

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизации и управления

Дремин Даниил Арсеньевич

Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки вторичного
сырья

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизации и управления



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки
вторичного сырья»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнил

Дремин Д.А.

Рецензент

*Алматынский университет
информатики и связи имени Т. Дауиева
заведующий кафедрой АиУ, PhD, доцент
Абжанова Л.К.*

(подпись)

«21» июня 2025 г.

Научный руководитель
доктор PhD,

старший преподаватель

Кулакова Е.А.

(подпись)

«21» июня 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизации и управления

6B07103 – Автоматизация и роботизация



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Дремину Д.А.

Тема: «Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки вторичного сырья».

Утвержден приказом Р. Ускенбаевой № 26-П/Ө от «29» января 2025 г.

Срок сдачи законченной работы: «30» мая 2025 г.

Исходные данные к дипломному проекту: схема технологического процесса по переработке вторичного сырья.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) описание технологического процесса переработки;
- б) разработка структурной схемы системы автоматического управления;
- в) математическое моделирование объекта управления системы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
функциональная схема автоматизации процесса переработки вторичного сырья.

Рекомендуемая основная литература:

- 1 Огородников С.Ф. Автоматизация технологических процессов. – БХВ-Петербург, 2011. – 345 с.
- 2 Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах: Учебное пособие. Омск: Изд. ОмГТУ, 2001. 368 с.

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологический раздел Описание технологического процесса переработки вторичного сырья	19. 03. 2025 г.	
Технологический раздел Разработка структурной схемы системы автоматического управления	13. 04. 2025 г.	
Расчетный раздел Математическое моделирование объекта управления	06. 05. 2025 г.	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	Е. А. Кулакова, PhD	20.03.25	
Расчетный раздел	Е. А. Кулакова, PhD	16.06.25	
Нормоконтролер	К. А. Манатов, Магистр техн. наук	19.06.25	

Научный руководитель


подпись Кулакова Е.А.

Задание принял к исполнению обучающийся


подпись Дремин Д.А.

Дата

« 5 » июня 2025 г.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жоба шыны қалдықтарын қайта өңдеудің технологиялық процесін автоматтандырылған басқару жүйесін (АБЖ) әзірлеуге арналған. Жобаның негізгі мақсаты – қабылдау, ұсақтау, сепарация және оптикалық сұрыптау кезеңдерін автоматтандыру арқылы өңдеу тиімділігін арттыру.

Технологиялық процестегі параметрлерді (мысалы, беру жылдамдығы мен тазалау сапасы) тұрақтандыру үшін жүйенің математикалық моделіне негізделген PID-регулятор қолданылады.

Жоба шыныны қайта өңдеу саласындағы процестердің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға бағытталған сенімді және бейімделетін өнеркәсіптік автоматтандыру шешімдерін ұсынады.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект посвящён разработке автоматизированной системы управления (АСУ) для технологического процесса переработки стеклянного вторичного сырья. Основной целью работы является повышение эффективности переработки за счёт автоматизации ключевых этапов: приёма, дробления, сепарации и оптической сортировки стеклобоя.

Для стабилизации параметров технологического процесса, таких как скорость подачи и качество очистки, применяется PID-регулирование на основе математического моделирования динамики системы.

Проект ориентирован на внедрение надёжных и адаптивных решений в области промышленной автоматизации с целью повышения качества, безопасности и ресурсоэффективности процессов переработки стекла.

ANNOTATION

This diploma project is dedicated to the development of an automated control system (ACS) for the technological process of recycling secondary glass materials. The main objective is to improve the efficiency of processing by automating key stages such as intake, crushing, separation, and optical sorting.

PID regulation is applied to stabilize process parameters such as feed rate and cleaning quality, based on a mathematical model of system dynamics.

The work focuses on introducing reliable and adaptive industrial automation solutions aimed at improving the quality, safety, and resource efficiency of glass recycling operations.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Причины выбора стекла как вторичное сырье	8
1.2 Технологический процесс	8
1.3 Анализ выбора объекта управления	13
1.4 Требования к системе управления	14
1.5 Принцип работы процесса дробления	15
1.6 Описание работы системы управления	16
1.7 Щековая дробилка как объект управления	17
1.8 Разработка структурной и функциональной схемы автоматизации дробления стеклобоя	18
2 Расчетная часть	19
2.1 Моделирования системы процесса дробления в программе MatLab	19
2.2 Эмпирический метод Циглера-Николса для настройки типового регулятора	22
2.3 Применение метода Циглера-Николса №2 для процесса дробления	26
3 Моделирование и оценки эффективности	29
3.1 Анализ производительности	29
3.2 Оценка экономической эффективности	29
4 Выбор аппаратной базы для системы управления	30
Заключение	35
Список использованной литературы	36
Приложение А	37

ВВЕДЕНИЕ

В связи с повышением роста населения и увеличением мощности производства, переработка вторичного сырья становится единственным активным актуальным методом борьбы с загрязнением окружающей среды. Но что из себя представляет вторичное сырье?

Вторичное сырье – это материалы, которые можно переработать после их конечного использования с целью повторного производства. К самым основным перерабатываемым материалам относят бумажную продукцию, стекло, пластмассу и металлы. Все виды вторсырья имеют важность, но наибольшую выгоду, с экологической и экономической точки зрения, приносят алюминий, стекло и бумага.

Переработка дает солидный потенциал на использование многих природных ресурсов и сокращение немислимых последствий для окружающей среды. Именно по этой причине большое количество организаций и компаний ведут собственные стремления к внедрению и созданию приборов по переработке в свои предприятия с последующим производством продуктов из вторичного сырья.

На настоящее время существует несколько видов переработки вторсырья. К наиболее распространенным методам можно отнести химическую, термическую и механическую переработку. Каждый из вышеперечисленных методов имеет собственные преимущества, недостатки и ограничения, выбор которого зависит от материала и требования к конечному продукту.

Механическая переработка – процесс, включающий в себя сбор, сортировку, измельчение, промывку, сушку и разделение вторсырья с использованием специальных оборудований. Преимуществами такого вида в сохранении ресурсов, экономичности, экологичности и универсальности. Примерами применения выступают вышеперечисленные основные перерабатываемые материалы.

Химическая переработка – процесс разложения отходов или превращения их в исходные компоненты, а может даже в новые материалы, при помощи химических реакций. Существенными недостатками данного метода являются неэкономичность, выбросы в атмосферу и технологическая сложность по сравнению к первому методу.

Термическая переработка – процесс утилизации с воздействием высокой температуры на отходы с целью уменьшения объема и получения энергии. Недостатки метода представлены экологическим вредом и образованием золы.

Целью дипломного проекта выступает разработка автоматизированной системы управления процессом переработки для повышения эффективности работы в данной области.

Из всех перечисленных методов и вторичного сырья в данном дипломном проекте рассмотрен выбор механической переработки стекла.

Задача дипломного проекта заключается в описании технологического процесса и анализа особенностей работы перерабатывающей отрасли.

1 Технологическая часть

1.1 Причины выбора стекла как вторичное сырье

Сбор, транспортировка и сортировка стекла как вторичного сырья требует усилий и внушительных затрат. Такие затраты в значительной степени определяют экологический и экономический аспекты целесообразности переработки стекла [1]. Перейдем к значению стекла как вторичного сырья.

Стекло – один из самых сложных химических материалов для перерабатывающей промышленности. Это экологически ценный материал, так как оно обладает преимуществом многократной переработки (в отличие от бумаги и пластмассы) без потери изначальных свойств и его легче переработать, чем производить новое (использовав при этом такой природный ресурс, как песок).

Анализ Cradle-to-Cradle (в переводе «От колыбели до колыбели») для стекла показал, что наиболее влиятельная фаза жизненного цикла стекла приходится на использование его сырья. Вот почему устойчивость этого продукта сосредоточена на устранении этой стадии производства путем переработки использованного стекла для получения вторичного сырья.

