

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Система web-управления программируемым логическим контроллером</b>
УДК 004.774.6:004.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Сергеева Ирина Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	-		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

## Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
<b>Профессиональные компетенции</b>	
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	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения 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)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств

	автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, 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 – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Громаков Е. И.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7Б	Сергеевой Ирине Викторовне

Тема работы:

<b>Система web-управления программируемым логическим контроллером</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50-16/с от 19.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	03.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является управление технологическими процессами с использованием сетевых технологий.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор конкурентных решений</li> <li>2. Обзор предметной области</li> <li>3. Программная реализация веб-приложения</li> <li>4. Тестирование разработанного прототипа</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>6. Социальная ответственность</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рисунки, демонстрирующие результаты</li> <li>2. Диаграмма Ганта</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Аверкиев Алексей Анатольевич</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Сергеева Ирина Викторовна		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н.		

#### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	-		

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т7Б	Сергеевой Ирине Викторовне

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 308612,4 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 195795,1 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Районный коэффициент – 1,3 Коэффициент дополнительной заработной платы – 0,15 Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 0,302 Коэффициент накладных расходов – 0,16</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Описание потенциальных потребителей</i> 2. <i>Анализ технических конкурентных решений</i> 3. <i>QuaD-анализ</i> 4. <i>SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. <i>Описание структуры работ в рамках научного исследования.</i> 2. <i>Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования.</i> 3. <i>Подсчет бюджета проекта</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. <i>Определение интегрального финансового показателя разработки</i> 2. <i>Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки</i> 3. <i>Определение интегрального показателя эффективности</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *График проведения и бюджет НИ*
4. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*



<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	12.04.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Сергеева Ирина Викторовна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7Б	Сергеевой Ирине Викторовне

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

Тема ВКР:

### Система web-управления программируемым логическим контроллером

#### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – прототип веб-интерфейса для использования с программируемым логическим контроллером с возможностью удаленного взаимодействия через веб-приложение.</p> <p>Область применения – оптимизация рабочего места оператора в области АСУ ТП и технологии дистанционного обучения.</p>
---	---

#### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой Кодекс РФ ФЗ-197</li> <li>Рациональная организация труда в течение рабочего времени</li> <li>– СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</li> <li>– ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования</li> <li>– ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности</li> <li>– ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</li> </ul>
--	--

	– ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: – недостаточное освещение рабочей зоны; – физические перегрузки из-за статичного положения; – отклонение параметров микроклимата рабочего помещения; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – электромагнитные излучения. Опасные факторы: – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ негативного воздействия на окружающую природную среду: – утилизация компьютеров, ноутбуков, оргтехники; – утилизация бытовых отходов и макулатуры; – утилизация оборудования, выброс вредных веществ от сжигания перерабатываемых деталей.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Среди известных видов ЧС наиболее вероятны такие как: – возникновение пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Сергеева Ирина Викторовна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 97 страницах, содержит 26 рисунков, 21 таблицу, 23 источника литературы.

Ключевые слова: веб-приложение, Raspberry Pi, Modbus TCP, Java, дистанционное управление.

Объектом исследования является прототип системы веб-управления программируемым логическим контроллером.

Цель работы – модернизация процесса дистанционного управления промышленными логическими контроллерами по протоколу Modbus TCP, связанная с удешевлением его аппаратной и программной частей.

Область применения: сфера дистанционного образования, системы АСУ ТП с некритичными требованиями к защите информации.

В рамках анализа проведен анализ конкурентных решений для дистанционного управления в АСУ ТП, определены подходящие для разработки программные и аппаратные средства. На основе стоимости и вычислительных возможностей был выбран микрокомпьютер Raspberry Pi 3.

Подробно рассмотрена используемая архитектура веб-приложения, так как в дальнейшем она позволит безболезненно расширять его функционал.

Описана программная реализация веб-приложения, конфигурация устройств для тестирования прототипа системы веб-управления программируемым логическим контроллером, а также настройка локальной сети и эмулятора ведомого устройства.

В рамках раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был выполнен анализ потенциала решения, разработан календарный план-график, определены бюджет и эффективность решения.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены организационно-правовые, производственные и экологические аспекты безопасности, а также безопасность в чрезвычайных ситуациях.

## Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор технологий удаленного управления в АСУ ТП.....	18
1.1 Дистанционные технологии в АСУ ТП.....	18
1.2 Промышленный интернет вещей .....	22
2 Объект и методы исследования .....	24
2.1 Архитектура веб-приложения.....	24
2.2 Протокол передачи данных Modbus TCP .....	28
2.3 Библиотека EasyModbus TCP .....	31
3 Проектирование веб-приложения и разработка.....	33
3.1 Выбор программной платформы.....	33
3.2 Выбор аппаратной платформы .....	35
3.3 Разработка веб-приложения.....	37
4 Конфигурация устройств и сети .....	45
4.1 Конфигурация Raspberry Pi 3.....	45
4.2 Наладка связи между ведущим устройством и ведомым .....	49
4.3 Тестирование веб-системы.....	52
4.4 Вывод по разделу .....	55
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 56	
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	56
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	56
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	57

5.1.3	Технология QuaD .....	60
5.1.4	SWOT-анализ .....	61
5.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	63
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	63
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	64
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	65
5.3	Бюджет научно-технического исследования .....	67
5.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования ...	67
5.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей .....	68
5.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	69
5.3.4	Дополнительная заработная плата .....	72
5.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды .....	73
5.3.6	Накладные расходы .....	74
5.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	74
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	75
5.5	Вывод по разделу .....	77
6	Социальная ответственность .....	79
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	80
6.1.1	Правовые нормы трудового законодательства .....	80
6.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	80
6.2	Производственная безопасность .....	81

6.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....	83
6.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны и шум.....	84
6.2.3 Статические физические перегрузки .....	86
6.2.4 Опасность поражения электрическим током и электромагнитное излучение .....	86
6.3 Экологическая безопасность.....	88
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	89
6.5 Вывод по разделу .....	89
Заключение .....	91
Список литературы .....	93
Приложение А (обязательное) Временные показатели проведения научного исследования.....	96

## Введение

В настоящее время направление развития производственных технологий сосредоточено на дистанционном управлении и контроле технологических процессов.

Данный факт является следствием увеличения производственных масштабов, увеличением количества информации, которую необходимо хранить в одном месте и обрабатывать, повсеместным использованием дистанционных технологий в работе или учебе.

В области АСУ ТП удаленные технологии наиболее применимы для управления оборудованием, таким как программируемые логические контроллеры. Решения, предлагаемые производителями SCADA-систем, довольно удобны и широко распространены, но не подходят мелким и средним предприятиям ввиду высокой стоимости покупки и поддержки. [1] Более доступным вариантом являются WEB-технологии, позволяющие отправлять и получать необходимую информацию на порты программируемых логических контроллеров через сеть Internet. Данный подход уже имеет конкурентоспособные разработки, которые также в большинстве являются дорогостоящими за счет использования специального оборудования, такого как серверные установки. В данном научно-техническом исследовании для хранения сервера используется более компактное устройство – микрокомпьютер Raspberry Pi.

Актуальность работы обусловлена тем, что с помощью использования различных видов дистанционных технологий можно увеличить уровень автоматизации производства, причем для предприятий разного уровня; можно значительно удешевить процесс дистанционного управления оборудованием, используя бесплатные WEB-технологии и микрокомпьютеры, которые стоят значительно меньше персональных компьютеров или специального оборудования, к тому же это является удобным вариантом для системы дистанционного образования.



Таким образом, целью данной выпускной квалификационной работы является модернизация процесса дистанционного управления промышленными логическими контроллерами, позволяющая повысить гибкость производственных процессов и упростить доступ к технологическому оборудованию, в том числе для образовательных целей.

В связи с вышеизложенным для корректного выполнения выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

- изучить протоколы передачи данных, которые необходимы для выполнения данного проекта;
- написать серверное WEB-приложение с функционалом для общения с ПЛК посредством запросов;
- сконфигурировать микрокомпьютер Raspberry Pi и разместить на нем написанный сервер;
- провести апробацию разработанной системы.

Таким образом, в данной работе рассмотрен способ удаленного управления программируемым логическим контроллером по промышленному протоколу передачи данных и с использованием сети Internet.

