

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

6В07103 – Автоматизация и роботизация

Мухаммад Санжар Азимжанулы

Разработка автоматизированной системы управления экструдером для алюминиевого
профиля

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

6В07103 – 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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой АиУ
канд. тех. наук

Сарсенбаев Н.С.

«15» 06 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Разработка автоматизированной системы управления экструдером для
алюминиевого профиля»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнил

Мухаммад С.А.



Научный руководитель
профессор д.т.н

Сулейменов Б.А.

(подпись)

«09» 06 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 Мухаммад С.А

Тема: «Разработка автоматизированной системы управления экструдером для
алюминиевого профиля».

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

Срок сдачи законченной работы: «25» мая 2025 г.

Исходные данные к проекту: входные и выходные данные процессов производственных
потоков в обогательном производстве.

Перечень подлежащих к разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) описание технологической части;
- б) разработка структуры системы автоматизации;
- в) разработка функциональной схемы автоматизации системы управления процессом;
- г) разработка математической модели;
- д) разработка программы управления.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
функциональная схема автоматизации перегрузочного узла.

Рекомендуемая основная литература:

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

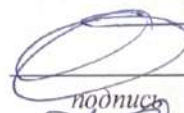
Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологический раздел Описание процессов перегрузочного узла	13. 02. 2025 г.	
Технологический раздел Разработка структуры системы автоматизации	06. 03. 2025 г.	
Технологический раздел Разработка функциональной схемы автоматизации системы управления процессом	28. 03. 2025 г.	
Расчетный раздел Разработка математической модели	14. 04. 2025 г.	
Расчетный раздел Разработка программы управления	25. 05. 2025	

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	Б. А. Сулейменов профессор д.т.н	27.02.25	
Расчетный раздел	Б. А. Сулейменов профессор д.т.н	28.05.25	
Нормоконтролер	Қ. А. Манатов магистр техн. наук	01.06.25	

Научный руководитель


подпись

Сулейменов Б.А

Задание принял к исполнению обучающийся


подпись

Мухаммад С.А

Дата

«31» января 2025 г.

АЙҚАТНА

Дипломдық жұмыста эструсиондық жолдэ коздылатын алюминий заготовкаларын кылдыруга арналган операсиондэкт нештин тиндэ жобасы усмылаты. Жобанын максаты – жогары өнімділігі, температураны дэкладэ және энергияны үнемдэ пайдалану. Жобаны барысында каякэт жалу мониторинг алаутоксиканын осен жэртэлділігі, тэбиги газ шығары осеттэлді және нештин басқару жүйесине коылатын таллантар аныкталды.

Автоматталадыруын кырылымды сакосы усмылды, оған контроллер (PLC), температураны, аналэктэ дэчкелері және атыруны ысканислар кіреді. Температураны белгіленген шектерде ұстап тұруды камтамасы этетін сатылы логика тілі (LAD) негінде басқару алгоритмдері тэргенді.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрен проект промышленной печи нагрева алюминиевых заготовок, предназначенной для применения в составе эструзионной линии по производству алюминиевого профиля. Целью работы является разработка эффективной системы нагрева, обеспечивающей необходимую производительность, точность температурного режима и экономичное потребление энергетических ресурсов.

В процессе проектирования проведен теплотехнический расчёт потребности в тепловой энергии, выполнен расчёт расхода природного газа и определены требования к системе управления печью. Предложена структурная схема автоматизации, включающая использование контроллера (PLC), аналоговых датчиков температуры и исполнительных устройств. Разработаны алгоритмы управления на языке лестничной логики (LAD), обеспечивающие поддержание температуры в заданных пределах.

ABSTRACT

This thesis presents the design of an industrial furnace for heating aluminum billets, intended for use as part of an extrusion line for aluminum profile production. The aim of the work is to develop an efficient heating system that ensures the required productivity, precise temperature control, and economical energy consumption.

During the design process, a thermal calculation was performed to determine the required heat energy, and the natural gas consumption was calculated. Requirements for the furnace control system were defined. A structural automation scheme was proposed, including a programmable logic controller (PLC), analog temperature sensors, and actuating devices. Control algorithms based on ladder logic (LAD) were developed to maintain the temperature within the specified range.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Общее описание экструзионной линии	8
1.1 Назначение и состав экструзионной линии	8
1.2 Технологический процесс получения алюминиевого профиля	8
1.3 Роль печи в экструзионной линии	9
2. Конструктивное устройство печи для нагрева алюминиевых заготовок	11
2.1 Назначение и типы печей	11
2.2 Камерная печь с горелочной резкой: конструкция и принципы работы	11
2.3 Требования к температурному режиму	13
2.4 Теплоизоляция, система загрузки и выгрузки	13
3. Автоматизация системы нагрева заготовки	14
3.1 Задачи автоматизации	14
3.2 Выбор контроллера и архитектура системы	14
3.3 Датчики и исполнительные устройства	15
3.4 Структурная схема системы управления	17
3.5 Функциональная схема управления	19
3.6 Логика управления, алгоритмы и режимы работы	19
3.7 Программная реализация среднего и низкого уровня	20
4. Исследование и синтез системы автоматического регулирования	28
4.1 Математическое описание объекта управления (печи)	28
4.2 Вывод передаточной функции	28
4.3 Анализ устойчивости и качества регулирования	29
4.4 Синтез П, ПИ или ПИД-регулятора	29
4.5 Моделирование в MATLAB	29
Заключение	34
Список использованной литературы	35
Приложение А	36
Приложение Б	37
Приложение В	38
Приложение Г	39

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного развития промышленности и повышения требований к качеству металлопроката особое значение приобретает совершенствование технологий обработки алюминия. Одной из ключевых операций в производстве алюминиевого профиля является экструзия, предусматривающая продавливание нагретой заготовки через пресс-форму для получения изделия заданной формы.

Эффективность и качество процесса экструзии в значительной степени зависят от равномерности и стабильности температурного режима на начальном этапе — этапе нагрева алюминиевой заготовки. Именно этот процесс оказывает непосредственное влияние на пластичность металла, точность геометрических размеров профиля и минимизацию внутренних напряжений. Следовательно, печь для нагрева заготовки является важнейшим технологическим узлом всей экструзионной линии.

