



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки—15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

ООП—«Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли»

Отделение школы (НОЦ) —Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Система управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT

УДК 681.5:621.3.049.77

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T92	Го Ифэй		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев М. С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Быкова Т. В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	Д.Т.Н.		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кучман А. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М. В.	К.Т.Н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий,

Код компетенции	Наименование компетенции
	методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков

Код компетенции	Наименование компетенции
	и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров
ПК(У)-21	способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Громаков Е. И.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
158Т92	Го Ифэй

Тема работы:

Система управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 33-43/с от 02.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	10.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объектом исследования являются контроллер ESP32, протокола MQTT и приложение MATLAB. Сырьем для продукта служит контроллер ESP32, который является электротехническим изделием.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной	1) Изучить спецификацию протокола MQTT и контроллера ESP32 и особенности их использования. 2) Создать модель системы управления технологическим объектом в Matlab. 3) Выполнить связь контроллера ESP32 и брокера MQTT. 4) Создать программный файл Matlab (m file), состоящий из объекта управления с переходной функцией $3/(9s^2+2s+3)$, на вход которого подается управляющее воздействие с топика MQTT, а значение выход публикуется в другой топик протокола MQTT.

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	5) Разработать программу управления объектом на базе микроконтроллера ESP32 с использованием протокола MQTT.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	График, рисунок, таблицы применяемых в работе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, К.Э.Н.
Социальная ответственность	Сечин Александр Иванович, профессор ООД ШБИП, Д.Т.Н.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	02.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев М. С.	К.Т.Н.		02.02.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T92	Го Ифэй		02.02.2023



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (ООП) – «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли»

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
158Т92	Го Ифэй

Тема работы:

Система управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	10.06.2023 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев М. С.	К.Т.Н.		02.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И.	К.Т.Н.		02.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Го Ифэй		02.02.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа 65 с., 17 рис., 18 табл., 21 формул, 16 источников, 2 прил.

Ключевые слова: система управления, технологический объект, контроллер ESP32, протокол MQTT, MATLAB.

Дипломная работа посвящена исследованию создания системы управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT, чтобы выполнить программу на ESP32, управляющую передаточной функцией в Matlab (Simulink) по протоколу MQTT. Объектом исследования являются контроллер ESP32 и протокол MQTT.

Целью работы заключается в создании системы на основе протокола MQTT и контроллера ESP32, выполняющей управление апериодической функции второго порядка в Matlab (Simulink) по протоколу MQTT. Для реализации цели, использованы методы моделирования, методы создания программы в приложении Arduino IDE и Matlab (Simulink), методы проектирования апериодической функции второго порядка в Matlab.

В результате исследования выполнена удаленная связь между контроллером ESP32 и приложением Matlab (Simulink), получено выходное значение передаточной функции $3/(9s^2+2s+3)$.

Область применения объекта данного исследования применена к интеллектуальному Интернету вещей для интеллектуальной взаимосвязи, мониторинга и управления устройствами.

Содержание

Введение.....	11
1 Основной раздел.....	13
1.1 Обзор функциональных и технических возможностей контроллера ESP32.....	13
1.1.1 Программирование ESP32	14
1.1.2 Протокол MQTT	14
1.2 Моделирование системы управления технологическим объектом	15
1.3 Выполнить связь контроллера ESP32 до платформы MQTT	16
1.3.1 Создать платформу MQTT	16
1.4 Создать связь ESP32 с компьютером	17
1.5 Реализовать возможность публикации и подписки на топики по протоколу MQTT в Matlab	19
1.5.1 Установите соединение между MATLAB и брокером MQTT	19
1.6 Создать схему в Matlab (Simulink), состоящую из объекта управления	20
1.6.1 Использование кода для создания моделей передаточных функций	20
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	25
2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	25
2.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	25
2.1.2 Анализ конкурентных технических решений	26
2.1.3 SWOT- анализ.....	27
2.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	31
2.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	31
2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	31
2.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	33

2.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	37
2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	39
2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования	42
3 Социальная ответственность.....	48
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	49
3.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	49
3.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	50
3.2 Производственная безопасность.....	50
3.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).....	51
3.3.1 Анализ показателей микроклимата	51
3.3.2 Анализ показателей шума и вибрации.....	52
3.3.3 Анализ освещенности рабочей зоны.....	52
3.3.4 Анализ электробезопасности.....	54
3.3.5 Анализ пожарной безопасности	55
3.4 Экологическая безопасность.....	55
3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	56
3.6 Вывод по разделу	56
Заключение	58
Список использованных источников	59
Приложение А (обязательное) Исходный код ESP32.....	62
Приложение Б (обязательное) Исходный код Matlab	64

Введение

Технология Интернета вещей (IoT) продолжает развиваться и стала важной технологией, определяющей развитие различных отраслей промышленности. А промышленная автоматизация и интеллектуальное производство стала текущей глобальной тенденцией развития, повышение уровня автоматизации и реализация интеллектуальных приложений является целью глобального промышленного развития. Объектом исследования является система управления технологическими объектами на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT, который является типичным IoT-приложением, позволяющим осуществлять удаленный мониторинг и управление процессами через облачную платформу MQTT. Из вышесказанного вытекает актуальность работы.

Целью работы заключается в создании системы на основе протокола MQTT и контроллера ESP32, выполняющей управление аperiodической функции первого порядка в Matlab (Simulink) по протоколу MQTT. Чтобы реализовать цели исследования, выполнены задачи: создать обзор функциональных и технических возможностей контроллера ESP32; моделировать систему управления технологическим объектом; выполнить связь контроллера ESP32 до платформы MQTT; реализовать возможность публикации и подписки на топики по протоколу MQTT в Matlab (Simulink); создать схему в Matlab (Simulink), состоящую из объекта управления, на вход которого подается управляющее воздействие с топика MQTT, а значение выход публикуется в другой топик протокола MQTT; разработать программу на ESP32, управляющее по протоколу MQTT объектом в Matlab (Simulink).

Научная значимость результатов темы была в продвижении использованию технологий IoT. Это связано с тем, что система использует технологию IoT для соединения узлов, таких как устройства и контроллеры, которые могут быть подключены к датчикам в приложении для формирования полной системы IoT, позволяющей преобразовывать

аналоговую информацию в цифровую. Обогащены исследования по конвергенции технологий IoT и промышленной автоматизации.

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что оно повышает уровень автоматизации и интеллектуальности производственной линии. Она может быть использована в лаборатории для сбора и анализа данных, а также для получения выходных данных системы для заданного выходного значения. Например, система может быть подключена к датчикам на производственной линии для выполнения роли удаленного мониторинга качества продукции путем сбора данных в реальном времени с датчиков и может использоваться для выдачи соответствующих команд через контроллер ESP32 для получения измененных данных, уменьшая вмешательство и ошибки, вызванные человеком в производственном процессе, и повышая эффективность и безопасность производственной линии.

1 Основной раздел

1.1 Обзор функциональных и технических возможностей контроллера ESP32

ESP32 — это микроконтроллер, разработанный компанией Espressif Systems. ESP32 представляет собой систему на кристалле с интегрированным Wi-Fi и Bluetooth контроллерами [1]. Он обладает следующими характеристиками:

- низкая стоимость;
- низкое энергопотребление: по сравнению с другими микроконтроллерами, ESP32 потребляет очень мало энергии и поддерживает состояния режима низкого энергопотребления, такие как глубокий сон, для экономии энергии;
- функциональность Wi-Fi: ESP32 может легко подключаться к сети Wi-Fi для выхода в Интернет (режим станции) или создавать собственную беспроводную сеть Wi-Fi (режим точки доступа), чтобы к ней могли подключаться другие устройства;
- bluetooth: ESP32 поддерживает классический bluetooth и bluetooth low energy (ble);
- двухъядерный: большинство ESP32 являются двухъядерными - они поставляются с двумя 32 – битными микропроцессорами xtensa lx6: ядро 0 и ядро 1;
- богатые интерфейсы ввода/вывода периферии – ESP32 поддерживает емкостное касание, ацп, цап, uart, spi, i2c и многие другие входные (чтение данных извне) и выходные (отправка команд/сигналов вовне) периферийные устройства, широтно-импульсную модуляцию и многое другое;
- совместимость с "языком программирования" Arduino и MicroPython.

ESP32 может реализовать Wi-Fi, Bluetooth, процессор и память, часы и таймер, расширенные периферийные интерфейсы, механизмы безопасности и многое другое.

1.1.1 Программирование ESP32

Контроллер ESP32 может быть запрограммирован с помощью различных прошивок и языков программирования, таких как Arduino C/C++, MicroPython и других знакомых языков программирования. Для программирования функций ESP32 обычно используется программное обеспечение Arduino IDE. Это связано с тем, что в Arduino IDE существует множество библиотек, которые поддерживают функциональность ESP32 и упрощают процесс написания кода.

1.1.2 Протокол MQTT

MQTT (первоначально инициализм MQ Telemetry Transport) – это облегченный сетевой протокол с возможностью публикации и подписки между машинами для очереди сообщений / службы очередей сообщений. Он предназначен для соединений с удаленными местоположениями, на которых установлены устройства с ограниченными ресурсами или ограниченной пропускной способностью сети, например, в Интернете вещей (IoT) [2]. По сравнению с обычным протоколом HTTP, протокол MQTT имеет такие преимущества, как возможность работы в нестабильных сетях, низкое энергопотребление и более высокая скорость передачи сообщений.