# 1 Обзор технологий удаленного управления в АСУ ТП

## 1.1 Дистанционные технологии в АСУ ТП

Сегодня интернет-технологии широко представлены во всех сферах инженерной деятельности. Системы автоматического управления становятся комплексными, и если для того, чтобы ранее система автоматизации вышла на глобальный уровень, было необходимо выделение отдельного канала, обычно телефонной связи, то теперь доступен пакетный, экономически выгодный и быстрый способ связи – по сети Интернет. [2]

Существует несколько способов организации дистанционной связи между компонентами системы автоматизации. Наиболее распространены на рынке такие решения как:

- удаленный терминал;
- клиент-серверное взаимодействие с помощью SCADA;
- облачные сервисы.
- микросерверы.

Удаленный терминал обеспечивает живое визуальное дублирование сети пользователя или рабочего стола ПК, файловой структуры, если используется в таких сферах как системное администрирование, и может предоставить возможность для дублирования окон управления в SCADA для удаленного пользователя. В качестве системы коммуникации могут выступать радиосети, специально выделенные каналы, сотовые сети GSM, аналоговые линии связи, сети ISDN и так далее. Может быть использовано сразу несколько каналов для того, чтобы обеспечить наибольшую стабильность передачи данных. На сегодняшний день на рынке существуют множество решений, таких компаний, как: ИнСАТ, MOXA Inc., Овен, Positive Technologies, Инфозащита и так далее.

Основной сегмент рынка занимают решения со SCADA-системами. Данный способ удаленного управления через сеть Интернет основан на

разделении комплекса SCADA на клиентскую и серверную части. Веб-браузер в данном случае является клиентом, который открывает пользователю HTML-страницы на веб-сервере с подготовленным пользовательским интерфейсом. На веб-странице может размещаться текстовая информация, могут быть различные вкладки, ссылки для перехода на другие страницы, форма авторизации, таблицы, схемы, анимированные изображения. Как правило, такие сайты не требуют больших вычислительных мощностей сервера за счет того, что основную нагрузку по визуализации на себя берет устройство пользователя. В свою очередь, веб-сервер может испытывать сложности из-за хранения базы данных, которая в системе автоматизации может быть довольно объемной.

Веб-сервер может быть встроен в программируемый логический контроллер, может быть присоединен как дополнительный модуль с веб-сервисом, а также может располагаться на отдельном устройстве, например, на обычном стационарном компьютере или микрокомпьютере. Пример коммуникационного веб-модуля представлен на рисунке 1.

Модули такого типа, как на рисунке, сочетают в себе разные функции, в частности:

- сбор (концентрация) данных для опроса slave-устройств по протоколам Modbus;
- архивация данных;
- встроенный веб-сервер;
- ведение журнала событий, архивация логов;
- уведомления по электронной почте и СМС.



Рисунок 1 – Коммуникационный модуль связи PL307

Коммуникационный модуль является многофункциональным устройством и готовым удобным решением, однако, также является дорогостоящим. Другие модели веб-шлюза сами могут быть сетевыми устройствами и заменить собой связку устройств «коммуникационный модуль + роутер» в схеме на рисунке 2, что еще удобнее применительно к САУ, требующим постоянной передачи данных на различные расстояния.

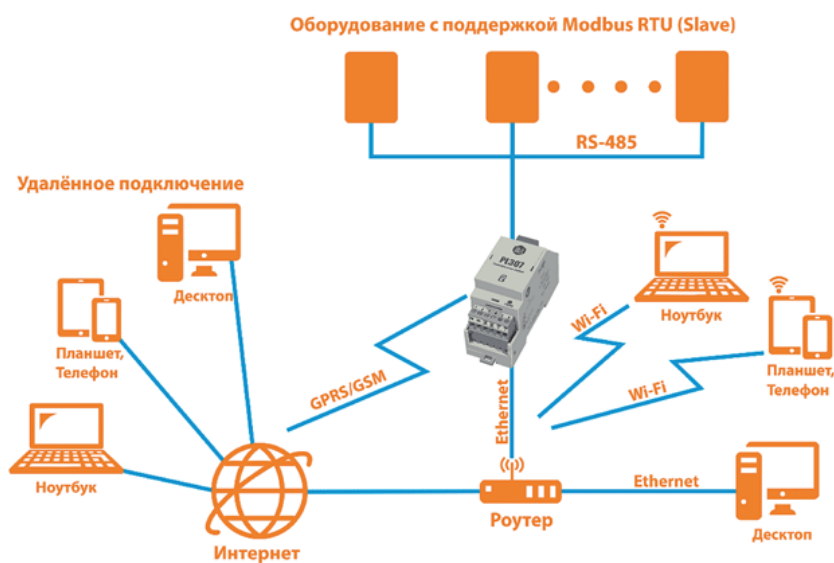


Рисунок 2 – Работа коммуникационного модуля

Еще одним способом удаленного взаимодействия со средним уровнем архитектуры АСУ ТП являются облачные сервисы. В таком случае сервером является «облако», которому шлюз передает данные. Таким образом, пользователь взаимодействует не со шлюзом, а с этим сервером, используя доступные каналы. Облачный сервис предоставляет доступ к виртуальному серверу, который на самом деле располагается на физически мощном удаленном устройстве наряду с другими серверами. То есть при применении такой технологии отпадает необходимость в размещении устройства с определенным объемом физической памяти и вычислительной мощности локально, то есть непосредственно подключая к программируемым логическим контроллерам среднего или нижнего уровня АСУ ТП. «Облако» может исполнять алгоритмы разных уровней сложности и представляет собой средство распределенной обработки данных.

Наиболее популярным представителем облачного сервиса для АСУ ТП в России является OwenCloud, программный продукт компании ОВЕН. Данный сервис также является удобным способом дистанционного управления, но зачастую работает только при подключении сетевых шлюзов этого же производителя, например, линейки веб-шлюзов ОВЕН ПРх210. [3]

Некоторые приборы производства ОВЕН, которые имеют интерфейсы Wi-Fi и Ethernet возможно подключить к облачному сервису без подключения дополнительных веб-шлюзов, все способы подключения к OwenCloud отражены на рисунке 3.

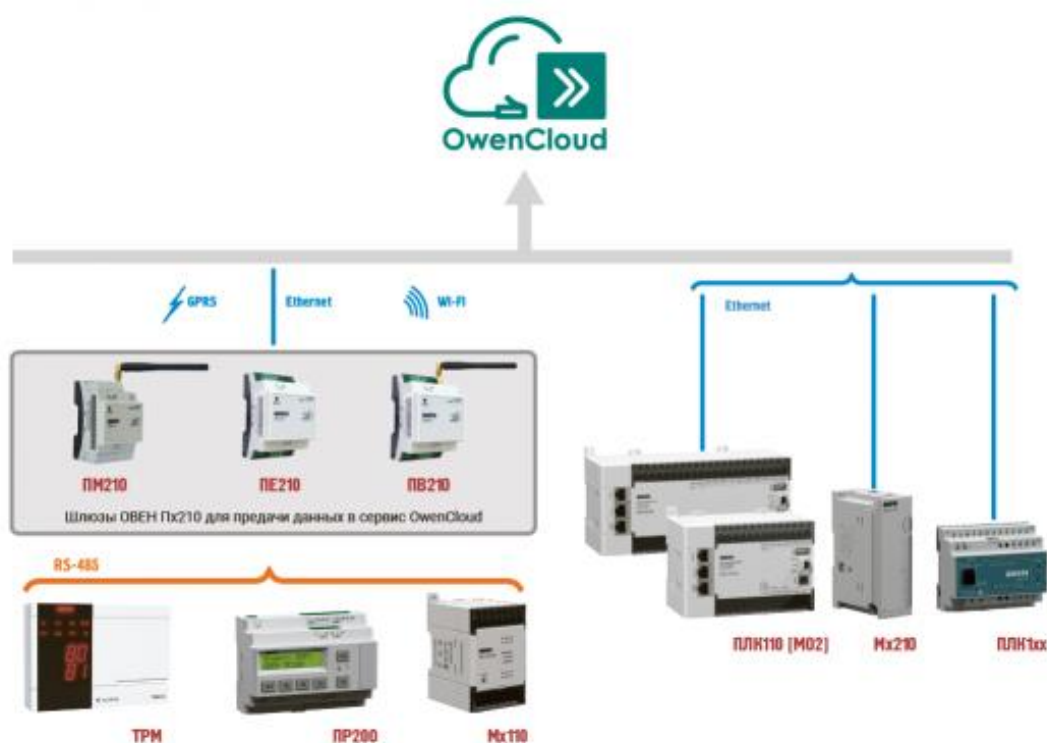


Рисунок 3 – Схема подключения к облачному сервису

Так как зачастую на веб-сервере достаточно иметь несколько HTML-страниц для управления конкретной САУ с небольшим набором обновляющихся данных, то для этой цели подходят встраиваемые веб-серверы. Такие веб-серверы, далее микросерверы, могут быть встроены в различные датчики, в устройства разного уровня архитектуры АСУ ТП, в повседневной жизни – в бытовые приборы. Такие устройства представляют собой небольшие микросхемы с использованием однокристальных микроконтроллеров, в которые встроена реализация протоколов транспортного уровня TCP/IP. Такая технология получила название «интернет вещей».