1.2 Технологический процесс

Процесс переработки стекла представляет собой комплекс последовательных этапов превращения использованных стеклянных изделий в потенциально пригодное в ближайшем будущем сырье, как показано на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Общая схема процессов переработки стекла

В мировой практике для предприятий, не включающих в себя дальнейшее производство стеклянной тары, нашли промышленное применение шесть основных этапов переработки стекла:

1. Сбор стеклянных отходов на перерабатывающее предприятие, на котором происходит прием, взвешивание и подача на следующие этапы переработки;

2. Оптическая сортировка – процесс разделения стекла на различные фракции по цвету: прозрачное и цветное (зеленое, коричневое и т.п.);

3. Магнитная и воздушная сепарация – очистка стекла или извлечение из него разного рода примесей путем создания магнитного поля или направленного воздушного потока соответственно;

4. Дробление – процесс измельчения стекла до более мелких частиц;

5. Промывка и сушка – конечный процесс очистки стекла от загрязнений и удаление влаги;

6. Накопление и фасовка для транспортировки на переплавляющие предприятия, которые занимаются производством стеклянной тары и пр.

Процесс требует постоянного контроля качества, так как даже незначительные примеси могут повлиять на свойства продукции из переработанного стекла. Далее рассмотрим кратко этапы переработки стекла.

Оптический сортировщик (фотосепаратор на рис.1.2) стеклобоя работает на основе анализа цвета и формы частиц стекла с помощью камер и программного обеспечения, чтобы отделить разные типы стекла (например, по цвету) или отделить стекло от других материалов, таких как пластик, металл и керамика.



Рисунок 1.2 – Пример работы оптической сортировки

Исходное сырье для сортировки загружают в фотосепаратор через загрузочный бункер, откуда оно равномерно поступает на вибропитатель. Вибропитатель обеспечивает подачу сырья в один слой и перемещает его к краю

лотка. Материал распределяется и скользит вниз по наклонному лотку, формируя стабильный свободнопадающий поток.

По распределительным каналам сортируемый материал попадает в освещенную светодиодными лампами зону инспекции, где исследуется камерами оснащенными высокотехнологичными сенсорами. Сенсоры, получая отраженный свет от материала отбора, генерируют электрический сигнал для контролера электронного блока управления.

В зависимости от сигналов, полученных от оптической системы, система электронного управления дает команду на открытие пневмоклапана (эжектора), который производит "выстрел" и мощным направленным потоком воздуха выдувает примеси, мусорные доли или нежелательные продукты, отличающиеся по цвету.

Когда система обнаруживает нужный материал или нежелательный объект, она активирует систему пневматических клапанов. Эти клапаны выдувают поток сжатого воздуха, который направляет нужный материал в один лоток, а нежелательный – в другой.

В большинстве оптических сортировщиков предусмотрена возможность вторичной или повторной сортировки, позволяет более тщательно сортировать исходный материал, минимизируя процент потерь достойной продукции [2].

Дробление и измельчение: после того, как стекло извлечено, может потребоваться его измельчение и измельчение до более мелких частиц. Это можно сделать с помощью дробилок и мельниц, чтобы облегчить транспортировку стекла.

Дробильная установка, в которой установлен ленточный питатель с управляемым электроприводом постоянного тока рассмотрен на рис.1.3.

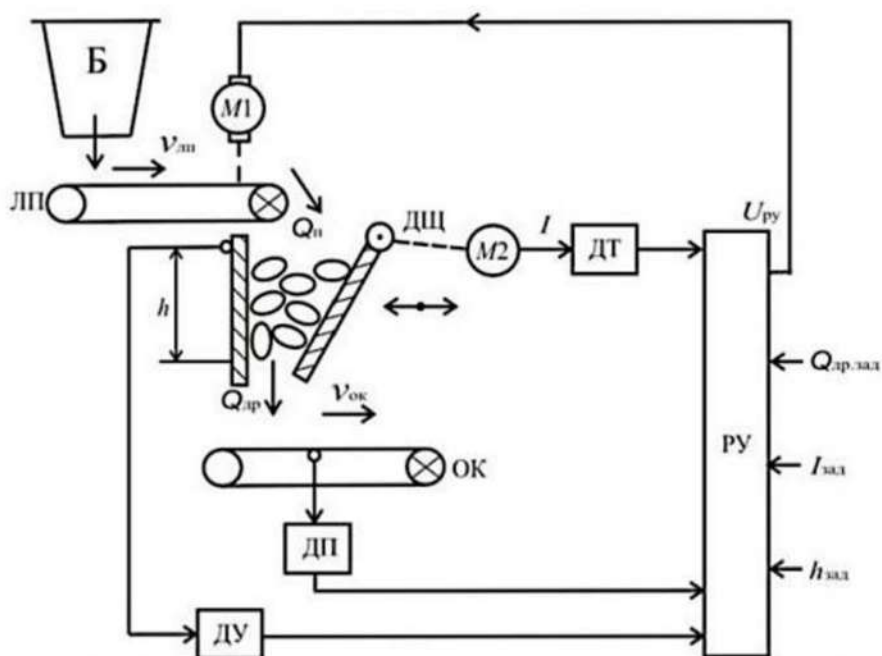


Рисунок 1.3 – Структурная схема процесса дробления стеклобоя

Таблица 1.1 – Условные обозначения основных элементов в схеме

Обозначения	Наименование
Б	Бункер
ЛП	Ленточный питатель
ДЩ	Дробилка щековая
ОК	Отгружающий конвейер
ДП	Датчик производительности дробилки
ДТ	Датчик производительности тока двигателя
ДУ	Датчик уровня заполнения камеры дробилки
РУ	Регулирующее устройство

Далее стеклобой поступает на магнитный сепаратор (рис.1.4). Исходный стеклобой, содержащий немагнитный материал, крупный магнитный материал и мелкий магнитный материал, загружается на вибрационный лоток. Лоток совершает колебательные движения, что обеспечивает равномерное распределение материала и его перемещение в сторону магнитного барабана.

Барабан представляет собой вращающийся цилиндр с постоянным или электромагнитным полем. Когда материал попадает на поверхность барабана, происходит разделение.

Магнитные материалы (крупные и мелкие) притягиваются к поверхности барабана и удерживаются на ней благодаря магнитному полю. Крупный магнитный материал из-за своего размера и массы скатывается по барабану ближе к его основанию. Мелкий магнитный материал удерживается на поверхности барабана дольше и снимается с него дальше, например, с помощью щётки или при ослаблении магнитного поля.

Немагнитные материалы не подвержены воздействию магнитного поля и свободно падают с барабана под действием силы тяжести на конвейер, который проследует в следующий этап.



Рисунок 1.4 – Пример работы магнитного сепаратора

После магнитной сепарации следует воздушная сепарация, принцип работы которой для стеклобоя основан на различии аэродинамических свойств фрагментов материала — в частности, плотности, формы и массы частиц. Этот метод позволяет эффективно отделять лёгкие примеси (бумагу, пластик, органику) от более тяжёлых стеклянных частиц.

Затем стеклобой проходит через процесс промывки и сушки. Происходит удаление оставшихся бумажных этикеток, остатков продукции, жиров и других загрязнений. Этап промывки включает в себя мойку щелочью и чистой водой под давлением.

Из мокрой промывочной установки стеклобой поступает на загрузочный транспортер или в бункер сушильной установки. Может использоваться вибросито, шнековый пресс или центрифуга для удаления свободной влаги. Это снижает нагрузку на сушильное оборудование и экономит энергию.

Материал равномерно распределяется по сушильной поверхности (лента, барабан, лотки). Через теплогенератор или теплообменник подается воздух, нагретый до 100–300 °С. Воздух направляется по ходу движения материала или навстречу ему (противоток/попутный поток). Теплый воздух обдувает или проходит сквозь слой стеклобоя.

Удалённая влага вместе с паром уносится вентиляционной системой. Иногда после горячей сушки стеклобой охлаждается, чтобы не деформировать элементы следующего оборудования (например, ленты оптической сортировки).