В рисунке 1 ниже показано, как MQTT управляет соединениями между клиентами.

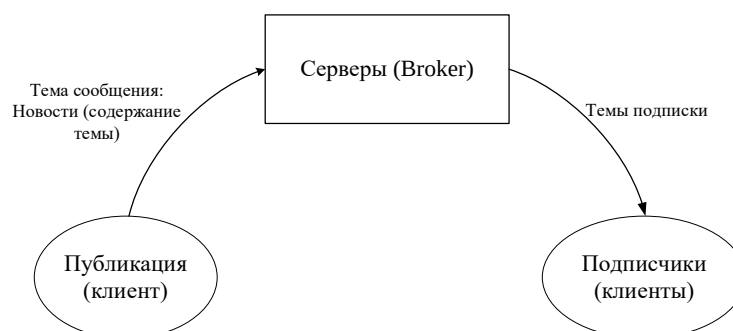


Рисунок 1 – Процесс подключения

Реализация протокола MQTT требует завершения связи между клиентом и сервером. В процессе коммуникации в протоколе MQTT есть три идентификатора: публикация сообщения (Publish), подписчик сообщения (Subscribe) и Broker. Публикация и подписчик сообщения являются клиентами, в то время как брокер является сервером, а подписчик сообщения также может быть издателем.

1.2 Моделирование системы управления технологическим объектом

Для реализации информационного взаимодействия между ESP32 и Matlab (Simulink) нам необходимо использовать ESP32 и Matlab в качестве двух взаимодействующих сторон, ESP32 сначала как издатель сообщения, а затем как получатель сообщения, он должен получить выходное значение (результат, полученный после ввода управляющей команды) от Matlab, таким образом, ESP32 является одновременно и издателем сообщения, и издателем сообщения. Связь между ними основана на протоколе MQTT поверх облачной платформы. На рисунке 2 показан процесс обмена данными между контроллером ESP32 и приложением Matlab.

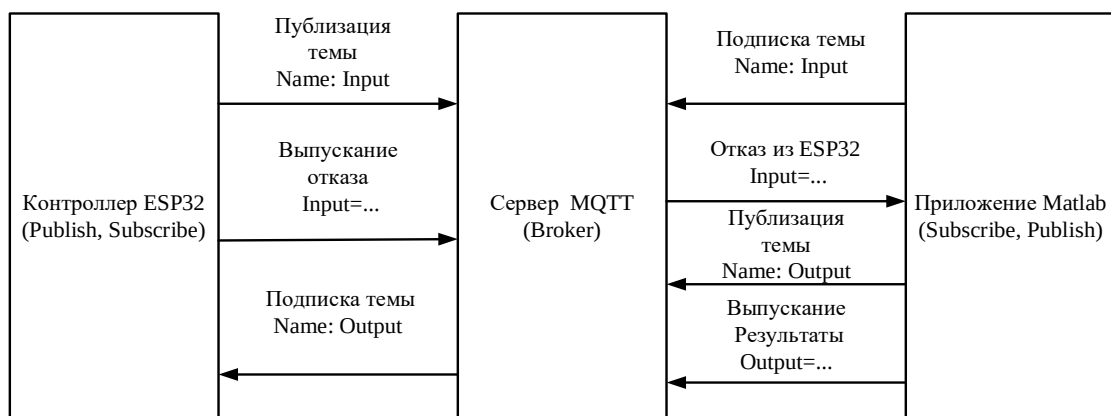


Рисунок 2 – Схема связи

Потом создана схема процесса управления. Контроллер ESP32 дал входное значение, схема ОУ получено входное значение и отправлено выходное значение в ESP32 (рисунок 3).

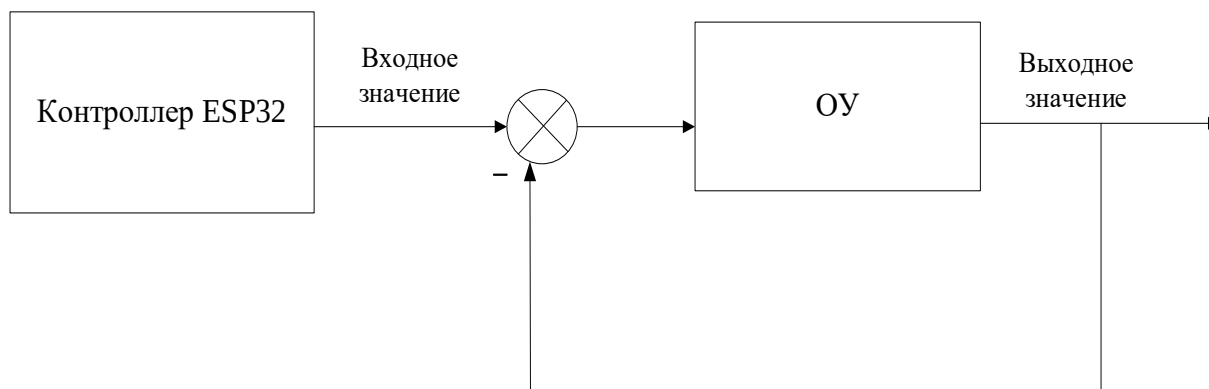


Рисунок 3 – Процесс управления

1.3 Выполнить связь контроллера ESP32 до платформы MQTT

1.3.1 Создать платформу MQTT

Использовано программное обеспечение MQTTX для создания MQTT-клиента.

MQTTX – это элегантный кроссплатформенный настольный клиент MQTT 5.0 от EMQ для macOS, Linux и Windows. Пользовательский интерфейс MQTTX использует интерфейс чата для упрощения логики страницы, позволяя пользователям быстро создавать соединения, сохранять несколько клиентов, быстро тестировать соединения MQTT/MQTTs, а также подписываться и публиковать сообщения MQTT [1].

После создания соединения необходимо настроить адрес сервера (Broker), порт (Broker TCP), имя клиента и другие параметры, которые заполняются по умолчанию в программе или изменяются по необходимости. Изменен идентификатор клиента на «esp32client123». В рисунке 4 показаны параметры в приложении MQTTX.

Рисунок 4 – Схема связи

1.4 Создать связь ESP32 с компьютером

После успешного создания клиента контроллер ESP32 необходимо подключить к компьютеру, чтобы он мог соединиться с клиентом. Использовано Arduinio IDE для программирования ESP32 и выполнения сообщений. Arduinio IDE требует добавления библиотеки «PubSubClient», которая подключает ESP32 к WIFI, и библиотеки «WiFi», которая заставляет ESP32 подключаться к MQTT-прокси. В коде ESP32 нужно объявить имя используемого WIFI, пароль (mqtt_password), URL сервера MQTT (mqtt_broker) и тему именованной подписки (topic), указать адрес и порт MQTT-сервера (mqtt_port) (рисунок 5).

```
#include <PubSubClient.h>
#include <WiFi.h>
// WiFi
const char *id = "HUAWEI-J1B05C"; // Enter your WiFi name
const char *password = "gyfyxwl23456"; // Enter WiFi password

// MQTT Broker
const char *mqtt_broker = "broker.emqx.io";
const char *topic = "esp32/test"; // Name topic
const char *mqtt_username = "emqx";
const char *mqtt_password = "public1";
const int mqtt_port = 1883;
```

Рисунок 5 – Вход кода сервера, пользователя, пароли и порта

После установления фактического соединения между ESP32 и MQTT подпишитесь на необходимые темы. Для выполнения при получении сообщения от подписанной темы требуется функция обратного вызова, которая принимает в качестве аргумента имя темы, на которую вы хотите подписаться, а функция обратного вызова использует void (рисунок 6).

```

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

void setup() {
  // Set software serial baud to 115200;
  Serial.begin(115200);
  // connecting to a WiFi network
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.println("Connecting to WiFi..");
  }
  Serial.println("Connected to the WiFi network");
  //connecting to a mqtt broker
  client.setServer(mqtt_broker, mqtt_port);
  client.setCallback(callback);
  while (!client.connected()) {
    String client_id = "esp32client";
    client_id += String(WiFi.macAddress());
    Serial.printf("The client %s connects to the public mqtt broker\n", client_id.c_str());
    if (client.connect(client_id.c_str(), mqtt_username, mqtt_password)) {
      Serial.println("Public emqx mqtt broker connected");
    } else {
      Serial.print("failed with state ");
      Serial.print(client.state());
      delay(2000);
    }
  }
}

```

Рисунок 6 – Функция обратного вызова для выполнения сообщения

Наконец запустев код, откройте последовательный монитор, в последовательном мониторе можно наблюдать, успешно ли ESP32 подключен к серверу MQTT, если последовательный монитор показывает "Public emqx mqtt broker connected", значит он успешно подключен к серверу MQTT, откройте MQTT сервер получит сообщение от ESP32 (рисунок 7 и рисунок 8).