## 1.2 Промышленный интернет вещей

Промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things) или IIoT – это система, предназначенная для объединения с компьютерными сетями

производственных объектов, использующих программное обеспечение и измерительные приборы, данная система позволяет установить удаленное управление объектами, не требующее участия человека, то есть в автоматизированном режиме. [4] Подключение может осуществляться как к локальным сетям, к сети Интернет, так и к иным самостоятельным промышленным сетям.

Интернет вещей полезен в промышленном производстве, так как:

- снижает риск и последствия аварийных ситуаций;
- производит анализ, накопление информации с оборудования, иных систем предприятия, тем самым формируя удобную базу для создания нужных отчетов;
- дает возможность быстро получать отклик от оборудования и иных информационных систем предприятия;
- в целом делает работу предприятия эффективнее. [5]
- Чем больше система, которая подвергается автоматизации и цифровизации, тем более необходимо использовать современные способы реализации интернета вещей, так как приходится отслеживать множество процессов, хранить, передавать на различные расстояния. Так как концепция интернета вещей подразумевает совместное использование разных технологий и универсальность, то все больше предприятий реализуют подключение локальных устройств к облачным сервисам и веб-серверам с помощью стандартных протоколов связи, таких как Modbus, Ethernet, CAN, HART, PROFIBUS и так далее.

## **2 Объект и методы исследования**

### **2.1 Архитектура веб-приложения**

Для данной выпускной квалификационной работы было разработано клиент-серверное веб-приложение с использованием в качестве аппаратной части микрокомпьютера Raspberry Pi как один из вариантов предоставления дистанционной связи удаленному пользователю и компонентам систем автоматизации, в частности, программируемым логическим контроллерам, поддерживающим протокол передачи данных Modbus TCP.

Веб-приложения – это специальные программы, которые соответствуют архитектуре «клиент-сервер». Серверная часть располагается на физическом носителе, на котором также и производятся вычисления, хранится база данных и иная необходимая пользователю и разработчику информация.

В качестве устройства, на котором располагается веб-сервер, могут выступать различные устройства, такие как:

- облачные хранилища;
- локальные серверы;
- сетевые хранилища NAS.

В качестве локальных серверов могут использоваться специализированные устройства с большим объемом располагаемой памяти, обычные стационарные компьютеры, веб-шлюзы со встроенной поддержкой протокола TCP/IP, микрокомпьютеры.

При этом наиболее безопасным считаются сетевые накопители NAS (Network Attached Storage), так как имеют точечную настройку прав доступа. Данные накопители представляют собой устройства с несколькими жесткими дисками, которые можно объединить в цельное хранилище. Это одновременно и самый дорогостоящий из перечисленных способов расположения веб-сервера, и для многих компаний или одиночных разработчиков такие затраты являются излишними.



Облачные хранилища же не являются безопасными для АСУ ТП, так как обычно именно от поставщика облачного хранилища зависит, каким уровнем защиты он располагает, к тому же распространены хакерские атаки. Недорогие облачные сервисы зачастую имеют много брешей в информационной безопасности.

Для создания приемлемого уровня защиты передаваемой информации необходимо находить ценовой компромисс между вышеперечисленными способами размещения веб-сервера. Для крупных компаний, которые располагают большим количеством различных САУ и интегрированными системами управления предприятием, ценовой критерий отходит на второй план, и первостепенным критерием является уровень обеспечения информационной безопасности, которые могут предоставить проверенные облачные хранилища и специальные сетевые накопители.

Для небольших и средних компаний приемлемым является использование облачных хранилищ и локальных серверов, в том числе микрокомпьютеров.

Особенностью работы веб-приложений является общение «клиента» и «сервера» посредством специальных запросов, при этом передача и обработка этих запросов происходит по сети Интернет.

Клиентской частью веб-приложения является обычный веб-браузер, который отображает нужные HTML-страницы.

Для того, чтобы серверная часть веб-приложения, расположенная на носителе, корректно обрабатывала запросы пользователей, необходимо запрограммировать бизнес-логику, которая будет являться ядром веб-приложения. Исполняемый код может быть написан на практически любом, из доступных на данный момент, языке программирования, к примеру, на C++, C# с использованием фреймворка .NET («дот NET») и других, на Java с использованием фреймворка Spring или других, на PHP, Python, Ruby, NodeJS и так далее, при чем может быть использовано любое количество языков

программирования, к примеру, для написания различных модулей исполняемого кода.

При взаимодействии пользователя с клиентской частью приложения, то есть при отправке какого-либо запроса на сервер, происходит обращение браузера к серверу DNS (Domain Name System). Данный сервер – это особый компьютер, хранящий IP-адреса сайтов, которые связаны с привычными нам названиями сайтов. Сервер DNS обрабатывает запросы пользователя. У каждого поставщика услуг связи (провайдера) имеется свой DNS-сервер, на котором хранятся зарегистрированные IP-адреса сайтов. [6]

Затем веб-браузер формирует запрос в формате протокола HTTP и отправляет его серверу, запрос от клиента к серверу поступает в формате транспортного протокола TCP/IP. На стороне сервера происходит проверка корректности запроса, и если, к примеру, сформировать запрос сразу в адресной строке браузера (при отсутствии графического веб-интерфейса), то достаточно легко ошибиться в синтаксисе запроса, и тогда сервер направит вместо ожидаемой веб-страницы веб-страницу с кодом ошибки. При правильном выполнении запроса код будет выглядеть «200 ОК», что говорит, что сервер направил необходимые по запросу данные клиенту в виде пакетов. [7]

Описываемое в данной работе веб-приложение имеет REST-архитектуру. При использовании такой архитектуры приложения каждый запрос веб-браузера к серверу содержит достаточную информацию о том, какой ответ должен быть возвращен сервером. При этом серверу не обязательно хранить состояние клиентской части, они работают отдельно, общаясь запросами и ответами. Системы, которые работают на основе архитектуры REST и отвечают ее требованиям, называют Restful системами.

При таком подходе каждая используемая единица передаваемой информации (к примеру, сущность), идентифицируется, то есть имеет уникальный номер в URL-адресе, по которому сервер понимает, с чем ему именно работать. При этом не важно, о чем идет речь: о картинке, об

аудиофайле, о ссылке, текстовом файле и так далее, сервер воспринимает это все как «объекты». [8]

Оперирование информацией происходит на базе протокола HTTP, с помощью методов GET, POST, DELETE, PUT и так далее. В соответствие данным методам можно поставить методы CRUD (Create, Read, Update, Delete — Создать, Прочитать, Обновить, Удалить).

Как уже было сказано, для серверного веб-приложения, использующего архитектуру REST, необходимо понимать из запроса, какой ответ ожидает получить на него клиент. Для этого в параметрах запроса указываются специальные хедеры (headers), в которых указывается формат ожидаемого ответа и формат самого тела запроса соответственно, например, JSON, XML и так далее. Ответ от сервера приходит по такой же схеме – с хедерами и кодами ошибок, если они произошли.

Основным преимуществом архитектуры является простота внедрения в любой проект, будь то веб-сайт, приложения для мобильных устройств или программа для настольных компьютеров.

При добавлении базы данных архитектура веб-приложения расширяется. База данных, так как она может занимать много постоянной памяти, может располагаться на отдельном сервере, а может на том же, где и приложение. Если база данных удалена от основного сервера, то говорят о трехзвенной архитектуре, она показана на рисунке 4. На практике с небольшими веб-приложениями не возникает проблемы с расположением базы данных. И она располагается на одном устройстве с приложением.