Таблица 1.2 – Список технических средств

Наименование	Модель	Кол-во	Производитель
ПЛК	Siemens S7-1500	1	Siemens
HMI панель	KTP700 Basic	1	Siemens
Оптический сортировщик	VISOR® Object	1	SensoPart
Дробилка	C-888	1	Ротор-Механика
Транспортер ленточный	ТЛ-800	4	Локальные поставки
Датчики уровня	Liquiphant FTL31	3	Vega
Температурные датчики	PT 100	5	Omron

Таблица 1.3 – Основные контуры управления

Наименование контура	Назначение
Контур подачи стеклобоя	Управление питателями, контроль уровня
Контур сортировки	Управление оптическим сортировщиком
Контур дробления	Контроль двигателя дробилки, защита по току и температуре
Контур сепарации	Управление магнитами и воздушной очисткой
Контур промывки	Управление мойкой, контроль мутности, расхода воды

Продолжение таблицы 1.3

Наименование контура	Назначение
Контур сушки	Контроль температуры, регулировка скорости сушильной ленты
Контур накопления и фасовки	Управление загрузкой в бункер и упаковку
Контур визуализации и сигнализации	Отображение данных, тревоги, ручное управление

Таблица 1.4 – Управляющие воздействия и измеряемые параметры

Этап технологического процесса	Изменяемые параметры	Управляющие воздействия
Прием и подача стеклобоя	Уровень материала в бункере	Вкл/выкл питателя, частота конвейера
Оптическая сортировка	Наличие и цвет стекла, загрузка, ошибки	Управление заслонками, сброс брака
Дробление	Ток двигателя, температура подшипников	Пуск/останов двигателя, сигнал аварийной остановки
Магнитная/воздушная сепарация	Эффективность отделения, расход воздуха	Вкл/выкл магнитного барабана, регулировка вентиляции
Промывка	Мутность воды, давление, расход	Управление насосами, подача воды, вращение барабана
Сушка	Температура, влажность	Управление ТЭНами/горелками, скоростью сушки
Накопление/фасовка	Уровень в бункере, вес упаковки	Управление заслонками, загрузкой биг-бэгов
Визуализация	Все параметры из SCADA	Тревоги, отчеты, кнопки управления

1.3 Анализ выбора объекта управления

Выше были представлены основные этапы переработки, то есть все этапы кроме сбора, накопления и фасовки. Первым возникает вопрос какая последовательность этапов принесет наибольшее качество с экономической точки зрения.

Для этого рассмотрим две основные последовательности, в которой отличие будет осуществляться только в расположении этапа оптической сортировки.

Первая последовательность представлена оптической сортировкой, дроблением, сепарацией, промывкой и сушкой. По данному варианту можно отметить следующие преимущества и недостатки.

Преимущества:

а. Оптической сортировкой вначале удаляются нежелательные цвета, чтобы не измельчать и не убирать в дальнейшем лишний материал, который в некоторых странах не перерабатывается;

б. После сортировки идет работа только подходящего сырья.

Недостатки:

а. Есть риск засорения системы оптического сортировщика, так как он хуже работает с большими загрязненными кусками;

б. Потребуется предприятие или дополнительная установка с процессами дробления, сепарации, промывки и сушки для цветного стеклобоя.

Второй же способ распределения этапов представлен дроблением, сепарацией, промывкой, сушкой и оптической сортировкой. Перемещение сортировщика характеризуется его более адекватной работе с очищенным, мытым и просушенным материалом. Конечно, есть риск, что некоторые цветовые фрагменты могут быть не отсортированы, что мало вероятно.

После анализа двух последовательностей этапов переработки можно с уверенностью сказать, что оптимальным будет второй вариант. Такой подход используется на многих крупных перерабатывающих заводах, так как такой он позволяет экономить нагрузку оборудования и количество ненужной работы.

Следующим поводом для размышления является переработка заранее отсортированной и оттранспортированной цельной стеклянной тары. Значение цельной стеклянной тары дает возможность внедрение на предприятия только установки по мытью и сушке тары. Представлены следующие достоинства мытья стеклотары по сравнению к процессу по подготовке стеклобоя к переплавке:

1. Экономия энергии из-за сокращения количества оборудования;
2. Не расходуются дополнительные природные ресурсы для производства;
3. Уменьшение выбросов окиси азота и двуокиси углерода;
4. Сокращение расходов на транспортировку готовой продукции на специализированные предприятия.

Проблемой мойки и сушки цельной тары выступает разнородность тары по формам, что затрудняет использовать одну моечную машину.

1.4 Требования к системе управления

Автоматизированная система управления процессом переработки стекла должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Надежность и отказоустойчивость – система должна обеспечивать непрерывную работу без сбоев в течение длительного времени, с возможностью резервирования и восстановления после отказов.

2. Гибкость и масштабируемость – возможность расширения функционала, модернизации оборудования и адаптации под различные производственные условия.

3. Интеграция с существующими системами.

4. Поддержка удаленного мониторинга – наличие интерфейсов для дистанционного контроля и управления, включая интерфейсы или мобильные приложения.

5. Интуитивно понятный интерфейс оператора – визуальное отображение всех ключевых параметров, тревог, состояний оборудования и статистики.

6. Автоматический сбор и архивирование данных – фиксация параметров процесса, состояния оборудования, тревожных событий и отчётности.

7. Соответствие нормативной базе – выполнение требований ГОСТ, ПУЭ, СП и иных отраслевых стандартов.

1.5 Принцип работы процесса дробления

Принцип работы этого участка заключается в загрузке бутылок по ленте транспортера в бак, где они проходят предварительную очистку. При этом нужно уловить момент, когда бак заполнится полностью, чтобы вовремя остановить транспортёр и не допустить его переполнения. Далее бутылки постепенно дробятся ножами, расположенными в нижней горловине резервуара, и бак спустя некоторое время освобождается (рис.1.5). После этого в пустой резервуар подаётся новая порция сырья. Чтобы провести автоматизацию этого участка, необходимо было решить ряд задач переработки сырья на каждом этапе.

Задача 1 – отследить момент заполнения резервуара. Сложность этой оценки заключается в том, что пустые пластиковые бутылки хаотично заполняют бак, образуя между собой воздушные пространства. Поэтому по рекомендации специалистов ОБЕН в качестве элемента, срабатывающего на заполнение, был использован оптический бесконтактный датчик разнесённого типа (ОПД18М.ЕМТ.1В – излучатель, ОПД18М.RCV.NSB – приёмник)1.

Задача 2 – исключение срабатывания датчика на пролетающие бутылки в рабочей зоне, когда резервуар ещё не заполнен. В этом случае возникла необходимость установки задержки срабатывания блоком управления.

Такой возможностью обладает логический контроллер ОБЕН САУМП. За основу был взят прибор модификации САУМП.06, который позволяет управлять загрузкой. Задержка срабатывания логического устройства была установлена в соответствии с нормативными требованиями.

Задача 3 – сигнализация об окончании процесса дробления. Конструкция бака не позволяла установить датчик, который определял бы освобождение ёмкости. Поэтому пришлось прогнозировать разгрузку по времени. Причём время, за которое заполненный резервуар полностью освобождается и когда все

бутылки раздроблены, изменяется в течение рабочего дня из-за затупления дробящих ножей. В этой связи необходимо неоднократно за давать время, которое отводится на эту операцию, что реализуется при помощи микропроцессорного реле времени ОВЕН УТ24. Схема подключения показана на рис.1.6.

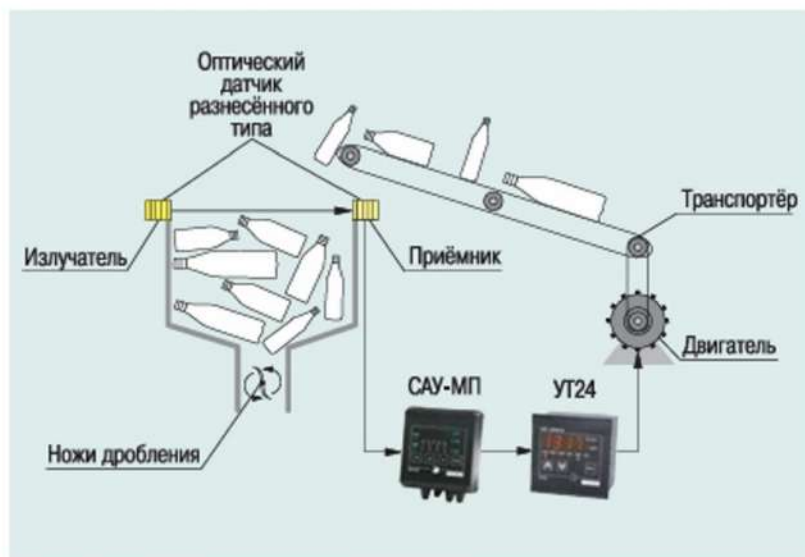


Рисунок 1.5 – Схема технологического процесса дробления стеклянных бутылок

1.6 Описание работы системы управления

Оптический датчик (о котором шла речь в задаче 1) формирует сигнал, по которому определяется степень загруженности бака бутылками (низкий уровень – мало бутылок, высокий – бак заполнен). В момент запуска системы бак пуст и оптический датчик выдаёт сигнал низкого уровня. В этом случае реле 1 контроллера САУМП находится в замкнутом состоянии. В соответствии со схемой подключения через нормально замкнутые контакты 1го реле таймера УТ24 и замкнутые контакты САУМП (реле 1) напряжение (220 В) подаётся на обмотку магнитного пускателя (МП).