Рисунок 7 – Результат состояния связи ESP32

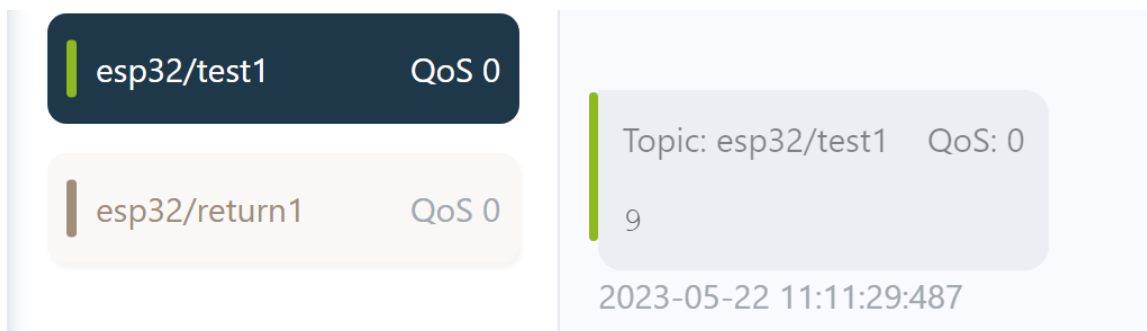


Рисунок 8 – Результат состояния связи ESP32 в платформе MQTT

1.5 Реализовать возможность публикации и подписки на топики по протоколу MQTT в Matlab

Использование MQTT в Matlab позволяет выполнять другие сложные задачи и визуализировать собранные данные; вы можете общаться с другими устройствами или системами, такими как облачные серверы, мобильные устройства и т.д.; MQTT позволяет доставлять сообщения в нескольких темах, а использование MQTT в Matlab позволяет осуществлять мониторинг, анализ и обработку сообщений в режиме реального времени.

1.5.1 Установите соединение между MATLAB и брокером MQTT

Создан сценарий в Matlab. Для того чтобы Matlab мог подключиться к MQTT, используйте функцию **'mqttclient'**, в которой введите имя пользователя, идентификатор клиента, пароль, порт и другую информацию (рисунок 9).

```
mqttClient = mqttclient("tcp://broker.emqx.io",Username="emqx",Password="public",ClientID="esp32client",Port=1883);
```

Рисунок 9 – Вызов MQTT в Matlab

Далее необходимо подписаться на темы, публикуемые ESP32. Функция **'subscribe'** – это то, на что необходимо подписаться, а **'@'** указывает, что она связана с функцией **'showMessage'**. Далее необходимо создать **'showMessage'** для представления передаточной функции второго порядка, независимой переменной которой является значение из сообщения ESP32, которое вычисляется функцией **'showMessage'**, а выходное значение отправляется в MQTT в качестве субъекта (рисунок 10).

```
% Defining subscription objects
```

```
Topic = 'esp32/test1';
```

```
subscribe(myMQTT, Topic, 'callback', @showMessage, 'Qos', 0);
```

```
function showMessage(topic, message)
    fprintf('MQTT received: "%s", "%s"\n', char(topic), char(message));
    x = str2num(message);
    fprintf('Input value: %d\n', x);

    % Update the setpoint value with the input value from ESP32
    global setpoint sys y;
    setpoint = x;

    % Calculate the response of the closed-loop system with the updated setpoint value
    t = 0:0.01:85; % Time range
    u = ones(size(t)) * setpoint; % Input signal is setpoint value
    y = lsim(sys/(1+sys), u, t); % Calculate the response of the closed-loop system
```

Рисунок 10 – Подписки на темы в Matlab

Потом Matlab публикует тему, который сохраняет выходное значение передаточного функции (рисунок 11).

```
% Publish the output value to the specified topic
global myMQTT Topic2;
outputValue = y(end); % Get the last output value
publish(myMQTT, char(Topic2), num2str(outputValue));
fprintf('OutputTopic: "%s"\n', char(Topic2));
```

Рисунок 11 – Публиковать тему выходного значения

Функция '**Publush**' поддержат приложение Matlab публикует тему. Функция '**num2str**' предназначена для преобразования выводимого значения в тип '**string**', поскольку в ESP32 поддерживаются данные только типа '**string**'.

Выходные значения могут быть получены обратно из MATLAB в платформе MQTT. Это обеспечивает процесс коммуникации между ESP32 и MATLAB через протокол MQTT.

1.6 Создать схему в Matlab (Simulink), состоящую из объекта управления

1.6.1 Использование кода для создания моделей передаточных функций

Использование функции **tf** (Transfer function model) в командном окне для создания модели передаточной функции (рисунок 12).

```
% Creating a first-order non-linear system model
global sys setpoint startTime;
sys = tf([3], [9, 2, 3]); % Create a transfer function model with numerator 3 and denominator 3/(9s^2 + 2s + 3)
setpoint = 0; % Initialize setpoint value
startTime = []; % Initialize start time
```

Рисунок 12 – Создание модели передаточной функции

Затем строится переходный процесс передаточной функции $\frac{3}{9s^2+2s+3}$. Из контроллера дается входное значение – 9. Поэтому исходная передаточная функция изменяется на новую передаточную функцию $\frac{3}{9s^2+2s+3}$. Потом выходное значение передается в ESP32 и создается график переходного процесса (рисунок 13).

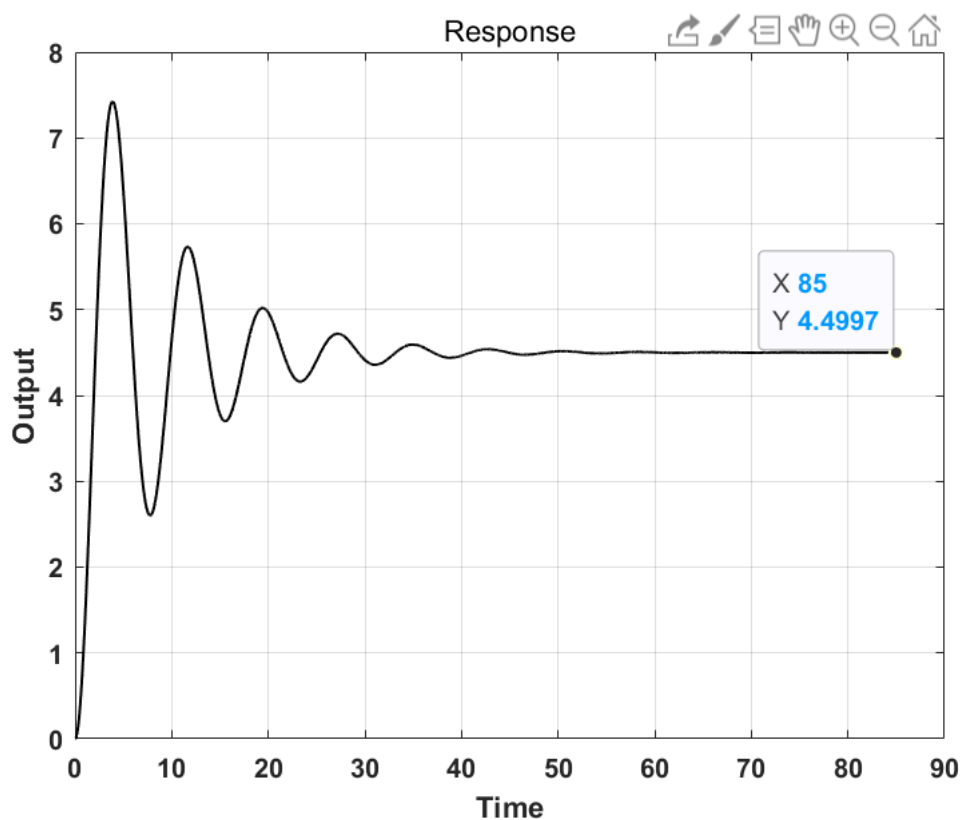


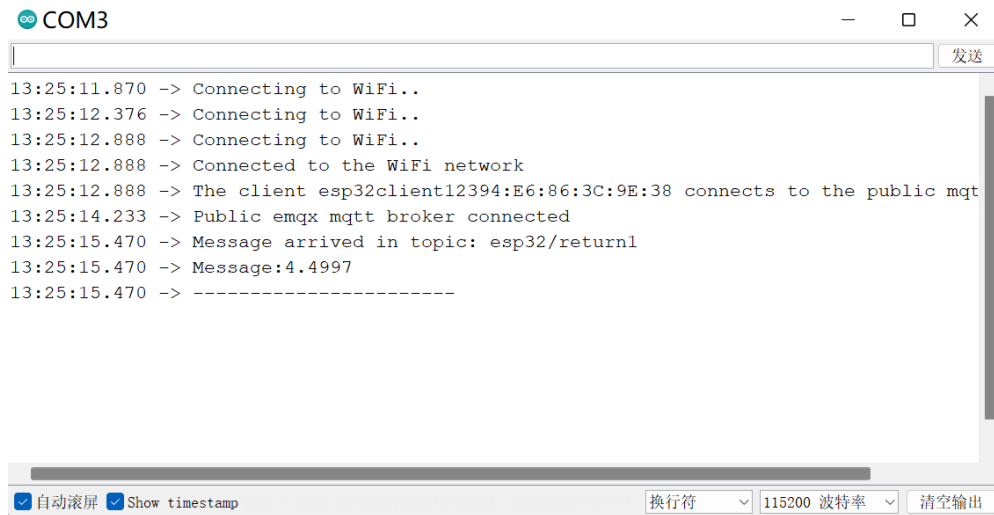
Рисунок 13 – График переходного процесса передаточной функции после получено значение из контроллера ESP32

Значение на выходе можно увидеть в командном окне MATLAB и на последовательном мониторе ESP32 (рисунок 14 и рисунок 15).