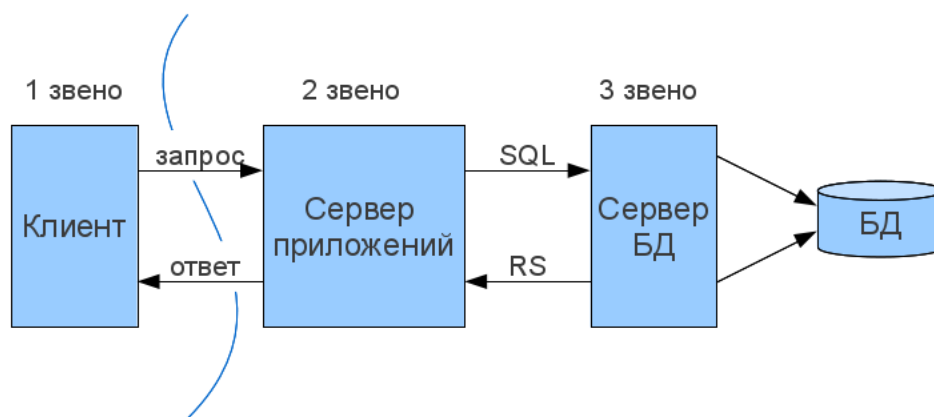


Рисунок 4 – Трехзвенная архитектура веб-приложения

В разрабатываемом веб-приложении база данных также находится на одном микрокомпьютере с веб-сервером, так как оно рассчитано на САУ малых размеров.

Как уже было сказано выше, в REST-архитектуре веб-приложений используются запросы CRUD. В разрабатываемом веб-приложении вместо стандартных методов `read()`, `write()` и так далее используются методы специальной библиотеки EasyModbus RTU/TCP, которая разработана специально для работы с протоколами Modbus RTU и Modbus TCP. С помощью данной библиотеки, реализованной на распространенных языках программирования (C#, Java, Python), можно настроить «общение» устройств систем автоматизации с удаленным или локальным компьютером. Библиотека является открытой, ее исходный код можно увидеть на хостинге IT-проектов GitHub. [9]

## 2.2 Протокол передачи данных Modbus TCP

Коммуникационный протокол Modbus является открытым и основывается на архитектуре ведущий (англ. master) – ведомый (англ. slave). Данный стандарт часто применяется в промышленности для осуществления связи между электронными устройствами. Помимо возможности

использования для передачи данных по средствам последовательных линий связи, таких как RS-232, RS-485, RS-422, он используется в сетях TCP/IP. [10]

Данный стандарт связи использует 4 типа данных:

- discrete inputs – однобитовый тип данных, который доступен только для чтения;
- coils – однобитовый тип данных, возможно чтение и запись;
- input registers – шестнадцати битовый тип данных (знаковый или беззнаковый), возможно только чтение;
- holding registers – шестнадцати битовый тип данных (знаковый или беззнаковый), возможны операции чтения и записи.

Так как данный протокол является открытым, недорогим, простым и проверенным временем, то до сих пор активно применяется в автоматизации. Большинство промышленных устройств имеют драйверы для работы с протоколом Modbus, использующим последовательный интерфейс.

Существуют специальные «шлюзы Modbus», которые могут обеспечить общение между Modbus TCP и Modbus RTU, преобразуя запросы.

Функционал обоих протоколов (RTU и TCP) одинаков, но имеются различия в способе передачи данных, так как Modbus RTU предназначен для локальных систем, где данные передаются напрямую по витым парам, при этом Modbus TCP может быть использован для работы с транспортным протоколом глобальной сети TCP/IP. Протокол Modbus RTU использует последовательные линии связи (RS-232 или RS-485), в то время как Modbus TCP работает в сетях Ethernet. Пакет данных протокола Modbus TCP применяет дополнительный заголовок для TCP-соединения. [11]

Рассмотрим подробнее принцип работы протокола. Структура запроса представлена на рисунке 5.

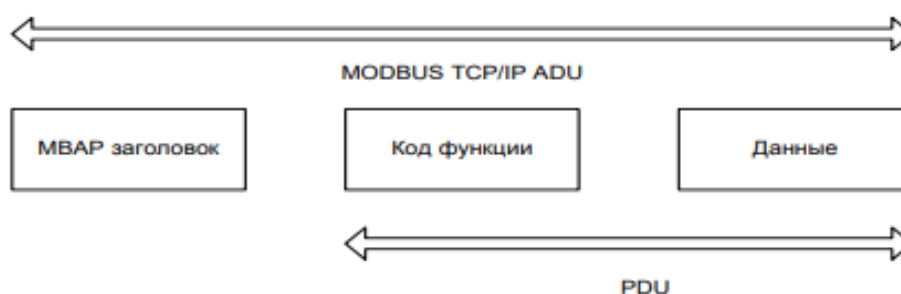


Рисунок 5 – Структура запроса по Modbus TCP

Где ADU – Application Data Unit, полный пакет MODBUS. Включает в себя специфичную для физического уровня часть пакета и PDU.

PDU – Protocol Data Unit, общая для всех физических уровней часть пакета MODBUS. Включает в себя код функции и данные пакета. [12]

МВАР – MODBUS Application Protocol, заголовок необходим для идентификации запроса PDU при работе с протоколом TCP/IP, сообщении о количестве последующих байт, идентификации устройства, который подключен к линии данных.

Поле «код» функции предназначено для хранения кодов, соответствующих функциям протокола Modbus, они представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коды функций Modbus

Код функции	Действие функции		Тип значения	Тип доступа
01 (0x01)	Чтение DO	Read Coil Status	Дискретное	Чтение
02 (0x02)	Чтение DI	Read Input Status	Дискретное	Чтение
03 (0x03)	Чтение АО	Read Holding Registers	16 битное	Чтение
04 (0x04)	Чтение АI	Read Input Registers	16 битное	Чтение
05 (0x05)	Запись одного DO	Force Single Coil	Дискретное	Запись
06 (0x06)	Запись одного АО	Preset Single Register	16 битное	Запись
15 (0x0F)	Запись нескольких DO	Force Multiple Coils	Дискретное	Запись
16 (0x10)	Запись нескольких АО	Preset Multiple Registers	16 битное	Запись

В данной работе используются функции с номером 1 и 5.

Таким образом, коммуникационный протокол Modbus TCP является подходящим вариантом для использования в данной работе при разработке веб-интерфейса. В роли главного (master) устройства выступает Raspberry Pi или локальный компьютер (веб-сервер), подключенный с ПЛК в одну сеть, а в роли подчиненного (slave) устройства – ПЛК.

## 2.3 Библиотека EasyModbus TCP

Библиотека EasyModbusTCP Java – это ключевая библиотека данного приложения. Данный инструмент для работы с протоколом Modbus TCP и RTU распространяется свободно, но при этом имеет достаточный функционал. EasyModbusTCP – библиотека, которая обеспечивает достаточно безопасный доступ к устройствам, обеспечивающим работу автоматизированных систем, таких как ПЛК.

Библиотека поддерживает распространенные языки программирования, в том числе Java. Это удобно, так как веб-приложение написано также на Java, что сокращает время его создания, становится достаточным реализовать функционал библиотеки прямо в бизнес-логике веб-приложения.

Библиотека содержит следующие методы для подключения, отключения, записи и чтения регистров:

- constructor ModbusClient(string ipAddress, int port) – конструктор для соединения Modbus TCP и UDP. Параметр ipAddress служит для задания IP-адреса TCP-сервера Modbus, параметр port – порт прослушивания сервера Modbus TCP;
- void Connect() – служит для подключения к серверу Modbus с ранее выбранными свойствами;
- void Disconnect() – закрывает соединение с главным устройством.

Следующие методы используются для чтения и записи информации в регистры:

- `boolean[] ReadDiscreteInputs(int startingAddress, int quantity)` – используется для чтения данных типа Discrete Inputs с устройства. Первый вход задается при помощи параметра `startingAddress`, а количество входов – при помощи параметра `quantity`;
- `boolean[] ReadCoils(int startingAddress, int quantity)` – считывает данные типа Coils с устройства;
- `int[] ReadHoldingRegisters(int startingAddress, int quantity)` – используется для чтения данных типа Holding Registers с устройства. Первый вход задается при помощи параметра `startingAddress`, а количество входов – при помощи параметра `quantity`;
- `int[] ReadInputRegisters(int startingAddress, int quantity)` – считывает данные типа Input Registers с устройства;
- `void WriteSingleCoil(int startingAddress, bool value)` – осуществляет запись значения одного бита в регистр;
- `void WriteSingleRegister(int startingAddress, int value)` – служит для записи одного регистра, подключенного устройства.