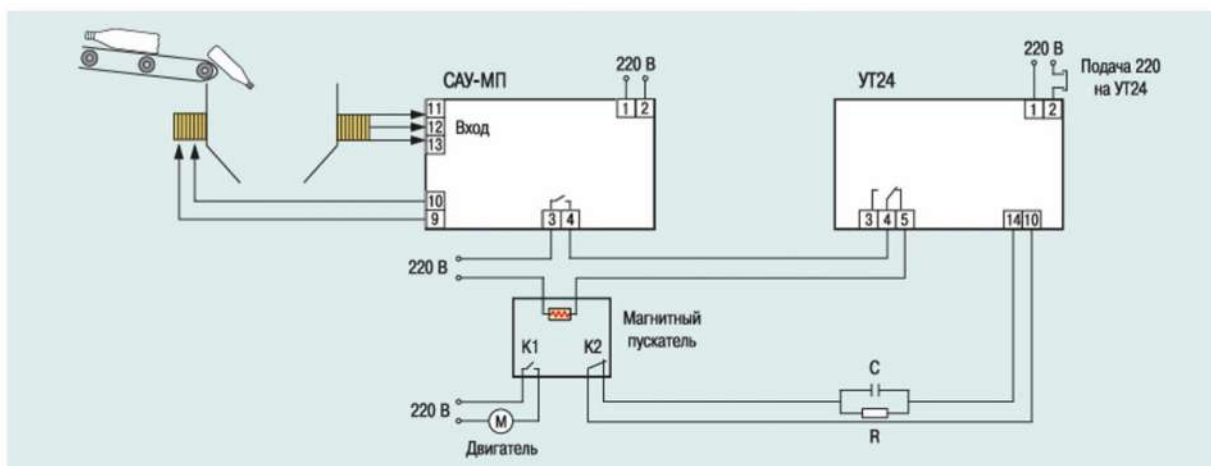


Рисунок 1.6 – Функциональная схема участка работы дробления

При этом контакты К1 пускателя замыкаются, двигатель (М) приводит в движение ленту транспортёра и бак постепенно заполняется бутылками. В момент, соответствующий максимальной загрузке бака, оптический датчик выдаёт сигнал высокого уровня, и САУМП, в соответствии со своей рабочей логикой, размыкает контакты реле 1 и, соответственно, цепь подачи напряжения (220 В) на обмотку пускателя (МП) разрывается. При этом контакты К1 магнитного пускателя размыкаются, двигатель (М) останавливается, и подача бутылок прекращается на время, которое задаёт оператор при помощи таймера. В момент останова двигателя таймер запускается с помощью нормально замкнутых контактов К2 магнитного пускателя, которые при работе двигателя находятся в разомкнутом состоянии. В соответствии с программой таймера УТ24 контакты (45) 1го реле (рис.1.6) будут разомкнуты заданное время. Цепь подачи напряжения (220 В) на обмотку пускателя (МП), а также на двигатель (М) будет также разомкнута. При снижении уровня бутылок в баке САУМП снова замкнёт своё реле 1, но подача бутылок возобновится только по завершении работы программы таймера УТ24 (при замыкании контактов реле 45) [3].

1.7 Щековая дробилка как объект управления

Объектом управления является щековая дробилка С888 (таблица 2.1). Работа этой дробилки характеризуется производительностью питателя Q_p , шириной разгрузочной щели l , крупностью D и прочностью σ исходного материала, а также производительностью $Q_{др}$, мощностью N , потребляемой в процессе дробления, и гранулометрическим составом дробленого продукта, выраженным средневзвешенным диаметром кусков $d_{ср}$.

Любые отклонения ширины разгрузочной щели от заданного значения обычно оперативно устраняются обслуживающим персоналом во время профилактических осмотров [5]. Кроме того, изменение ширины разгрузочной щели в процессе эксплуатации настолько незначительно, что его влиянием можно пренебречь.

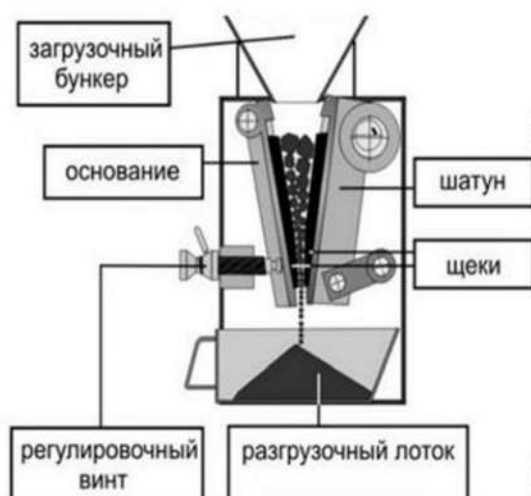


Рисунок 1.7 – Дробильное оборудование

Таблица 1.7 – Техническая характеристика дробилки С-888

Показатели	С-888
Размер приемного отверстия, мм	1500x2100
Наибольший размер загружаемых кусков, мм	1300
Номинальная ширина (выходной щели), мм	180
Пределы регулирования (выходной щели), мм	135-225
Частота вращения эксцентрикового вала, мин	1-100
Производительность, т/ч	280
Габаритные размеры, м	7350x6800x4800

1.8 Разработка структурной и функциональной схемы автоматизации системы дробления стеклобоя

Целью разработки структурной и функциональной схемы автоматизации системы дробления стеклобоя является создание безопасной и более эффективной автоматизированной системы управления процессами рассматриваемого этапа переработки стеклобоя. Она в себя включает анализ процесса, определение функциональных блоков, взаимодействия между блоками, их валидацию и тестирование.

Щековая дробилка представляет собой объект, работу которого определяют производительность питателя $Q_{\text{п}}$, ширина разгрузочной щели l , крупность D и прочность σ исходного материала, а также производительность $Q_{\text{др}}$, мощность N , потребляемая в процессе дробления, и гранулометрический

состав дробленого продукта, выраженный средневзвешенным диаметром кусков $d_{\text{ср}}$.

Возможные отклонения ширины разгрузочной щели от начального значения обычно устраняются при профилактических осмотрах персоналом. К незначительным в процессе эксплуатации можно отнести изменение ширины разгрузочной щели. Поэтому его влиянием можно пренебречь [6].

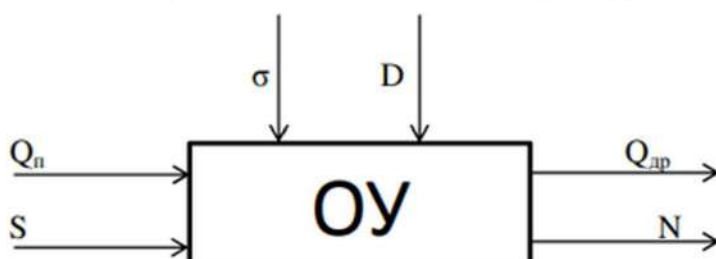


Рисунок 1.8 – Структурная схема дробилки

Производительности питателя $Q_{\text{п}}$ и дробилки $Q_{\text{др}}$ рассматриваются как входное регулирующее воздействие и выходная регулирующая величина. Причиной такого описания выступает ограничение структурной схемы, приведенной выше. Поэтому щековая дробилка представлена как объект автоматического регулирования производительности.

2 Расчетная часть

2.1 Моделирование системы процесса дробления в программе Matlab

Использование персональных компьютеров в образовательном процессе предлагает значительные преимущества как для преподавателей, так и для студентов, упрощая их деятельность и развивая практические навыки, необходимые для решения разнообразных учебных задач.

Для реализации этих возможностей применяются различные интегрированные программные комплексы, охватывающие широкий круг функций. Среди них выделяются инструменты для автоматизации математических расчётов, такие как Reduce, Derive, TK Solver, MathCAD, MATLAB и аналогичные решения.