命令行窗口

```
MQTT received: "esp32/test1", "9"
Input value: 9
OutputTopic: "4.499684e+00"
39 end
```

Рисунок 14 – Выходное значение в командном окне в Matlab



```

COM3
13:25:11.870 -> Connecting to WiFi..
13:25:12.376 -> Connecting to WiFi..
13:25:12.888 -> Connecting to WiFi..
13:25:12.888 -> Connected to the WiFi network
13:25:12.888 -> The client esp32client12394:E6:86:3C:9E:38 connects to the public mqtt
13:25:14.233 -> Public emqx mqtt broker connected
13:25:15.470 -> Message arrived in topic: esp32/return1
13:25:15.470 -> Message:4.4997
13:25:15.470 -> -----
  
```

Рисунок 15 – Выходное значение на последовательном мониторе ESP32

Наконец, создана схема передаточной функции $\frac{3}{9s^2+2s+3}$ в Simulink, чтобы проверить правильность изображений переходного процесса и выходных значений, которые мы получили из m file (рисунок 16).

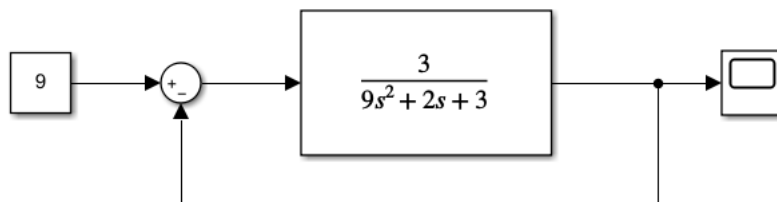


Рисунок 16 – Схема $\frac{3}{9s^2+2s+3}$ в Simulink

В рисунке 17 показан график переходного процесса и выходное значение.

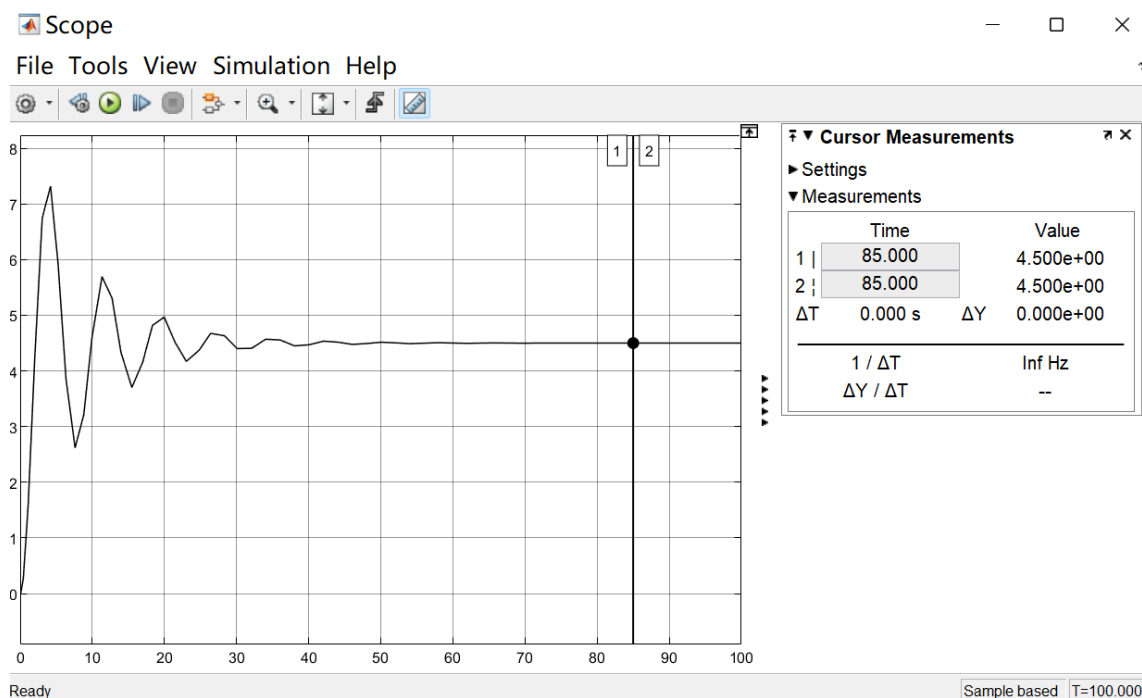


Рисунок 17 – График переходного процесса в Simulink

После проверки того, что выходные значения, полученные в m file, по существу совпадают с выходными значениями, полученными в Simulink, можно сделать вывод, что выходные значения, полученные в m file, являются правильными.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
158Т92	Го Ифэй

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Среднерыночные цены РФ для определения стоимости материальных ресурсов. Нормативные документы НИ ТПУ, ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» для определения оплаты труда исполнителей проекта.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф электроэнергии 3,16 руб. кВт/ч., 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценить потенциальных потребителей исследования, проанализировать конкурентных решений, представить SWOT – анализ. Предложить возможные альтернативы проведения НИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Представить план этапов работ, определить трудоёмкость и построить календарный график, сформировать бюджет НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определить интегральные показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности разработки. Рассчитать сравнительную эффективность проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. 2. Матрица SWOT-анализа 3. Морфологическая матрица 4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей 5. Временные показатели проведения НИ 6. Бюджет НИ 7. Оценка характеристик вариантов исполнения 8. Сравнительная эффективность разработки.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2023 г
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былова Татьяна Васильевна	к.э.н		01.03.2023 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Го Ифэй		01.03.2023 г

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

2.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом исследования является система управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT. Потенциальными потребителями могут выступать промышленные предприятия, лаборатории. Сегментировать рынок услуг по целевым клиентам и по отрасли. Карта сегментирования приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов

		Целевые клиенты		
		Производство	Медицинская отрасль	Научные учреждения
Отрасль	Промышленные предприятия			
	Лаборатория			

 – большое количество спроса;  – спрос почти отсутствует.

В приведенной таблице сегментирования показано, что промышленные предприятия и лаборатории имеют потребность в системе управления объектами технологического процесса. Однако, потребность медицинской и научно-исследовательской отраслей в данной системе гораздо меньше, чем у промышленных предприятий. В то же время, потребность лабораторий в этой системе является очень большой. Поэтому, фокусирование на системах, которые подходят для использования в лабораториях, поможет занять все выбранные рыночные сегменты, а также может открыть возможность индивидуальной настройки продукта для клиентов.

2.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Российская компания «ABB» (ABB предоставляет продукты и услуги в области промышленной автоматизации и электроэнергетики, такие как системы промышленного управления, автоматизация производства, технологии роботизации и автоматизация сетей электропитания и т.д. Данная компания является конкурентом.

Сравнению параметров двух систем подле:

- Скорость передачи данных (система быстрее передает данные в приложении);
- Совместимость (большая совместимость с различными платформами, операционными системами);
- Надежность (разрабатываемая система более надежна в эксплуата);
- Точность (передаются более точные данные);
- Затраты (снижение эксплуатационных расходов, затрат на техническое обслуживание и т.д.).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк	Кф	Кк
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Скорость передачи данных	0.1	3	3	0.3	0.3
Совместимость	0.1	3	4	0.3	0.4

Продолжение таблицы 2

Надежность	0.15	3	4	0.45	0.6
Точность	0.2	3	3	0.6	0.6
Затраты	0.15	5	3	0.75	0.45
Предполагаемый срок эксплуатации	0.06	2	4	0.2	0.3
Послепродажное обслуживание	0.05	4	4	0.2	0.2
Финансирование научной разработки	0.10	3	3	0.30	0.30
Итого	1			3.5	3.4

Анализируя таблицу 2, можно получить, что конкурентоспособность разрабатываемого устройства выше по сравнению с продуктом-аналогом. Системы управления технологическими объектами на базе контроллеров ESP32, использующих протокол MQTT, имеют более высокие показатели по цене и стоимости метрики, а системы управления технологическими объектами на базе контроллеров ESP32, использующих протокол MQTT, более выгодны по цене и стоимости. Оценки конкурентоспособности за надежность, ожидаемый срок службы, послепродажное обслуживание и время выхода на рынок низкие, поскольку контроллер ESP32 склонен к перегреву и нестабильности напряжения, и в этой области необходимы исследования и оптимизация.

2.1.3 SWOT- анализ

Для систем управления технологическими объектами на базе контроллеров ESP32 с использованием протокола MQTT имеются технические, стоимостные и прикладные преимущества, но есть и технические ограничения, ограничения надежности и недостатки конкурентного давления. Все результаты отображены в матрице SWOT (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Масштабируемость и гибкость для адаптации к различным сценариям управления процессами и требованиям приложений. С2. Легкий вес и низкое энергопотребление. С3. Более низкая стоимость производства. С4. Удаленный доступ и управление, с более высокой производительностью и меньшими затратами на обслуживание. С5. Связь по протоколу MQTT для быстрой и надежной передачи данных.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Протокол MQTT менее совместим, чем другие протоколы. Сл2. Нестабильность, контроллер ESP32 склонен к нагреву, что приводит к неустойчивости напряжения. Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл4. Более высокие требования к сети требуют более стабильной сетевой среды для поддержки. Сл5. Обучение и адаптация к новым технологиям требует больших инвестиций.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры для быстрого внедрения систем на рынок. В2. Финансовая поддержка и стимулы со стороны правительства. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Изменения в соответствующей политике и нормативных актах. У3. В той же отрасли есть более авторитетные конкуренты. У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	-
	B4	0	+	-	+	0
	B5	0	+	+	+	-
Угрозы	У1	+	+	+	+	0
	У2	+	-	-	-	+
	У3	+	-	+	+	0
	У4	-	+	+	0	0
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	0	-	-	-
	B2	-	-	+	-	+
	B3	+	-	-	+	-
	B4	-	-	-	-	+
	B5	-	-	-	+	+
Угрозы	У1	+	-	+	-	0
	У2	-	-	0	-	+
	У3	-	-	0	+	+
	У4	-	-	+	-	+

Итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5).