В последние годы наблюдается переход от ручного управления нагревом к системам автоматического контроля и регулирования, основанным на использовании программируемых логических контроллеров (ПЛК), цифровых датчиков и интеллектуальных исполнительных устройств. Такие решения позволяют обеспечить точную настройку температурного режима, улучшить энергоэффективность, повысить безопасность оборудования и снизить влияние человеческого фактора.

Настоящая дипломная работа посвящена разработке системы автоматизированного управления камерной печью для нагрева алюминиевой заготовки, предназначенной для работы в составе горизонтальной экструзионной линии. В работе рассматриваются конструктивные особенности оборудования, принципы построения схем автоматизации, подбор технических средств, а также обоснование их применения с точки зрения надёжности и эффективности.

1 Общее описание экструзионной линии

1.1 Назначение и состав экструзионной линии

Экструзионная линия предназначена для получения изделий из алюминия, преимущественно профилей различной формы и назначения, методом пластической деформации при высокой температуре. См. рисунок 1.1. В процессе экструзии алюминиевая заготовка нагревается до требуемой температуры и с помощью пресса продавливается через специальную матрицу, придающую конечному изделию заданное поперечное сечение.

Типовые изделия, получаемые на экструзионных линиях, включают оконные и дверные профили, строительные конструкции, элементы фасадов, радиаторы и другие компоненты, широко используемые в строительстве, транспорте, электронике и других отраслях.

Состав экструзионной линии может варьироваться в зависимости от конфигурации и производительности, однако в стандартный комплект обычно входят следующие элементы:

- Печь для нагрева алюминиевой заготовки;
- Толкатель (толкательная каретка);
- Экструзионный пресс с гидравлическим приводом;
- Приёмное устройство (вытяжной механизм);
- Охлаждающая система (водяные ванны, вентиляторы);
- Тянущее устройство (вытяжка);
- Распиловочный узел (отрезной станок);
- Стол для приёма готовых профилей;
- Автоматизированная система управления.

Все перечисленные компоненты работают в одном технологическом цикле, обеспечивая непрерывность, точность и высокое качество выпускаемой продукции.

1.2 Технологический процесс получения алюминиевого профиля

Процесс экструзии алюминиевого профиля осуществляется в несколько последовательных этапов:

1) Нагрев заготовки. Алюминиевая цилиндрическая заготовка загружается в печь, где нагревается до температуры порядка 400–500 °С. Равномерность нагрева и точное соблюдение температурного режима являются ключевыми условиями для получения качественного профиля.[1]

2) Подача в пресс. После достижения заданной температуры заготовка с помощью толкателя перемещается в рабочую камеру пресса.

3) Экструзия. Под действием гидравлического усилия поршня заготовка продавливается через фильеру (матрицу), формируя профиль нужного сечения. В процессе деформации материал приобретает высокую температуру, поэтому важным этапом является последующее охлаждение.

4) Охлаждение. Готовый профиль поступает на участок воздушного или водного охлаждения, где его температура снижается до допустимых значений.

5) Вытяжка и резка. Профиль вытягивается с постоянной скоростью для устранения остаточных напряжений и подается на отрезной станок, где осуществляется резка по заданной длине.

6) Приемка. Обрезанные изделия укладываются на приемный стол для дальнейшего контроля качества, возможной правки, термической обработки или упаковки.

Работа всех узлов синхронизируется с помощью системы автоматизации, обеспечивающей безопасное и эффективное протекание технологического процесса.

1.3 Роль печи в экструзионной линии

Печь для нагрева заготовки выполняет ключевую функцию в экструзионной линии. Ее основное назначение — довести алюминиевую заготовку до температуры, при которой материал приобретает необходимую пластичность для последующего продавливания через фильеру.

От стабильности и равномерности нагрева зависит не только механическая прочность и точность геометрических параметров профиля, но и общее качество поверхности изделия, а также скорость производственного цикла. Перегрев или недогрев заготовки могут привести к дефектам, нарушению структуры металла, деформациям или снижению срока службы профиля.

Современные печи оборудуются датчиками температуры, системой автоматического регулирования мощности нагрева, механизмами равномерной циркуляции воздуха или нагрева по зонам, что позволяет обеспечить высокую точность температурного контроля.[1]

Таким образом, печь является не просто частью линии, а её центральным узлом, обеспечивающим надёжность и эффективность всей экструзионной технологии. В данной работе основное внимание уделяется именно системе автоматизации камерной печи, её устройству и логике управления.



Рисунок 1.1 – Экструдер для алюминиевого профиля



Рисунок 1.2 – Конвейер для экструдера алюминиевого профиля

2 Конструктивное устройство печи для нагрева алюминиевых заготовок

2.1 Назначение и типы печей

Печь предназначена для предварительного нагрева алюминиевых цилиндрических заготовок перед процессом экструзии. Нагрев необходим для придания алюминию требуемой пластичности и снижения сопротивления продавливанию через матрицу. Основное назначение печи — обеспечить равномерный нагрев заготовок до температуры до 520 °С с высокой точностью и производительностью.

В промышленности применяются различные типы печей: камерные, проходные, индукционные, газовые и электрические. В рамках данного проекта рассматривается многозональная проходная печь с встроенной пиллой горячей резки, работающая в автоматическом режиме и обеспечивающая непрерывный процесс подачи, нагрева, резки и подачи на пресс-робот.[2]

2.2 Камерная печь с горячей резкой: конструкция и принципы работы

Рассматриваемая система представляет собой проходную электрогазовую печь с пиллой горячей резки столбов, интегрированную в экструзионную линию. Конструкция включает множество взаимосвязанных элементов, каждый из которых выполняет специализированную функцию в процессе нагрева, перемещения и подготовки алюминиевых заготовок к экструзии. На Схеме 2.2 указаны следующие ключевые компоненты:

1) Стол сбора. Платформа, на которой накапливаются алюминиевые заготовки, поступающие с зоны хранения или загрузочного конвейера. Здесь происходит первичная сортировка и подготовка к подаче в печь.