Таким образом, библиотека `EasyModbusTCP` довольно проста, но имеет достаточный функционал для работы с `ModbusTCP`, поэтому она была выбрана в качестве основной библиотеки проекта несмотря на то, что она более ориентирована на язык программирования `C#` и его фреймворки.

К тому же, из перечисленных выше методов можно понять, что библиотека самостоятельно реализует CRUD-операции по вставке, чтению, обновлению и удалению данных, при этом не нарушая архитектуру REST. К примеру, стандартный метод `write()` можно заменить одним из четырех методов по вставке данных в какой-либо регистр `Modbus`, при этом они будут использоваться напрямую в классах-контроллерах.



## 3 Проектирование веб-приложения и разработка

### 3.1 Выбор программной платформы

Для того, чтобы реализовать веб-приложение, которое сможет располагаться на локальном сервере, использовать для работы средство управления базами данных, использовать библиотеку EasyModbus TCP, корректно обрабатывать запросы удаленного пользователя, есть множество способов. Веб-сервер можно написать на многих языках программирования, при этом его качество, скорость работы, масштабируемость, удобство расширения будут разными. Критериями для выбора программной платформы являются:

- распространенность технологии и наличие корректной документации и устойчивых релизов;
- кроссплатформенность технологии, так как сборка веб-сервера помещается на локальное устройство, в данном случае на Raspberry Pi, на который установлена операционная система Raspbian из семейства операционных систем Linux;
- бесплатность технологии и дальнейшей поддержки;
- опыт работы с данной технологией.

Таким образом, был выбран фреймворк Spring Boot для языка программирования Java. Spring Boot позволяет легко создавать автономные, производственные приложения на основе Spring, которые можно "просто запустить" на платформе с предустановленной java-машиной (средством исполнения бинарного java-кода). Данный фреймворк позволяет свободно добавлять сторонние и собственные библиотеки, настраивать файлы конфигурации, подключать необходимые сервисы.

Spring Boot имеет открытый исходный код, используемая для создания микросервиса. Микросервис – это архитектура, которая позволяет разработчикам самостоятельно разрабатывать и развертывать службы.

Каждая запущенная служба имеет свой собственный процесс, и это обеспечивает легковесную модель для поддержки бизнес-приложений. [12]

Spring Boot обеспечивает гибкий способ настройки компонентов Java, конфигурацию XML и транзакций базы данных. Он также обеспечивает мощную пакетную обработку и управляет конечными точками REST. В Spring Boot практически все настройки задаются автоматически. Данный фреймворк предполагает использование аннотаций, то есть маркировок кода на выполнение определенных функций. Также фреймворк облегчает управление зависимостями (сторонними библиотеками и различными плагинами), включает в себя встроенный контейнер сервлетов.

Фреймворк работает в связке с Apache Tomcat. Apache Tomcat (сокращенно называемый "Tomcat") – это бесплатная реализация сервлета Java с открытым исходным кодом, а также страниц JavaServer, языка выражений Java и технологий WebSocket. Tomcat предоставляет "чистую Java"-среду HTTP-веб-сервера, в которой может выполняться код Java.

Spring Boot проводит автоматическую настройку приложения на основе зависимостей, которые были ранее прописаны в специальном конфигурационном файле, с помощью аннотации `@EnableAutoConfiguration`. Например, если база данных H2 находится в вашем пути к классу, но вы не настроили подключение к базе данных, то Spring Boot автоматически настраивает базу данных в памяти.

У любого приложения Spring Boot имеется начальная точка, с которой оно начинает работать, так называемая точка входа. Такой точкой является класс, содержащий аннотацию `@SpringBootApplication` и основной метод `main()`.

Spring Boot имеет заранее созданные шаблоны проектов, чтобы ускорить процесс разработки веб-приложений. В данном проекте используется шаблон «web-starter», который формирует простое веб-приложение, выводящее в окно браузера «Hello World!», и которое можно

дополнять функционалом на свое усмотрение, формируя бизнес-логику веб-приложения для АСУ ТП.

Структура веб-приложения с использованием Spring Boot представлена на рисунке 6. Отличительной частью является наличие компонентов, взаимодействующих между собой, таких как клиент, контроллеры, сервисы, модели (сущности). Разрабатываемое приложение использует данную структуру, чтобы дальнейшее масштабирование приложения проходило как можно проще.

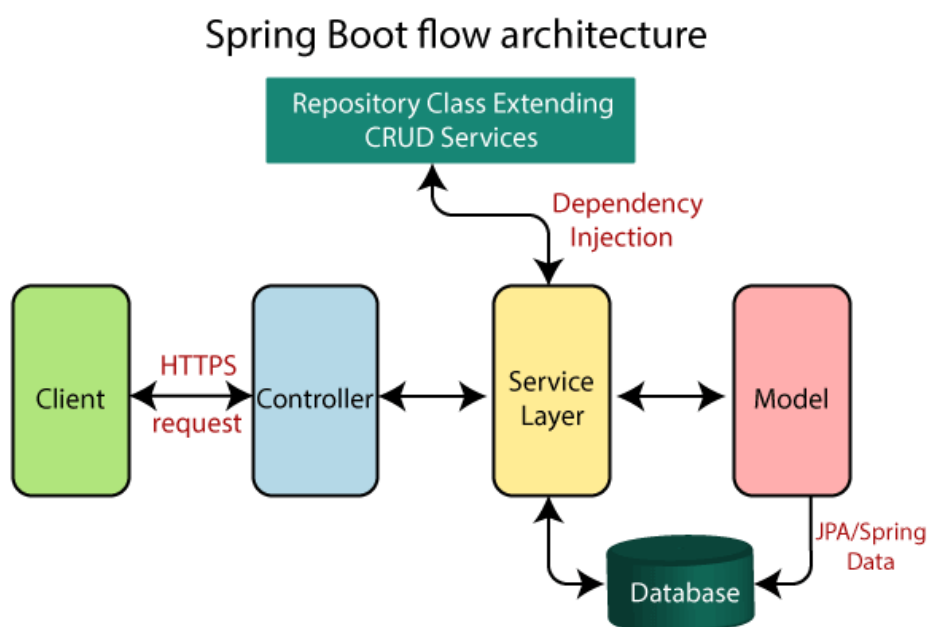


Рисунок 6 – Структура веб-приложения на Spring Boot

### 3.2 Выбор аппаратной платформы

Если с программной платформой определиться было довольно просто, так как для разработки можно использовать открытые технологии, то аппаратная часть – это устройство, на котором будет располагаться веб-сервер. Для разработки было выбрано небольшое устройство – микрокомпьютер, так как мощности микрокомпьютеров на данный момент достаточно, чтобы вместить веб-сервер и сервер базы данных. Тем не менее,

среди микрокомпьютеров присутствует выбор, и главный критерий для выбора устройства – цена.

Для проведения сравнительного анализа в ходе поиска оптимального решения были выбраны наиболее популярные платформы, такие как

- Cubieboard3;
- Orange Pi;
- Khadas VIM;
- Raspberry Pi 3;
- Pocket C.H.I.P.

В таблице 2 собраны основные характеристики микрокомпьютеров, которые важны для размещения на них серверов.

Таблица 2 – Основные характеристики популярных микрокомпьютеров

Название устройства	Процессор, ГГц	Оперативная память, ГБ	Цена, руб.
Cubieboard3	2	2	8400
Orange Pi	1,8	2	4200
Khadas VIM	2	2	10500
Raspberry Pi 3	1,4	1	4000
Pocket C.H.I.P	1	0,5	6500

Исходя из результатов анализа, приведенных в таблице 3.2.1, устройство Raspberry Pi 3 является наиболее оптимальным решением задачи выбора аппаратной платформы. Как и все микрокомпьютеры в представленной таблице, Raspberry Pi 3 является одноплатным и компактным, имеющим разъем Ethernet для непосредственной работы с Modbus TCP, и иные порты для работы с периферийными устройствами, такими как монитор, клавиатура, мышь, динамики и так далее. Среди поддерживаемых операционных систем, кроме Raspbian, есть также ОС:

- Windows 10 IoT (урезанная версия);

- Ubuntu MATE;
- Debian Wheezy;
- Fedora Remix;
- OSMC;
- RISC OS.

Так как официальная операционная система Raspbian для Raspberry наиболее оптимизирована для процессора этого устройства, то рекомендуется установить именно ее.