Таблица 5 – SWOT-анализ

	Сильные стороны: С1. Масштабируемость и гибкость для адаптации к различным сценариям управления процессами и требованиям приложений. С2. Легкий вес и низкое энергопотребление. С3. Более низкая стоимость производства. С4. Удаленный доступ и управление, с более высокой производительностью и меньшими затратами на обслуживание. С5. Связь по протоколу MQTT для быстрой и надежной передачи данных.	Слабые стороны: Сл1. Протокол MQTT менее совместим, чем другие протоколы. Сл2. Нестабильность, контроллер ESP32 склонен к нагреву, что приводит к нестабильности напряжения. Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл4. Более высокие требования к сети требуют более стабильной сетевой среды для поддержки. Сл5. Обучение и адаптация к новым технологиям требует больших инвестиций.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры для быстрого внедрения систем на рынок. В2. Финансовая поддержка и стимулы со стороны правительства. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Использование инновационной структуры позволит повысить конкурентоспособность и ускорить выход на рынок. Возможно снижение затрат производства ина обслуживание благодаря легкому весу и низкому энергопотреблению продукты. Благодаря снижению таможенных пошлин на платы возможно повышение конкурентоспособности продукты.	Менее совместимости протокола MQTT и нестабильности контроллера ESP32 могут привести к снижению конкурентоспособности продукта. Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных. потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, используемых для проведения научного исследования.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Изменения в соответствующей политике и нормативных актах. У3. В той же отрасли есть более авторитетные конкуренты. У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	Отсутствие спроса на новые технологии производства может замедлить срок выхода продукты на рынок и понизить квалификацию научного труда. Изменения в соответствующей политике и нормативных актах может привести к тому, что выход продукции на рынок станет более сложным или дорогостоящим. В той же отрасли есть более авторитетные конкуренты может привести к снижению конкурентоспособности продукта. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства может привести к повышению затрата производства.	Отсутствие спроса на новые технологии производства и высокая стоимость оборудования и плат может привести к отсутствию прототипа научной разработки, отсутствию потенциальных потребителей, необходимого оборудования для проведения продукты, ухудшить уровень проникновения на рынок и увеличить сроки продукты плат.

По анализу данных слабых и сильных сторон возможностей и угроз научно-исследовательского проекта в матрице SWOT-анализ, получила то, что «Более низкая стоимость производства» и «Удаленный доступ и управление, с более высокой производительностью и меньшими затратами на обслуживание» являются сильными сторонами проекта, что повлияет на повышение конкурентоспособности и спроса. Менее затраты разрабатываемого прибора является преимуществом.

2.1.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Используем морфологических подходов (таблица 6).

Таблица 6 – Морфологическая матрица для проекта

	1	2	3
А. Компоненты	Контроллер ESP32	Модули электропитания	Коммуникационные модули
Б. Функция	Передача данных	Дистанционное управление	-
В. Структура	Подключение ESP32 к ПК	Конфигурация между ESP32 и Matlab	-
Г. Материал	Контроллер ESP32	Соединительный кабель ESP32	-
Д. Программное обеспечение	Matlab (Simulink)	Araunio IDE	MQTTX
Е. Алгоритмы управления	Протокол MQTT	Алгоритмы, поддерживаемые Arduinio IDE	Алгоритмы, поддерживаемые Matlab

2.2 Планирование научно-исследовательских работ

2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблица 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач исследования	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель (Исп. 1)
Проектирование системы	2	Анализ требований к системам управления технологическими объектами	Научный руководитель (Исп. 1)
	3	Подбор контроллера ESP32, протокола MQTT и приложение Matlab (Simulink)	Научный руководитель (Исп. 1)
	4	Разработка плана системы управления технологическим объектом на основе контроллера ESP32 и протокола MQTT	Научный руководитель (Исп. 1), Инженер (Исп. 2)
	5	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель (Исп. 1)
Внедрение системы	6	Построение полформата MQTT	Инженер (Исп. 2)
	7	Создание программы контроллера ESP32 и MQTT с помощью приложения Ardunio IDE	Инженер (Исп. 2)
	8	Построение моделей в Simulink и проведение экспериментов	Инженер (Исп. 2)
	9	Тестирование функциональности системы	Научный руководитель (Исп. 1), Инженер (Исп. 2)
Проверка и оптимизация системы	10	Проверка функциональности системы и оптимизация стабильности	Научный руководитель (Исп. 1), Инженер (Исп. 2)
	11	Определение целесообразности проведения ОКР	Научный руководитель (Исп. 1), Инженер (Исп. 2)

Продолжение таблицы 7

<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка системы управления технологическими объектами	12	Разработка блок схемы, принципиальной схемы	Научный руководитель (Исп. 1), Инженер (Исп. 2)
Разработка системы управления технологическими объектами	13	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Научный руководитель (Исп. 1), Инженер (Исп. 2)
Подведение итогов	14	Подведение итогов	Инженер (Исп. 2)

2.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по следующему форму:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{\text{ож}}$ —ожидаемая трудоемкость выполнения работы чел.дн;

t_{min} —минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел. дн;

t_{max} —максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 8 работ требуются специалисты:

- Инженер;
- Научный руководитель.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Основные этапы	Содержание работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
						T _{Рi}		T _{Ки}	
			t _{min}	t _{max}	t _{ож}	НР (исп. 1)	И (исп.2)	НР (исп. 1)	И (исп.2)
Постановка целей и задач исследования	Составление и утверждение технического задания	НР– 100%	1	2	1,4	1,4	-	2	-
Проектирование системы	Анализ требований к системам управления технологическими объектами	НР– 100%	1	2	1,4	1,4	-	2	-
	Подбор контроллера ESP32, протокола MQTT и приложение Matlab (Simulink)	НР– 100%	1	3	1,8	1,8	-	3	-
	Разработка плана системы управления технологическим объектом на основе контроллера ESP32 и протокола MQTT	НР– 60% И– 40%	3	5	3,8	1,14	0,76	2	1

Продолжение таблицы 8

Основные этапы	Содержание работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
						Т _{Рi}		Т _{Кi}	
			t _{min}	t _{max}	t _{ож}	НР (исп. 1)	И (исп.2)	НР (исп. 1)	И (исп.2)
Проектирование системы	Календарное планирование работ по теме	НР– 100%	2	3	2,4	2,4	-	4	-
Внедрение системы	Построение полформата MQTT	И– 100%	5	10	7	-	7	-	10
	Создание программы контроллера ESP32 и MQTT с помощью приложения Arduino IDE	И– 100%	5	10	7	-	7	-	10
	Построение моделей в Simulink и проведение экспериментов	И– 100%	15	25	19	-	19	-	28
	Тестирование функциональности системы	НР– 20% И– 80%	5	7	5,8	0,58	2,32	1	3

Продолжение таблицы 8

Основные этапы	Содержание работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
						Т _{Рi}		Т _{Ки}	
			t _{min}	t _{max}	t _{ож}	НР (исп. 1)	И (исп.2)	НР (исп. 1)	И (исп.2)
Проверка и оптимизация системы	Проверка функциональности системы и оптимизация стабильности	И– 100%	3	4	3,4	-	3,4	-	5
	Определение целесообразности проведения ОКР	НР– 20% И– 80%	5	7	5,8	0,58	2,32	1	3
Разработка системы управления технологическими объектами	Разработка системы управления технологическими объектами	НР– 10% И– 90%	20	30	24	1,2	10,8	2	16
	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	НР– 10% И– 90%	7	15	10,2	0,51	4,59	1	7
Подведение итогов		И–100%	10	20	14	-	14	-	21
Итого:						11 (исп. 1)	31 (исп.2)	72 (исп. 1)	120 (исп.2)

Примечание: НР – Научный руководитель (исп. 1) ; И – Инженер (исп. 2)

2.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

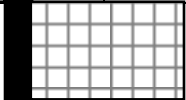
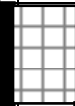
Использовала диаграмму Ганта, чтоб более наглядить представления отработанных часов и процента выполненной работниками работы.

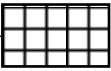
На основе таблицы 8 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 9 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Исполнители	Тк _и , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ														
			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	28	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	30
1	НР– 100%	2	■														
2	НР– 100%	2	■	■													
3	НР– 100%	3	■	■	■												
4	НР– 60% И– 40%	3	■	■	■												
5	НР– 100%	4		■	■												
6	И– 100%	10			■	■	■	■									
7	И– 100%	10				■	■	■									
8	И– 100%	28					■	■	■	■	■	■	■	■			

Продолжение таблицы 9

№ рабо т	Исполнители	Ткi, кал,дн .	Продолжительность выполнения работ														
			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	30
9	НР– 20% И– 80%	4															
10	И– 100%	5															
11	НР– 20% И– 80%	4															
12	НР– 10% И– 90%	18															
13	НР– 10% И– 90%	8															
14	И–100%	21															

Примечание: НР –  ; И –  .

