



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка модуля управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки.

УДК 004.384:621.791.01

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Скрипко С.И.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	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 с учетом основных требований информационной безопасности
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, 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 математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Способен 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 задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
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 и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
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, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации 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 и публикаций

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)

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.А. Першина
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович

Тема работы:

Разработка модуля управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2023, №39-33/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)	Объектом исследования является: модуль управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)	Обзор видов структур приложения, обзор операционных систем реального времени (ОСРВ), сравнение ОСРВ, обзор функционала ОСРВ FreeRTOS; Выбор ОСРВ, программные модули системы управления и формулирование требований к их API, формирование задач и организация взаимодействия между ними, выбор аппаратной платформы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Блок-схема алгоритм работы системы управления
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л.
Финансовый менеджмент	Гасанов М.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		
Ассистент ОЭИ	Скрипко С.И.	-		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович		



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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
ООП/ОПОП Автоматизация сварочных процессов и производств
Специализация Автоматизация сварочных процессов и производств
Отделение электронной инженерии

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович

Тема работы:

Разработка модуля управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки.

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.01.2023	<i>Введение</i>	5
30.01.2023	<i>Обзор литературы</i>	20
13.02.2023	<i>Разработка программного модуля управления</i>	30
10.05.2023	<i>Социальная ответственность</i>	20
17.05.2023	<i>Финансовый менеджмент</i>	20
15.05.2023	<i>Заключение</i>	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Скрипко С.И.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 100 с., 13 рис., 21 табл., 35 источников, 4 прил.

Ключевые слова: Автоматизация сварочного производства, система управления, операционная система реально времени

Объектом исследования (разработки) является (ются):

Модуля управления аппаратно-программным комплексом автоматического управления процессами сварки.

Цель работы – заключается в разработке программного модуля управления аппаратно-программным комплексом автоматического контроля процессами сварки.

В ходе работы проводились (исследования, расчеты и т. п.):

Подбор аппаратной среды выполнения, выбор программного решения, формирование программных модулей, формулировка требований к API программных модулей, организация взаимодействия задач.

В результате (исследований, расчетов и т. п.):

Была разработана система управления программным комплексом автоматического контроля процессами сварки

Степень внедрения:

Исследование сварочных процессов.

Область применения:

Сварочное производство

Экономическая эффективность/значимость работы:

Низкая цена в сравнении с аналогами.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1. Обзор видов структур приложения	14
1.2. Обзор операционных систем реального времени	18
1.3. Сравнение ОСРВ.....	20
1.4. Обзор функционала ОСРВ FreeRTOS.....	23
2. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ.....	30
2.1. Выбор операционной системы	30
2.2. Программные модули системы управления и формулирование требований к их API	30
2.3. Формирование задач и организация взаимодействия между ними	32
2.4. Выбор аппаратной платформы	42
3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	46
3.1. Введение по разделу	46
3.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	47
3.3. Производственная безопасность	48
3.4. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	49
3.5. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).....	52
3.6. Экологическая безопасность	54
3.7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	55
3.8. Выводы по разделу социальная ответственность	56
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ	59
4.1. Введение по разделу	59
4.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	59
4.3. Анализ конкурентных технических решений	63
4.4. Планирование работ по научно-техническому исследованию	66

4.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	68
4.6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	76
4.7. Заключение по разделу финансовый менеджмент	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
Приложение А.....	86
Приложение Б	90
Приложение В.....	91
Приложение Г	92

ВВЕДЕНИЕ

Чтобы гарантировать высокое качество производства, необходимо придерживаться стандартов, которые определяют требования и критерии для качественного продукта. Для этого многие компании применяют различные методы контроля качества, такие как тестирование, анализ, инспекции и многое другое. Эти методы позволяют выявлять любые отклонения от требуемого уровня качества или неправильные процессы производства, что может привести к неудовлетворительным результатам и потере доверия у потребителей. В частности, в машиностроении, где используются сварочные процессы, необходимо соблюдение технологии сварки, в противном случае продукция будет иметь такие дефекты сварных соединений, как непровар, прожог, трещины, кратеры и другие, что может повести за собой разрушение сварной конструкции.

Цель работы заключается в разработке программного модуля управления аппаратно–программным комплексом автоматического контроля процессами сварки. Для этого необходимо подобрать аппаратную среду выполнения, выбрать программные решения, разделить систему управления на программные модули, сформулировать требования к их API и организовать взаимодействие задач.

В этой выпускной квалификационной работе представлены результаты разработки программного обеспечения, основанного на операционной системе реального времени, которое входит в состав комплекса, обеспечивающий контроль и измерение электрических параметров процесса сварки. Комплекс содержит до нескольких десятков (определяется техническим заданием) аналоговых входов предназначенных, например, для контроля электрических параметров сварочных процессов. Захват данных осуществляется посредством платы с установленным АЦП, данные записываются в буфере внешней памяти, в свою очередь считывание буфера внешней памяти происходит при помощи периферийного модуля FSMC (Flexible Static Memory Control) в микроконтроллере; затем данные

отсылаются через интерфейс SPI на сетевой модуль W5500 для дальнейшей отправки через интерфейс Ethernet по протоколу TCP/IP к пользовательскому компьютеру. Полученные данные могут быть использованы для анализа эффективности работы сварщика, отслеживания производительности, оценки качества сварочной работы и обеспечение стандартам и нормам качества. Обобщенная структура системы изображена на рисунке 1.

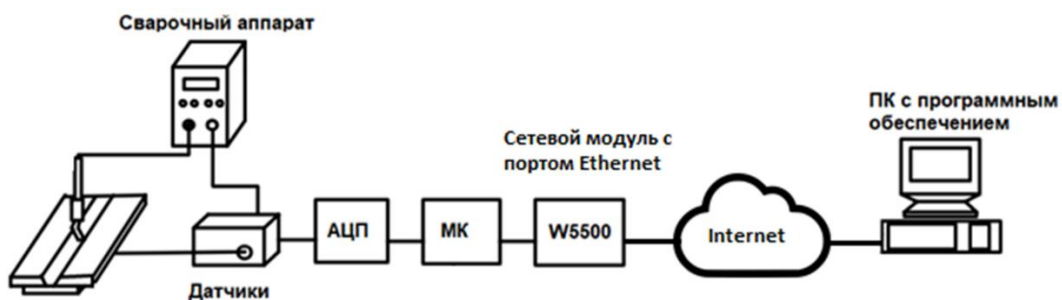


Рисунок 1 – Общий дизайн системы

Решения, связанные со сбором параметров сварочного процесса, уже существует, например, продукция компании Lorch Q-Data [1], Fronius WeldCube [2], ПОТОК 7 ПРО.5 [3] обеспечивают базовый функционал и имеют ряд существенных недостатков такие как дороговизна оборудования и проприетарное программное обеспечение, в связи с этим невозможно модернизировать и расширять функционал для решения других задач.

Научная значимость результатов заключается в создании требований и структуры программного модуля управления системы автоматического сбора данных, при этом конечная система характеризуется низкой стоимостью.

Практическая значимость работы заключается в реализации системы управления, обеспечивающий функционал и работоспособность комплекса автоматического управления процессами сварки.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

АЦП (Аналого-цифровой преобразователь): Устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал).

API (Application Programming Interface) функции: Набор функций, которые предоставляются для взаимодействия с другими программами или компонентами.

МК (Микроконтроллер): микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для разработки программного обеспечения, необходимо определиться с требованиями и на их основе выбирать структуру приложения. В данном проекте используются следующие функции: контроллер внешней памяти FSMC, для считывания данных с оперативной памяти, передача данных осуществляется при помощи протокола TCP/IP по интерфейсу Ethernet и распознавание команд, которое происходит за счет интерпретатора SCPI. Поэтому необходимо, чтобы данные части программы взаимодействовали между собой, передавали данные без потерь, выполняемые действия должны быть своевременны, сама программа должна быть модульной, содержать читаемый код и обладать масштабируемостью. Также, необходимо учитывать, что конечный проект выполняется командой разработчиков и каждый интерфейс должен быть четко определён в программе.

1.1. Обзор видов структур приложения

Рассмотрены существующие структуры приложения и их преимущества и недостатки. В [4], рассматриваются следующие структуры программ:

1. Замкнутая структура.
2. Замкнутая структура с прерыванием.
3. Операционная система реального времени (далее - ОСРВ).



Рисунок 2 – Виды структур приложения

Простейшая форма программной структуры представляет собой замкнутый цикл, в котором повторяются одни и те же действия. Если приложение достаточно простое, то такой метод является надежным и понятным. Однако данная структура может столкнуться с проблемой длительного выполнения команд, что приведет к задержкам при выполнении других задач. Кроме того, масштабирование приложения может стать проблемой, а улучшение кода может повлиять на работу старого кода.

Для более сложных приложений рекомендуется рассмотреть возможность размещения критичных по времени операций в обработчиках прерываний. Действия обработчика должны быть короткими и концентрированными на выполнении критически важных задач. Однако могут возникнуть трудности при распределении работы между основным циклом и обработчиком прерываний, а также между несколькими разработчиками.

Для максимальной гибкости приложение разделяют на отдельные части, каждая из которых выполняется в отдельных потоках параллельно, хотя маленькие обработчики прерываний также могут использоваться для

уведомления об определенных задачах. Для организации потоков потребуется операционная система или ядро. Применение многопоточности обеспечивает более гибкое распределение функциональности приложения и упрощает работу разработчиков. Для простых систем применение операционной системы является излишним и применение простой петли является более рациональным как с точки зрения ресурсов, так и относительно архитектуры программы.

В современной технической литературе, специализирующейся на программировании микроконтроллеров, говорится о преимуществах использования операционной системы реального времени для программиста, одним из таких примеров является [5], согласно которой, использование ОСРВ существенно упрощает процесс разработки приложений на микроконтроллеры, за счет встроенных инструментов, позволяющих настраивать процессы как по времени, так и за счет событий. Автор [5] также отмечает, что ОСРВ улучшают производительность и надежность приложения, предоставляют более низкие задержки, лучшую масштабируемость и управление ресурсами в системах реального времени. Также в [6], сообщается, что использование ОСРВ также упрощает разработку и обладает более широким диапазоном функций, чем простые программы на микроконтроллере. В частности, ОСРВ предоставляют дополнительные гарантии по срокам выполнения для критически важных задач, а также обеспечивают управление ресурсами системы. Но данные преимущества возникли за счет тех возможностей и функционала, которые предоставляет ОСРВ.

Таким образом, при разработке сложного устройства с множеством функций, например, опрос датчиков, интерфейс с пользователем (простейшие клавиатура и дисплей), выдача управляющего воздействия, обмен информацией по нескольким внутрисхемным шинам I²C, SPI и др., обмен информацией с внешними устройствами по интерфейсам RS-485, CAN, Ethernet, USB и др., реализация высокоуровневых протоколов, например

TCP/IP, ProfiBus и др., поддержка FSMC для считывания внешней памяти, в этом случае применение операционной системы реального времени может быть оправдано и применено для создания модульной программы с возможностью добавления нового функционала без вреда текущему коду.

Применимо к этому проекту ОСРВ используется по следующим причинам:

Ожидание команды от пользователя не должно блокировать остальные функции анализа и обработки данных, данную задачу можно решить с помощью обработчика прерывания, но тогда повышается риск ошибок, таких как блокировки и гонки данных. Тогда как, ОСРВ обладает встроенными механизмами защиты такими как:

1. Приоритеты задач: ОСРВ позволяет задавать приоритеты для каждой задачи, что позволяет определить, какая задача будет выполнена в первую очередь. Это позволяет избежать ситуаций, когда задачи конфликтуют друг с другом и мешают друг другу.
2. Механизмы синхронизации: ОСРВ предоставляет механизмы синхронизации, такие как семафоры, мьютексы и т.д., которые позволяют задачам совместно использовать ресурсы, такие как общая память или устройства ввода-вывода, без возможности конфликта.
3. Защита от переполнения стека: ОСРВ обеспечивает защиту от переполнения стека, что позволяет избежать ситуаций, когда задача выходит за пределы своего стека и перезаписывает данные других задач.
4. Механизмы обработки исключительных ситуаций: ОСРВ предоставляет механизмы обработки исключительных ситуаций, такие как деление на ноль или обращение к несуществующей памяти, что позволяет избежать сбоев в работе системы.
5. Механизмы контроля времени выполнения задач: ОСРВ позволяет задавать максимальное время выполнения задачи, что позволяет избежать ситуаций, когда задача занимает слишком много времени и мешает выполнению других задач.

Так как разработанный комплекс является прототипом и первой версией, то в будущем планируется расширить возможности с добавлением других функций для анализа сварочных параметров. По этой причине использование ОСРВ является наиболее подходящим, за счет размещения новых функций в добавленных задачах, благодаря этому обеспечивается как модульность программы, так и масштабируемость без необходимости повторной разработки управляющего кода.

Удобство в разработки является важным требованием при разработке программы. Данное требование ОСРВ решает за счет предоставления различных инструментов, библиотек, официальной документации и большого сообщества разработчиков.

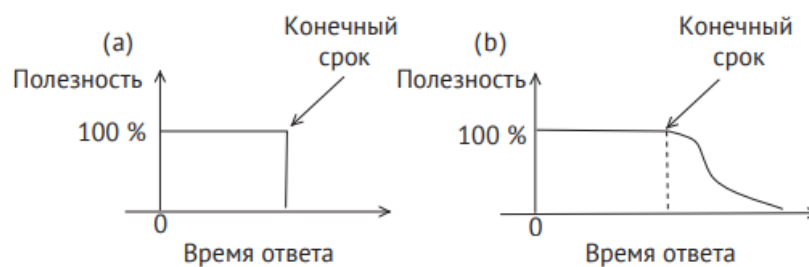
Исходя из вышеперечисленных преимуществ ОСРВ, для проектирования системы управления было принято решение в его использовании.

1.2. Обзор операционных систем реального времени

В технической литературе приводится несколько различных определений систем реального времени. Так стандарт POSIX 1003.1 [7] определяет ОСРВ: “Реальное время в операционных системах – это способность операционной системы обеспечить требуемый уровень сервиса в заданный промежуток времени”. В свою очередь, в статье [8], дает определение ОСРВ следующим образом: “Системой реального времени называется система, в которой успешность работы любой программы зависит не только от ее логической правильности, но от времени, за которое она получила результат”. Вследствие чего, временные ограничения должны быть гарантировано выполнены и данное свойство отражает общую детерминированность системы, то есть вне зависимости от своего текущего состояния предоставлять необходимый результат за требуемое время.