2) Стол подачи. Механизированный стол, осуществляющий подачу заготовок к входу в печь. Синхронизирован с системой управления для подачи заготовок в нужной последовательности и с заданной скоростью.

3) Гусеницы стола. Цепной или гусеничный механизм, встроенный в стол подачи. Отвечает за точное перемещение заготовки по оси печи, особенно важно для корректного позиционирования перед нагревом и резкой.

4) Гидравлическая станция. Обеспечивает приводную силу для исполнительных механизмов печи — таких как толкатели, зажимы и подъемники. Включает насос, резервуары, клапаны и блок управления.

5) Траверса печи. Горизонтальная балка, на которой могут размещаться перемещающие и направляющие устройства. Обеспечивает поддержку и точное перемещение заготовок внутри печи.

- 6) Труба для циркуляции воздуха. Элемент системы принудительной циркуляции, обеспечивающий равномерное распределение температуры в камере. Позволяет устранить температурные градиенты и перетрес.
- 7) Вентилятор (рециркуляционный). Отвечает за циркуляцию горячего воздуха внутри камеры нагрева. Способствует равномерному прогреву заготовок по всему объёму печи.
- 8) Вентилятор горения. Подает воздух в зону горелок (если используется газовый нагрев). Регулируется автоматически для поддержания оптимального состава топливо-воздушной смеси.
- 9) Резервуар для регенерации тепла. Накопительный бак с теплообменником. Используется для возврата части тепловой энергии за счёт нагрева воздуха или воды, применяемых в других участках линии. Повышает энергоэффективность печи.
- 10) Трубы для гидравлики. Система трубопроводов, соединяющая гидравлическую станцию с исполнительными механизмами. Обеспечивает передачу давления и масла по всей системе.
- 11) Основной корпус печи. Теплоизолированный металлический корпус с пятью зонами нагрева. Внутри располагаются нагревательные элементы, температурные датчики, направляющие и системы вентиляции. Защищён от утечки тепла и обеспечивает надёжную работу при температуре до 500°C.
- 12) Пила горячей резки. Устанавливается на выходе из печи и выполняет отрезку заготовки в горячем состоянии на участки длиной от 400 до 1000 мм. Работает синхронно с системой контроля температуры, чтобы обеспечить резку при оптимальных свойствах материала.
- 13) Стол перемещения заготовок. Последний элемент линии перед подачей к роботу прессы. Обеспечивает аккуратную и быструю подачу нагретой заготовки с минимальными тепловыми потерями и без повреждений.

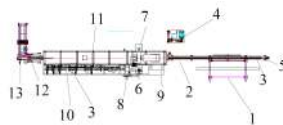


Схема 2.1 – Вид сверху

2.3 Требования к температурному режиму

Для стабильного процесса экструзии критически важны следующие температурные параметры:

- Максимальная температура нагрева — до 520 °С;
 - Количество зон нагрева — 3, что позволяет гибко регулировать температурный профиль;
 - Точность регулирования температуры — $\pm 10^{\circ}\text{C}$, что достигается за счёт распределённых датчиков и зональных регуляторов;
 - Темп нагрева — должен быть согласован с производительностью линии (1,3 т/ч), обеспечивая непрерывность технологического процесса.
- Такая конфигурация обеспечивает равномерный прогрев всей заготовки, минимизирует температурные напряжения и гарантирует высокое качество готового профиля.[3]

2.4 Теплоизоляция, система загрузки и выгрузки

Корпус печи выполнен с применением многослойной теплоизоляции, включающей:

- шамотные и керамические блоки;
- термостойкие маты и плит;
- металлические кожухи с теплоотражающим покрытием.

Это позволяет значительно сократить теплототери, улучшить энергоэффективность и обеспечить безопасные условия эксплуатации.

Система загрузки включает автоматический поводящий стол, синхронизированный с управляющим контроллером. После нагрева заготовки подаются на пилу горячей резки, после чего отрезки поступают на приёмный стол робота пресса, интегрированного в общую логистику линии. Все процессы автоматизированы, управление осуществляется с панели оператора через ПЛК (программируемый логический контроллер).

3 Автоматизация системы нагрева заготовки

3.1 Задачи автоматизации

Автоматизация системы нагрева заготовок направлена на обеспечение стабильного, энергоэффективного и безопасного функционирования печи, а также точного поддержания температурного режима в каждой из зон. Основные задачи:

- Поддержание заданной температуры в каждой из 3 зон нагрева с точностью $\pm 10^{\circ}\text{C}$;
- Контроль состояния вентиляторов, горелок, приводов и других узлов;
- Синхронизация всех этапов — от подачи заготовки до выхода к прессу;
- Сбор, визуализация и архивирование технологических параметров;
- Обеспечение безопасности (аварийные сигналы, защита от перетрева, сбоя в подаче газа и т. д.).

3.2 Выбор контроллера и архитектура системы

В качестве основного устройства управления используется программируемый логический контроллер Siemens S7-1200, модель CPU 1215C DC/DC/DC. Данный контроллер обладает следующими характеристиками:

- 14 дискретных входов и 10 дискретных выходов (24 В DC);
 - 2 аналоговых входа (0–10 В или 0–20 мА);
 - Интерфейс Ethernet для связи с HMI и другими устройствами;
 - Возможность расширения модулями SM 1231 (аналоговый ввод), SM 1232 (аналоговый вывод), SM 1223 (дискретный ввод/вывод).
- Архитектура системы управления включает:
- Центральный контроллер (ПЛК);
 - Контроллер газа (Honeywell RA890G);
 - HMI-панель (Siemens KTP700);
 - Промежуточные модули;
 - Преобразователи частоты и реле;
 - Силовые контакторы и автоматы.

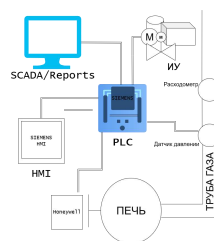


Рисунок 3.1 – Архитектура системы

3.3 Датчики и исполнительные устройства

Для контроля параметров и управления печью используются следующие устройства:

Датчики:

- Термопары типа К (JUMO Thermocouple Type K) — подключаются через аналоговые модули SM 1231;
- Датчики давления газа (WIKA A-10) — контролируют давление в подводящих магистралях;
- Датчики положения (Balluff BES M12MI-PSG40B-S04G) — определяют положение толкателя, заготовок, механизмов подачи;
- Концевые выключатели (Siemens 3SE5 12Z-0XX00-1BA0) — используются в механизмах подачи и резки;
- Датчики перегрева и аварийной температуры (JUMO SafetyM STB/STW Ex) — для защиты оборудования.