2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Таблица 10 – Материальные затраты и комплектующие

Наименование материалов	Сумма, руб.
Контроллер ESP32	600
Электроэнергия	310
Итого:	910

Расчет затрат на приобретение спецоборудования заносится в таблицу 11.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/ п	Наименование	Кол- во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	Компьютер	1	50000	50000
2	Приложение Matlab	1	1000	1000
3	Приложение Arduio IDE	1	0	0
	Всего за специальное оборудование			51000

Компьютер (ПК, монитор, клавиатура, компьютерная мышь, либо ноутбук и компьютерная мышь) общей стоимостью 50000 руб.

Основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (3)$$

где $З_{осн}$ -основная заработная плата;

$З_{доп}$ -дополнительная заработная плата (15 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя и инженера рассчитывается по следующей формуле 4:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4)$$

где $З_{\text{осн}}$ -основная заработная плата руководителя и инженера;

T_p -продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 12);

$З_{\text{дн}}$ -среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 5:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где $З_{\text{м}}$ -месячный должностной оклад работника, руб.;

M -количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ -действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководител ь	Инженер (Студент)
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	91	91
– праздничные дни	27	27
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– - невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} + k_p, \quad (6)$$

где $Z_{\text{тс}}$ -заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p -районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Доцент, работающий в ТПУ имеет оклад равный 22052 рубля. По данным этого, рассчитаем размер основной заработной платы руководителя НТИ.

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{22052 + 30\%}{199} = 144,06 \text{ руб.} - \text{заработная плата руководителя за 1}$$

день;

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{16242 + 30\%}{199} = 106,10 \text{ руб.} - \text{заработная плата инженер за 1 день;}$$

$$Z_{\text{осн1}} = Z_{\text{дн1}} \cdot T_{p1} = 144,06 \cdot 11 = 1584,66 \text{руб.}, - \text{основная плата}$$

руководителя;

$$Z_{\text{осн2}} = Z_{\text{дн2}} \cdot T_{p2} = 106,10 \cdot 72 = 7639,20 \text{ руб.}, - \text{основная плата инженера.}$$

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Расчет основной заработной платы приведен в табл. 14.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ -коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

По формуле можем рассчитывать отчисления во внебюджетные фонды руководителя и инженера, коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды равен 30%.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	k_p	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.	Отчисления в социальные внебюджетные фонды 30 %
Исп 1							

Продолжение таблицы 13

Руководит ель	22052	1,3	28667, 6	144,06	11	1584,66	475,39
Инженер (студент)	16242	1,3	21114, 6	106,10	72	7639,2	2291,76
Итого						9223,86	2767,15
Исп. 2							
Руководит ель	22052	1,3	28667, 6	144,06	31	4465,86	1339,76
Инженер (студент)	16242	1,3	21114, 6	106,10	120	12732	3819,6
Итого						17197,86	5159,36

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп.1 (НР)	Исп.2 (И)
1. Материальные затраты НТИ	910	910
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	51000	51000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	9223,86	17197,86
4. Отчисления во внебюджетные фонды	2767,15	5159,36
5. Бюджет затрат НТИ	63901,01	74267,22

2.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой эффективности исследования

Для оценки эффективности нам необходимо рассчитать следующие показатели:

- Интегральный финансовый показатель разработки;
- Интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (8)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ -интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} -стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} -максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется в следующее формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (9)$$

где I_{pi} -интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i -весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i -бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Интегральный финансовый показатель разработки руководителя рассчитывает в следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{63901,01}{74267,22} = 0,86, \quad (10)$$

Интегральный финансовый показатель разработки инженера (студента) рассчитывает в следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{74267,22}{74267,22} = 1. \quad (11)$$

В таблице 15 показаны оценки характеристик руководителя и инженера.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
Скорость передачи данных	0,1	5	3
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2
Совместимость	0,15	5	3
Точность	0,20	4	3
Надежность	0,25	4	4
Затраты	0,15	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 4,25, \quad (12)$$

$$I_{p2} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,25. \quad (13)$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p\text{-исп}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}}, \quad (14)$$

Интегральный показатель эффективности разработки руководителя показан в следующей формуле:

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{I_{p\text{-исп}1}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1}} = \frac{4,25}{0,86} = 5,9, \quad (15)$$

Интегральный показатель эффективности разработки инженера (студента) показан в следующей формуле:

$$I_{\text{исп.}2} = \frac{I_{p\text{-исп}2}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2}} = \frac{3,25}{1} = 3,25. \quad (16)$$

По расчету сравнительной эффективности, можно выбрать наиболее целесообразный вариант из руководителей или инженеров. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}. \quad (17)$$

В таблице 16 показаны все показатели и результат сравнительной эффективности.

Таблица 16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,25
3	Интегральный показатель эффективности	5,9	3,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,81	

Сравнивая значения общих показателей эффективности, мы пришли к выводу, что общие показатели эффективности исполнения 1 выше, чем у исполнения 2 на 81%.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
158Т92	Го Ифэй

ШКОЛА	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема дипломной работы: «Система управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения)	Объект исследования – контроллер ESP32, компьютер в лаборатории. Область применения – Лаборатории, требующие обработки сигналов, передачи данных или подавления помех. Оборудование для обработки сигналов, передачи данных.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений: Опасные: 1. Воздействие электрического тока 2. Поражение электрическим током 3. Короткое замыкание Вредные: 1. Воздействие электромагнитного излучения 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения 3. Микроклимат 4. Шум Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторы: беруши, наушники, охлаждающие стойки для компьютеров.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	Воздействие на селитебную зону: отсутствует; Воздействие на литосферу: утилизация люминесцентных ламп, обеспечивающих освещение в рабочем помещении, элементов отработавшего оборудования, макулатуры, использованные батареи; Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала;

– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Воздействие на атмосферу: выбросы от лабораторных систем кондиционирования воздуха, вентиляционных систем.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Рассматриваются 2 ситуации ЧС: Наиболее типичная ЧС: пожар; Возможность ЧС: взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин Александр Иванович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т92	Го Ифэй		

3 Социальная ответственность

Введение

Понятие «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации».

В целях предотвращения создания факторов риска на рабочем месте и защиты безопасности и здоровья работников, необходимо проводить анализировать социальную ответственность.

Объектом данного исследования является система управления технологическими объектами на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT. Данная система имеет широкий спектр применения, охватывающий такие области, как промышленная автоматизация, интеллектуальное производство и Интернет вещей. Фактические или потенциальные пользователи данной системы управления технологическими объектами включают в себя производство, производственные предприятия, мониторинг процессов и т.д.

В данном разделе рассмотрена разработка системы управления технологическими объектами как трудовым процессом, с использованием научно-исследовательского центра современного производственного предприятия в качестве рабочего места, с необходимым оборудованием и материалами, включая контроллер ESP32, облачный сервер MQTT для передачи и приема сигналов и персональный компьютер.

3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

3.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

- Режим рабочего времени

По закону ТК РФ статья 91. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

- Оплата и нормирование труда и виды компенсаций при работе во вредных условиях труда.

В связи с тем, что оборудование, необходимое для проведения исследований и разработок: компьютеры, контроллеры ESP32 генерируют электромагнитное излучение, которое может угрожать здоровью сотрудников отдела исследований и разработок, необходима компенсация в дополнение к заработной плате.

Статья 129. ТК определены основные понятия и определения:

Льготы и компенсации устанавливаются для всех работников с классом условия труда выше 2 (исключение составляют дистанционные работники, работники, состоящие в трудовых отношениях с работодателем-физическим лицом и работодателем-религиозной организацией). В следующей таблице показаны виды компенсаций:

Таблица 17 – Виды компенсаций

Виды компенсаций по ТК	
Повышенная оплата труда на не менее 4%	Статья 147. ТК
Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск не менее 7 дней	Статья 117. ТК
Сокращенная продолжительность рабочего времени — не более 36 часов в неделю	Статья 92. ТК

Продолжение таблицы 17

Выдача молока или других равноценные пищевые продукты	Статья 222. ТК, приказ Минтруда № 291н от 12.05.2022
Выдача лечебно-профилактического питания	Статья 222. ТК, приказ Минтруда № 298н от 12.05.2022
Выдача лечебно-профилактического питания	Статья 222. ТК, приказ Минтруда № 298н от 12.05.2022

3.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

По ст. 219 ТК РФ все трудящиеся вправе претендовать на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда и ГОСТам: 12.2.003, 12.3.002, 12.2.032, 12.2.033, 12.2.049. Основные правила организации места работы:

- Монитор устанавливается напротив пользователя и не должен требовать поворота головы.
- Посадочное место должно находиться так, чтобы уровень глаз человека находился немного выше центра монитора.
- Ноги работника должны спокойно стоять на полу, если это не соблюдено, необходимо установить подставку под них.
- Клавиатура должна располагаться так, чтобы пальцы на ней не были в напряжении.
- При работе мышкой, рука должна лежать устойчиво. Локоть руки или хотя бы запястье должны иметь твердую опору.