Операционные системы реального времени могут быть классифицированы как имеющие "сильное" и "слабое" требования к реальному времени. "Сильные" системы реального времени считаются теми,

которые всегда и в любых обстоятельствах реагируют вовремя на события. Если задержка реакции происходит, это может привести к полному или частичному отказу системы. Такой подход широко используется для обеспечения безопасности во многих областях производства. Мягкое реальное время, в свою очередь, подразумевает, что упущение мягких сроков не является критическим, однако это может привести к ухудшению качества обслуживания. Мягкая система реального времени выполняет задачи с мягкими, не жестко установленными сроками. Схематично данные требования представлены на рисунке 3.



а – с жестким требованием; б – с мягким требованием

Рисунок 3 – Типы требований реального времени

Некоторые компании, занимающиеся разработкой ОСРВ, предпочитают внедрять оба требования к реальному времени. Это позволяет программистам самостоятельно выбирать и назначать критически важные секции из менее значимых потоков. При выборе ОСРВ для системы управления необходимо учитывать наличие обоих требований к реальному времени.

Любая ОСРВ включает в себя ядро операционной системы, оно же реализует основополагающие функции операционной системы. Ядро обеспечивает управление задачами, планирование их выполнения, управление памятью и синхронизацию доступа к ресурсам.

Одной из основных функций операционных систем является управление задачами. Оно включает в себя создание, удаление и планирование задач, а также использование системы приоритетов процессов и алгоритмов планирования для разработки сценариев. Существует множество

модификаций алгоритма круговой диспетчеризации, которые основаны на временном кванте - периоде времени, выделенном процессу для работы. Когда квант времени истекает, планировщик выбирает следующий процесс на основе приоритета процесса из очереди активных процессов. Приоритеты могут быть фиксированными или изменяемыми в зависимости от алгоритмов планирования в данной операционной системе, но каждый процесс в конечном итоге получает свою долю процессорного времени. Важно понимать, что эти алгоритмы являются ключевыми для эффективной работы сложных систем, так как они позволяют оптимизировать использование ресурсов и улучшить производительность устройства [9]. Схематично распределение процессорного времени можно отобразить следующим образом:

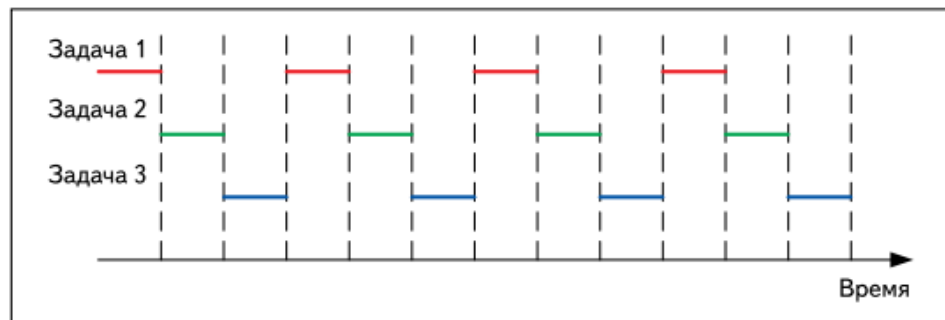


Рисунок 4 – Распределение процессорного времени между несколькими задачами в ОСРВ [10]

В данном случае, для каждой задачи задается свой системный квант времени, во время которого она выполняется, тем самым достигается эффект параллельного выполнения. Для работы всей системы существует планировщик, который использует различные алгоритмы планирования, позволяющие оптимизировать использование ресурсов системы, а также планировщик обеспечивает защиту систему от сбоев, контролирует доступ к ресурсам и управляет приоритетами задач.

1.3. Сравнение ОСРВ

Существует множество различных ОСРВ, которые имеют схожие основные функции и возможности, но отличаются по стоимости, наличием

технической поддержки и интеграциями с различными средами разработки. И выбор конкретной операционной системы зависит от требований проекта и доступных ресурсов.

Таблица 1 – Сравнение ОСРВ по критериям

Критерий	FreeRTOS [11]	Micrium uC/OS-II [12]	Keil RTX [13]	embOS [14]
Тип ОСРВ	Открытая	Проприетарная	Открытая	Проприетарная
Доступ	Бесплатная	Платная	Бесплатная	Платная
Исходный код	Доступен	Доступен за дополнительную плату	Доступен	Доступен после покупки
Техническая поддержка	Официальная документация, сообщество разработчиков и поддержки на форумах	Техническая поддержка доступна при заключении коммерческой лицензии	Техническая поддержка доступна	Техническая поддержка доступна при заключении коммерческой лицензии
Поддержка мультитядерности (AMP, SMP)	SMP	SMP	SMP	SMP
Лицензия	Открытая лицензия MIT	Коммерческая	Коммерческая	Коммерческая
Время реакции на прерывание при максимальной загрузке процессора (мкс)	1-2 мкс	12-15 мкс	15-20 мкс	1-4 мкс

Продолжение таблицы 1

Время переключения контекста	3-6 мкс	2,5 мкс	25-30 мкс	1,5 мкс
Размеры системы	4-9 кБ	5-6 кБ	5 кБ	От 2 кБ
Возможность исполнения системы из ПЗУ (ROM)	Поддерживается	Поддерживается	Поддерживается	Нет
Алгоритмы диспетчеризации	Round Robin, FIFO, Priority-based	Round Robin, FIFO, Priority-based	Round Robin, FIFO, Priority-based	Round Robin, FIFO, Priority-based
Механизмы межзадачного взаимодействия	семафоры, очереди, мьютексы, события	семафоры, очереди, мьютексы, события	семафоры, очереди, мьютексы, события	семафоры, очереди, мьютексы, события

Приведенные ОСРВ имеют схожие характеристики и возможности для проектирования систем управления, но для создания не коммерческого проекта необходима система с открытой лицензией и бесплатным доступом. Поэтому использование FreeRTOS является наиболее приемлемым, так как является достаточно надежной и широко используется во многих проектах встраиваемых систем, из приведенных данных таблицы 1, FreeRTOS имеет небольшой размер системы и наиболее быстрое время реакции. Она также поддерживает многие архитектуры процессоров и имеет большое сообщество разработчиков, что обеспечивает хорошую поддержку и документацию. Кроме того, FreeRTOS обладает низким потреблением памяти и поддерживает мультитядерность. Это позволяет использовать данную ОСРВ даже на устройствах с ограниченными ресурсами. Следует также отметить, что по сравнению с другими операционными системами, FreeRTOS имеет простой код и не требует большого количества ресурсов, что упрощает его понимание и работу с данной ОСРВ для встраиваемых систем. Также в технической литературе наиболее часто можно встретить рекомендации по использованию FreeRTOS для создания проектов. В [15], приводится пример использования ОСРВ FreeRTOS, по причинам ее общедоступности и наличием лицензии MIT для открытых исходных кодов и не требует раскрытия собственной интеллектуальной собственности, а также используется во многих крупных проектах.

1.4. Обзор функционала ОСРВ FreeRTOS

Для того, чтобы подходить к анализу реализации системы управления и ее созданию, необходимо также ознакомиться с основными правилами ее написания, а также функционалом, которая предоставляет FreeRTOS.

В [15] утверждается, что не все платформы (микроконтроллеры) способны поддерживать ОСРВ, это необходимо учитывать при реализации системы управления и выбирать тот микроконтроллер, который обладает необходимым набором функций и памятью для правильной работы ОСРВ. Также выделяется важность планирование задач и распределение памяти, так

как каждая задача в многозадачной системе требует выделения некоторого пространства в стеке, где хранятся переменные и обратные адреса вызовов функций из-за чего необходимо рассчитывать определенное количество памяти для использования ОСРВ, так размер ядра FreeRTOS составляет всего 4–9 кбайт, в зависимости от типа платформы и настроек ядра, но общий объем изменяется за счет добавления различных средств для работы с задачами, такими как: семафоры, очереди, мьютексы.

Также в [16], описана разработка встроенных операционных систем реального времени, в ней рекомендуется начать реализацию ядра с потоков. Концепция заключается в предоставлении каждой отдельной части программы своего собственного виртуального процессора, на котором она будет функционировать. Далее рекомендуется изменить приоритеты для каждого потока и задаться изменением параметров, затем организовать взаимодействие между потоками встроенными механизмами. В [16] рассматриваются подходы к проектированию программы, реализации структуры взаимодействия и приводятся различные примеры.

Например, в [17] рассмотрено углубленное изложение материала, касающееся программированию на STM32, в частности, с применением ОСРВ FreeRTOS. Так, автор рассматривает статусы потоков в различные кванты времени, таким образом можно более детально понять, как происходит смена потоков в ОСРВ.

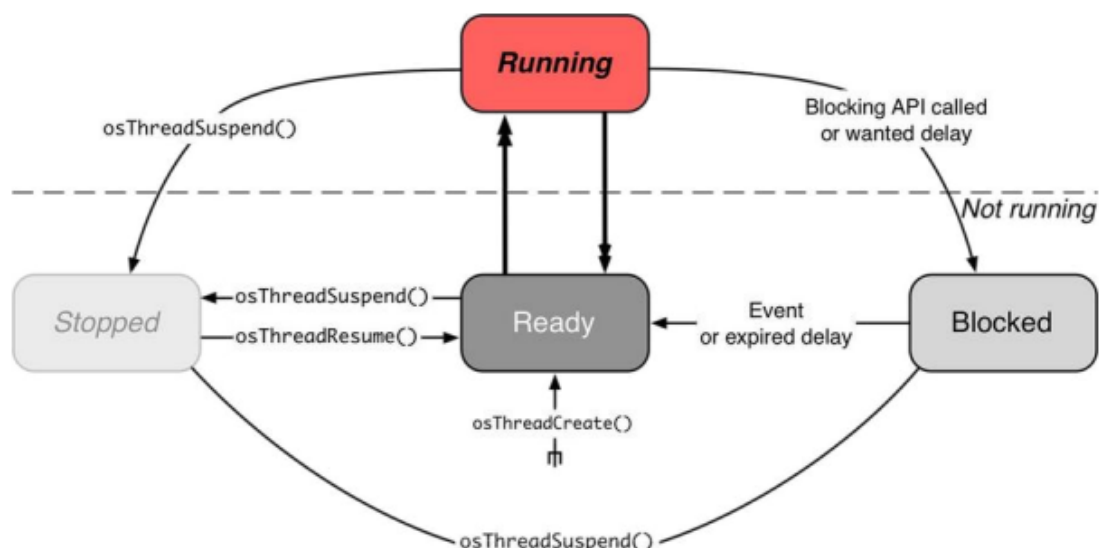


Рисунок 5 - Возможные состояния потока в ОСПВ FreeRTOS

В операционной системе реального времени FreeRTOS существует несколько статусов потоков: "ready", "blocked", "suspended" и "running".

"Ready" — это статус, в котором поток ожидает запуска на выполнение, и планировщик еще не назначил ему процессорное время.

"Blocked" — это статус, в котором поток не может выполняться, потому что он заблокирован в ожидании и какого-либо события или ресурса.

"Suspended" — это статус, в котором поток приостановлен и не может выполняться даже в случае, если для него есть возможность получить процессорное время.

"Running" — это статус, который получает поток во время выполнения на процессоре.

При работе FreeRTOS процессорное время распределяется между потоками на основе их приоритетов. Каждый поток имеет свой приоритет, который может быть установлен при создании потока. Чем выше приоритет, тем больше процессорного времени будет выделено этому потоку при планировании.

Переключение между потоками происходит в момент вызова функции планировщика. Планировщик вызывается либо из ядра операционной системы

(если произошло прерывание), либо вручную, если поток завершил свое выполнение или перешел в состояние ожидания какого-то ресурса.

Планировщик обрабатывает список потоков, которые готовы к выполнению, выбирает поток с наивысшим приоритетом и переключает контекст на него. Для сохранения состояния потока (регистров и стека) в FreeRTOS применяется механизм контекстных переключений, который позволяет сохранять состояние потока при его приостановке и восстанавливать его при продолжении выполнения.

Кванты времени в FreeRTOS можно настроить в зависимости от требований приложения. По умолчанию, если в системе есть несколько потоков с одинаковым приоритетом, процессорное время распределяется между ними равномерно. Если требуется назначить конкретное время выполнения для каждого потока, то нужно использовать таймеры и прерывания для переключения между потоками через определенные промежутки времени.

Но организация управления потоками при помощи выставления приоритетов, не является основой для проектирования межпроцессного взаимодействия, основными же функциями являются механизмы управления потоками. И, как и многие другие ОСРВ, FreeRTOS предоставляет несколько механизмов для взаимодействия между потоками:

Семафоры — это механизм синхронизации, который позволяет потокам взаимодействовать друг с другом, чтобы избежать гонок данных. Семафоры могут быть использованы для ожидания событий, защиты критических секций и синхронизации доступа к ресурсам. Семафоры могут быть бинарными (только два состояния: свободен и занят) или счетчиковыми (счетчик может быть увеличен или уменьшен). Размер данного механизма не является фиксированной величиной и в среднем для его подключения требуется 90 байт [10].

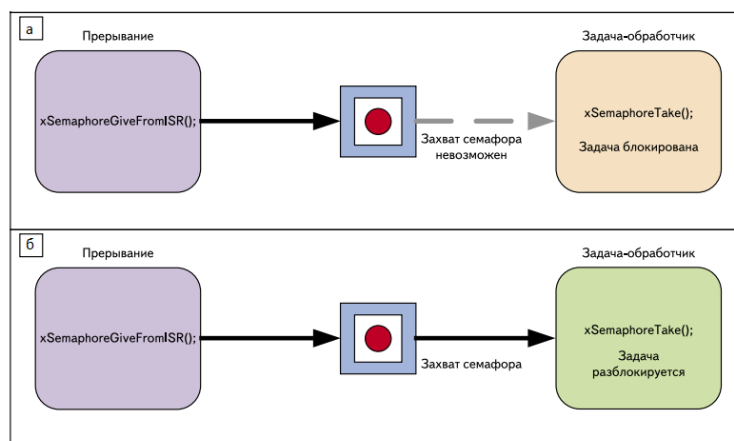


Рисунок 6 – Принцип работы семафора

Мьютексы — это механизм синхронизации, который позволяет потокам взаимодействовать друг с другом, чтобы избежать гонок данных. Мьютексы используются для защиты критических секций и синхронизации доступа к ресурсам. Мьютексы могут быть рекурсивными (один поток может захватить мьютекс несколько раз) или нерекурсивными (один поток может захватить мьютекс только один раз). Для мьютекса значение занимаемой памяти также является 90 байт [10].