Чтобы приступить к анализу с помощью программы MATLAB, требуется подставить конкретные числовые значения параметров в передаточную функцию. Это обеспечит высокую точность результатов и позволит выполнить углублённое исследование, используя продвинутые возможности данного программного обеспечения.

$$G_Q(s) = \frac{1}{(60s + 1)(30s + 1)},$$

$$G(s) = \frac{0.203}{78.089p + 1},$$

$$G_d(s) = \frac{0.343}{p + 1},$$

$$G_B(s) = 3.427$$

Оценка корректности выбранной структуры и параметров линейной системы проводится путём сравнения рассчитанных показателей качества и точности управления технологическим процессом с аналитическими или автоматизированными результатами, полученными на основе одинаковых исходных данных. Если показатели качества полностью соответствуют требуемым значениям, их дальнейшее улучшение может привести к снижению точности системы.

Таким образом, при проектировании важно найти баланс, что иногда требует дополнительных усилий от исследователя при анализе системы. Однако использование MATLAB и пакета Simulink значительно упрощает процесс проектирования, так как эти инструменты позволяют синтезировать и анализировать системы, а также напрямую оценивать показатели качества регулирования.

На рисунке 2.1 представлена структурная схема системы автоматического управления валковой дробилки в обозначениях Simulink.

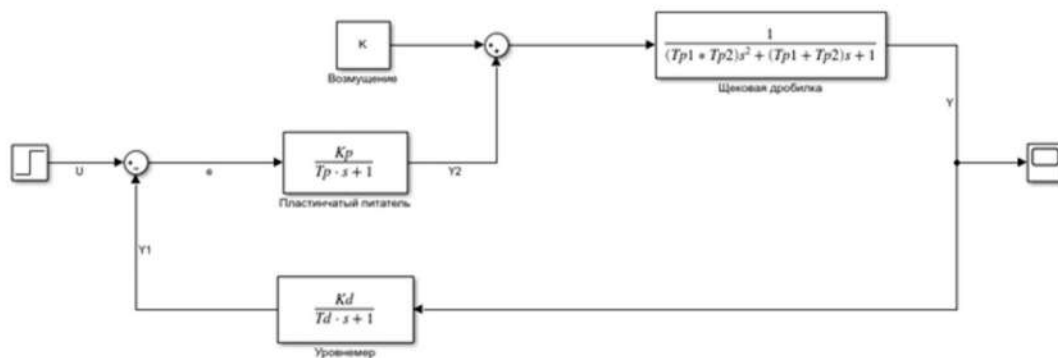


Рисунок 2.1 – Структурная схема дробилки в Simulink

Метод Лапласа применяется для анализа замкнутых систем с последовательно соединёнными звеньями. С его помощью можно определить соотношение между выходным и входным сигналами в операторной форме при нулевых начальных условиях. Данное соотношение известно как передаточная функция системы и обозначается $G(s)$.

$$G_{\text{сист}} = \frac{Y}{U},$$

$$Y = G_Q \cdot Y_2,$$

$$Y_2 = G_p \cdot \varepsilon,$$

$$\varepsilon = U \cdot Y_1,$$

$$Y_1 = G_d \cdot Y$$

Вывод формулы передаточной функции для замкнутой системы

$$\varepsilon = U - G_d \cdot Y,$$

$$Y_2 = G_s \cdot U - G_s \cdot G_d \cdot Y,$$

$$Y = G_s \cdot G_Q \cdot U - G_p \cdot G_Q \cdot G_d \cdot Y,$$

$$Y + G_Q \cdot G_p \cdot G_d \cdot Y = G_Q \cdot G_p \cdot U,$$

$$Y = \frac{G_Q \cdot G_s}{1 + G_p \cdot G_Q \cdot G_d} U$$

Таким образом, передаточная функция системы

$$G_{\text{сист}} = \frac{G_Q \cdot G_P}{1 + G_P \cdot G_Q \cdot G_D}$$

Если известны передаточные функции каждого отдельного элемента, мы можем использовать их для нахождения числового значения передаточной функции замкнутой системы

$$G_Q \cdot G_P = \frac{1}{1900s^2 + 90s + 1} \cdot \frac{0.203}{78.09s + 1} = \frac{0.203}{140562s^3 + 8828.1s^2 + 168.09s + 1},$$

$$G_Q \cdot G_S \cdot G_D = \frac{0.0697}{140562s^4 + 149390.1s^3 + 8896.1s^2 + 168.09s + 1},$$

$$1 + G_Q \cdot G_P \cdot G_D = \frac{140562s^4 + 149390.1s^3 + 8896.1s^2 + 168.09s + 1.0697}{140562s^4 + 149390.1s^3 + 8896.1s^2 + 168.09s + 1},$$

$$G_{\text{сист}} = \frac{G_Q \cdot G_P}{1 + G_P \cdot G_Q \cdot G_D} = \frac{0.203}{140562s^4 + 149390.1s^3 + 8896.1s^2 + 168.09s + 1.0697}$$

Анализ линейных систем управления направлен на изучение их интегральных характеристик (устойчивости и качества работы) на основе параметров составляющих элементов. Для полноценной оценки необходимо: проверить устойчивость, определить её запасы, вычислить показатели качества и сопоставить их с установленными нормативными значениями.

2.2 Эмпирический метод Циглера-Николса для настройки типового регулятора

Метод Циглера-Николса – широко применяемый эмпирический способ настройки ПИД-регуляторов, основанный на анализе переходных процессов в системе.

Как выглядит процедура настройки:

1. Экспериментальный этап:

Подать управляющее воздействие на систему (реальную или модельную) и зафиксировать её реакцию.

Провести серию испытаний, варьируя параметры: коэффициент усиления (K_p), интегральное время (T_i), дифференциальное время (T_d).

Анализировать переходные характеристики (время переходного процесса, перерегулирование, постоянную времени) для каждой комбинации параметров.

2. Определение критических параметров (для систем с единичной обратной связью):

Обнулить параметры регулятора: $K_p=0$, $T_i=0$, $T_d=0$.

Постепенно увеличивать K_r до возникновения незатухающих колебаний. Зафиксировать критический коэффициент усиления (K_c) и период колебаний (P). Рассчитать постоянную времени ($T=P/1.8$).

Установить:

$K_r=0.6 \cdot K_c$, где K_c - коэффициент усиления, при котором система начинает колебаться с постоянной амплитудой.

T_i и T_d – по табличным значениям, исходя из T и P .

Метод Циглера-Николса представляет собой простой и популярный подход к настройке ПИД-регуляторов, нашедший широкое применение в промышленности и научных исследованиях. Однако у этого метода есть существенные ограничения:

Не всегда обеспечивает оптимальные параметры настройки, поскольку: использует упрощённую модель объекта (основан всего на двух параметрах); исходные параметры регулятора подбирались для декремента затухания, равного 4, что приводит к медленному затуханию колебаний.

Не учитывает запас устойчивости системы, из-за чего: переходные процессы затухают слишком медленно; система может работать на границе устойчивости.

Для более точной настройки рекомендуется использовать дополнительные методы коррекции для улучшения запаса устойчивости и определить постоянную времени (T) и время запаздывания (L) по переходному процессу разомкнутой системы (см. рис.2.2).

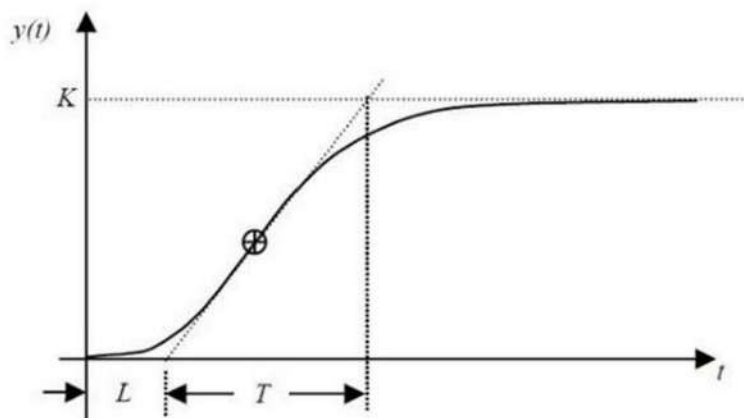


Рисунок 2.2 - Переходной процесс разомкнутой системы с монотонным процессом

Для получения переходного процесса нашей системы построим модель в Simulink (рисунок 2.3).

