и зольность круподуновых продуктов.

Практика показывает, что в типовых схемах драной процесс очень короткий и не происходит должного вымола оболочек. При применении предсистемы перед первой драной системой этот процесс улучшится.

Количество круподунстовых продуктов, полученных традиционным способом увеличивается до влажности зерна 16,2%, а затем начинает снижаться до влажности 17,1%. Количество круподунстовых продуктов, полученных с помощью предсистемы и первых трех драных систем увеличивается до влажности зерна 16,7%, а затем начинает снижаться до влажности 17,1%.

По сравнению с «Правилами организации и ведения технологического процесса на мукомольном заводе» количество круподунстовых продуктов и муки при применении маятникового измельчителя и первых трех драных систем увеличилось.

Зольность продуктов, полученных с помощью предсистемы и первых трех драных систем ниже, чем при традиционном измельчении.

Оптимальными режимами для измельчения считается время отволаживания – 24 часа и влажность зерна – 16,7%.

Для сравнения двух схем измельчения была составлена таблица 2 увеличения выхода круподунстовых продуктов при оптимальной влажности (16,5%).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика выходов и зольности круподунстовых продуктов и муки

Наименование продукта	Увеличение выхода на %	
	Первые три дранные системы	Маятниковый измельчитель (предсистема) + три дранные системы
Крупная крупка	2,10	1,75
Средняя крупка	4,3	4,7
Мелкая крупка	0,8	1,3 - 2,13
Дунст	5,65	6,9 - 7,5
Мука	7,9	8,07
Круподунстовые продукты	20,26	21,05

Из таблицы видно, что общий выход круподунстовых продуктов и муки вырос с использованием маятникового измельчителя. Повышение выхода увеличивается на 0,5 – 2% в основном за счет мелких продуктов (мелкой крупки и дунстов).

Это дает возможность сделать вывод о том, что при использовании предсистемы общий выход муки может быть увеличен за счет муки высоких

сортов, так как определяющими системами выходов являются первые три дранные системы.

В приложениях представлены результаты экспериментальных исследований, а также акты о внедрении.

Общие выводы и основные результаты работы

Диссертационная работа посвящена решению актуальной проблемы энергосбережения и увеличение выхода муки за счет создания предсистемы перед первой дранной системой.

Для достижения данной цели был разработан и создан принципиально новый способ первичного разрушения зернового материала при помощи маятникового измельчителя.

В рамках выполненных в диссертации исследований получены следующие основные выводы и результаты:

1. Проведен анализ существующих способов размола зернового материала, на основании чего обоснована целесообразность совершенствования способа разрушения зерновых материалов.

2. Определено, что при одинаковых параметрах маятникового измельчителя и вальцового станка энергозатраты на первичное разрушение зернового материала ниже в 2 раза, а производительность в сутки меньше на 16% по сравнению с вальцовым станком, что говорит о целесообразности использования маятникового измельчителя в процессе размола зерновых материалов.

3. Разработан алгоритм работы САУ маятникового измельчителя в соответствии требованиями к процессу измельчения, позволяющий обеспечить регулирование угла отклонения в пределах от 0^0 до 90^0 . Выбран датчик для осуществления процесса автоматизированного управления процессом измельчения.

4. Разработаны структура и принципиальная схема САУ движением маятниковой поверхности измельчителя на современной элементной базе, с применением автоматизированных систем (MasterScada, SMLogic), определены ее основные компоненты, обеспечивающие необходимые функциональные возможности блоков САУ, а также схема на полупроводниковых преобразователях – транзисторный редуктор для питания трёхфазного короткозамкнутого двигателя, статорные обмотки которого соединены по типу «звезда», от однофазной сети – отвечающий всем требованиям технологического процесса.

5. При разрушении зернового материала на маятниковом измельчителе, рациональным является режим, обеспечивающий отклонение

маятниковой поверхности измельчителя от вертикали на угол 40^0 , и расположении зернового материала на образующей опорной деки в зоне отвеса, где энергозатраты составляют порядка 0,026-0,028 Дж, обеспечивающие гарантированный размол зернового материала.

6. Количество круподунстовых продуктов при измельчении на маятниковом измельчителе (предсистеме), с последующим проходом через первые три дранные системы, увеличилось в 2 раза по сравнению с традиционным измельчением на трех дранных системах, причем увеличение произошло за счет муки и дунстов.

7. Зольность продуктов, полученных с помощью предсистемы и первых трех дранных систем ниже на 0,1-0,3%, чем при традиционном измельчении на трех дранных системах.

8. При использовании маятникового измельчителя (предсистемы) чистая прибыль увеличивается на 4 447 820 рублей, а срок окупаемости предсистемы составляет 21 месяц.

Основное содержание диссертации опубликовано в 7 научных работах.

1. Злочевский, В.Л. Методика расчета и выбора электродвигателя для привода маятниковой мельницы / В.Л. Злочевский, М.И. Стальная, А.М. Головачев, А.П. Борисов // Вестник Алтайского Государственного Аграрного Университета. – Барнаул.-№7 (57).-2009.-с.54-57

2. Пат. №2370876 Российская Федерация, МПК H02M5/257, H02M5/27 Устройство бесконденсаторного запуска трёхфазного электродвигателя от однофазной сети / Стальная Мая Ивановна, Борисов Алексей Павлович, Лантрат Александр Александрович, Радченко Татьяна Борисовна, Радченко Михаил Васильевич.; заявл. 17.03.08; опубл. 20.10. 09.

3. Пат. №2370877 Российская Федерация, МПК H02M5/257, H02M5/27 Устройство бесконденсаторного запуска трёхфазного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети / Стальная Мая Ивановна, Борисов Алексей Павлович, Халтобин Дмитрий Сергеевич, Радченко Татьяна Борисовна, Радченко Михаил Васильевич.; заявл. 17.03.08; опубл. 20.10. 09.

4. Пат. На полезную модель №88227 Российская Федерация, МПК H02M5/257, H02M5/27 Однофазно-трёхфазный низкочастотный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью / Стальная Мая Ивановна, Борисов Алексей Павлович, Черемисин Павел Сергеевич,

Радченко Татьяна Борисовна, Радченко Михаил Васильевич.; заявл. 1.10.08; опубл. 27.10. 09.

5. Положительное решение о выдаче патента на полезную модель по заявке №2008145291/09(059223) от 15.09.09. «Транзисторный редуктор для питания трёхфазного короткозамкнутого двигателя, статорные обмотки которого соединены по типу «звезда», от однофазной сети» / Стальная М.И., Борисов А.П., Голдобин А.В.

6. Радченко, Т.Б. Повышение экономичности трёхфазных асинхронных двигателей / Т.Б. Радченко, А.П. Борисов, А.А. Лантрат // http://edu.secna.ru/publish/gorizonty_obrazovania/2008/n10/nim2008/ee_avt.doc

7. Радченко, Т.Б. Разработка устройства для питания трёхфазных электродвигателей от однофазной сети / Т.Б. Радченко, А.П. Борисов, Д.С. Халтобин. // http://edu.secna.ru/publish/gorizonty_obrazovania/2008/n10/nim2008/ee_avt.doc