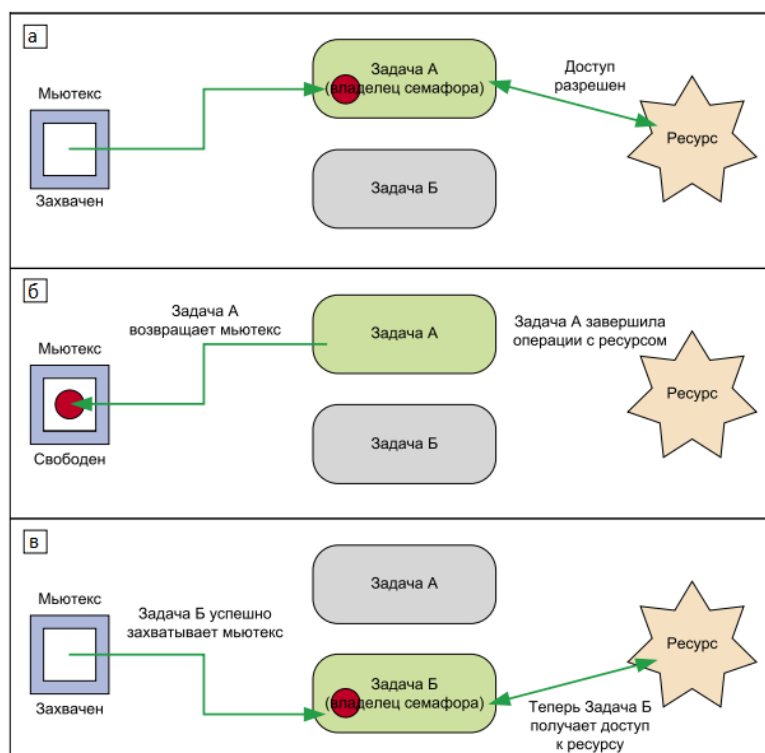


Рисунок 7 – Принцип работы мьютекса

Очереди — это механизм, который позволяет потокам обмениваться данными. Очереди могут быть использованы для передачи сообщений между потоками, передачи данных от одного потока к другому и для реализации буферов FIFO (First In First Out). При добавлении элемента в очередь создается его побайтовая копия, которая сохраняется в очереди. При чтении элемента из очереди также происходит побайтовое копирование. Очередь имеет фиксированный размер и может хранить конечное число элементов, размер которых задается при создании очереди и не изменяется до ее удаления. Количество памяти, выделяемое под очередь, зависит от ее размера и типа элементов, которые она содержит [10].

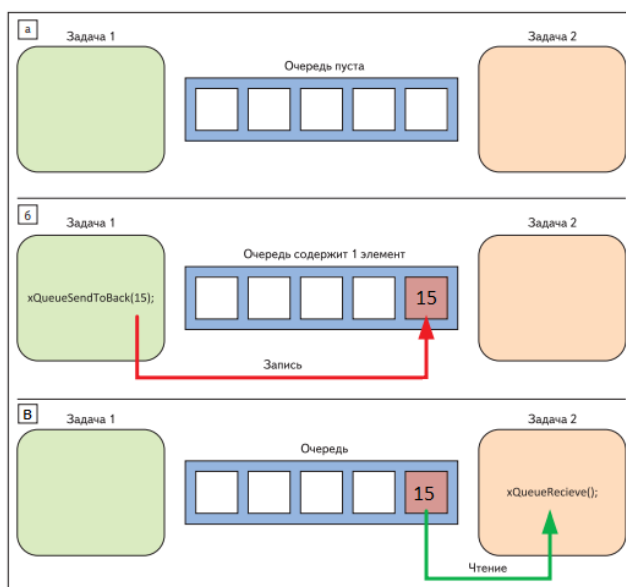


Рисунок 8 – Механизм записи и чтения из очереди

Таймеры — это механизм, который позволяет потокам выполнять задачи через определенный промежуток времени. Таймеры могут быть однократными (выполняются только один раз) или периодическими (выполняются через определенные промежутки времени). Для таймера требуется около 50 байт для правильного функционирования системы [10].

Все эти механизмы могут быть использованы для взаимодействия между потоками для проектирования встроенных систем. Они позволяют потокам взаимодействовать друг с другом, чтобы избежать гонок данных и

синхронизировать доступ к ресурсам. Каждый механизм имеет свои особенности и может быть использован в различных ситуациях в зависимости от требований приложения.

2. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

2.1. Выбор операционной системы

При разработке программного модуля управления процессами сварки, была сформулирована задача выбора ОСРВ, которая бы обеспечивала быстрое время реакции, имела небольшой размер системы, обладала бесплатным доступом и подходила под создание не коммерческого проекта. В соответствии с разделом 1.3, были рассмотрены основные ОСРВ, которые используются в настоящий дни. Из них наиболее предпочтительным вариантом является FreeRTOS, за счет того, что обладает открытой лицензией, а значит подходит для создания не коммерческого проекта, имеет небольшой размер системы 4-9 кБ и обладает быстрым временем реакции на прерывание 1-2 мкс, поддерживает многие архитектуры процессоров (такие как продукция компаний ST, Atmel, ARM, Altera, Intel/x86, Silicon Labs и другие [11]), а также обладает большим сообществом разработчиков и бесплатной документацией.

2.2. Программные модули системы управления и формулирование требований к их API

Система управления аппаратно-программным комплексом на основе ОСРВ реализована на аппаратной платформе микроконтроллера и организует взаимодействие основных программных модулей передачи и анализа данных. Среди этих модулей:

1. Прием пользовательских команд и отправка запрошенных данных обратно на компьютер пользователя.
2. Интерпретирование пользовательских команд в соответствии со стандартом IEEE 488.2 [18].
3. Считывание данных с внешней памяти и запись в буфер.

Для организации взаимодействия передачи данных между ними, а также для создания модульности программы с последующей масштабируемостью, необходимо, чтобы данные модули были реализованы в отдельных библиотеках, а для работы с ними сформированы API.

Использование API упрощает разработку приложений, так как позволяют программистам использовать готовые функции, вместо того чтобы писать их самостоятельно.

Поэтому для разработчиков, занимающихся разработкой трех перечисленных основных модулей, были сформулированы требования к реализации API. Таким образом, помимо заранее поставленных целей и задач, были определены какие данные и каким образом должны передаваться через API, формат и структура ответов, которые должны возвращаться при вызове функций.

Так для разработчика, занимающегося интерпретатором команд SCPI протокола, были предложены следующие требования: необходимо создать API функцию:

int Command_Parser (uint8_t *bf, uint16_t len)

Данная функция реализует интерпретирование введенного пользовательского запроса и вызов запрошенной команды; пользовательские данные должны быть переданы с типом ***uint8_t*** с указанием размера длины команды с типом ***uint16_t***, структура ответа должна содержать уведомление об успешности выполнения в формате ***TRUE*** либо ***FALSE*** в зависимости от наличия данной команды в языке программирования SCPI (который основан на стандарте IEEE 488.2), всего должно быть реализовано две основные команды, это “*IDN?”, позволяющая получить идентификатор системы и “:WAVEform:DATA?”, которая предоставляет данные осциллограммы с буфера внешней памяти.

Для разработчика, занимающегося обменом данных по интерфейсу Ethernet, были предложены следующие требования: создать две API функции:

void Send (uint8_t *buf, uint16_t len) // функция передачи данных

void Waiting (struct AMessage &xMessage) // функция ожидания команды

Первая функция. Выполняет приём введенного сообщения от пользователя; на вход, данной функции поступает указатель на объект структуры ***AMessage &xMessage***, которая имеет элементы:

Pbf – значение введенной команды;

Len – длина введенной команды.

В качестве возвращаемого значения в функции должна быть реализована запись сообщения в элементы переданной структуры.

Вторая функция. Производит отправку запрошенных данных обратно к пользователю; на вход, данной функции поступает указатель на сформированный буфер с типом данных **uint8_t** и его длина с **uint16_t**. Данные поступают из функции интерпретирования SCPI протокола и в зависимости от введенной команды произведется отправка либо буфера внешней памяти, либо идентификатор устройства.

Также необходимо реализовать библиотеку, отвечающую за работу с внешней памятью и, реализующую обмен данными между ней и оперативной памятью микроконтроллера. Для взаимодействия с данной библиотекой были предложены следующие требования: необходимо создать API функцию:

void readBuff (uint8_t *buf, uint16_t len) // считывание внешней памяти

Данная функция реализует считывание данных с внешней памяти и производит запись в переданный ей буфер; на вход, данной функции поступает буфер с типом **uint8_t**, и его длина с типом данных **uint16_t**. Данный буфер содержит тридцать две тысячи значений с типом **uint8_t**.

Для организации взаимодействия между функциями в операционной системе и планировании реализации задач управления получившиеся функции были представлены в алгоритме с отображением передачи данных рисунок 1 (Приложение Б).

2.3. Формирование задач и организация взаимодействия между ними

Система управления данных функций организована на основе ОСРВ FreeRTOS. С учетом общего потребления памяти, организации передачи данных, приоритетов выполнения, общей логики размещения отдельных функций, а также безопасности обработки данных, было предложено сформировать две задачи, одна из которых отвечает за прием и передачу

данных по Ethernet, а другая обрабатывает запросы и вызывает необходимые функции. Для создания задач во FreeRTOS существует API функция, при вызове которой необходимо определить свойства задачи, такие как имя, размер стека и приоритет выполнения.

Определение для первой задачи:

```
osThreadId_t Send_recieve_data;  
const osThreadAttr_t Send_recieve_data_attributes = {  
    .name = "Send_recieve_data", // название задачи  
    .stack_size = 128 * 4, // размер выделяемого стека  
    .priority = (osPriority_t) osPriorityNormal,}; // определение приоритета
```

Определение для второй задачи:

```
osThreadId_t Command_Interpreter;  
const osThreadAttr_t Command_Interpreter_attributes = {  
    .name = "Command_Interpreter", // название задачи  
    .stack_size = 128 * 4, // размер выделяемого стека  
    .priority = (osPriority_t) osPriorityNormal+1, }; // определение приоритета
```

Размер выделенного стека складывается из необходимости создания переменных внутри задач, в данном случае создания объектов структуры **Amessage**, 512 байт выделенной памяти покрывает расходы на создание объектов структуры и дает возможность в создания других переменных для будущего развития проекта.

Данный выбор в количестве сформированных задач, а также определенных в них модулей управления, является следствием того, что в проектировании системы управления, при предоставлении доступа к одному ресурсу для различных задач, существует риск неправильной обработки данных, причиной этому может стать одновременное обращение к этому ресурсу. Поэтому, разделение задач, одна из которых отвечает за прием и передачу данных (при этом происходит обращение к одному ресурсу), а другая задача, ориентированная на интерпретирование команды, является наиболее безопасным вариантом с точки зрения безопасного обращения к ресурсам. В

свою очередь, для построения взаимодействий между этими задачами были использованы механизмы межпроцессного взаимодействия, которые включают в себя создание очередей и вызов семафоров.

При проектировании системы управления на основе ОСРВ передача данных между задачами решается с помощью создания глобальной переменной и общего обращения к ней, а также с помощью использования очередей. Однако подход к использованию глобальной переменной имеет существенный недостаток, если несколько задач имеют общую переменную, то возможна ситуация, когда выполнение одной задачи прерывается планировщиком в момент изменения этой переменной, при дальнейшем обращении к ней, данные будут содержать неполные или искаженные значения. Это может привести к тому, что результат работы другой задачи, которая обращается к этой переменной, также будет искаженным [10]. Решение этой проблемы заключается в использовании очередей, так как они являются безопасными в многозадачной среде и решают проблему доступа из нескольких задач к одному ресурсу.

Для создания очереди во FreeRTOS существует API функция при вызове которой указывается длина очереди и размер передаваемых данных:

myQueue01Handle = xQueueCreate(5, sizeof(structAMessage*));

//создание очереди длиной пять, для отправки данных с типом Amessage

Общий размер занимаемой памяти для очереди во многом зависит от размера самой очереди. Поэтому для экономии памяти при передаче данных рекомендуется использовать указатель на передаваемый буфер либо указатель на сформированную структуру. В связи с этим, в данном проекте, было принято решение создание структуры для записи данных (переданных пользователем) внутри нее и передачи указателя структуры по очереди.

Также необходимо учитывать, что существует опасность потери данных если во время приема или передачи пользовательских данных происходит переключение контекста с одной задачи на другую. С учетом этого, для

безопасной передачи, необходимо блокировать, приостанавливать не задействованную задачу, либо повышать приоритет активной задачи.

При проектировании системы управления была предложена идея реализации передачи данных между задачами напоминающий механизм программного прерывания, то есть переключение контекста задачи в момент появления данных от пользователя на задачу интерпретатор команд. Чтобы это реализовать необязательно использовать встроенный механизм прерывания, так как можно воспользоваться изменением приоритетов задач и блокировкой не задействованной.

Установка разных приоритетов для задач происходит в API функции создания задач.

Определение приоритета для первой задачи:

.priority = (osPriority_t) osPriorityNormal,

Определение приоритета для второй задачи:

.priority = (osPriority_t) osPriorityNormal+1, };

osPriorityNormal – соответствует приоритету двадцать четыре, но у второй задачи данный приоритет является больше на единицу, что в свою очередь определяет для планировщика о необходимости предоставления полного процессорного времени для данной задачи в момент, когда она имеет состояние “Ready”.

Запись сформированных данных из функции ожидания команды ***Waiting(&xMessage)*** в очередь производится с помощью API функции:

xQueueSend(myQueue01Handle,(void *) &poxMessage, (TickType_t) 10);

Которая принимает параметры ***myQueue01Handle***, то есть название очереди, которая должна использоваться, ***(void *) &poxMessage*** указатель на объект сформированной структуры типа ***AMessage*** и время в программных тиках сколько задача должна находиться в заблокированном состоянии если происходит переполнение очереди.