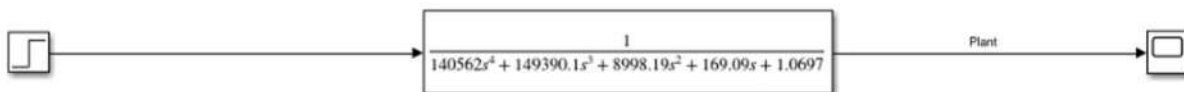


Рисунок 2.3 – Модель разомкнутой САУ процессом дробления

Промоделировав построенную получаем график переходного процесса разомкнутой САУ (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Переходной процесс разомкнутой САУ процессом дробления

Отсюда находим, что $K = 0.935$, $L = 38$ и $T = 175$.

Применение метода Циглера-Николса №1 для процесса дробления стеклобоя.

Для расчета параметров ПИД-регулятора воспользуемся таблицей 2.1.

Таблица 2.1 – вычисление параметров ПИД-регулятора

	K_p	$T_i = \frac{1}{i}$	T_D
P	$\frac{T}{KL} = 4.93$	0	0
PI	$0.9 \frac{T}{KL} = 4.43$	$\frac{L}{0.3} = 0.008$	0
PID	$1.2 \frac{T}{KL} = 5.911$	$2L = 0.013$	$0.5L = 19$

Подставляя значения полученных коэффициентов в настройки регулятора, получаем графики переходных процессов типовых регуляторов (рисунок 2.5).

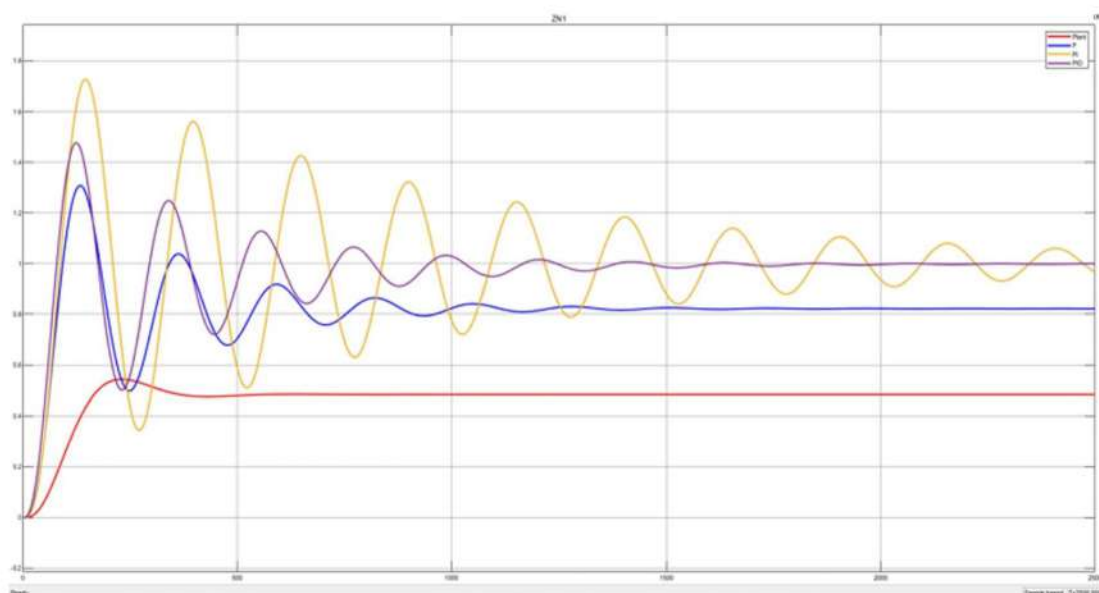


Рисунок 2.5 – Переходной процесс системы с регулятором настроенным по ZN1

По графику переходного процесса можно запросто рассчитать прямые оценки качества (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Прямые оценки качества системы с регулятором, настроенным по методу Циглера-Николса №1

Оценки качества	Без регулятора	P-регулятор	PI-регулятор	PID-регулятор
Время регулирования	590 с.	1592 с.	5000 с.	1455 с.
Перерегулирование	12.62%	59.87%	72.8%	58.6%
Число колебаний	1	5	17	5
Колебательность	-	45%	77.5%	37.9%
Период колебаний	-	229 с.	250 с.	225 с.
Установившаяся ошибка	0.452	-0.11	0.065	0.065
Время достижения первого максимума	230 с.	134 с.	149 с.	114 с.
Время нарастания	163 с.	85 с.	76 с.	57 с.
Декремент затухания	-	2.24	1.29	2.64

Вывод: учитывая совокупность факторов, ПИД-регулятор является наилучшим вариантом за счет обеспечения более оптимального режима работы дробилки.

2.3 Применение метода Циглера-Николса №2 для процесса дробления стеклобоя

Для расчета параметров регулятора по методу Циглера-Николса №2 требуется из разомкнутой системы получить замкнутую.

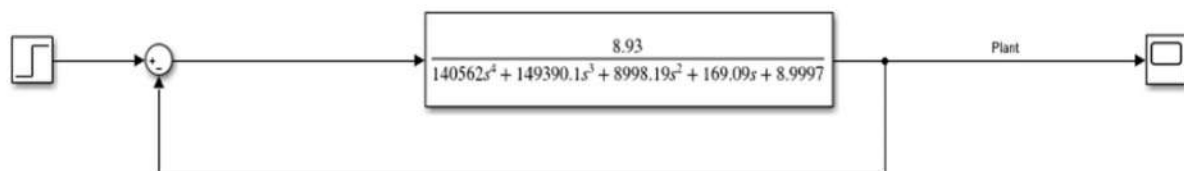


Рисунок 2.6 – Модель замкнутой системы управления

Промоделировав построенную схему, получим график переходного процесса замкнутой САУ участком дробления стеклобоя (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Переходной процесс замкнутой САУ процессом дробления

Расчет передаточной функции замкнутой САУ:

$$T(s) = \frac{K_{cr}}{140562s^4 + 149390.1s^3 + 8998.19s^2 + 169.09s + 1.0697 + K_{cr}}$$

$$140562s^4 + 149390.1s^3 + 8998.19s^2 + 169.09s + 1.0697 + K_{cr} = 0$$

$$\rightarrow 1.0697 + K_{cr} = 0 \rightarrow K_{cr} = -1.069$$

K_{cr} – предельный коэффициент усиления нейтральной границы устойчивости.

По матрице Гурвица:

$$\begin{vmatrix} 149390.1 & 169.09 & 0 \\ 140562 & 8998.19 & 1.0697 + K_{cr} \\ 0 & 149390.1 & 169.09 \end{vmatrix} = 0 \rightarrow$$

$$199405833595.194213 - 22317401978.01K_{cr} = 0 \rightarrow K_{cr} = 8.93$$

После подстановки предельного значения коэффициента усиления нейтральной границы устойчивости в передаточную функцию, получаем график устойчивых колебаний для необходимости получения предельного периода (рисунок 2.8).

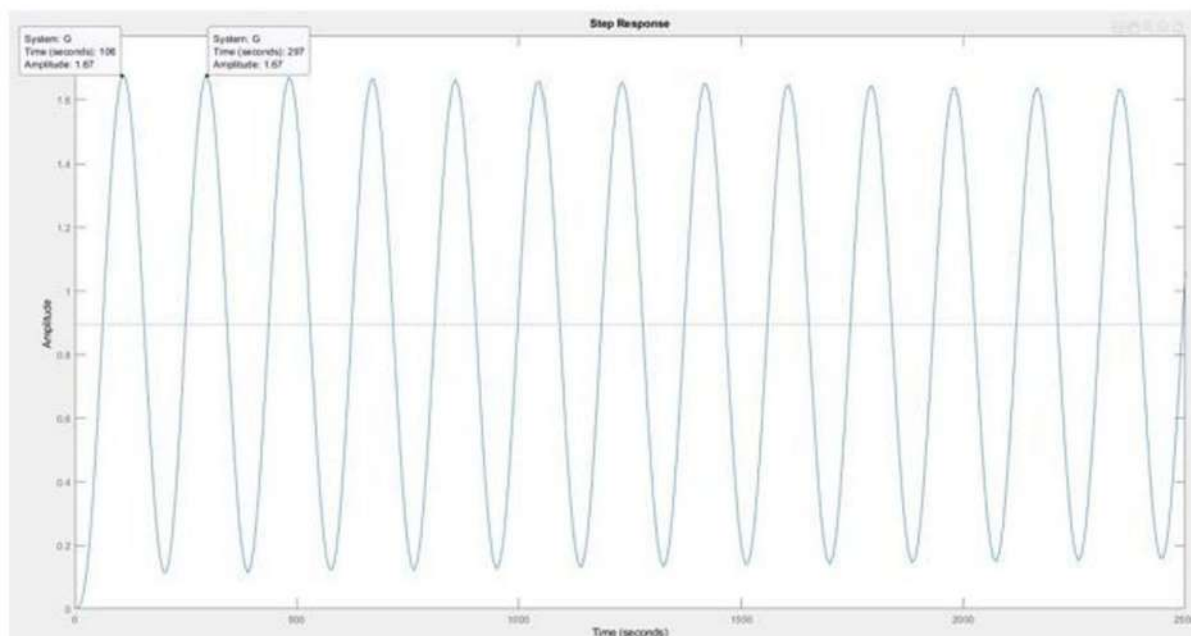


Рисунок 2.8 – График устойчивых колебаний с предельным периодом T_{cr}

$$K_{cr} = 8.9$$

$$T_{cr} = 191$$

Расчет параметров ПИД-регулятора по методу Циглера-Николса №2 проводим по таблице 2.3.