3.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются возможные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при работе в лаборатории при разработке системы управления технологическим объектом на базе контроллера ESP32 с использованием протокола MQTT.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». В таблице 18 приводится перечень опасных и вредных факторов, характерных для рассматриваемой производственной среды и нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы.

Таблица 18 – Возможность опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные: 1. Воздействие электрического тока 2. Поражение электрическим током 3. Короткое замыкани Вредные: 1. Воздействие электромагнитного излучения 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения 3. Микроклимат 4. Шум	1. ГОСТ 12.1.003-2014 2. СНиП 23-05-95* 3. ГОСТ 12.2.013.0-91 (МЭК 745-1-82) 4. ГОСТ 12.1.005-88

3.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

3.3.1 Анализ показателей микроклимата

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся: температура (t , °C); относительная влажность (ϕ , %) и скорость движения воздуха (v , м/с).

Документ ГОСТ 12.1.005-88 определяет нормы микроклимата на рабочем месте. Исследовательская работа классифицируется как Iб по профессиональной деятельности по категории тяжести исходя из суммарного энергопотребления. Поэтому оптимальные параметры микроклимата для холодного периода года: температура 21-23°C, влажность 40-60%, скорость

воздуха в помещении 0,1 м/с. Для теплого периода года температура должна быть 22-24°C, влажность 40-60%, скорость воздуха в помещении 0,1 м/с.

Для поддержания микроклимата в лаборатории в более комфортных условиях будут приняты следующие меры:

- Использование термостатов, систем кондиционирования воздуха или отопительного оборудования для регулирования температуры в помещении в случае перегрева или сильных холодов.
- Использование увлажнителя или осушителя воздуха, чтобы контролировать температуру в лаборатории в соответствующем диапазоне.
- Окна на рабочем месте должны быть расположены в более проветриваемом месте, чтобы обеспечить циркуляцию воздуха.

3.3.2 Анализ показателей шума и вибрации

Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний (тугоухость) и может явиться причиной несчастного случая. Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой 16÷20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм [5].

Основным источником шума на рабочем месте является вентилятор охлаждения ПК при использовании ПК для имитации управления. Замеры проводились во время его работы, и было установлено, что уровень звука на 50 дБ выше максимально допустимого уровня звука, связанного с данным видом работ. По стандарту ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и рабочих местах» приняты меры: добавление к компьютеру охлаждающий кронштейн, чтобы уменьшить давление охлаждения на вентилятор во время работы компьютера. Проводить регулярное техническое обслуживание и уход за компьютером, проверять наличие поврежденных деталей и своевременно заменять их.

3.3.3 Анализ освещенности рабочей зоны

Согласно ГОСТ Р 55710-2013, СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 и СП52.13330.2016 к освещению рабочих мест предъявляются следующие требования: средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк [11].

При общей площади лаборатории 12 м², длине 4 м, ширине 3 м и высоте столешницы 80 см получается высота от столешницы (Н) до потолка 2,2 м. Коэффициент отражения стен $\rho_c = 30 \%$, потолка $\rho_n = 50 \%$. Коэффициент запаса $K = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Выбираем светильники типа ОД, оптимальное расположение светильников $\lambda = 1,4$, расстояние светильников от перекрытия $h_c = 0,5$ м. Расчетная длина между двумя рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot (3 - 0,5 - 0,8) = 2,38$ м. Число рядов светильников: $N = \frac{B}{L} = \frac{3}{2,38} = 1,26$.

где В– ширина помещения, м.

Примем $N=1$ и рассчитаем индекс освещенности по следующей формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{12}{1,7 \cdot (3+4)} = 1. \quad (18)$$

где S– общая площадь лаборатории, м²;

A– длина помещения, м.

Коэффициент использования светового потока: $\eta = 46\%$. Для помещений с использованием ОД $E_H = 300$ лк. Индекс помещения ϕ по формуле:

$$\phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,46} = 12913 \text{ лм}. \quad (19)$$

Ближайшая стандартная лампа – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 лм. Поэтому количество ламп в помещении n равно: $n = \frac{12913}{2850} = 2,3 \approx 3$. Потом определять фактическое значение освещенности $E_{\text{факт}}$ по следующей формуле:

$$E_{\text{факт}} = \frac{300 \cdot 3 \cdot 2850}{12913} = 198,6 \text{ лк}. \quad (20)$$

Согласно нормам, средняя освещенность на рабочем месте составляет не менее 200 лк, поэтому стандарт не соблюден. Поэтому замените лампочку на более мощную и выбрать ЛТБ 65 Вт с потоком 4600 лм. Новое количество

ламп в помещении n_n равно: $n_n = \frac{12913}{9200} = 1,4 \approx 2$. Потом определять новое фактическое значение освещенности $E_{фактн}$ по следующей формуле:

$$E_{фактн} = \frac{300 \cdot 2 \cdot 4600}{12913} = 213,7 \text{ лк.} \quad (21)$$

Средняя освещенность на рабочем месте составляет не менее 200 лк, поэтому стандарт соблюден.

3.3.4 Анализ электробезопасности

Персональный компьютер питается от сети 220 В, и металлический штекер соединительного кабеля ESP32 находится под открытым небом и может представлять опасность поражения электрическим током. ПК, контроллер ESP32 и его соединительный кабель размещаются непосредственно на верстаке, что может привести к короткому замыканию или отключению, если рабочая среда влажная или кабель старый.

Чтобы предотвратить возникновение таких опасных ситуаций, будут приняты следующие меры:

- Используемое квалифицированное электрооборудование и материалы: персональные компьютеры, шнуры питания для компьютеров, розетки, контроллеры ESP32 и соединительные кабели для контроллеров должны приобретаться у производителей, отвечающих соответствующим стандартам сертификации и техническим требованиям.
- Заземление и защита изоляции: изоляция открытых металлических частей. Например, с помощью изоляционных материалов, для снижения риска поражения электрическим током и короткого замыкания.
- Техническое обслуживание и проверка электрооборудования: регулярная проверка и техническое обслуживание электрооборудования для обеспечения надлежащего функционирования и безопасной работы. Сюда входит проверка электропроводки, штепселей, выключателей и т.д.

- Знаки и предупреждения на рабочем месте: В местах, где существует риск утечки электричества, размещаются четкие предупреждающие знаки, предупреждающие персонал об опасности.

3.3.5 Анализ пожарной безопасности

Зарядное устройство компьютера в лаборатории может стать причиной пожара при длительном воздействии солнечного света, а бумага для печати формата А4, используемая в экспериментах, легко воспламеняется и может стать причиной пожара при контакте с открытым пламенем. Поэтому необходимо проанализировать пожарную безопасность на рабочем месте.

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, класс пожара бумаги для печати формата А4 – А, класс пожара В связанной с горением электроустановок. Поэтому по абзацу в редакции с 21 мая 2021 года, постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года N 1479 пункту 400 выбирать углекислотные огнетушители, так как они предназначены для тушения загораний различных веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний на электрифицированном железнодорожном и городском транспорте, электроустановок [12].

Для обеспечения безопасности персонала каждый сотрудник должен изучить карту пожарной эвакуации для этажа, на котором расположена лаборатория, и знать, где находятся огнетушители. Лифты должны быть отключены во время эвакуации, а на пожарной лестнице в течение дня не должны складываться различные предметы.

3.4 Экологическая безопасность

В процессе развития производства образуется использованное металлическое оборудование и компоненты, макулатура, а также использованные батарейки и использованные лампочки для освещения рабочего места. Если эти материалы выбрасываются без разбора, они могут привести к загрязнению окружающей среды. Поэтому важно, чтобы утилизация этих материалов производилась в соответствии с экологическими

нормами, а сбор и утилизация таких перерабатываемых предметов, как металлическое оборудование и компоненты, макулатура и использованные батареи, осуществлялись регулярными компаниями по переработке отходов.

Контроллеры ESP32 потребляют много энергии, а поскольку ESP32 - это микросхема, элементы сплава, используемые для ее изготовления, могут повлиять на почвенную среду, если их выбрасывать без разбора, а газы, образующиеся при разложении элементов, могут нарушить баланс атмосферы, поэтому для их переплавки и регенерации необходимы специальные компании по переработке микросхем.

3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в лаборатории является пожар. Короткое замыкание или неисправный провод в компьютере и короткое замыкание в соединении контроллера ESP32 могут привести к пожару. Поэтому необходимо регулярно проверять проводку компьютера и контроллера ESP32 и держать провода аккуратно уложенными и вдали от мест, где они могут легко соприкоснуться с водой.

Более опасной чрезвычайной ситуацией является возникновение взрыва. Взрывы могут произойти в лаборатории, если использованные батарейки, компоненты и макулатура лежат без дела, расположены вблизи источников воспламенения и света, а воздух сухой. Поэтому в лаборатории должны быть размещены предупреждения, напоминающие персоналу о необходимости разделять использованную бумагу и использованные компоненты батарей и помещать их в темное, относительно влажное место.

3.6 Вывод по разделу

В разделе «Социальная ответственность» анализированы и предложены возможности вредных и вредных факторов в процессе развития производства.

Во-первых, было проанализировано согласие между фактическими и нормативными значениями потенциальных факторов. Затем был составлен список опасных факторов, возникающих на рабочем месте, включая утечку,

короткое замыкание и отключение, в соответствии с Руководством по эксплуатации электроустановок.