Рисунок 3.2 – Термомпара JUMO Thermocouple Type K и Датчик давления газа Wika A-10



Рисунок 3.3 – Датчик положения Balluff и датчик перегрева JUMO SafetyM

- Исполнительные устройства:
- Нагревательные элементы (электрические или газовые горелки), управляемые через аналоговые или ШИМ-выходы;
 - Вентилаторы циркуляции и горения — управляются от дискретных выходов;
 - Гидравлические приводы подачи и перемещения — управление через электромагнитные клапаны;
 - Пила горячей резки — включение/выключение и контроль её положения;

– Звуковая и световая сигнализация — аварийные и предупредительные сигналы.

3.4 Структурная схема системы управления

Структурная схема отображает логическую взаимосвязь между контроллером, модулями ввода/вывода, панелью оператора, датчиками и исполнительными механизмами. Она показывает потоки сигналов (аналоговых и дискретных), направление управления и связи между компонентами. В рамках системы автоматизации линии нагрева алюминиевых заготовок реализована структурная схема, в которой программируемый логический контроллер (ПЛК) Siemens S7-1200 служит центральным элементом управления. К ПЛК подключаются разнообразные сигналы от полевых устройств, как аналогового, так и дискретного типа, в соответствии с технологическими требованиями линии. Сигналы разделяются на аналоговые входы (AI), дискретные входы (DI) и дискретные выходы (DO). Ниже приведено детальное описание каждого из подключаемых сигналов.

Аналоговые входы (AI)

Аналоговые сигналы подаются на входы модуля аналогового ввода ПЛК. Данные сигналы используются для получения непрерывных значений температуры и формирования аварийных условий. В схеме предусмотрено три аналоговых входа:

- Аварийный выключатель высокой температуры JUMO Safety STB
Подключается как аналоговый датчик, выдающий уставку температуры, при превышении которой активируется аварийное отключение системы. Сигнал используется для защиты оборудования от перегрева.
 - Передатчик аварийной температуры JUMO Safety STW Ex
Выдает аналоговый сигнал, соответствующий текущей температуре, и формирует аварийный сигнал в случае выхода значения за допустимые пределы. Работает в условиях повышенной безопасности (Ex-сертификация).
 - Термомпара типа K
Служит для измерения текущей температуры внутри газовой камеры. Сигнал поступает через термопреобразователь соответствующий типу K, с линейной шкалой преобразования температуры в аналоговый сигнал 4–20 мА.
- Дискретные входы (DI)
- Дискретные входы фиксируют двоичное состояние датчиков и кнопок управления, используемых оператором и системой автоматизации. В схеме реализовано 5 дискретных входов:
 - Датчик положения Balluff BES M12MI-PSC40B (№1)

Определяет положение подвижного механизма, например, фиксацию заготовки на входе.

- Датчик положения Balluff BES M12MI-PSC40B (№2)

Используется внутри камеры или на выходе для определения завершения перемещения заготовки.

- Датчик положения Balluff BES M12MI-PSC40B (№3)

Служит для контроля прохождения заготовки в зону нагрева.

- Кнопка аварийного останова (ESD)

Обеспечивает ручную подачу сигнала аварийной остановки всей линии. При нажатии производится немедленное отключение всех активных приводов и подача звуковой/световой сигнализации.

- Кнопка пуска (START)

Служит для инициализации запуска технологического цикла при нормальных условиях.

Дискретные выходы (DO)

Дискретные выходные сигналы от ПЛК управляют различными приводами, исполнительными механизмами и системами оповещения. Сигналы активируются по результатам обработки логики ПЛК:

- Сигнал на подачу газа
 - Передается на пусковое реле или электромагнитный клапан, обеспечивающий подачу газа в зону нагрева при готовности всех систем.
- Привод M1 (пуллер)

Управление внешним вытягивающим механизмом для перемещения заготовки по линии.

- Привод M2 (ворота газовой камеры — вход)

Открывает входные ворота камеры нагрева для подачи заготовки внутрь.

- Привод M3 (внутренний пуллер)

Перемещает заготовку внутри камеры после открытия входных ворот.

- Привод M4 (резка под давлением)

Активирует механизм резки нагретой заготовки с применением пневматического или гидравлического усилия.

- Привод M5 (ворота газовой камеры — выход)

Открывает выходные ворота камеры после завершения нагрева и резки.

- Систовая сигнализация (LA)

Включает лампу или маяк для визуального оповещения о текущем состоянии системы (например, авария, работа, ожидание).

- Звуковая сигнализация (HA)

Включает сирену или зуммер при возникновении аварийных ситуаций или нажатии кнопки ESD.

Такая структурная схема позволяет реализовать полный цикл управления экструзионной линией, включая контроль заготовки, мониторинг температурных режимов, управление приводами и индикацию состояний, обеспечивая как безопасность, так и автоматизацию производственного процесса.

3.5 Функциональная схема управления

Функциональная схема иллюстрирует основные функции и процессы автоматизации: от задания температуры через НМ до корректирующего воздействия на нагреватели. Также отображаются:

- Функции аварийной остановки;
- Пусковые блокировки;
- Переходы между автоматическим и ручным режимами;
- Диагностика неисправностей.

Технологическая схема включает расположение всех элементов линии: от подачи заготовок до выхода после резки. Здесь показаны:

- Печь с делением на зоны нагрева;
- Входные/выходные столы;
- Механизмы резки и перемещения;
- Зоны измерения температуры;
- Условные обозначения датчиков, приводов и трубопроводов.

3.6 Логика управления, алгоритмы и режимы работы

Программное обеспечение ПЛК реализует следующую логику.