Для принятия данных по очереди и переключения состояния второй задачи с “Ready” на “Block” существует параметр ***xTicksToWait*** в API функции

xQueueReceive, который отвечает за максимальное количество времени, которое задача должна находиться в заблокированном состоянии до прихода данных.

xQueueReceive(myQueue01Handle,&(pxRxedMessage),portMAX_DELAY)

В данном случае, параметр ***xTicksToWait*** установлен в значение ***portMAX_DELAY***, то есть максимальное время блокировки задачи. Остальные параметры такие как ***myQueue01Handle*** устанавливает какая очередь должна быть принята, а параметр ***&(pxRxedMessage)*** указывает куда переданные данные должны быть скопированы. Так как по очереди передается структура, в задаче два предварительно был создан объект структуры ***AMessage*** под названием ***pxRxedMessage*** и переданные значения данных копируются по указателю в данный объект.

Процесс передачи данных по очереди и смена состояния задач отображен на рисунке 9.

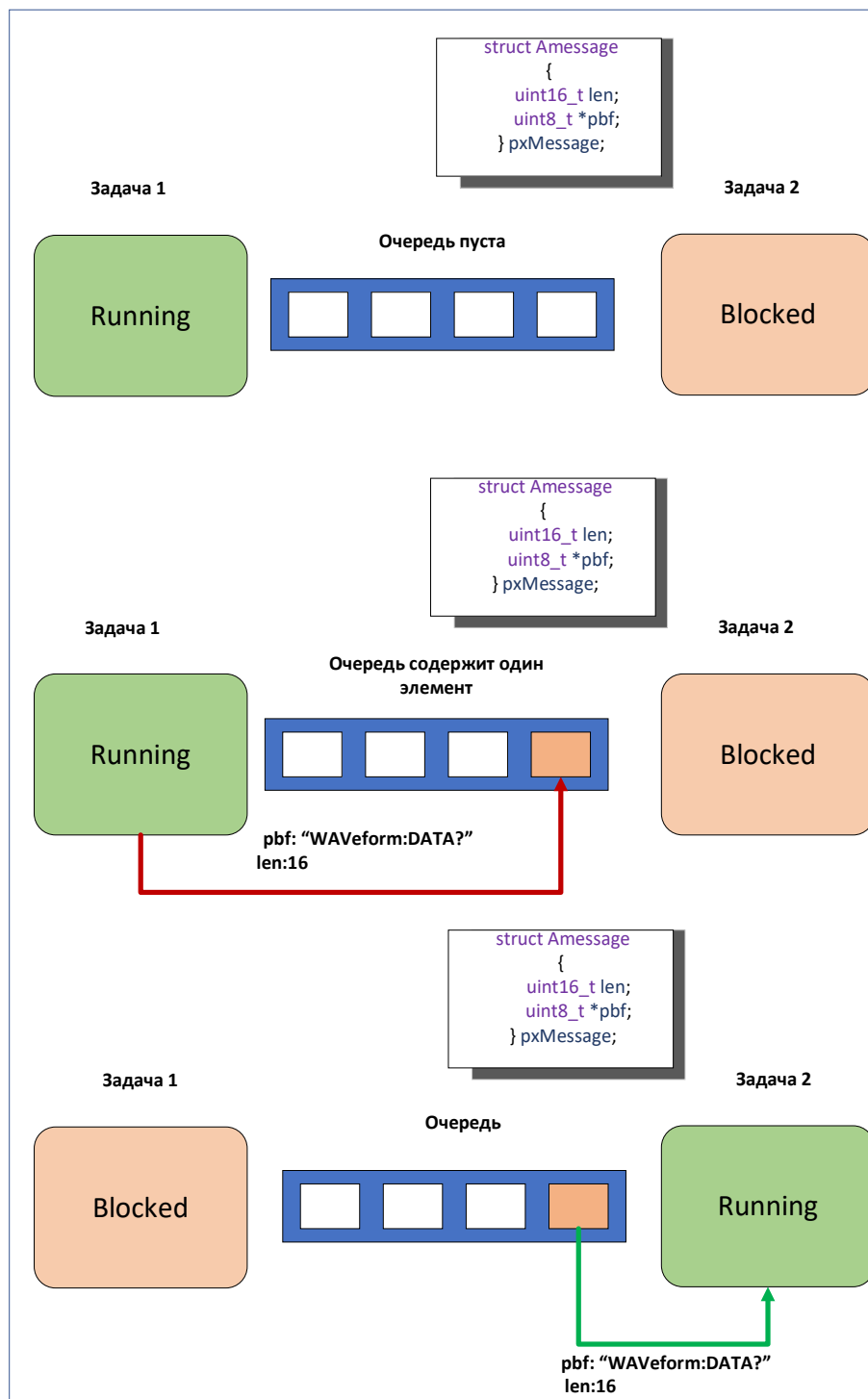


Рисунок 9 – Запись и чтение элементов из очереди

В данном случае, первая задача имеет меньший приоритет по сравнению со второй задачей, но задача два изначально находится в заблокированном состоянии и ожидает момента, когда в сформированной очереди появится данные. При появлении данных от пользователя, задача один формирует структуру и отправляет данные, в этот момент задача два выходит из

блокированного состояния и в связи с тем, что она имеет более высокий приоритет блокирует задачу один и осуществляет последующее интерпретирование данных, благодаря этому механизму осуществляется безопасная передача данных между задачами.

Далее при возникновении сигнала об успешном интерпретировании данных происходит вызов функции отправки этих данных обратно пользователю. Во FreeRTOS для организации межпроцессных взаимодействий, где необходимо сигнализировать о произошедшем событии существует механизм двоичных семафоров и производные от них мьютексы. Данные механизмы функционально схожи, но имеют различное применение. Так мьютексы используются для создания совместного доступа к ресурсу для двух и более задач, для реализации механизма взаимного исключения, то есть предоставляет гарантии, что задача, которая получила доступ к ресурсу не будет вытеснена другой задачей или прерыванием. В свою очередь двоичные семафоры используются для синхронизации выполнения вложенного кода с возникновением прерывания и работают по принципу программного флага. В проектируемой системе управления необходимо разблокировать секцию кода, связанную с отправкой буфера (в момент об успешном интерпретировании команды) обратно пользователю, в связи с этим использование двоичного семафора является основным способом для синхронизации подобного рода.

Обработка пользовательского запроса, осуществляется за счет интерпретатора SCPI команд, вызова запрошенной функции, выставлении флага об успешном распознавании команды и выдачи двоичного семафора для разблокировки секции кода, связанной с отправкой запрошенного пользователем буфера.

Создание двоичного семафора происходит с помощью API функции:

```
osSemaphoreId_t myBinarySem01Handle;  
osStaticSemaphoreDef_t myBinarySem01ControlBlock;  
const osSemaphoreAttr_t myBinarySem01_attributes = {  
.name = "myBinarySem01", // название семафора
```

```
.cb_mem = &myBinarySem01ControlBlock, // память для блока управления  
.cb_size = sizeof(myBinarySem01ControlBlock), // размер предоставляемой  
памяти для блока управления  
};
```

Захват и выдача двоичного семафора происходит после вызова API функции:

```
xSemaphoreGive(myBinarySem01Handle);  
xSemaphoreTake(myBinarySem01Handle,0)
```

Первое значение в функциях передается название созданного семафора, а второе значение в функции для захвата семафора передается время ожидания пока семафор станет доступен. Установленное время ноль используется для опроса семафора.

На рисунке 10 представлена дальнейшая синхронизация задач посредством использования двоичного семафора.

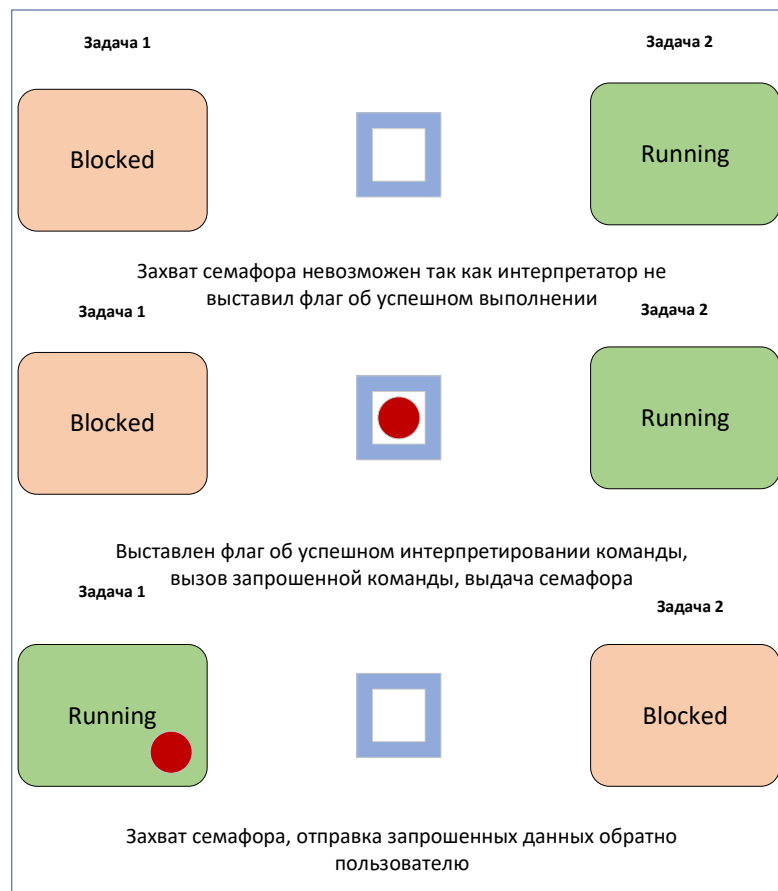


Рисунок 10 - Синхронизация задач с помощью семафора

Таким образом, общий вид разделения процессорного времени между задачами во время работы операционной системы изображен на рисунке 11.

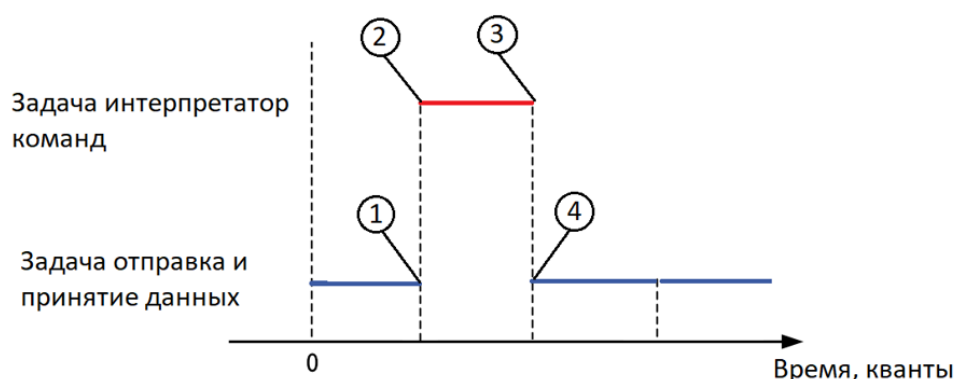


Рисунок 11 – Распределение процессорного времени

На протяжении всего выполнения программы до момента времени один, происходит ожидание команды, введённой от пользователя, далее

1. В момент времени один происходит считывание команды посредством функции **Waiting()** и отправка данных по очереди.

2. В момент времени два происходит запуск следующей задачи, ответственной за интерпретирование команды и вызов функции **Comand_Parser()**.

3. В момент времени три происходит выдача семафора и блокировка активной задачи до момента следующего запроса.

4. В момент времени четыре активная задача принимает семафор и отправляет сформированный буфер на компьютер пользователя с помощью функции **Send()**.

Благодаря этому, происходит бесперебойная принятие, интерпретирование и отправка данных от пользователя к аппаратной платформе и обратно.

Таким образом, в ходе проектирования системы управления было создано две задачи с объемом стека 512 байт, одна очередь длиной десять, один двоичный семафор и выделена память под создание объектов структуры

с максимальным буфером в 32 000 байта, место для библиотеки приема и отправки данных, место под библиотеку работы FSMC, а также место, занимаемое под ядро системы FreeRTOS и другие библиотеки для работы с периферией аппаратной платформой. Общая сумма выделенной памяти для работы OCPB FreeRTOS складывается из следующих затрат:

1. Память под задачи – 1264 байт.
2. Память под очередь – 112 байт.
3. Память под семафор – 88 байт.
4. Память, занимаемая ядром системы – 236 байт.

Итого общий объем занимаемой памяти для разработанной системы управления 91 688 байт, данное значение было сформировано в компиляторе в соответствии с рисунком 12.

Где, **text** – это объем исполняемых инструкций и константы;

data – объем содержащий глобальные переменные и статические переменные;

bss – неинициализированный сегмент данных;

dec – сумма занимаемой памяти.

text	data	bss	dec
48368	628	42692	91688

Рисунок 12 – Выделяемая память под систему управления

В дальнейшем для развития проекта потребуется увеличение числа задач за счет добавления новых функций анализа и обработки данных. Данное расширение функционала не должно внести изменений текущему коду, а новые блоки управления будут выполняться параллельно задачам по интерпретированию команд и блокироваться в момент выполнения основной задачи по отправке и принятию данных.

2.4. Выбор аппаратной платформы

Для выбора аппаратной платформы необходимо соблюдение требований, которые были сформированы на основе спроектированной системы управления:

1. Возможность реализации ОСРВ FreeRTOS.
2. Наличие периферийного модуля FSMC.
3. Поддержка аппаратного интерфейса SPI.
4. Наличие флэш и оперативной памяти в объеме 92 килобайт и больше.
5. Наличие доступной документации.
6. Стоимость микроконтроллера.

Исходя из данных требований была рассмотрена аппаратная платформа STM32F303ZET6 [19], данный микроконтроллер удовлетворяет всем требованиям и имеет объем флэш памяти 512 килобайт, что существенно превосходит объем, разработанной системы управления, таким образом, оставшуюся память можно использовать для улучшения общего функционала, добавления новых функций анализа и обработки пользовательских данных. Преимуществом в использовании микроконтроллера семейства STM32 является большое количество доступной документации и наличие сообщества разработчиков, что существенно упрощает создание и отладку кода. Также для возможности создания первоначального кода с настройкой необходимой периферии существует программное обеспечение STM32CubeMX, которое работает на базе микроконтроллеров STM32.