Таблица 2.3 – вычисление параметров ПИД-регулятора

	K_p	$T_i = \frac{1}{i}$	T_D
P	$0.5K_{cr} = 4.45$	0	0
PI	$0.45K_{cr} = 4.005$	$\frac{P_{cr}}{1.2} = 0.0063$	0
PID	$0.6K_{cr} = 5.34$	$\frac{P_{cr}}{2} = 0.0105$	$\frac{P_{cr}}{8} = 23.875$

Подставляя значения полученных коэффициентов в настройки регулятора, получаем графики переходных процессов типовых регуляторов (рисунок 2.9).

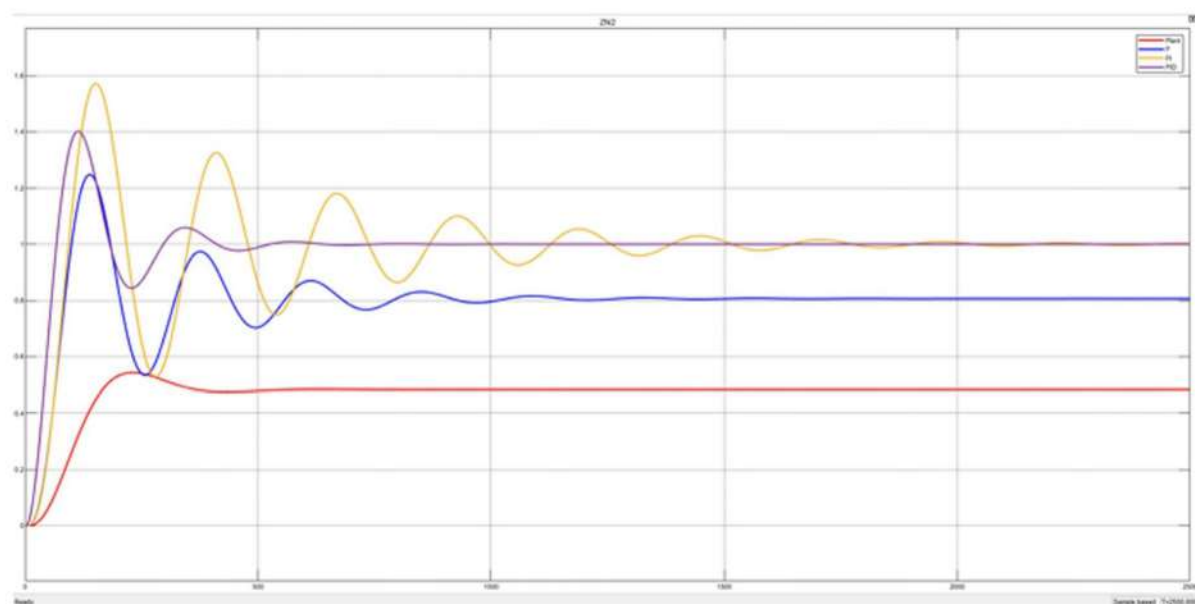


Рисунок 2.9 – Переходной процесс системы с регулятором настроенным по ZN2

По графику переходного процесса можно запросто рассчитать прямые оценки качества (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Прямые оценки качества системы с регулятором ZN2

Оценки качества	Без регулятора	P-регулятор	PI-регулятор	PID-регулятор
Время регулирования	590 с.	1620 с.	2200 с.	678 с.
Перерегулирование	12.62%	44%	57.5%	40.6%
Число колебаний	1	5	8	3
Колебательность	-	38.6%	56.8%	16%
Период колебаний	-	238 с.	259 с.	228 с.
Установившаяся ошибка	0.452	0.127	0.065	0.065
Время достижения первого максимума	230 с.	138 с.	152 с.	113 с.
Время нарастания	163 с.	85 с.	96 с.	66 с.
Декремент затухания	-	2.59	1.74	6.25

Вывод: очередной раз утверждаемся в целесообразности выбора ПИД-регулятора для достижения оптимального режима работы, который помогает обеспечивать наиболее лучшую производительность системы управления.

3 Моделирование и оценка эффективности

3.1 Анализ производительности

Моделирование показало:

- Среднее время цикла переработки одной партии – 2 часа
- Увеличение общей производительности на 25% по сравнению с ручным управлением
- Уменьшение времени простоя на 30% благодаря предиктивной диагностике.

Таблица 3.1 – Сравнение с неавтоматизированной системой

Показатель	Без АСУ	С АСУ
Производительность	2 т/ч	2.5 т/ч
Простоев в сутки	3 ч	1.5 ч
Расход энергии	100%	90%
Количество персонала	4 чел.	2 чел.

3.2 Оценка экономической эффективности

Экономический эффект достигается за счёт снижения затрат на персонал и энергию, повышения выхода годного продукта и уменьшения простоев и затрат на ремонт.

Расчёты показывают, что срок окупаемости системы составляет ~1.5 года при среднегодовой загрузке.

4 Выбор аппаратной базы для системы управления

Для реализации автоматизированной системы переработки стеклянного вторичного сырья были выбраны надёжные и совместимые промышленные компоненты, обеспечивающие управление ключевыми этапами: оптической сортировкой, магнитной и воздушной сепарацией, дроблением, промывкой и сушкой. Основу системы составляет контроллер Siemens, дополняемый специализированными датчиками и исполнительными устройствами. Для центрального управления выбрана модель контроллера Siemens S7-1500 (CPU 1512C-1 PN), обладающая встроенной поддержкой ПИД-регулирования, высокой скоростью обработки данных и интерфейсом PROFINET, что обеспечивает интеграцию со всеми компонентами системы. На рисунке 4.1 представлено внешнее исполнение данного контроллера.



Рисунок 4.1 – Контроллер Siemens S7-1500 CPU 1512C-1 PN

Для сортировки стеклянных фрагментов по цвету и форме была выбрана промышленная камера VISOR® Object от компании SensoPart. Данная камера способна в режиме реального времени определять характеристики объектов, отличая, например, прозрачное стекло от окрашенного. На рисунке 4.2 показан внешний вид камеры.



Рисунок 4.2 – Промышленная камера VISOR® Object

Таблица 4.1 – Характеристики VISOR® Object

Параметр	Значение
Разрешение	1280 × 1024 пикселей
Интерфейс связи	Ethernet, PROFINET
Освещение	Встроенная LED-подсветка
Тип сортировки	Цветовая и формовая

Для фиксации положения магнитного сепаратора применяется индуктивный датчик Balluff BES M18MI, обладающий высокой точностью и степенью защиты IP67. Для управления воздушной подачей используется электропневмоклапан Festo VUVG-L10-M52, который получает сигналы от контроллера. На рисунке 4.3 представлен внешний вид датчика Balluff.



Рисунок 4.3 – Индуктивный датчик Balluff BES M18MI

Таблица 4.2 – Характеристики Balluff BES M18M1

Параметр	Значение
Диаметр	18 мм
Дальность срабатывания	10 мм
Степень защиты	IP67
Выходной сигнал	PNP, NO

Процесс дробления стекла осуществляется с использованием асинхронного электродвигателя Siemens 1LE1001-1DB23-Z, управляемого через частотно-регулируемый преобразователь SINAMICS V20. Такое решение обеспечивает точную регулировку оборотов и надёжную эксплуатацию. На рисунке 4.4 представлен двигатель Siemens.