### **3.3 Разработка веб-приложения**

Концепция веб-приложения заключается в следующем: с помощью библиотеки EasyModbus TCP необходимо осуществить подключение программируемого логического контроллера Овен к серверу, расположенному на микрокомпьютере Raspberry Pi. Функционал веб-приложения состоит из следующих пунктов:

- добавление нескольких устройств, с которыми можно настроить передачу данных по Modbus TCP, и переключаться между ними, устройства сохраняются/обновляются/удаляются в/из БД;
- при настройке устройства возможность ввода названия устройства, IP-адреса для соединения, адреса порта, адресов регистров и сохранение данного устройства в списке, который отображается на главной веб-странице веб-приложения, параметры регистров также хранятся в БД;
- отображение подсказок при вводе данных в поля настройки устройства (основанные на прошлых подключениях);
- при соединении с нужным устройством отображать статус подключения;

- возможность менять все параметры устройства в меню работы с данным устройством;
- добавление адреса регистров, с которыми требуется взаимодействие и отображение данных адресов и значений, которые хранят регистры по этим адресам;
- осуществление навигации между HTML-страницами, возможность вернуться на главную страницу.

Структура приложения представлена на рисунке 7.

Четыре пакета классов хранятся в папке «easymodbus\_project\_master», классы размещены в пакетах согласно функционалу, который они реализуют, структура проекта с названиями классов представлена на рисунках 8 и 9.

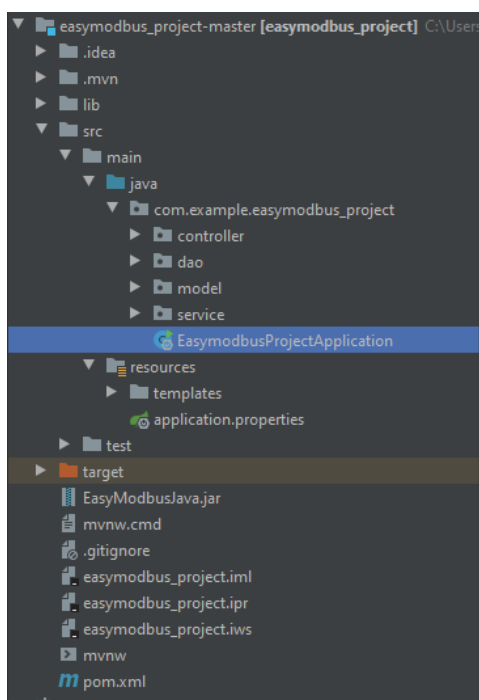


Рисунок 7 – Структура и состав приложения

К примеру, в пакете «controller» хранятся классы-контроллеры, которые являются компонентами архитектуры MVC. Контроллеры предназначены для обработки запросов пользователей, и имена контроллеров отображаются в адресной строке браузера. В пакете контроллеров имеется

класс «ModbusClientConnect» (рисунок 8), который отвечает за связь программируемого логического контроллера с HTTP-сервером с помощью встроенного в библиотеку метода connect().

Следующий пакет, который называется «dao» или Data Access, Object необходим для доступа данных в базе данных и представляет собой средний слой между системой и СУБД. DAO-классы – это интерфейсы, которые наследуют специальный класс JpaRepository, который обеспечивает доступ к базе данных, в данном веб-приложении используется к СУБД H2, так как эта СУБД является легковесной, написана также на языке Java и имеет графический интерфейс прямо в браузере. К тому же, важно изначально понять, какие СУБД поддерживаются операционной системой Raspbian, к примеру, популярная MySQL не входит в этот список. Для корректного подключения к базе данных необходимо прописать адрес подключения и данные для входа администратора. Данные параметры прописываются в файле конфигурации «application.properties», который расположен в папке «resources». На листинге 1 представлен текст данного конфигурационного файла:

#### Листинг 1 – Файл application.properties

```
spring.jpa.hibernate.ddl-auto=update
spring.jpa.hibernate.hikari.minimumIdle=2
spring.datasource.hikari.maximum-pool-size=10
spring.jpa.properties.hibernate.dialect =
org.hibernate.dialect.H2Dialect
spring.datasource.url=jdbc:h2:C:/H2/modbusdb
spring.datasource.driverClassName=org.h2.Driver
spring.datasource.username=sa
spring.datasource.password=
```

Следующий пакет называется «model», в данном классе расположены сущности, с которыми работает веб-приложение: устройство, к которому

выполняется подключение, и регистры протокола Modbus. В классах сущностей прописаны их параметры, такие как, например, название, IP-адрес, порт для устройства и так далее. Для регистров это параметры: адрес, минимальное значение, максимальное значение, уникальный идентификатор и так далее. Каждый экземпляр класса-сущности соответствует строке какой-либо таблицы в используемой базе данных.

Следующий пакет, содержащий классы, называется «service», который имеет подпакет «impl» («implementation»). Классы и интерфейсы, находящиеся в данном пакете, или «сервисы» – это классы, реализующие бизнес-логику веб-приложения. Основные действия, которые можно производить в данном веб-приложении, заложенные в функционал, это:

- поиск объекта по ID;
- вывод всех объектов упорядоченной последовательности;
- сохранение объекта;
- удаление объекта,

где под объектами понимаются созданные ранее сущности.

В пакете «impl» содержатся классы, которые реализуют интерфейсы, в которых определены методы бизнес-логики.

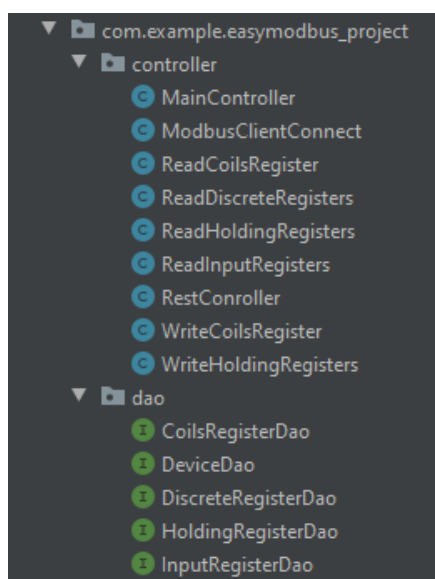


Рисунок 8 – Структура и состав приложения (часть 1)



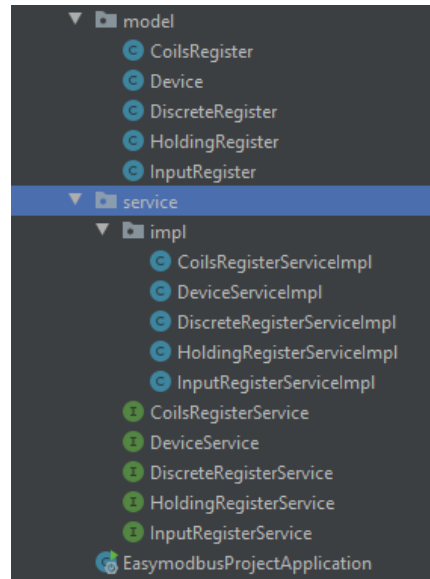


Рисунок 9 – Структура и состав приложения (часть 2)

Помимо классов, реализующих задуманный функционал веб-приложения, в проекте имеются HTML-страницы, которые открываются после определенных действий пользователя. В данном веб-приложении может быть открыто три HTML-страницы:

- mainpage.html – главная страница, на которой можно добавить устройство с помощью кнопки «addDevice», и на которой отображаются ранее созданные устройства;

- createDevice.html – страница ввода параметров для устройства: название, IP-адрес, который принимает метод connect() библиотеки EasyModbus, номер порта, и адреса регистров, с которыми будет взаимодействовать пользователь;

- device.html – страница непосредственной работы с устройством. На данной странице пользователь может проверить состояние подключения устройства, читать и вводить данные, поменять IP-адрес, порт устройства и его название и так далее.