Далее, согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" определены вредные факторы, и анализированы факторы воздействия электромагнитного излучения, отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения, микроклимат, шум. По результату анализа приняты меры.

В конце раздела по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» определены возможности безопасности в чрезвычайных ситуациях, для этих чрезвычайных ситуациях приняты меры, чтобы предотвращать возник чрезвычайных ситуаций.

Заключение

В ходе работы основного раздела были получены следующие результаты:

- Проведен обзор функциональных и технических возможностей контроллера ESP32, основные обзора: функциональность Wi-Fi.
- Изучение спецификация протокола MQTT и особенности его использования.
- Создана система управления технологическим объектом.
- Выполнена связь контроллера ESP32 до платформы MQTT.
- Реализована возможность публикации и подписки на топики по протоколу MQTT в Matlab (Simulink) с помощью программы subscribe и publish.
- Создана схема в Matlab (m file), состоящую из объекта передаточной функции $3/(9s^2+2s+3)$, на вход которого подается управляющее воздействие с топика MQTT, а значение фазового перепада публикуется в другой топик протокола MQTT.

Финансовый раздел оценены коммерческий потенциал проекта и перспективы исследования с точки зрения эффективности использования ресурсов, проводимо исследование потенциальных пользователей, сравнены их с АВВ России и анализированы конкурирующие технические варианты. Конкурентоспособность проекта оценена путем расчета затрат на различные аспекты исследовательского проекта для оценки необходимого бюджета, выявления ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Презентация опасностей и угроз, связанных с исследовательским проектом в разделе «Социальная ответственность». Анализ того, какие факторы могут привести к возникновению опасностей на рабочем месте, оценка соответствия условий на рабочем месте критериям, а также меры по предотвращению опасностей, вредных факторов, влияющих на здоровье работников, и приведению условий на рабочем месте в соответствие с подходящей рабочей средой на основе результатов оценки.

Список использованных источников

1. HABR.RU Хабр: Официальные аккаунты компаний: сайт. – Москва – URL: <https://habr.com/ru> (дата обращения: 16.05.2023) – Текст: Программирование устройств на основе модуля ESP32.
2. HABR.RU Хабр: Официальные аккаунты компаний: сайт. – Москва – URL: <https://habr.com/ru> (дата обращения: 17.05.2023) – Текст: Протокол MQTT: концептуальное погружение.
3. MQTTX: An elegant cross-platform MQTT 5.0 desktop client: сайт. – URL: <https://mqttx.app/docs> (дата обращения: 17.05.2023) – Ханчжоу, Китая – Docs: Introduction - MQTTX Documentation.
4. ГОСТ 12.1.003-2014. Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения: дата введения 1992-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005817> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.
5. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. ШУМ Общие требования безопасности: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.
6. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс российской федерации: № 197-ФЗ: [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2019 – ст. 92, ст. 117, ст. 129, ст. 147, ст. 219, ст. 222.
7. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.
8. СНиП 23-05-95*. Система нормативных документов в строительстве. строительные нормы и правила российской федерации. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://kola.rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/kola/uploaded-files/08-16-sp-52133302016-estestvennoe-i-iskusstvennoe-osveshchenie-aktualizirovannaya->

[redaktsiya-snip-23-05-95-1.pdf](#) (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

9. ГОСТ 12.2.013.0-91 (МЭК 745-1-82). Система стандартов безопасности труда. Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний: дата введения 1993-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005673> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

10. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

11. ГОСТ Р 55710-2013. Национальный стандарт российской федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: дата введения 2014-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

12. Российская Федерация. Законы. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: Федеральный закон от 16 сентября 2020 года N 1479. – Москва, 2020 – пункт. 444.

13. STAVTO.RU: АО «СТ-Авто»: сайт. – Москва, 2008 – 2023. – URL: <https://stavto.ru/articles/raschet-kolichestva-ognetushiteley-na-ploshchad-pomeshcheniya/> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: Сколько огнетушителей должно быть в помещении? Расчет количества огнетушителей на помещение.

14. FIREMAN.CLUB: электронный клуб: сайт. – 2015-2023. – URL: <https://fireman.club/inseklodepia/klass-pozhara/> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: Класс пожара.

15. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (с изменениями на 30 декабря 2022 года). – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/573500115?marker=6560IO> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

16. СП 12.13130.2009. Пределение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 18.05.2023) – Текст: электронный.

Приложение А
(обязательное)
Исходный код ESP32

Листинг 1 – Исходный код ESP32

```
1.  `#include <WiFi.h>
2.  #include <PubSubClient.h>
3.  // WiFi
4.  const char *ssid = "HUAWEI-J1B05C"; // Enter your WiFi name
5.  const char *password = "gyfyxw123456"; // Enter WiFi password
6.  // MQTT Broker
7.  const char *mqtt_broker = "broker.emqx.io";
8.  const char *topic = "esp32/test1";
9.  const char *topic2 = "esp32/return1";
10. const char *mqtt_username = "G";
11. const char *mqtt_password = "esp32";
12. const int mqtt_port = 1883;
13. WiFiClient espClient;
14. PubSubClient client(espClient);
15. void setup() {
16.  // Set software serial baud to 115200;
17.  Serial.begin(115200);
18.  // connecting to a WiFi network
19.  WiFi.begin(ssid, password);
20.  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
21.    delay(500);
22.    Serial.println("Connecting to WiFi..");
23.  }
24.  Serial.println("Connected to the WiFi network");
25.  //connecting to a mqtt broker
26.  client.setServer(mqtt_broker, mqtt_port);
27.  client.setCallback(callback);
28.  while (!client.connected()) {
29.    String client_id = "esp32client123";
30.    client_id += String(WiFi.macAddress());
31.    Serial.printf("The client %s connects to the public mqtt broker\n", client_id.c_str());
32.    if (client.connect(client_id.c_str(), mqtt_username, mqtt_password)) {
33.      Serial.println("Public emqx mqtt broker connected");
34.    } else {
35.      Serial.print("failed with state ");
36.      Serial.print(client.state());
37.      delay(2000);
38.    }
39.  }
40.  // publish and subscribe
41.  client.publish(topic, "9");
42.  client.subscribe(topic2);
43.  }
44. void callback(char *topic, byte *payload, unsigned int length) {
```

Продолжение листинга 1

```
45.   Serial.print("Message arrived in topic: ");
46.   Serial.println(topic);
47.   Serial.print("Message:");
48.   for (int i = 0; i < length; i++) {
49.       Serial.print((char) payload[i]);
50.   }
51.   Serial.println();
52.   Serial.println("-----");
53.   }
54.   void loop() {
55.       client.loop();
56.   }
```

Приложение Б (обязательное)

Исходный код Matlab

Листинг 2 – Исходный код Matlab

```
1.   clc;
2.   clear all;
3.   close all;

4.   % Create an MQTT-client and connect to the broker
5.   global myMQTT;
6.   myMQTT=mqtt('tcp://broker.emqx.io','Username','G','Password','esp32','ClientID','esp32client234','Port',1883);

7.   % Defining subscription objects
8.   Topic = 'esp32/test1';
9.   subscribe (myMQTT, Topic, 'callback', @showMessage, 'Qos', 0);

10.  % Define release topics
11.  global Topic2;
12.  Topic2 = 'esp32/return1';

13.  % Creating a first-order non-linear system model
14.  global sys setpoint startTime;
15.  sys = tf([3], [9, 2, 3]); % Create a transfer function model with numerator 3 and denominator 3/(9s^2 + 2s + 3)
16.  setpoint = 0; % Initialize setpoint value
17.  startTime = []; % Initialize start time

18.  % Creating a graphics window
19.  figure;

20.  % Plotting the initial response curve
21.  t = 0:0.01:70; % Time range
22.  u = zeros(size(t)); % Input signal is 0
23.  y = lsim(sys/(1+sys), u, t); % Calculate the response of the closed-loop system
24.  plot(t, y);
25.  grid on;
26.  xlabel('Time');
27.  ylabel('Output');
28.  title('Response');

29.  % Keep the program running to receive and process MQTT messages
30.  while true
31.      pause (0.1);
32.  end

33.  function showMessage(topic, message)
```


Продолжение листинга 2

```
34.     fprintf('MQTT received: "%s", "%s"\n', char(topic), char(message));
35.     x = str2num(message);
36.     fprintf('Input value: %d\n', x);
37.
38.     % Update the setpoint value with the input value from ESP32
39.     global setpoint sys y;
40.     setpoint = x;
41.
42.     % Calculate the response of the closed-loop system with the updated setpoint value
43.     t = 0:0.01:85; % Time range
44.     u = ones(size(t)) * setpoint; % Input signal is setpoint value
45.     y = lsim(sys/(1+sys), u, t); % Calculate the response of the closed-loop system
46.
47.     % Plotting the response with the updated setpoint value
48.     plot(t, y);
49.     grid on;
50.     xlabel('Time');
51.     ylabel('Output');
52.     title('Response');
53.     drawnow;
54.
55.     % Publish the output value to the specified topic
56.     global myMQTT Topic2;
57.     outputValue = y(end); % Get the last output value
58.     publish(myMQTT, char(Topic2), num2str(outputValue));
59.     fprintf('OutputTopic: "%s"\n', outputValue);
60. end
```