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	15.03.04 Автоматизация сварочных процессов и производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования
микроконтроллер STM-32 с операционной системой реального времени FreeRTOS
Область применения автоматизация, сварочное производство
Рабочая зона: производственное помещение
Размеры помещения 12*12
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: микроконтроллер STM-32, ноутбук, осциллограф, сварочный аппарат
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: отладка программного кода, регистрация сигналов на осциллографе, сварочные процессы

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

- ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования к производственной среде. Методы измерения»
- ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022)
- СП 2.2.3670-20
Гигиенические требования к

	персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – ПРИКАЗ от 11 декабря 2020 г. N 884н ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПРАВИЛ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ И ГАЗОСВАРОЧНЫХ РАБОТ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Опасные и вредные – производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги – твердые и газообразные токсические вещества – интенсивное излучение сварочной дуги в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное) Вредные факторы – повышенный уровень электромагнитных излучений; – повышенный уровень статического электричества; – статические физические перегрузки; – недостаток освещения – превышение уровня шума Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, щитки, маски, защитные очки, спецодежда, спецобувь, противогазы, респираторы, изолирующие устройства и покрытия, защитные ограждения
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на селитебную зону: низкая степень негативного воздействия на среду обитания (IV класс предприятия). Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м.

	Воздействие на литосферу: образование отходов при поломке оргтехники и утилизации ее составных частей Воздействие на гидросферу: загрязнение при производстве/утилизации компьютерной техники Воздействие на атмосферу: выбросы из вентиляционных систем, содержащие сварочный аэрозоль
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, природные пожары, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии: пожар, обрушение здания, поражение электрическим током, взрывы в здании Наиболее типичная ЧС: пожары и взрывы

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
---	--

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	-		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович		

3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

3.1. Введение по разделу

Цель данной ВКР заключается в разработке программного обеспечения, обеспечивающего дистанционную обработку параметров процесса сварки за счет использования системы реального времени, итоговое программное обеспечение будет использовано в комплексе с другими техническими решениями, передача и анализ исходных данных. Область применения достаточно широкая это контроль на производстве для обеспечения заданных параметров и режимов сварки назначенные технологом, а также в качестве обучающего стенда для дистанционного выполнения лабораторных работ в специализированных учебных заведениях, для снятия показаний в электрических цепях.

Для того чтобы иметь качественную продукцию на производстве, необходимо соблюдение всех технических параметров, заданных технологом, для этого применяется ряд решений контроля, но все сводится к тому, что необходимо собирать данные вручную с помощью специальных приборов (мультиметр, осциллограф), это увеличивает время и делает производство дороже, поэтому было предложено решения для автоматизации этого процесса, то есть замены ручного труда на машинный. Рабочая зона представляет собой производственное помещение размер, которого $12 \times 12 \text{ м}^2$. В рабочей зоне находится следующее оборудование: микроконтроллер STM-32, ноутбук, осциллограф, сварочный аппарат. Рабочие процессы, осуществляющиеся в рабочей зоне: отладка программного кода, регистрация сигналов на осциллографе, сварочные процессы.

3.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

3.2.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии со статьей 100 ТК РФ [20], режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели и устанавливается правилами внутреннего трудового распорядка. Обычно применяют пятидневную рабочую неделю с двумя выходными, так как нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, статья 91 ТК РФ [20], то рабочий день должен составлять не более 8 часов. Также необходимо чтобы присутствовал перерыв для отдыха и питания, который регламентируется правилами внутреннего трудового распорядка, но в соответствии со статьей 108 ТК РФ [20] может быть не более двух часов и не менее тридцати минут. Для установления минимального размера оплаты труда необходимо обратиться к статье 133 ТК РФ [20], минимальный размер оплаты труда устанавливается одновременно на всей территории Российской Федерации федеральным законом и не может быть ниже величины прожиточного минимума трудоспособного населения, в томской области данная величина составляет 15 500 [20].

Необходимо обеспечивать защиту персональных данных в целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина. Данные требования изложены в ТК РФ статья 86 [20].

3.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Для обеспечения правильного расположения и компоновке рабочей зоны необходимо воспользоваться ГОСТом 12.2.032-78 [21]. Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля, то есть в пределах 400 мм от края рабочей поверхности. Органы управления на рабочей поверхности в горизонтальной плоскости необходимо размещать в пределах 400 мм. Для средств отображения информации применяют следующие требования, очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного

и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости. Требования к дисплею, клавиатуре, освещению, шуму и микроклимату изложены в ГОСТ Р50923-96 Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения [22]. Дисплей на рабочем месте оператора должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять или опустить голову. Дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора. Угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать 60° . Клавиатура на рабочем месте оператора должна располагаться так чтобы обеспечивалась оптимальная видимость экрана. Клавиатура должна иметь возможность свободного перемещения.

Для реализации проекта по контролю сварочных параметров необходимо применение ручной дуговой сварки, для регламентирования работы необходимо воспользоваться приказом от 11 декабря 2020 г. n 884н об утверждении правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ [23]. При выполнении ручной дуговой сварки должны соблюдаться следующие требования:

1. Ручная дуговая сварка производится на стационарных постах, оборудованных вытяжной вентиляцией.
2. Кабели (провода) электросварочных машин располагаются на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов кислорода и не менее 1 м от трубопроводов ацетилена и других горючих газов.
3. Электросварочные трансформаторы или другие сварочные агрегаты включаются в сеть посредством рубильников.

3.3. Производственная безопасность

Для того чтобы проанализировать вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении исследований в лаборатории, при

разработке или эксплуатации проектируемого решения, необходимо воспользоваться ГОСТом 12.0.003-2015 [24]. Выявлены следующие опасные и вредные производственные факторы таблица 1 (Приложение В).

3.4. Анализ опасных и вредных производственных факторов

3.4.1. Производственный фактор, связанный с повышенным уровнем электромагнитных излучений

1. Источник возникновения фактора – компьютер.
2. Воздействие фактора на организм человека – чаще всего оно неощутимо, но при ЭМИ высокой мощности воздействие ощущается в качестве теплового облучения.
3. Предельно допустимые значения электромагнитного поля (ЭП) частотой 50 Гц на рабочем месте - 5 кВ/м, регламентируется СанПин 1.2.3685-21 [25].
4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора – защитный экран для монитора.

3.4.2. Производственный фактор, связанный с повышенным уровнем статического электричества

1. Источник возникновения фактора – монитор, микроконтроллер, экран осциллографа.
2. Воздействие фактора на организм человека - повышенная утомляемость, раздражительность, плохой сон, повышается склонность к сердечно-сосудистым заболеваниям, дистонии, заболеваниям нервной системы.
3. Предельно допустимый уровень энергии разряда 6.4 мДж, что соответствует неприятному шоку, регламентируется в ГОСТ Р 53734.1-2014 [26].
4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора – антиэлектростатической специальной одежде, антиэлектростатические кольца и браслеты, экранирующее устройство.

3.4.3. Производственный фактор, связанный со статическими физическими перегрузками.

1. Источник возникновения фактора – при удержании груза.

2. Воздействие фактора на организм человека – риск возникновения сутулости, напряжение шейного отдела, различные травмы повторяющихся нагрузок.

3. Предельно допустимые нормы с участием мышц корпуса и ног до 100000 кгс x с, регламентируется руководством Р 2.2.2006-05 [27].

4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора – уменьшение времени постоянной нагрузки.

3.4.4. Производственный фактор, связанный с недостатком освещения

1. Источник возникновения фактора – работа в помещении с малым естественным освещением.

2. Воздействие фактора на организм человека – увеличение нагрузки на зрительные органы.

3. Для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800 К. Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400 нм не должна превышать 0,03 Вт / 2 м. Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается. Нормы освещения при комбинированном освещении 400 лк, регламентируется СанПиН 1.2.3685-21 [25].

4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора - средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест: источники света; осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства; светофильтры.

3.4.5. Производственный фактор, связанный с превышением уровня шума

1. Источник возникновения фактора – работа сварочного трансформатора.

2. Воздействие фактора на организм человека – ухудшение слухового аппарата.

3. Максимальный уровень звука для рабочего помещения административно - управленческого персонала производственных

предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ 75 дБА, эквивалентный уровень звука 60 дБА регламентируется СанПиН 1.2.3685-21 [25].

4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора - звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей), акустических экранов (выгородок).

3.4.6 Производственный фактор, связанный с твердыми и газообразными токсическими веществами

1. Источник возникновения фактора – сварочные аэрозоли.
2. Воздействие фактора на организм человека – хроническая интоксикация марганцем, бронхолегочные заболевания.
3. Сварочные аэрозоли с содержанием марганца относятся к классу опасности 2. Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны 0,1-1,0 мг/м³, регламентирует ГОСТ 12.1.007-76 [28].
4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора - противогазы, респираторы, вытяжки.

3.4.7. Производственный фактор, связанный с интенсивным излучением сварочной дуги в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное)

1. Источник возникновения фактора – сварочная дуга.
2. Воздействие фактора на организм человека – При кратковременном воздействии УФ-излучение вызывает токсическую реакцию во внешнем слое роговицы, ухудшение зрения.
3. При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение, допустимая интенсивность облучения в области УФ-В и УФ-С не должна превышать 1 Вт/м², регламентируется СанПиН 1.2.3685-21 [25].
4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора – применение специальной одежды и сварочных масок.

3.4.8. Производственный фактор, связанный с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги

1. Источник возникновения фактора – микроконтроллер, сварочный трансформатор, сеть, сварочная дуга.
2. Воздействие фактора на организм человека – под воздействием напряжения через тело протекает электрический ток, который нарушает нормальную работу организма, из-за чего возникают судороги, прекращается дыхание и останавливается сердце.
3. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме, при переменном токе напряжение не более 550 В, ток 650 мА, при постоянном напряжении 650 В, ток не более 15 А, регламентируется ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [29].
4. Предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора – указатели напряжения, изолирующие штанги, изолированный инструмент, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, переносные заземления, изолирующие устройства, экранирующие комплекты.

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

Для повышенного уровня электромагнитных излучений необходимо применять специальных приборов, которые позволяют нейтрализовать данное излучение и максимально минимизировать его негативное воздействие на организм человека. Таким прибором, при работе с компьютером, необходимо воспользоваться защитным экраном для монитора. Мероприятия, которые могут быть применены – при работе за компьютером рекомендуется ставить монитор на расстоянии не ближе 30 см от головы, а также снизить пребывания в зоне повышенного влияния.

При повышенном уровне статического электричества, необходимо воспользоваться средствами коллективной защиты от статического

электричества, то есть - заземляющие устройства, нейтрализаторы. В соответствии с ВГШБ 01-04-98 «Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности» [30] для защиты от разрядов статического электричества вся металлическая аппаратура, резервуары, должны быть заземлены.

Статические физические перегрузки; согласно рекомендациям, рабочий день за компьютером должен быть не более 6 часов, с дополнительными перерывами по 3 минуты через каждые полчаса, а через 2 часа работы по 15-20 минут. Также для снижения статических нагрузок необходимо правильно организовать рабочее место. Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Недостаток освещенности. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. Применение энергоэффективных источников света. Использование искусственного освещения необходимо выполнять по 19.СП 52.13330.2016. "Естественное и искусственное освещение" [31].

Повышенный уровень шума. Чтобы уменьшить уровень шумов в помещении, рекомендую использовать звукоизолирующие преграды, хорошо поглощающими звук.

Твердые и газообразные токсические вещества. Для снижения воздействия необходимо оборудовать рабочие места местной вытяжкой вентиляции. А также применение индивидуальных средств защиты, респираторы и маски.

Интенсивное излучение сварочной дуги в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное). Необходимо снабдить работников средствами индивидуальной и общей защиты. Для защиты глаз, кожи лица и головы применяют щитки со специальными светофильтрами. К общим средствам защиты относятся переносные щиты и ширмы.

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током. Для уменьшения опасности поражения электрическим током применяют ряд мер, основными из которых являются защитное заземление, закрытие токоведущих частей и их ограждение, применение изолирующих средств — диэлектрических подставок, резиновых перчаток, бот, ковриков, защитных очков, сигнализация при случайном заземлении какой-либо точки электрической цепи.

3.6. Экологическая безопасность

Предполагаемое предприятие, в котором находится производственное помещение, относится к объектам IV категории

В результате проектирования модуля управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки, могут возникнуть некоторые источники загрязнения, которые могут подразделяться на твердые, жидкие и газообразные отходы.

Воздействие на гидросферу из-за утилизации компьютерной техники. После окончания срока службы компьютерной техники образуется лом, в котором содержится различные химикаты и металлы.

Твердые отходы имеют воздействие на литосферу и включают в себя: материалы, фракции и цельные части материалов, образование отходов при поломке оргтехники и утилизации ее составных частей.

Для правильной утилизации компьютерной техники, необходимо воспользоваться федеральным законом "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ, V. Требования при обращении с группой однородных отходов "Оборудование компьютерное, электронное, оптическое, утратившее потребительские свойства" [32]. Согласно данному документу, отходы электронного оборудования подлежат сбору, накоплению, хранению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, условия и способы которых должны обеспечивать безопасность окружающей среды и здоровья человека. Выбор технологии утилизации отходов электронного оборудования осуществляется с соблюдением норм законодательства

Российской Федерации и в соответствии с ИТС 15-2016 [33]. Основными технологиями утилизации и обезвреживания электрического и электронного оборудования, утратившего потребительские свойства, являются их разборка.

Воздействие на атмосферу в виде газообразных веществ – летучие вещества, зачастую характеризуются токсичными свойствами зачастую это выбросы из вентиляционных систем, содержащие сварочный аэрозоль. В рабочей зоне необходимо обеспечивать предельно допустимую концентрация вредных веществ в воздухе 0,1-1,0 мг/м³ [27], чтобы обеспечить данный норматив необходимо газообразные отходы подвергнуть обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, которые защищают атмосферу от загрязнений.

3.7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном проекте можно выделить следующие возможные ЧС:

1. Природные катастрофы - бедствие, вызванное природным явлением. К ним относится наводнения, природные пожары, ураган и т.д.;
2. геологические воздействия– это определение, которое относится к событиям, вызванным движением литосферных плит планеты, или процессами, происходящими под земной корой. (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);
3. техногенные аварии – возникновение и развитие неблагоприятного и неуправляемого процесса на техническом объекте (пожар, обрушение здания, поражение электрическим током, взрывы в здании).