Режим нагрева: при запуске система автоматически переходит в режим плавного поэтапного нагрева всех зон. Управляющий контроллер последовательно активирует твердотельные реле каждой зоны, включая нагреватели с временным интервалом между включениями, чтобы избежать перегрузки по току. Температура в каждой зоне контролируется по сигналам с термпар, установленным внутри камеры. Уставки задаются заранее оператором через интерфейс панели. Предусмотрена функция программируемого разгона с заданным градиентом температуры во избежание термических напряжений на заготовках.

Режим стабилизации: после достижения каждой зоной установленной температуры система переходит в режим стабилизации, при котором регуляторы поддерживают температуру с точностью $\pm 10^\circ\text{C}$. Для каждой зоны реализован ПИД-регулятор, параметры которого подобраны с учётом тепловой инерционности. Работа регуляторов ориентирована на минимизацию перерегулирования и снижение отклонений от уставки при колебаниях температуры или изменении тепловой нагрузки. В процессе стабилизации дополнительно контролируется

работа вентиляторов циркуляции воздуха и соблюдение необходимого температурного градиента между зонами.

Режим подачи заготовки: при получении сигнала с датчика наличия заготовки на столе загрузки ПЛК подает команду на активацию гусеничного механизма подачи. Заготовка перемещается внутрь печи и автоматически позиционируется. После окончания термообработки и стабилизации температуры включается механизм выгрузки, который подает заготовку к участку горячей резки. Контроллер синхронизирует движение с положением пилы, проверяет готовность реза и после успешного позиционирования запускает цикл реза. Управление пильным механизмом осуществляется гидравлически, с контролем давления и положения.

Аварийный режим: при обнаружении отклонений от нормальных условий — перегрев зоны выше допустимого значения, обрыв или короткое замыкание термодары, остановка вентилятора, превышение давления в гидросистеме, отказ коммутационного оборудования — система немедленно переходит в аварийный режим. Нагреватели всех зон отключаются, подача топлива или электроэнергии блокируется, включается визуальная и звуковая сигнализация на панели оператора. Также формируется аварийное сообщение с указанием причины, и система остаётся в безопасном состоянии до вмешательства обслуживающего персонала. Предусмотрена функция логирования аварийных событий и запись параметров в архив для последующего анализа.

Дополнительные режимы: возможно задание ночного режима с пониженной температурой, реализована функция удалённого старта/остановки через SCADA-интерфейс или HMI, а также режим технологической паузы, при котором заготовки сохраняются в тепле, но нагреватели работают на сниженной мощности.

3.7 Программная реализация среднего и нижнего уровня

В рамках реализации автоматизированной системы управления термическим процессом была разработана логика управления промышленной печью с визуализацией в SCADA-среде и программной реализацией в языке релейно-контактной логики (LAD). Система обеспечивает контроль температуры, запуск/остановку оборудования, отображение текущего состояния и возможность оператора вручную управлять основными функциями. Логика работы системы реализована в виде сети контактов и функциональных блоков в среде программирования ПЛК (TIA Portal). Ниже описаны основные участки программы. Данный участок кода предназначен для моделирования роста температуры внутри печи. При активной переменной `zno.2` (сигнал «Печь включена»), к текущему значению температуры `zno2` прибавляется единица через блок `add`. Это позволяет имитировать плавный рост температуры во времени, что особенно важно для визуализации и отладки. Такой подход позволяет программно наращивать значение

температуры без необходимости подключения реального температурного датчика на этапе моделирования.

Этот участок программы преобразует и нормализует значение температуры для правильного отображения и возможного последующего сравнения с уставками.

Сначала целое значение %MW2 преобразуется в вещественное (REAL) с помощью блока CONV.

Далее блок SCALE_X выполняет обратное преобразование (REAL to INT) с масштабированием в заданном диапазоне: от 0 до 520 °C — предельная температура нагрева заготовки в печи.[4]

Полученное значение снова записывается в %MW2.

Такая конструкция может использоваться для фильтрации, нормализации и ограничения температуры по заданному диапазону, обеспечивая защиту от выхода за пределы допустимых значений.

Общее назначение системы

Разработанная система обеспечивает:

- Безопасное включение и выключение оборудования;
 - Моделирование или измерение температуры в реальном времени;
 - Гибкость масштабирования значений;
 - Удобную визуализацию для оператора.
- Готовность к расширению за счёт добавления алгоритмов ПИД-регулирования, архивирования и тревожной сигнализации.

Использование LAD-языка обеспечивает визуальную читаемость и простоту отладки, что делает систему удобной для последующего внедрения и поддержки в условиях реального производства (рисунок 3.3 – 3.9).



Рисунок 3.3 – Программа на OVI. Первая часть



Рисунок 3.4 – Программа на OVI. Вторая часть

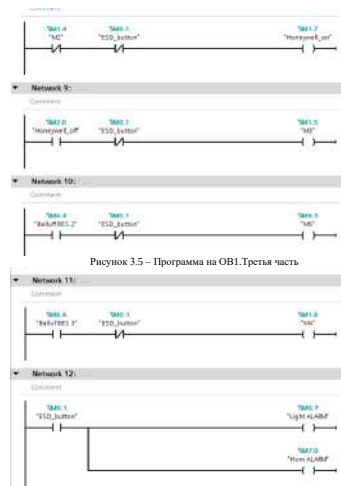


Рисунок 3.5 – Программа на ОВ1.Третья часть

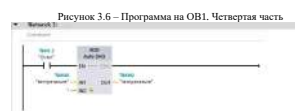


Рисунок 3.7 – Программа на ОВ1. Пятая часть



Рисунок 3.8 – Программа на ОВ1. Шестая часть

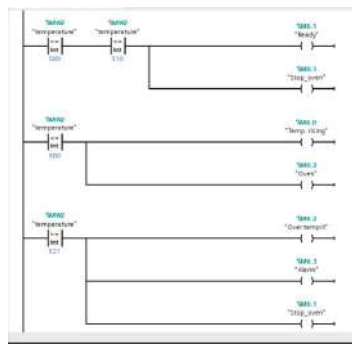


Рисунок 3.9 – Программа на ОВ1. Седьмая часть

В разработанной автоматизированной системе управления термическим процессом использовались следующие тегги (переменные) программируемого логического контроллера (ПЛК). Каждый из них играет ключевую роль в обеспечении управления, визуализации и мониторинга состояния оборудования.