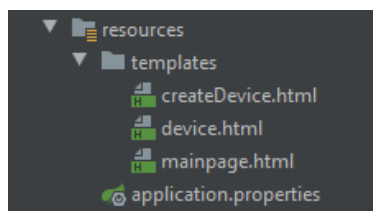


Рисунок 10 – HTML-страницы веб-приложения в структуре проекта

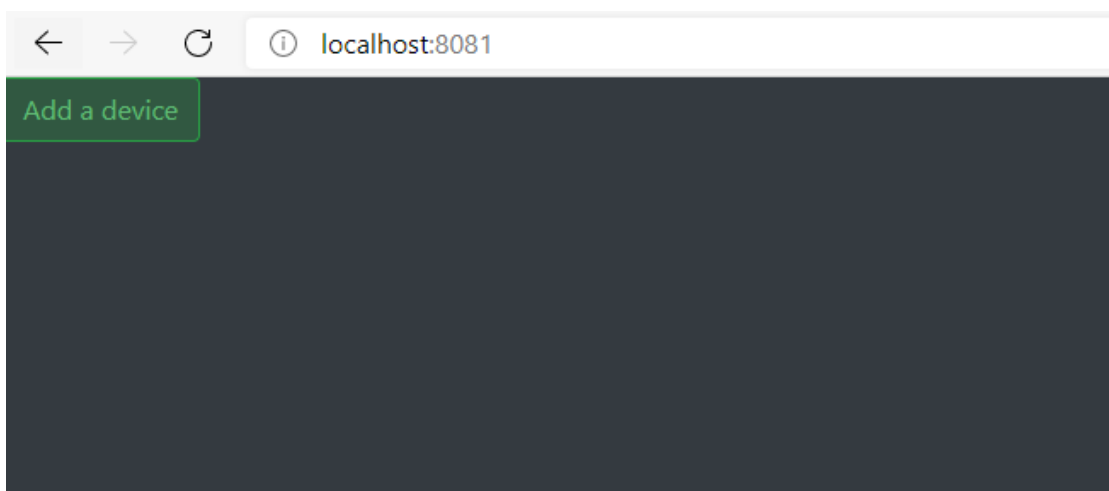


Рисунок 11 – HTML-страница mainpage.html

Интерфейс данной веб-страницы представляет собой кнопку, с помощью которой можно добавить новое устройство. Добавим устройство «test» с IP-адресом 111.111.111.111 и портом 1, адреса регистров при этом оставим непустыми (рисунок 12):

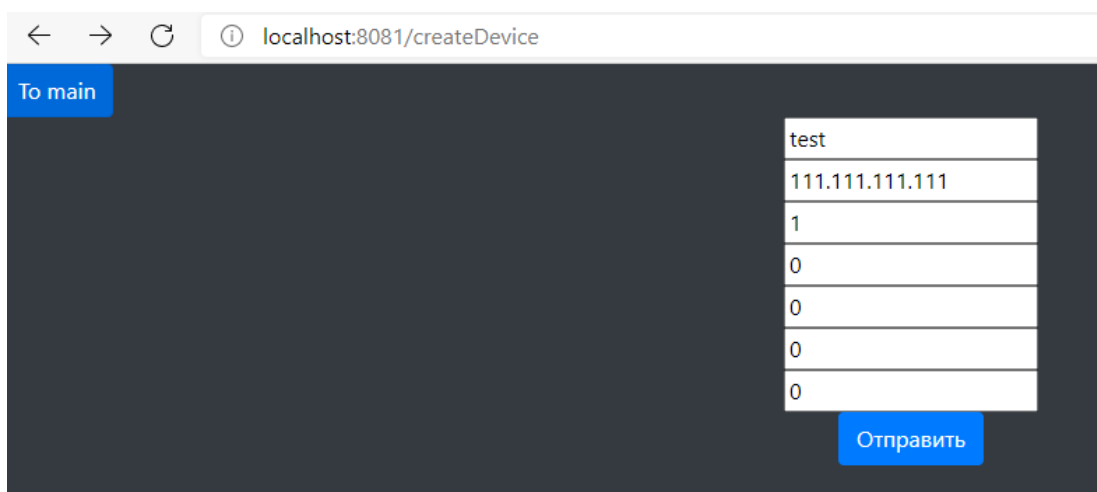


Рисунок 12 – Ввод данных для соединения с устройством

Так как на момент тестирования веб-страниц компьютер не подключен к ПЛК, то установки соединения не произойдет (рисунок 13):

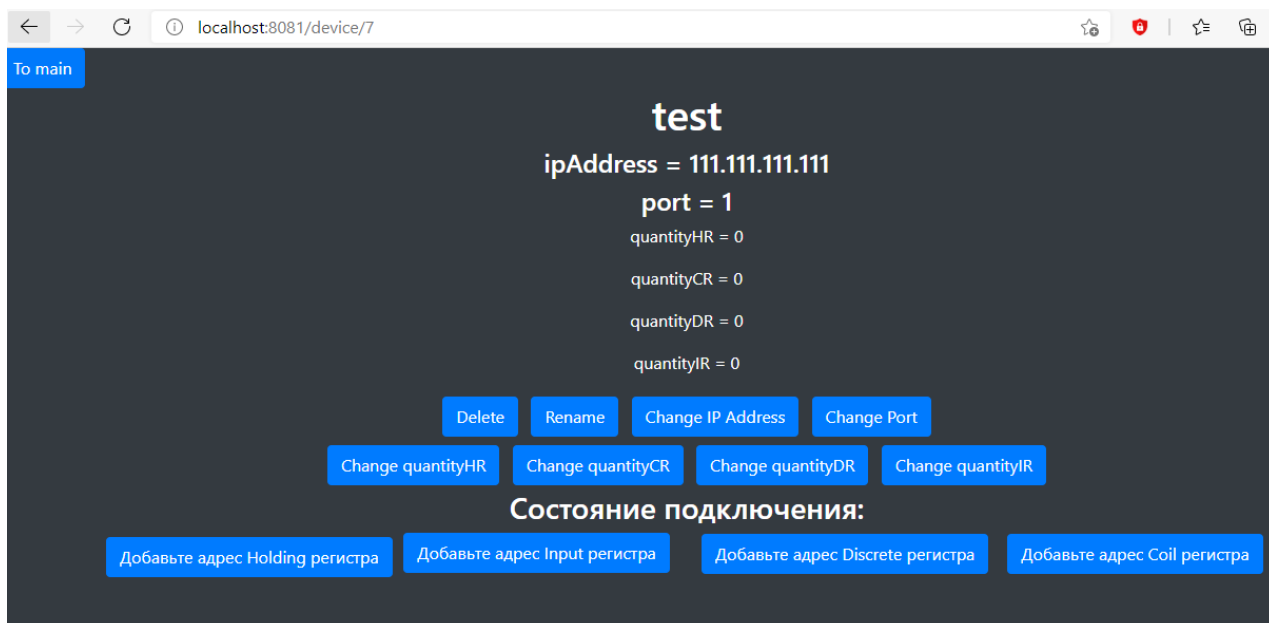


Рисунок 13 – HTML-страница device.html для устройства test

Таким образом, веб-приложение имеет пользовательский интерфейс в виде трех HTML-страниц, с помощью которых может подключаться к необходимым устройствам и работать с его нужной областью памяти.

Следующая папка в дереве проекта – папка target (рисунок 14), которая хранит информацию о сборке проекта и обновляет файлы после каждой компиляции. Данная папка примечательна тем, что хранит java-исполняемый файл проекта «easymodbus\_project-0.0.1-SNAPSHOT.jar», который можно поместить на любую платформу с предустановленной на ней java-машиной, сборщиком проектов Maven и запустить на выполнение. Данный файл можно перенести на Raspberry Pi и запустить с помощью командной строки, тем самым сделав Raspberry Pi сервером, на котором непрерывно будет работать данное веб-приложение.

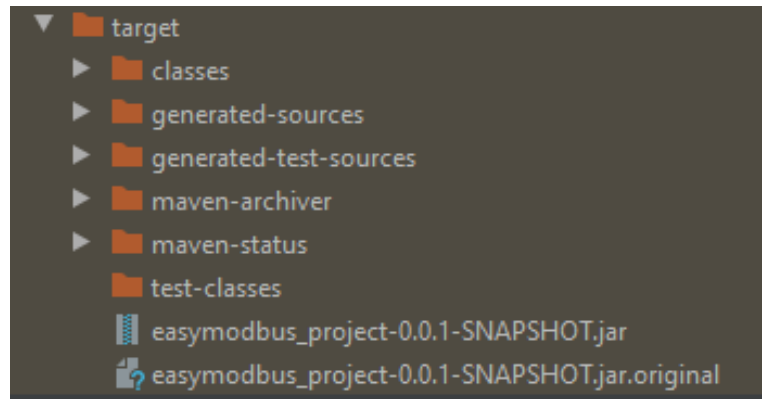


Рисунок 14 – Папка target проекта

Для того, чтобы запустить этот сервер на Raspberry Pi, необходимо создать папку, в которой будет расположен файл с расширением .jar, так как только он понадобится для полноценной работы веб-приложения.