Наиболее типичная ЧС при работе со сварочным аппаратом и электроникой является пожар или взрыв, вследствие потенциальных проблем с электрооборудованием, которое может вызвать короткое замыкание. При сварочных работах выделяются искры и расплавленный металл, который также может вызывать пожар.

К превентивным мерам относятся:

1. Предотвращение образования горючей среды (в т.ч. применением негорючих веществ и материалов, изоляцией горючей среды, применением устройств защиты производственного оборудования).
2. Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания.
3. Ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов.
4. Ограничение распространения пожара за пределы его очага.
5. Организация пожарной охраны.

Алгоритм действий при пожаре [34].

1. Сообщить в пожарную охрану (телефон - 01 или 112).
2. Необходимо оповестить всех окружающих коллег о пожаре.
3. Попробовать, используя пожарные краны, огнетушители, подручные средства, потушить огонь.
4. Если сил потушить не хватает, то необходимо покинуть опасную зону.
5. По прибытии пожарных объяснить, что и где горит.

Место проведения огневых работ должно быть обеспечено первичными средствами пожаротушения (огнетушитель, кошма, ящик с песком и лопатой, ведро с водой) и подготовлено для безопасного и удобного их выполнения (организованы удобные подходы, удалены мешающие предметы и т.д.). Для защиты оборудования и сгораемых конструкций от искр, следует использовать металлические щиты, листы или асбестовое полотно [34].

3.8. Выводы по разделу социальная ответственность

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были затронуты в данном разделе. Данное помещения относится к категории с повышенной опасностью, так как имеет следующее условие, создающее повышенную опасность (токопроводящие полы и возможность прикосновения человека с землей и к корпусам электрооборудования). Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Присвоение II группы по электробезопасности производится путем обучения в учебном центре по программе не менее

72 часов. Подготовка может проводиться на предприятии силами своих специалистов и должна проходить не менее 20 часов. В присутствии сотрудника II группы могут работать сотрудники I группы. Категория тяжести труда в производственном помещении по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [25] относится к категории Ib, то есть работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением. Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [35] производственное помещение имеет категорию группы Г (Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива). Промышленное предприятие, в котором находится производственное помещение, относится к объектам IV категории, оказывающих низкую степень негативного воздействия на среду обитания. Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м.

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович

Школа		Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавр	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	Материальные затраты 4579 руб. Затраты на спецоборудование 41573 руб. Основная заработная плата исполнителей НИ 196691 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей тема 29502 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 61072 руб. Накладные расходы 10669 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент города Томска – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT – анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат НТИ
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование сметы затрат
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
7. Потенциальные риски

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Скоробогатов Владислав Михайлович		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

4.1. Введение по разделу

Цель данной ВКР заключается в разработке программного обеспечения, обеспечивающего дистанционную обработку параметров процесса сварки за счет использования системы реального времени, итоговое программное обеспечение будет использовано в комплексе с другими техническими решениями, передачи и анализ исходных данных. Область применения достаточно широкая это контроль на производстве для обеспечения заданных параметров и режимов сварки назначенные технологом.

Для того чтобы иметь качественную продукцию на производстве, необходимо соблюдение всех технических параметров, заданных технологом, для этого применяется ряд решений контроля, включая применение специальных приборов для снятия электрических показаний. Но для повышения эффективности работы и уменьшению человеческого фактора, что приводит к общему увеличению финансовых показателей, необходимо применять такие системы автоматизированного контроля, которые позволяют заменить человеческий труд на машинный.

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

4.2.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок для проектного решения, связанного с автоматизированным сбором параметров сварки — это производственные предприятия, занимающиеся сварочными работами и имеющие высокие требования к качеству сварных соединений, такие как автомобильные заводы, металлургические заводы, предприятия нефтегазовой отрасли и другие промышленные компании.

Сегментирование целевого рынка возможно по следующим критериям:

1. Географический критерий: промышленные компании, расположенные в крупных городах с высоким уровнем развития промышленности.

2. Демографический критерий: компании с высокой долей сотрудников-сварщиков, имеющих высокую квалификацию.
3. Поведенческий критерий: компании, которые ценят качество и надежность сварных соединений, а также предпочитают использовать новейшие технологии в области сварки.
4. Критерий профессиональной принадлежности: предприятия, занимающиеся производством крупногабаритных и сложных изделий, где точность сварки имеет решающее значение для общего качества продукции.
5. Критерий уровня дохода: предприятия, имеющие высокую прибыльность и готовые инвестировать в инновационные технологии, в том числе и в разработку и внедрение программного обеспечения, обеспечивающего дистанционную обработку параметров процесса сварки.

Составим карту сегментирования рынка по критериям 3 и 4 (поведенческий критерий, критерий профессиональной принадлежности).

		Поведенческий критерий		
		Высокое качество сварных соединений	Сварные соединения, удовлетворяющие необходимым регламентам	Низкое качество сварных соединений
Критерий профессиональной принадлежности	Высокие требования к уровню квалификации сварщиков имеющие документы аккредитации и опыт работы			
	Требование к уровню сварщиков имеющие документы аккредитации			
	Невысокие требования к уровню квалификации сварщиков			



Рисунок 13 - Карта сегментирования рынка

Сегмент А: компании, которые ценят качество сварных соединений и обладают высокими требованиями к профессионализму сварщиков. Этот сегмент представляет собой верхний уровень рынка и компании, занимающиеся производством крупногабаритных изделий, обладающие высокой прибыльностью и ориентированные на привлечение квалифицированных специалистов.

Сегмент В: компании, которые также придают большое значение качеству сварных соединений, но не обязательно имеют такие высокие требования к профессионализму сварщиков и опыту работы, как компании в сегменте А. Этот сегмент охватывает широкий круг компаний, таких как

машиностроительные заводы, судостроительные предприятия и производители противопожарного оборудования.

Сегмент С: компании, которые склонны к экономии на качестве сварных соединений и используют более дешевые технологии сварки. Этот сегмент включает небольшие производственные компании, которые ориентированы на снижение затрат и повышение эффективности.

Сегмент D: компании, которые не придают большое значение качеству сварных соединений и используют сварочные технологии самого низкого уровня. Этот сегмент включает небольшие компании, такие как ремонтные мастерские, которые используют сварочные работы только как вспомогательный инструмент.

Исходя из получившейся карты сегментирования рынка, можно выделить несколько основных сегментов, такие как:

1. Компании, для которых необходимо, чтобы сварные соединения удовлетворяли необходимым регламентам при этом имея сварщиков с невысоким уровнем квалификации.
2. Компании, которые также придают большое значение качеству сварных соединений, но не обязательно имеют такие высокие требования к профессионализму сварщиков и опыту работы, как компании в сегменте А.

Самым привлекательным сегментом рынка, является сегмент А, так как это компании, которые ценят качество сварных соединений и имеющие высокую прибыльность и готовые инвестировать в инновационные технологии, в том числе и в разработку и внедрение программного обеспечения, обеспечивающего дистанционную обработку параметров процесса сварки.

4.3. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных решений позволяет оценить эффективность разработки и определить направления для ее улучшения в плане ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 1 (приложение Г).

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентной способности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i , \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Данные компании обладает достаточно сильным конкурентным преимуществом по сравнению с разрабатываемым продуктом, благодаря уровню проникновения на рынок. Наиболее сильным конкурентом можно считать продукцию компании Lorch Q-DATA, из-за большого уровня доверия среди потенциальных покупателей за счет имиджа и качественного оборудования. Если рассматривать по таблице Г.1, то самым сильным конкурентом является Fronius WeldCube, так как выигрывает по многим показателям. Однако, в целом, PRO 5 также близок по результатам к Fronius WeldCube и может быть предпочтительнее для одних производственных условий, в зависимости от конкретных потребностей пользователя. При этом, стоимость системы и всех связанных с ней расходов является наиболее

существенным критерием для PRO 5, так как имеет конкурентное преимущество по сравнению с Fronius WeldCube.

Преимуществом собственной разработки является ее дешевизна, потому как стоимость компонентов во многом ниже, чем у конкурентов, еще можно учитывать гибкость системы, потому как она может интегрироваться не только в сварочные источники питания, но и в любые другие электрические приборы. Также сейчас многие зарубежные компании уходят из российского рынка, а со стороны государства идет множественная поддержка для потенциальных разработок.

4.3.1. SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ научного исследования, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 4.2. были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации.

Таблица 4.2. - Первый этап SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
C1 Автоматизированный сбор параметров сварки с помощью программного обеспечения, что позволяет сократить время и улучшить точность сбора информации. C2 Дистанционная обработка параметров, что обеспечивает комфортную работу операторам, находящимся на расстоянии от места сварки, что уменьшает риск несчастных случаев. C3 Система реального времени позволяет оперативно реагировать на изменения в процессе сварки и снижает вероятность возникновения дефектов. C4 Невысокая стоимость компонентов обеспечивает невысокую стоимость всего комплекса	B1 Расширение функционала программного обеспечения, например, дополнительных функций мониторинга или анализа данных. B2 Возможность установки на различное оборудование, что позволяет применять данное решение в различных отраслях или при работе с разными материалами. B3 Публикации в научных работах.

Продолжение таблицы 4.2.

Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1 Необходимость комплексного использования, что увеличивает сложность и требует значительных усилий для интеграции с другими техническими решениями. Сл2 Необходимость передачи больших объемов данных, может привести к затруднениям в сетевой инфраструктуре или при передаче данных на большие расстояния. Сл3 Наличие конкурентов на рынке, что может ограничить потенциальный доход от проекта.	У1 Неполладки в работе системы могут привести к повреждению оборудования или возникновению дефектов, что может повлечь за собой дополнительные финансовые расходы. У2 Риск того, что конкуренты выйдут на рынок с более эффективными техническими решениями. У3 Нехватка финансирования

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3. – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны					Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	0	0	-	+	+	-
	B2	+	+	+	+	0	+	-
	B3	+	-	-	-	-	-	-

Таблица 4.4. - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны					Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+	-	+	-	-
	У2	-	-	-	+	+	+	+
	У3	-	-	+	+	0	-	+

Самой большой угрозой для проекта является риск того, что конкуренты выйдут на рынок с более эффективными техническими решениями. Что касается возможности, то это расширение функционала программного

обеспечения, например, дополнительных функций мониторинга или анализа данных, так как проект может расширяться и охватывать более широкий рынок.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа таблица 2 (приложение Г).

4.4. Планирование работ по научно-техническому исследованию

4.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

1. Определение структуры работ в рамках научного исследования.
2. Определение количества исполнителей для каждой из работ.
3. Установление продолжительности работ.
4. Построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным работ приведен в таблице 3 (приложение Г).

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющих данные работы.

Таким образом, были выделены основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющих данные работы.

4.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Получившиеся временные показатели научного исследования приведены в таблице 4 (Приложение Г).

4.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - (118 + 14)} = 1,56, \quad (4.6)$$

Получившейся график представлен таблице 5 (Приложение Г).

4.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

1. Материальные затраты.
2. Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ.
3. Амортизационные отчисления.
4. Заработная плата исполнителей.
5. Отчисления во внебюджетные фонды.
6. Накладные расходы.

4.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Материальные затраты представлены в таблице 6 (приложение Г).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + K_T) \sum_{i=1}^m Ц_i \times N_{расхi}, \quad (4.7)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

K_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем данный коэффициент равным 0.2;

Общие материальные затраты основного проекта составили 4579 руб.

Таблица 4.5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.			Количество			Затраты на материалы, (Зм), руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага офисная, упаковка 500 листов	Шт.	300	300	300	1	2	2	360	720	720
Канцелярский набор	Шт.	995	995	1000	1	1	2	1194	1194	2400
Электроды, упаковка	Шт.	1185	2000	1500	1	1	2	1422	2400	3600
Картридж для лазерного принтера	Шт.	1286	1300	1200	1	1	1	1543	1560	1440

Продолжение таблицы 4.5

Соединительные провода, пачка	Шт	50	50	50	1	2	2	60	120	120
Итого		3816	4645	4050	5	7	9	4579	5994	8280

4.5.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов). При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении работы имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Специальное оборудование, которое необходимо закупить приведено в таблице 7 (Приложение Г). Получившееся значение стоимости 14440 рублей.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.8)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \times И}{12} \times t, \quad (4.9)$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.:

t – время использования, мес.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалифицированной работы, требуется умножить полученные данные за ежемесячные амортизационные отчисления на 4 месяцев, отведенных на написание работ.

Амортизационные отчисления приведены в таблице 7 (Приложение Г).

Получившаяся сумма амортизационных 27 134 рублей.

4.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Затраты на заработную плату включают в себя основную дополнительную заработные платы, а также отчисления от заработной платы.

Заработная плата научного руководителя, студента и консультанта включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} \times З_{доп}, \quad (4.10)$$

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

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \times Т_{р}, \quad (4.11)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Т_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \times М}{F_{д}}, \quad (4.12)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} \times (1 + k_{пр} + k_{д}) \times k_{р}, \quad (4.13)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 для г. Томска.

Примем ставку на должность лаборант-исследователь равную 14 900 рублей. Ставка для научного сотрудника со степенью кандидата наук 28 550 рублей для научного сотрудника без ученой степени 25 550 рублей.

Месячный должностной оклад руководителя ВКР, руб.:

$$З_{\text{м}} = 28550 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 55672 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад лаборанта-исследователя, руб.:

$$З_{\text{м}} = 14990 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 29230 \text{ руб}$$

Месячный должностной оклад консультанта, руб.:

$$З_{\text{м}} = 25550 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 49800 \text{ руб}$$

Таблица 4.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент	Консультант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	48 7	48 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	192	199

Среднедневная заработная плата руководителя ВКР, руб:

$$З_{\text{дн}} = \frac{55672 \times 10,4}{199} = 2909 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата лаборанта-исследователя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{29230 \times 10,4}{192} = 1583 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата консультанта, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{49800 \times 10,4}{199} = 2602 \text{ руб}$$

Из таблицы 4.6 рабочее время для руководителя – 17 раб. дней, для лаборанта-исследователя – 70 раб. дней, для консультанта – 14 раб. дней.