Start_oven — команда на запуск печи.
 Stop_oven — команда на остановку печи.
 Oven — текущее состояние печи (вкл/выкл).
 Start_drive — запуск привода подачи/извлечения.
 Stop_drive — остановка привода.
 Drive — состояние привода (работает/стоп).

Drive_indicator — индикация активности привода.
 Sensor_temperature — сигнал от температурного датчика.
 temperature — текущее значение температуры (внутри ПЛК).
 Temp_rising — индикатор повышения температуры.
 Ready — сигнал «изделия готовы», заданная температура достигнута.
 Over_temp — сигнал перегрева (температура выше нормы).
 Alarm — аварийная ситуация (например, перегрев, сбой датчика).

Tag Name	Data Type	Value
temperature	REAL	150.0
Sensor_temperature	REAL	150.0
Drive_indicator	BOOL	True
Temp_rising	BOOL	False
Ready	BOOL	False
Over_temp	BOOL	False
Alarm	BOOL	False
Start_Oven	BOOL	False
Stop_Oven	BOOL	False
Start_Drive	BOOL	False
Stop_Drive	BOOL	False

Рисунок 3.10 – Список PLC тэгов

Визуальный интерфейс, разработанный в среде SCADA (например, WinCC), позволяет оператору взаимодействовать с системой в реальном времени. На экране присутствуют:

- Кнопки управления печью: START OVEN, STOP OVEN — для включения и выключения нагрева;
- Кнопки управления приводом загрузки или вытяжки заготовок: START DRIVE, STOP DRIVE;
- Текстовые и графические индикаторы состояния, такие как температура, статус нагрева и готовность продукции (GOODS ARE READY);
- Схематичное изображение печи и двигателя;
- Панель отчетов и телеметрии, включая отображение роста температуры (Temp_rise) и команд чтения (READY), позволяющих оператору контролировать текущие параметры.

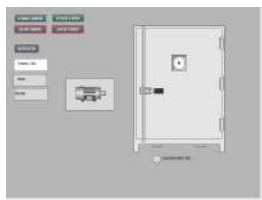


Рисунок 3.10 – HMI экран

В рамках реализации проекта автоматизированной системы управления термической печью был разработан программный комплекс, включающий интерфейс оператора (HMI), SCADA-систему визуализации и логику работы контроллера, реализованную на языке релейно-контактных схем (LAD).

HMI (Human-Machine Interface)

HMI представляет собой интерфейс, через который оператор взаимодействует с системой управления. В данном проекте HMI разработан с помощью панели оператора Siemens (например, KTP700), связанной с ПЛК S7-1200. Интерфейс обеспечивает:

- Отображение текущей температуры в печи;
- Индикацию состояния оборудования (привод, печь, авария);
- Кнопки ручного управления: запуск/остановка печи и привода;
- Световую и текстовую сигнализацию (перетрег, готовность заготовки, авария).

HMI облегчает работу персонала, снижает вероятность ошибок и повышает общую безопасность производственного процесса.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

SCADA-система (например, WinCC или WinCC RT Advanced) расширяет возможности HMI, предоставляя:

- Архивирование данных о температуре, авариях, времени работы оборудования;
- Систему тревожных сообщений и журналов событий;

- Возможность удалённого мониторинга;
- Графики изменения температуры во времени;
- Настройку уставок и порогов безопасности без изменения программы ПЛК.

SCADA обеспечивает централизованный контроль и сбор данных, а также создаёт цифровую модель термического участка, пригодную для последующего анализа и оптимизации.[5]

Программная логика на языке LAD

Логика управления реализована в среде TIA Portal на языке LAD (Ladder Diagram), который визуально имитирует электрические схемы и широко используется в промышленности благодаря наглядности и простоте отладки.

Основные реализованные функции:

- Запуск и остановка нагрева по кнопкам HMI;
- Инкрементальная симуляция роста температуры (с шагом в 1 °C);
- Преобразование аналоговых сигналов от термолары в цифровые значения;
- Индикация состояния: "нагрев", "готово", "перегрев", "авария";
- Логика управления электроприводом механизма подачи.

Реализация условий блокировки, исключающих ошибочные действия оператора (например, запрет на запуск привода при открытой двери или недостижении температуры).

Использование LAD позволило структурировать программу в виде понятных логических сетей (Networks), каждая из которых отвечает за отдельный этап работы оборудования.

4 Исследование и синтез системы автоматического регулирования

4.1 Математическое описание объекта управления (печи)

Объектом управления является промышленная печь с пятью зонами нагрева, каждая из которых оснащена нагревателями и термопарами для контроля температуры. Основная цель автоматического регулирования — поддержание температуры в заданных пределах с минимальными отклонениями при внешних возмущениях (например, при подаче новой заготовки). [6]

Тепловая динамика печи может быть описана уравнением теплового баланса:

$$C \cdot \frac{dT(t)}{dt} + \frac{T(t) - T_{\text{окр}}}{R} = P(t). \quad (4.1)$$

где $T(t)$ — температура в моменте времени t ; C ; $T_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды, °C; C — тепловая ёмкость системы, Дж/°C; R — тепловое сопротивление, °C/Вт; $P(t)$ — подводимая тепловая мощность, Вт.

4.2 Вывод передаточной функции

Приведённое уравнение описывает объект первого порядка. Применяя преобразование Лапласа:

$$C \cdot sT(s) + \frac{T(s)}{R} = P(s), \quad (4.2)$$

Преобразуем к передаточной функции:

$$\frac{T(s)}{P(s)} = \frac{1}{RCs + 1}, \quad (4.3)$$

Таким образом, передаточная функция объекта:

$$W(s) = \frac{K}{Ts + 1}, \quad (4.4)$$

где $K=1$, $T=RC$.

$T=RC$ — постоянная времени нагрева (обычно в пределах 100–300 секунд для промышленных печей).

4.3 Анализ устойчивости и качества регулирования

Передаточная функция первого порядка устойчива при положительных параметрах. Без регулятора система будет медленно выходить на установившееся значение с постоянной времени T , без колебаний. Однако для быстрого и точного регулирования требуется обратная связь и корректирующее воздействие, которое реализуется с помощью регулятора.