Рисунок 4.4 – Электродвигатель Siemens 1LE1001-1DB23-Z

Таблица 4.3 – Характеристики Siemens 1LE1001-1DB23-Z

Параметр	Значение
Мощность	1,5 кВт
Напряжение питания	380 В, 3 фазы
Материал корпуса	Алюминий
Степень защиты	IP55

Для контроля температуры воды в процессе промывки используется температурный датчик WIKA TC82, а уровень воды контролируется датчиком

Endress+Hauser Liquiphant FTL31. На рисунке 4.5 представлен внешний вид датчика уровня Liquiphant.



Рисунок 4.5 – Датчик уровня Liquiphant FTL31

Таблица 4.4 – Характеристики Liquiphant FTL31

Параметр	Значение
Тип сигнала	PNP/NPN
Материал зонда	Нержавеющая сталь
Среда	Жидкости
Степень защиты	IP69K

На этапе сушки используется электродвигатель Siemens 1LE1001-0DA22, выполняющий функции вентиляции, и температурный датчик WIKA TC82 для контроля уровня нагрева. Все сигналы передаются в контроллер и обрабатываются ПИД-регулятором. Взаимодействие оператора с системой осуществляется через панель Siemens SIMATIC HMI KTP700 Basic, предназначенную для отображения текущих параметров, сигналов аварий и ввода управляющих команд. На рисунке 4.6 представлена внешняя панель.



Рисунок 4.6 – Панель оператора KTP700 Basic

Таблица 4.5 – Характеристики SIMATIC HMI KTP700 Basic

Параметр	Значение
Экран	7" TFT, сенсорный
Разрешение	800×480 пикселей
Интерфейс	PROFINET
Назначение	Мониторинг и управление

Контроль открытия дверей осуществляется с помощью концевых выключателей Honeywell LSA1A. Кроме того, для анализа состояния оборудования применяется датчик вибрации Hansford Sensors HS-100, устанавливаемый на корпус дробилки. На рисунке 4.7 представлен концевой выключатель.



Рисунок 4.7 – Концевик Honeywell LSA1A

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения данного дипломного проекта, связанного с разработкой автоматизированной системы управления процессов переработки вторичного сырья на примере стекла, была проделана работа над следующими действиями:

- рассмотрена существующая система автоматического управления процессами переработки, включающих этапы дробления, оптической сортировки, двух видов сепарации, мойки и сушки;
- проанализированы последовательности выбора основных этапов переработки с целью выявления экономически лучшего метода;
- выбран объект управления, работа которого находится в зависимости от параметров производительности, характеристик исходного материала, потребляемой мощности, ширины разгрузочной щели и состава продукта в гранулах;
- разработана структурная и функциональная схема с использованием датчиков уровня, скорости и мощности;
- выведена математическая модель процесса автоматизации дробления;
- промоделирован процесс дробления стеклобоя в программах MatLab и Simulink.

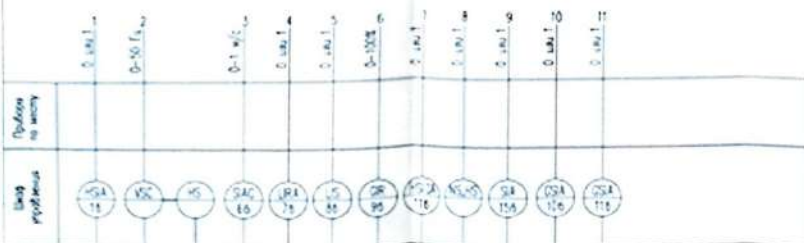
Выполнение дипломного проекта связанного, казалось бы, с повседневными вещами, продемонстрировало экологическую необходимость, а также ее экономическую целесообразность развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Губанов Л.Н. Переработка и утилизация отходов упаковочных материалов: учебное пособие / Л.Н. Губанов, А.Ю. Зверева, В.И. Зверева // Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. — 117 с.
- 2 Автоматические системы управления процессами дробления. Характеристика элементов как управляемых объектов. 20.07.2020, https://studbooks.net/2575518/tovarovedenie/harakteristika_elementov_upravlyaemyh_obektov
- 3 Крец М. Автоматизация процесса утилизации пластиковых (ПЭТФ) бутылок // Автоматизация и производство. - №2'06. – С.32-33.
- 4 Волчкевич Л. И. Автоматизация производственных процессов: Учебное пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 2007. - 380 с.
- 5 Ерменова Г. Л., Иванов Г. В., Байченко А. А. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: пособие по курсовому проектированию: Учебное издание. – Кемерово, 2008. – 124 с.
- 6 Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Туркин В.Я. Вибрационные дробилки. Основы расчета, проектирования и технологического применения // СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2004 – 306 с.
- 7 Огородников С.Ф. Автоматизация технологических процессов. – БХВ-Петербург, 2011. – 345 с.
- 8 Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах: Учебное пособие. Омск: Изд. ОмГТУ, 2001. 368 с.

Приложение А

**Функциональная схема автоматизации систем автоматического управления
процессов переработки стекlobоя**



						Приложение А		
						Разработка автоматизированной системы управления процессом переработки вторичного сырья		
Изм.	Кол.	Лист	И докум.	Действ.	Дате	Лит.	Матр.	Материал
Заказ		Горюхов Н.С.						
Нормоконтроль		Манаков К.А.						
Уклад.		Мухомова Е.А.				Лист 1	Листов 1	
						Функциональная схема автоматизации системы автоматического управления процессом переработки стеклобоя		
Студент		Дрозд Д.А.				Кафедра АИИ		

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Дремин Даниил Арсеньевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки вторичного сырья

Научный руководитель: Елена Кулакова

Коэффициент Подобия 1: 0.8

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Дремин Даниил Арсеньевич

Тақырыбы: Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки вторичного сырья

Жетекшісі: Елена Кулакова

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0.8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.2

Әріптерді ауыстыру: 15

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні



Кафедра меңгерушісі

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Дремин Даниил Арсеньевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки вторичного сырья

Научный руководитель: Елена Кулакова

Коэффициент Подобия 1: 0.8

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 15

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 21.06.2017

проверяющий эксперт
Кулакова Е. Р.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента
Дремина Даниила Арсеньевича
6B07103 – Автоматизация и роботизация

На тему: Разработка автоматизированной системы управления процессов переработки
вторичного сырья

Выполнено:

- а) графическая часть на __ листах
- б) пояснительная записка на __ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В рецензируемом дипломном проекте актуальность задачи разработки системы управления процессов переработки обусловлена необходимостью повышения эффективности работы и надежности в перерабатывающей области.

Дипломный проект имеет теоретическую и расчетную части, что в совокупности свидетельствует об уровне подготовки автора.

В теоретической части подробно описывается объект управления, его конструктивные и технологические особенности.

В следующем разделе создается передаточная функция, проводится моделирование, выполненное в среде MATLAB/Simulink. Также была приведена структурная схема автоматизации, показывающая систему управления процессом дробления: взаимосвязь между датчиками, контроллером, исполнительными механизмами и панелью оператора.

В данной работе рекомендовано разработать ФСА, сравнить средства автоматизации.

Материал дипломного проекта выполнен в соответствии с ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ.

Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «80», а студент Дремин Даниил Арсеньевич заслуживает присвоения степени бакалавра по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Рецензент

Алматинский университет энергетики
и связи имени П.А.Нуреева,
заведующая кафедрой «Автоматизация и управление»
доктор Физ.-матем. наук, доцент

Абжанова Л.К.

«___» июня 2025г.



ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломный проект

Дремин Даниил Арсеньевич

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тема: Разработка автоматизированной системы управления процессов
переработки вторичного сырья

В дипломном проекте рассмотрена задача разработки системы управления процессов переработки вторичного сырья.

В первом разделе выполнения дипломного проекта был подробно изучен технологический процесс переработки, принципы работы основных этапов и особенности объекта управления, анализ экономически пригодного выбора процессов переработки вторичного сырья.

Во втором разделе дипломного проекта была представлена математическая модель технологического процесса переработки.

В процессе работы был продемонстрирован хороший уровень теоретической подготовки и способность к аналитическому мышлению.

Научный руководитель

доктор ~~PhD~~ старший преподаватель
 Кулакова Е.А.

(подпись)

«21»  2025 г.