Основная заработная плата научного руководителя составила, руб.:

$$З_{\text{осн}} = 2909 \times 17 = 49453 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата лаборанта-исследователя составила, руб.:

$$З_{\text{осн}} = 1583 \times 70 = 110810 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата консультанта составила, руб.:

$$З_{\text{осн}} = 2602 \times 14 = 36428 \text{ руб.}$$

Таблица 4.7 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и инженера

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р, раб.}}$ дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	14 900	0,3	0,2	1,3	55672	2909	17	49453
Лаборанта-исследователя	28 550	0,3	0,2	1,3	29230	1583	70	110810
Консультант	25 550	0,3	0,2	1,3	49800	2602	14	36428
Итого $З_{\text{осн}}$, руб.								196691

4.5.4. Расчет дополнительной заработной платы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}}, \quad (4.14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается равным 0,15;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата научного руководителя составила, руб.:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \times 49453 = 7\,417 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата лаборанта-исследователя составила, руб.:

$$З_{\text{дор}} = 0,15 \times 110810 = 16\,621 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера составила, руб.:

$$З_{\text{дор}} = 0,15 \times 36428 = 5\,464 \text{ руб.}$$

4.5.5. Отчисления на внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times (З_{осн} + З_{доп}) \quad (4.15)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году, водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого, руб.
Руководитель проекта	49453	7 417	0,27	15354
Инженер	110810	16 621		34406
Консультант	36428	5 464		11310
Итого				61072

4.5.6. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице 4.9.

Величина накладных расходов определяется по формуле 4.16:

$$З_{накл} = \left(\sum \text{статей} \div 5 \right) \times k_{нр}, \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таблица 4.9– Группировка затрат по статьям

Статьи						
1		2	3	4	5	6
Затраты на специальное оборудование, руб.		Материальные затраты, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	Итого без накладных расходов, руб.
Исп. 1	41573	4579	196691	29502	61072	333417
Исп. 2	153866	5994	196691	29502	61072	447125
Исп. 3	153600	8280	196691	29502	61072	449145

$$З_{\text{накл.исп.1}} = \left(\frac{333417}{5} \right) \times 0.16 = 10669 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл.исп.2}} = \left(\frac{447125}{5} \right) \times 0.16 = 14308 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл.исп.3}} = \left(\frac{449145}{5} \right) \times 0.16 = 14372 \text{ руб.}$$

Затраты по статьям представлены в таблице 4.10

Таблица 4.10 - Бюджет затрат проекта

№ п/п	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты	4579	5994	8280
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	41573	153866	153600
3	Затраты по основной заработной плате	196691	196691	196691
4	Затраты по дополнительной заработной плате	29502	29502	29502
5	Отчисления во внебюджетные фонды	61072	61072	61072
6	Накладные расходы	10669	14308	14372
Итого		344086	461433	463517

Себестоимость проекта составляет 344 086 руб. Основные затраты приходятся на заработную плату исполнителей.

4.6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем интегральный показатель для трех вариантов по формуле 1.17:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{344086}{463517} = 0,74;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{461433}{463517} = 0,9;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{463517}{463517} = 1;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i, \quad (4.18)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 4.11).

Таблица – 4.11 Оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
Рост производительности труда пользователя	0,2	5	5	5
Удобство эксплуатации	0,2	4	5	4
Материалоемкость	0,1	5	4	4
Универсальность	0,1	5	4	4
Надежность	0,2	5	5	5
Энергосбережение	0,1	5	4	4
Итого	1			

По данным из таблицы 4.11 определяется интегральный показатель ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_{p-тек.пр-кт} = 0,2 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,1 \times 5 + 0,1 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,1 \times 5 = 4,3;$$

$$I_{p-исп1} = 0,2 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,1 \times 4 + 0,1 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,1 \times 4 = 4,2;$$

$$I_{p-исп2} = 0,2 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,1 \times 4 + 0,1 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,1 \times 4 = 4;$$

В результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект является более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-текущ.проект}}{I_{фин.р}} = \frac{4,3}{0,74} = 5,8;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,2}{0,9} = 4,72;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{4}{1} = 4,05.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных по формуле 4.19:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}, \quad (4.19)$$

Таблица – 4.12 Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,74	4,3	5,8
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	0,9	4,2	4,72
Интегральный показатель эффективности	5,8	4,72	4,05
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,69

Как видно из расчетов, использование данной разработки является наиболее оптимальным и целесообразным решением.

4.7. Заключение по разделу финансовый менеджмент

В разделе “Финансовый менеджмент”, была проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, определены потенциальные потребители и конкуренты. Основные направления — это компании, для которых необходимо, чтобы сварные соединения удовлетворяли необходимым регламентам при этом имея сварщиков с невысоким уровнем квалификации. Был проведен SWOT- анализ и выявлена основная угроза - риск того, что конкуренты выйдут на рынок с более эффективными техническими решениями. Что касается возможности, то это расширение функционала программного обеспечения, например, дополнительных функций мониторинга или анализа данных, так как проект может расширяться и охватывать более широкий рынок. Были подсчитаны затраты на разработку, которые составили 344 086 руб., основная статья

расходов приходится на заработную плату исполнителям. Также была проведена оценка экономической эффективности разработки, которая по сравнительному показателю превосходит другие технические решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы был разработан модуль управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки. При разработке использовалась операционная система реального времени FreeRTOS, а для взаимодействия с основными программными модулями, были сформированы библиотеки и разработаны требования к их API для каждого разработчика.

Для организации взаимодействия между программными модулями, было сформировано две задачи и использованы такие механизмы межпроцессного взаимодействия как очередь и семафор.

После реализации модуля управления для выбора аппаратной платформы было подсчитано количество занимаемой памяти в размере 92 кБ и выбран микроконтроллер STM32F303ZET6.

Основные результаты проделанной работы:

1. Проведен обзор и сравнены основные характеристики в современных операционных системах реального времени.
2. Выполнена программная реализация модуля управления.
3. Описаны результаты работы.

На этапе финансового анализа были выявлены конкурентные черты разработки собственного решения, бюджет и сроки реализации. Результат этапа социальной ответственности продемонстрировал отсутствие нарушений в области безопасности.

Таким образом, при реализации модуля управления аппаратно–программным комплексом автоматического управления процессами сварки были выполнены все поставленные задачи, что позволило достигнуть цели работы, сократить время реакции автоматической системы и повысить точность работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. LORCH : официальный сайт. – Ауэнвальд URL : <https://lorch.ru/qdatalorch/?ysclid=li07irkmzj863085485> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
2. FRONIUS : официальный сайт. – Петтенбах URL : <https://www.fronius.com/en/welding-technology/innovative-solutions/weldcube> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
3. ПОТОК 7 : официальный сайт. Черкесск URL : <https://labsflow.ru/pro5> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
4. Embedded : официальный сайт. URL: <https://www.embedded.com/program-structure-and-real-time/> (дата обращения: 21.04.2023). – Текст электронный.
5. Jonathan Valvano Embedded Systems: Real-Time Operating Systems for Arm Cortex M Microcontrollers. - 2 изд. – Норт-Чарлстон: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012. - 488 с. - , ISBN: 978-1466468863.
6. Sam Siewert Real-Time Embedded Components and Systems with Linux and RTOS. - 2 изд. – Херндон : Mercury Learning and Information. - , 2016. - 500 с. - , ISBN: 978-1-942270-04-1.
7. IEEE SA STANDARDS ASSOCIATION : официальный сайт. - Нью-Йорк URL: <https://standards.ieee.org/ieee/1003.1/1389/> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
8. С. Сорокин Системы реального времени // Современные технологии автоматизации. - 1997. - №2. - С. 22.
9. Семенцов С.Г. Общий подход к построению операционных систем реального времени в системах управления / Аксенов А.В., Кобзарев А.Н // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. - 2004. - №101. - С. 188-199.
10. Курниц А. FreeRTOS — операционная система для микроконтроллеров // Компоненты и технологии. - 2011. - №3. - С. 109-114.
11. FreeRTOS : официальный сайт. – Мичиган URL: <https://www.freertos.org/> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.

12. Silicon Labs : официальный сайт. – Остин URL : <https://www.micrium.com/products/rtos-kernels/> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
13. ARM Developer : официальный сайт. – URL : <https://developer.arm.com> (дата обращения: 22.04.2023). Текст электронный.
14. SEGGER : официальный сайт. – Монхайм-на-Рейне – URL : <https://www.segger.com/products/rtos/embos/> (дата обращения: 22.04.2023). Текст электронный.
15. Warren Gay Beginning STM32: Developing with FreeRTOS. - Онтарио: Springer Science+Business Media, 2018. - 418 с. – ISBN: 978-1-4842-3623-9.
16. Eremex : официальный сайт. – Москва URL: https://www.ermex.ru/upload/iblock/eb6/rtos_dev_book.pdf (дата обращения: 22.04.23). Текст электронный.
17. Carmine Noviello Mastering STM32. - Бордман: Leanpub, 2018. - 852 с.
18. IEEE SA STANDARDS ASSOCIATION : официальный сайт. - Нью-Йорк URL: <https://standards.ieee.org/ieee/488.1/716/> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
19. ChipDip : официальный сайт. – Томск URL : <https://www.chipdip.ru/product/nucleo-f303ze-2> (дата обращения: 22.04.2023). – Текст электронный.
20. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон N 197-ФЗ: [принят от 30.12.2001 года, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023]. Москва, 2023. – 384 с. ISBN 978-5-392-39193-6.
21. ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»: дата введения 01.01.1979. – URL: <http://rsmcapt29.ru/wp-content/uploads/2020/10/ГОСТ-12.2.032-78.-Рабочее-место-сидя.pdf> (дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.

22. ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» дата введения" 07.07.1997. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/5265/> (дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.
23. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Приказ. Об утверждении правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ : Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты от 11.12.2020 N 884н.. – Москва. - URL: https://rzot.ru/files/npa/PrikazMinTrudaN884n_11122020.pdf (дата обращения 02.04.2023). – Текст: электронный.
24. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы : дата введения 01.03.2017. – URL: <https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2021/05/gost-12.0.003-2015> (дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.
25. СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : дата введения 28.01.2021. – URL: <https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npafiles/2021/01/28/sanpin1.2.3685-21.pdf> (дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.
26. ГОСТ Р 53734.1-2014. Электростатика. Часть 1. Электростатические явления. Физические основы, прикладные задачи и методы измерения : дата введения 11.06.2014. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57516/> (дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.
27. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда : дата введения 1 ноября 2005 года. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.
28. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности : дата введения 01.01.1977. – URL:

- <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/GOST-12.1.007-76.pdf>
(дата обращения 22.04.2023). Текст : электронный.
29. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ : дата введения 1983-07-01. – URL:
http://energoform.ru/files/pdf/GOST_12.1.038-82.pdf (дата обращения
22.04.2023). Текст : электронный
30. Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. Правила
пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой
промышленности : Федеральный закон N 534 Москва. – URL:
<https://rubezh.ru/uploads/instrukcii/vppb/vppb01-04-98.pdf> (дата обращения
02.04.2023). – Текст: электронный.
31. Свод правил естественное и искусственное освещение : (СП
52.13330.2016.) : официальное издание : утверждены приказом Министерства
строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации
от 7 ноября 2016 г. N 777/пр : введены в действия 05.08.2017. – Москва - URL:
<https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 22.04.2023)– Текст:
электронный.
32. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления
: Федеральный закон № 89-ФЗ : принят [Государственной думой 24.06.1998]. –
Москва, 2022. - 56 с. – ISBN 1284523695412.
33. Информационно-технический справочник утилизация и
обезвреживание отходов : (ИТС 15-2016) : официальное издание : введен в
действие 01.07.2017. - Москва, – URL:
<https://docs.cntd.ru/document/1200143229> (дата обращения 22.04.2023) – Текст :
электронный.
34. МЧС России: официальный сайт. – Москва. – URL:
<https://10.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/rekomendacii-naseleniyu/protivopozharnaya-propaganda/pozhar-na-rabochem-meste-kabinete-sehe-i-t-p> (дата обращения: 02.04.2023). – Текст : электронный.
35. Свод правил определение категорий помещений, зданий и наружных
установок по взрывопожарной и пожарной опасности : (СП 12.13130.2009) :

официальное издание : утверждены приказом МЧС России от 25 марта 2009 г.
N 182 дата введения 2009-05-01 : введены в действие 01.05.2009 – Москва –
URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 02.04.2023). –
Текст : электронный.