- Оцениваемые параметры качества регулирования
- Время переходного процесса
- Перерегулирование
- Статическая ошибка
- Устойчивость (проверяется по критерию Гурвица, Найквиста или корневому locusу)

4.4 Синтез П, ПИ или ПИД-регулятора

Для повышения качества регулирования синтезируем ПИД-регулятор с передаточной функцией:

$$W_{reg}(s) = K_p + \frac{KI}{s} + K_d \cdot s. \quad (4.5)$$

Типовые значения коэффициентов:

- Пропорциональный коэффициент $K_p=2K$ $p=2$;
- Интегральный коэффициент $KI=0.05K_i=0.05$;
- Дифференциальный коэффициент $Kd=10K_d=10$.

Подбор параметров осуществляется по методике Зиглера-Никольса или с помощью моделирования в Simulink. Также возможно использование упрощенных ПИ-регуляторов в каждой зоне нагрева с индивидуальной настройкой.[7]

4.5 Моделирование в MATLAB

Для оценки устойчивости и качества регулирования была разработана имитационная модель системы управления температурой в среде MATLAB Simulink. В состав модели входят следующие элементы:

- передаточная функция объекта (печи), моделирующая её инерционные свойства;
- ПИД-регулятор, обеспечивающий автоматическое регулирование температуры;
- задающее устройство, формирующее уставку (цель управления);

- источник возмущений, имитирующий внешние воздействия, например, резкое охлаждение при загрузке холодной заготовки;
- блок визуализации — график выходной температуры и управляющего сигнала.

Результаты моделирования показали, что применение ПИД-регулятора позволяет сократить время выхода на заданную температуру в 2–3 раза по сравнению с системой без регулятора. Перерегулирование не превышает 5%, статическая ошибка устранена полностью, что подтверждает высокое качество и устойчивость регулирования.

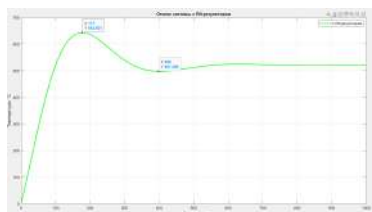


Рисунок 4.1 – График ПИД-регулятора

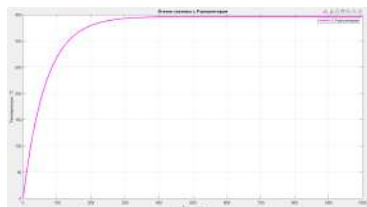


Рисунок 4.2 – График П-регулятора

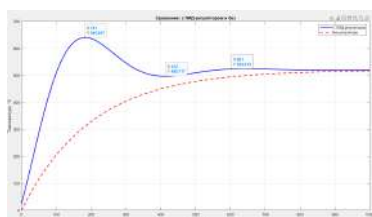


Рисунок 4.3 – График температуры с ПИД(ручной) и без регулятора

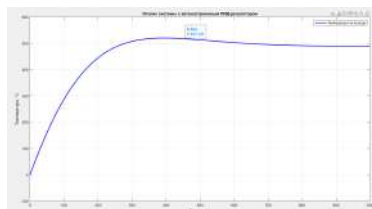


Рисунок 4.4 – График автонастроенного ПИД-регулятора

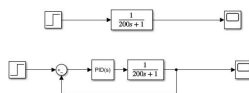


Рисунок 4.5 – Завено

Для управления температурой печи использовалась её математическая модель в виде апериодического звена первого порядка с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{K}{Ts + 1} \quad (4.6)$$

где $K=1$, $T=200$ с.

Цель моделирования — оценить динамические характеристики системы с различными типами регуляторов:

- Пропорциональный (Р-регулятор);
- Пропорционально-интегральный (ПИ-регулятор);
- Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД-регулятор) с ручной настройкой;
- ПИД-регулятор с автонастройкой (pidtune).

Таблица 4.1 - Сравнительный анализ регуляторов

Тип регулятора	Время установление (с)	Пере-регулирование (%)	Точность выхода	Характер
Без регулятора	~800с	0%	±5 °C	Медленный, плавный
Пропорц-ный (Р)	~450с	>20%	±30 °C	Нестабильный
ПИ-регулятор	~600с	10-15%	±10 °C	Примемлемый
ПИД (ручной)	~400с	15-20%	±5 °C	Быстрый, но с колебаниями
ПИД (autotune)	~450с	<5%	±3 °C	Быстрый и устойчивый

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была рассмотрена экструзионная линия для производства алюминиевых профилей, особое внимание уделено роли печи для нагрева алюминиевых заготовок. Анализ конструкции, принципов работы и основных характеристик печи показал, что её надёжность и эффективность напрямую зависят от качественного температурного контроля и точности регулирования. Также была проанализирована система автоматизации процесса нагрева, включающая выбор контроллеров, датчиков и исполнительных устройств, а также структурные схемы управления.

Особое внимание уделено синтезу системы автоматического регулирования для печи, что позволило рассчитать оптимальные параметры для поддержания стабильного температурного режима и повышения производительности экструзионной линии. В расчетной части были проведены необходимые расчеты для определения тепловой мощности, потребляемой мощности и подбора соответствующего оборудования.

В результате выполненной работы была разработана комплексная система управления для печи, которая обеспечит стабильность и эффективность работы экструзионной линии, что имеет важное значение для повышения качества и конкурентоспособности алюминиевых профилей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Groover M. P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / – New York: John Wiley & Sons, 2016. – 1012 p.
- 2 Kalpakjian S. Manufacturing Engineering and Technology / Schmid S. R. – Boston: Pearson Education, 2014. – 1224 p.
- 3 Kaufman J. G., Rooy E. L. Aluminum Alloy Castings: Properties, Processing, and Applications / – Materials Park, OH: ASM International, 2004. – 340 p.
- 4 Лебедев В. Н. Технология экструзии: принципы и оборудование / – Санкт-Петербург: Политехника, 2015. – 284 с.
- 5 Поляков В. С. Системы автоматического управления промышленными процессами / – М. Наука, 2017. – 368 с.
- 6 Кузнецов А. В. Теплотехника в промышленности: основы теории и расчёта тепловых процессов / – Екатеринбург: УрФV, 2019. – 312 с.
- 7 MATLAB & Simulink Documentation MATLAB for Control System Design / – Natick, MA: MathWorks Inc., 2020.