Приложение А
(обязательное)
Код программы

```
/* Includes*/
#include "FreeRTOS.h"
#include "task.h"
#include "main.h"
#include "cmsis_os.h"
#include "stdio.h"
/* Private includes*/
/* USER CODE BEGIN Includes */
#include "cmsis_os2.h"
#include "semphr.h"
#include "queue.h"
#include "Ethernet.h"
#include "scpi.h"
#include "socket.h"
/* USER CODE END Includes */
/* Private typedef */
/* USER CODE BEGIN PTD */
// объявление семафора
typedef StaticSemaphore_t osStaticSemaphoreDef_t;
/* USER CODE END PTD */
/* USER CODE END Variables */
/* Определение для Send_recieve_data */
osThreadId_t Send_recieve_data;
const osThreadAttr_t Send_recieve_data_attributes = {
/*определение свойств задачи*/
// название задачи
    .name = "Send_recieve_data",
// размер выделяемого стэка
    .stack_size = 128 * 4,
// определение приоритета
    .priority = (osPriority_t) osPriorityNormal
};
/* Определение для Command_Interpreter */
osThreadId_t Command_Interpreter;
const osThreadAttr_t Command_Interpreter_attributes = {
/*определение свойств задачи*/
// название задачи
```

```

    .name = "Command_Interpreter",
// размер выделяемого стека
    .stack_size = 128 * 4,
// определение приоритета
    .priority = (osPriority_t) osPriorityNormal+1,
};
/* Определение для myQueue01 */
osMessageQueueId_t myQueue01Handle;
const osMessageQueueAttr_t myQueue01_attributes = {
    .name = "myQueue01"// название очереди
};
/* Определение для myBinarySem01Handle */
osSemaphoreId_t myBinarySem01Handle;
osStaticSemaphoreDef_t myBinarySem01ControlBlock;
const osSemaphoreAttr_t myBinarySem01_attributes = {
    .name = "myBinarySem01", // название семафора
// память для блока управления
    .cb_mem = &myBinarySem01ControlBlock,
// размер предоставляемой памяти для блока управления
    .cb_size = sizeof(myBinarySem01ControlBlock),
};
/* USER CODE END FunctionPrototypes */
//вызов задачи
void StartTaskSend_recieve_data(void *argument);
void StartTaskCommand_Interpreter(void *argument);
void MX_FREERTOS_Init(void);
void MX_FREERTOS_Init(void) {
// создание двоичного семафора
    myBinarySem01Handle = xSemaphoreCreateBinary();
//создание очереди длиной пять, для отправки данных с типом
Amessage
myQueue01Handle=xQueueCreate(5,sizeof(struct AMessage*));
/* Create the thread(s) */
    Send_recieve_data=osThreadNew(StartTaskSend_recieve_data,
NULL, &Send_recieve_data_attributes); // создание потока

Command_Interpreter=osThreadNew(StartTaskCommand_Interpreter
, NULL,&Command_Interpreter_attributes);
//первый поток
void StartTaskSend_recieve_data(void *argument)
{

```

```

// создание объекта xMessage структуры Amessage
    struct AMessage xMessage;
// создание объекта poxMessage структуры Amessage
    struct AMessage *poxMessage;
    for(;;)
    {
//проверка получения семафора
        if(xSemaphoreTake(myBinarySem01Handle,0)==pdPASS)
        {
//отправка запрошенного буфера
            SEND(getBufPointer(),getLenBuf());
        }
// ожидание команды от пользователя и запись данных в
    структуру
        if(Waiting(&xMessage))
        {
// проверка создана ли очередь
            if( myQueue01Handle != 0 )
            {
// создание указателя на сформированную структуру
                poxMessage = & xMessage;
// отправка указателя на структуру по очереди
xQueueSend(myQueue01Handle,(void *)&poxMessage, (TickType_t
)10);
            }
        }
    }
}
// второй поток
void StartTaskCommand_Interpreter(void *argument)
{
//создание объекта структуры pxRxedMessage
    struct AMessage *pxRxedMessage;
    for(;;)
    {
// проверка об успешном считывание очереди
        if (xQueueReceive(myQueue01Handle,&( pxRxedMessage
),portMAX_DELAY) == pdPASS)
        {
// интерпретирование пользовательской команды
            Comand_Parser(pxRxedMessage->pbf,pxRxedMessage->len);

```

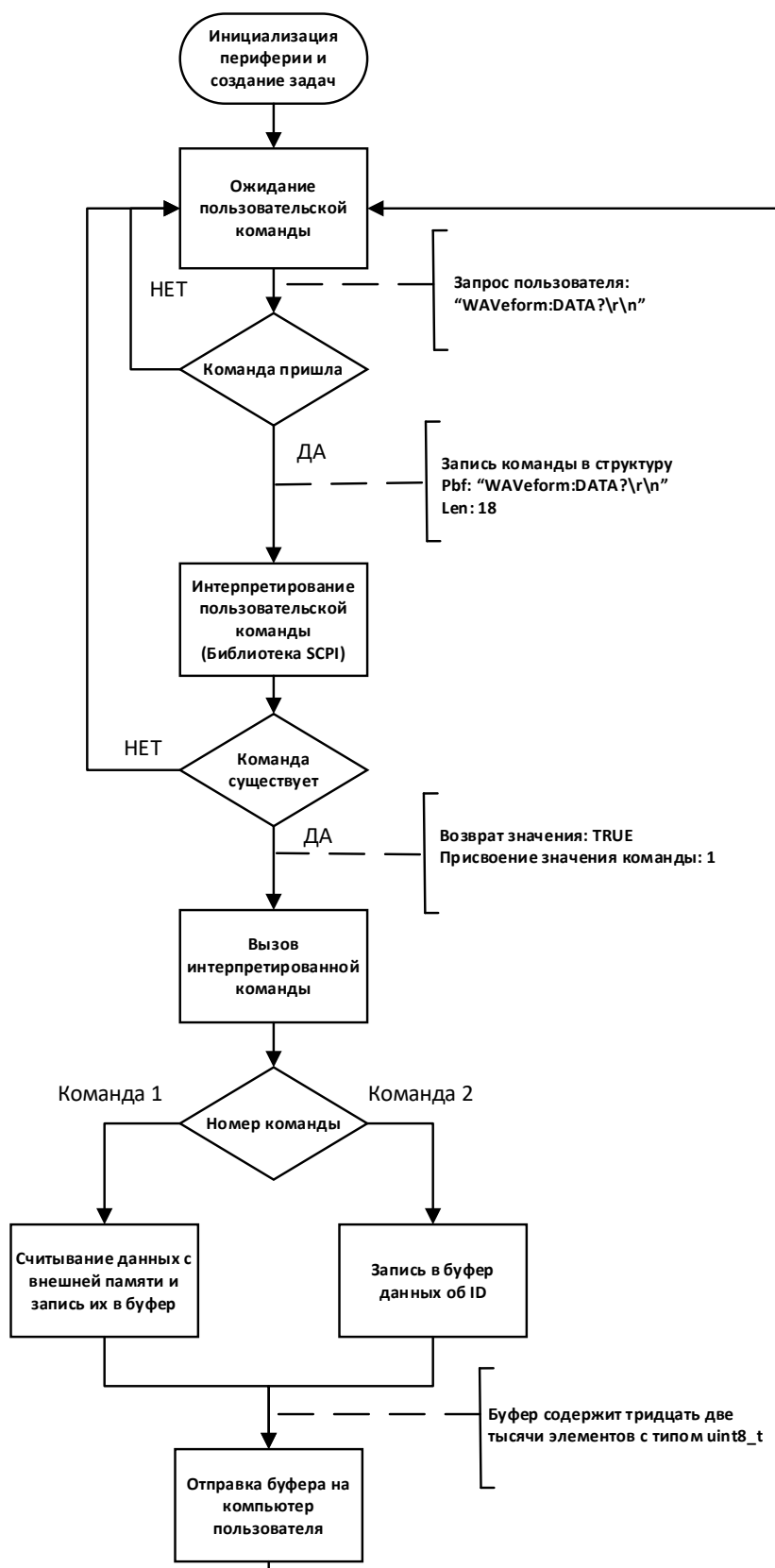


```
// проверка об успешности интерпретирования пользовательской
команды
    if (Flag())
// отправка семафора
    xSemaphoreGive(myBinarySem01Handle);
    }
}
}
```

Приложение Б

(обязательное)

Блок-схема алгоритма



Приложение В
(обязательное)
Комплект таблиц

Таблица В.1 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра ботка	Изгот овлен ие	Эксп луата ция	
Повышенный уровень электромагнитных излучений;	+		+	- СанПиН 1.2.3685-21
Повышенный уровень статического электричества;	+	+	+	-ГОСТ 12.4.124-83 -ГОСТ Р 53734.1-2014
Статические физические перегрузки;			+	-Р 2.2.2006-05 -СанПиН 1.2.3685-21
Недостаток освещения	+	+	+	-СанПиН 1.2.3685-21
Превышение уровня шума		+	+	-СанПиН 1.2.3685-21
Твердые и газообразные токсические вещества			+	-ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ
Интенсивное излучение сварочной дуги в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное)			+	-ПРИКАЗ от 11 декабря 2020 года N 884н -САНПИН 1.2.3685-21
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие высоковольтного разряда в виде дуги	+	+	+	-ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

Приложение Г
(обязательное)
Комплект таблиц

Таблица Г.1 – Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	К ₁	К ₂	К ₃
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0.15	3	4	3	0,45	0,6	0,45
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.15	4	5	4	0,6	0,75	0,6
3. Качество интеллектуального интерфейса	0.1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
4. Точность сбора данных	0.1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
5. Удобство интеграции системы на производство	0.2	4	5	4	0,8	1	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Стоимость системы и всех связанных с ней расходов (например, на обучение пользователей)	0.15	3	4	4	0,45	0,6	0,6
7. Конкурентоспособность	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Итого	1	29	37	30	3,6	4,6	3,75

Где, Б₁ – Q-DATA, Б₂ - Fronius WeldCube, Б₃ - PRO 5,

К₁, К₂, К₃ - конкурентоспособность соответственно

Таблица Г.2 – Итоговая матрица SWOT - анализа

	С1 Автоматизированный сбор параметров сварки с помощью программного обеспечения, что позволяет сократить время и улучшить точность сбора информации. С2 Дистанционная обработка параметров, что обеспечивает комфортную работу операторам, находящимся на расстоянии от места сварки, что уменьшает риск несчастных случаев. С3 Система реального времени позволяет оперативно реагировать на изменения в процессе сварки и снижает вероятность возникновения дефектов. С4 Невысокая стоимость компонентов обеспечивает невысокую стоимость всего комплекса	Сл1 Необходимость комплексного использования, что увеличивает сложность и требует значительных усилий для интеграции с другими техническими решениями. Сл2 Необходимость передачи больших объемов данных, может привести к затруднениям в сетевой инфраструктуре или при передаче данных на большие расстояния. Сл3 Наличие конкурентов на рынке, что может ограничить потенциальный доход от проекта.
В1 Расширение функционала программного обеспечения, например, дополнительных функций мониторинга или анализа данных. В2 Возможность установки на различное оборудование, что позволяет применять данное решение в различных отраслях или при работе с разными материалами. В3 Публикации в научных работах.	Основная возможность для проекта — это расширение функционала программного обеспечения в областях автоматизированного сбора параметров, а также возможность публикации в научных журналах с новыми исследованиями	Расширение функционала может увеличить сложность использования программного обеспечения. Публикация в научных статьях может подтолкнуть к появлению конкурентов на рынке

Продолжение таблицы Г.2

У1 Неполадки в работе системы могут привести к повреждению оборудования или возникновению дефектов, что может повлечь за собой дополнительные финансовые расходы. У2 Риск того, что конкуренты выйдут на рынок с более эффективными техническими решениями. У3 Нехватка финансирования	Серьезная угроза нехватка финансирования, может быть уменьшена за счет использования недорогих компонентов.	Из-за использования комплекса с другими техническими решениями, могут увеличить риск неполадок в работе системы и, в частности, оборудования
---	--	---

Таблица Г.3 – Перечень этапов и работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр Руководитель Консультант
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Консультант Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Закупка оборудования	Руководитель Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Консультант Бакалавр
	7	Сборка готового образца	Консультант Бакалавр
	8	Обработка полученных экспериментальных данных	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Руководитель Бакалавр
Написание раздела «Социальная ответственность»	10	Анализ работы с точки зрения безопасности	Бакалавр
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	11	Анализ работы с экономической точки зрения	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	12	Подведение итогов, оформление работы	Бакалавр

Таблица Г.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Исп. 1 – научный руководитель; Исп.2 – студент; Исп.3 – консультант

Название работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях t_{pi}			Длительность работ в календарных днях t_{ki}		
	t_{mini} , чел-дни			t_{maxi} , чел-дни			$t_{ожи}$, чел-дни								
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Выбор темы ВКР	2	2	-	3	3	-	3	3	-	1	1	-	2	2	-
Составление и утверждение плана работ	2	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	4	-	-
Выбор направления исследования	1	1	-	2	2	-	15	2	-	1	1	-	1	1	-
Календарное планирование работ	3	3	-	4	4	-	3	3	-	2	2	-	3	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	-	15	-	-	12	-	-	12	-	-	19	-
Закупка оборудования	1	1	-	2	2	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-
Проведение экспериментов	-	25	25	-	30	30	-	27	27	-	14	14	-	21	21
Сборка готового образца	7	7	-	8	8	-	7	7	-	4	4	-	6	6	-
Обработка полученных экспериментальных данных	-	10	-	-	15	-	-	12	-	-	12	-	-	18	-
Анализ результатов и проверка научным руководителем	10	10	-	12	12	-	11	11	-	5	5	-	8	8	-
Анализ работы с точки зрения безопасности	-	3	-	-	5	-	-	4	-	-	4	-	-	6	-
Анализ работы с экономической точки зрения	-	5	-	-	7	-	-	6	-	-	6	-	-	9	-
Подведение итогов, оформление работы	-	7	-	-	9	-	-	8	-	-	8	-	-	12	-
Итого	26	84	25	34	112	30	43	96	27	17	70	14	25	106	21

Таблица Г.5 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ ра-бот	Вид работ	Испол-нители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль		март			апрель			май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Выбор темы ВКР	Студент Руководитель	2											
2	Составление и утверждение плана работ	Руководитель	2											
4	Выбор направления исследования	Студент Руководитель	1											
5	Календарное планирование работ	Студент Руководитель	3											
6	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	15											
7	Закупка оборудования	Студент Руководитель	2											

Продолжение таблицы Г.5

8	Проведение экспериментов	Консультант	30											
		Студент												
9	Сборка готового образца	Студент	7											
		Руководитель												
10	Обработка полученных экспериментальных данных	Студент	15											
		Руководитель												
11	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Студент	10											
		Руководитель												
12	Анализ работы с точки зрения безопасности	Студент	5											
		Руководитель												
13	Анализ работы с экономической точки зрения	Студент	7											
		Руководитель												
14	Подведение итогов, оформление работы	Студент	9											
		Руководитель												

■ - научный руководитель; ■ - консультант; ■ - студент;

Таблица Г.6 – Специальное оборудование

Наименование	Цена за ед. оборудования, руб.			Количество единиц оборудования			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Исп. 1	Исп.2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
Плата для Ethernet	5000	4500	5000	1	1	1	6000	5400	6000
Отладочная плата	7000	4000	2000	1	1	1	8400	4800	2400
Осциллограф	-	100000	60000	-	1	1	-	120000	72000
Компьютер	-	-	50000	-	-	1	-	-	60000
Принтер	-	15000	-	-	1	-	-	18000	-
Сварочный аппарат	-	-	10000	-	-	1	-	-	12000
Итого	12000	123500	117000	2	4	5	14400	148200	152400

Таблица Г.7 – Амортизационные отчисления

Приспособл ение	Цена, руб.			Срок полезного действия			H_A - норма амортизации			А – амортизация оборудования, руб.		
	Исп. 1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3
Цифровой осциллограф Rigol MSO5104	1700 00	-	-	10 лет			0,1			5667	-	-
Компьютер	6000 0	500 00	-	3 года			0,3			150 00	500 0	-

Продолжение таблицы Г.7

Принтер	20000	-	12000	3 года	0,3	5000	-	1200
Сварочный аппарат инверторный	8800	10000	-	5 лет	0,2	1467	666	-
Итого	258800	60000	12000	-	-	27134	5666	1200