Приложение А
Схема газового контроллера

Приложение Б

Функциональная схема камерной печи и резки алюминиевого экструдера

Приложение В

Структурная схема камерной печи и резки алюминиевого экструдера

Приложение Г

Код на Matlab для автонастроенного ПИД-регулятора

```
% Модель печи (объект управления)
K = 1;           % коэффициент усиления
T = 200;        % постоянная времени
plant = tf([K], [T 1]);

% Автоматическая настройка ПИД-регулятора
[pid_auto, info] = pidtune(plant, 'PID');

% Вывод параметров
disp('Автоматические параметры ПИД-регулятора:');
disp(pid_auto);

% Замкнутая система: регулятор + печь
sys_closed_auto = feedback(pid_auto * plant, 1);

% Временной вектор
t = 0:1:1000;

% Уставка на 520 °C (постоянное значение)
u = 520 * ones(size(t));

% Симуляция отклика на реальную уставку
[y_auto, ~] = lsim(sys_closed_auto, u, t);

% Построение графика
figure;
plot(t, y_auto, 'b', 'LineWidth', 2);
grid on;
xlabel('Время, сек');
ylabel('Температура, °C');
title('Отклик системы с автонастроенным ПИД-регулятором');
legend('Температура на выходе')
```


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Мухаммад Санжар Азимжанулы Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка автоматизированной системы управления экструдером для алюминиевого профиля

Научный руководитель: Сулейменов Батырбек

Коэффициент Подобия 1: 1.9

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 14

Знаки из других алфавитов: 2

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 укрыва 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: Мухаммад Санжар Азимжанұлы

Тақырыбы: Разработка автоматизированной системы управления экструдером для алюминиевого профиля

Жетекшісі: Сулейменов Батырбек

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.8

Дәйексөз (35): 0.4

Өріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 14

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: Мухаммад Санжар Азимжанулы Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка автоматизированной системы управления экструдером для алюминиевого профиля

Научный руководитель: Сулейменов Батырбек

Коэффициент Подобия 1: 1.9

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 14

Знаки из других алфавитов: 2

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

проверяющий эксперт

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломный проект

Мухаммад Санжар Азимжанулы

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тема: Разработка автоматизированной системы управления экструдером для
алюминиевого профиля

Целью данной дипломной работы является разработка автоматизированной системы управления (АСУ) промышленной газовой печью нагрева алюминиевых заготовок, используемой в составе линии экструзии. В ходе проекта были проанализированы конструктивные особенности нагревательной печи, требования к температурному режиму в различных зонах, а также условия обеспечения равномерности прогрева заготовок с учётом производительности и технической точности процесса.

Автором проведено исследование динамических свойств объекта управления, построена математическая модель системы, учитывающая тепловые и инерционные характеристики. Обоснован выбор программно-аппаратной платформы на базе ПЛК Siemens S7-1500, а также определены оптимальные средства измерения и исполнительные механизмы — в том числе термодары, газовые клапаны, вентиляторы и элементы автоматики. Разработана структурная схема управления, охватывающая все этапы технологического цикла от подачи заготовки до выхода готового изделия.

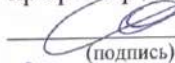
Проект реализован в среде TIA Portal с применением HMI-панели для визуализации текущих параметров, отображения аварийных сообщений и ручного ввода уставок. Внедрён алгоритм ПИД-регулирования температуры в пяти зонах нагрева с возможностью гибкой настройки. Предусмотрены средства аварийной остановки, блокировки и ручного режима для обеспечения безопасности и стабильности работы оборудования.

В процессе выполнения дипломной работы Мухаммад Санжар Азимжанулы продемонстрировал уверенное владение методами проектирования АСУ, навыками работы в инженерных средах и глубокое понимание принципов промышленной автоматизации. Работа выполнена на высоком техническом уровне и соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным проектам. Разработанная система может быть рекомендована для промышленного внедрения и использования в образовательных целях.

Дипломная работа Мухаммада Санжара Азимжанулы подтверждает высокий уровень подготовки в области автоматизации и заслуживает присвоения академической степени бакалавра по образовательной программе 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Научный руководитель

профессор д.т.н.


(подпись)

Сулейменов Батырбек Айтбаевич

«20» мая 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента

Мухаммад Санжар Азимжанулы

6B07103 – Автоматизация и роботизация

На тему: Разработка автоматизированной системы управления экструдером для
алюминиевого профиля.

Выполнено:

- а) презентация на 12 слайдах
- б) пояснительная записка на 38 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Актуальность дипломного проекта обусловлена задачей повышения точности температурного контроля и энергоэффективности газовой печи в составе экструзионной линии. Работа охватывает теоретические основы, расчетную модель и программную реализацию системы управления с применением современных средств автоматизации.

Объект управления — многозонная промышленная печь, для которой построена математическая модель второго порядка и проведён анализ устойчивости. Сравнение методов настройки ПИД-регуляторов выполнено в MATLAB/Simulink и Python, с выбором оптимального алгоритма по качеству переходного процесса.

Выполнен выбор технических средств автоматизации, включая контроллер Siemens S7-1200 как оптимальное решение для данного класса задач. Приведено обоснование выбора на основе сравнительного анализа с альтернативными ПЛК, такими как Siemens S7-1500, ОВЕН ПЛК110 и Delta DVP. В сравнении учитывались параметры: количество и типы входов/выходов, наличие встроенных ПИД-функций, поддержка TIA Portal, расширяемость, стоимость и уровень промышленной поддержки. Данная работа выполнена в соответствии с ГОСТ на проектирование и требованиями к дипломным проектам по инжинирингу.

Оценка работы

Работа демонстрирует подготовку выпускника в области автоматизации и заслуживает оценки «80» (хорошо), а студенту Мухаммад Санжар Азимжанулы присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

Рецензент

ассоциированный профессор

«Кафедра автоматизации и управления»



Абжанова Л.К

«13» июня 2025г.