В терминале необходимо перейти в директорию, созданную для веб-приложения и запустить в ней исполняемый .jar-файл, затем в терминале появится символьный рисунок логотипа Spring, что означает корректное начало запуска приложения.

## 4 Конфигурация устройств и сети

### 4.1 Конфигурация Raspberry Pi 3

Для того, чтобы работать с Raspberry Pi 3, необходимо установить операционную систему Raspbian на micro-SD карту, при этом можно выбрать разные сборки операционной системы (без рабочего стола, с рабочим столом и минимальным набором программ, версию с полным набором программ и рабочим столом). Взаимодействие с Raspberry Pi возможно несколькими путями:

- При помощи SSH с настольного компьютера/ноутбука;
- При помощи VNC-сервера с настольного компьютера/ноутбука;
- При помощи отдельно присоединяемых монитора, клавиатуры и мыши;
- При помощи ЖК-дисплея с сенсорным управлением, подключаемого через HDMI- и USB-разъемы.

В данной работе использовались первые три способа работы с Raspberry Pi.

Для управления Raspberry Pi посредством SSH и VNC-сервера необходимо создать локальную сеть между основным компьютером и Raspberry Pi, например, при подключении обоих устройств к роутеру через протокол Ethernet. На Raspberry Pi предварительно необходимо включить SSH – сетевой протокол. Используется для удаленного управления операционными системами и передачи файлов. Ключевая особенность заключается в том, что SSH шифрует трафик, делая подключения безопасными. По умолчанию, использует 22-й порт. Аббревиатура расшифровывается как **Secure Shell**. [13]

Для управления по SSH использовалась программа PuTTY, в которую необходимо было ввести IP-адрес компьютера Raspberry Pi. IP-адрес можно узнать, просканировав подключенные устройства с помощью программ наподобие Advanced IP Scanner, которые способны сканировать LAN –

локальные сети. Следующим шагом является ввод логина и пароля пользователя Raspberry Pi. По умолчанию логин пользователя – «pi», пароль – «raspberrypi».

Чтобы подключиться к Raspberry Pi через VNC-сервер, сначала необходимо установить SSH-соединение. Через удаленный терминал необходимо включить на Raspberry Pi поддержку VNC, для этого нужно ввести в терминал команду «vncserver». Далее терминал выдаст информацию об адресе активного рабочего стола. Этот адрес состоит из IP-адреса подключаемого компьютера (в данном случае Raspberry Pi) и номера сессии. К примеру, адрес может выглядеть как – 192.168.0.100:1. На рисунке 15 представлено рабочее окно программы «VNC viewer».

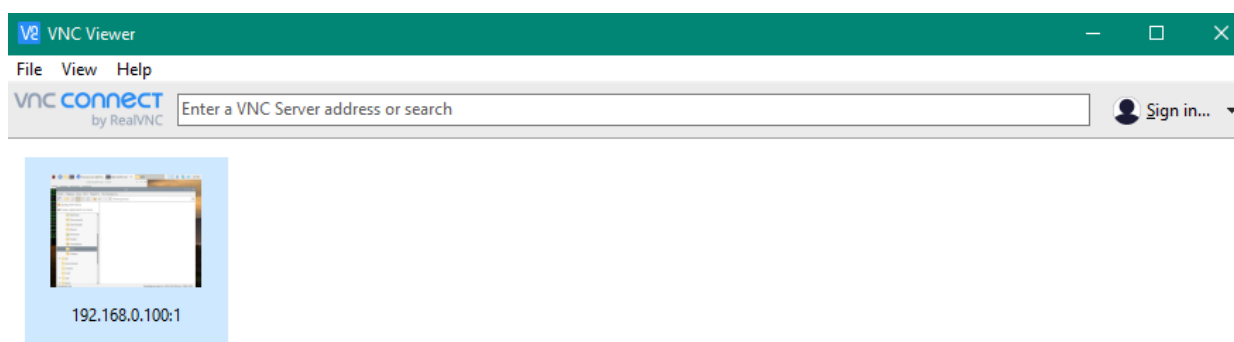


Рисунок 15 – Рабочее окно программы «VNC viewer»

Для того, чтобы на компьютере Raspberry Pi был возможен запуск различных java-приложений, необходимо установить JDK – бесплатно распространяемый компанией Oracle Corporation комплект разработчика приложений на языке Java, включающий в себя компилятор Java, стандартные библиотеки классов Java, примеры, документацию, различные утилиты и исполнительную систему Java. [14]

С помощью команд

```
sudo apt update
```

```
sudo apt install default-jdk
```

была установлена одиннадцатая версия JDK, которая в дальнейшем позволит запустить сервер на Raspberry Pi.

Так как сборка разрабатываемого приложения осуществляется с помощью фреймворка Maven, он также должен быть установлен на Raspberry Pi. Данный сборщик проекта был установлен по инструкции. [15] На рисунке 16 показан вывод терминала на запрос о версии установленного сборщика Maven:

```
pi@raspberrypi:~ $ mvn -v
Apache Maven 3.6.0
Maven home: /usr/share/maven
Java version: 13-BellSoft, vendor: BellSoft, runtime: /usr/lib/jvm/bellsoft-java
13-arm32-vfp-hflt
Default locale: en_US, platform encoding: ANSI_X3.4-1968
OS name: "linux", version: "5.4.79-v7+", arch: "arm", family: "unix"
```

Рисунок 16 – Вывод информации о версии Maven на Raspberry Pi

Также чтобы проверить, что JDK работает корректно, запустим классическую программу HelloWorld. На рисунке 17 представлен результат работы этой программы, видим, что Java-машина работает корректно.

```
pi@raspberrypi:~ $ nano HelloWorld.java
pi@raspberrypi:~ $ java HelloWorld.java
Hello World
pi@raspberrypi:~ $
```

Рисунок 17 – Проверка работы JDK

Далее необходимо загрузить JAR-архив, который содержит собранный автосборщиком проектов Maven сервер. Для этого необходимо подключиться к Raspberry Pi одним из вышеперечисленных способов и выполнить команды:

```
sudo apt update
cd [путь до папки, в которой расположен JAR-файл]
java -jar easymodbus_project-0.0.1-SNAPSHOT.jar
```

```
Администратор: Командная строка
Microsoft Windows [Version 10.0.19042.985]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\WINDOWS\system32>cd C:\Users\irise\Desktop\easymodbus_project-master\target
C:\Users\irise\Desktop\easymodbus_project-master\target>java -jar easymodbus_project-0.0.1-SNAPSHOT.jar
```

Рисунок 18 – Запуск приложения из командной строки

Если запуск приложения произошел корректно, то в командной строке появится символьный логотип фреймворка Spring, а также сообщения системы о том, какие процессы запускаются в данный момент. Остановить работу веб-приложения можно, нажав сочетание клавиш CTRL + C. Начало загрузки приложения в память показано на рисунке 19 (запуск производился в командной строке ОС Windows 10).

```
Администратор: Командная строка - java -jar easymodbus_project-0.0.1-SNAPSHOT.jar
Spring
:: Spring Boot ::
(v2.4.3)

2021-06-03 03:07:30.239 INFO 2792 --- [main] c.e.e.EasymodbusProjectApplication : Starting EasymodbusProjectApplication v0.0.1-SNAPSHOT using
Java 14.0.1 on Irishsea with PID 2792 (C:\Users\irise\Desktop\easymodbus_project-master\target\easymodbus_project-0.0.1-SNAPSHOT.jar started by irise in C:\User
s\irise\Desktop\easymodbus_project-master\target)
2021-06-03 03:07:30.245 INFO 2792 --- [main] c.e.e.EasymodbusProjectApplication : No active profile set, falling back to default profiles: def
ault
2021-06-03 03:07:38.878 INFO 2792 --- [main] .s.d.r.c.RepositoryConfigurationDelegate : Bootstrapping Spring Data JPA repositories in DEFAULT mode.
2021-06-03 03:07:39.384 INFO 2792 --- [main] .s.d.r.c.RepositoryConfigurationDelegate : Finished Spring Data repository scanning in 394 ms. Found 5
JPA repository interfaces.
2021-06-03 03:07:44.073 INFO 2792 --- [main] o.s.b.w.embedded.tomcat.TomcatWebServer : Tomcat initialized with port(s): 8080 (http)
2021-06-03 03:07:44.176 INFO 2792 --- [main] o.apache.catalina.core.StandardService : Starting service [Tomcat]
2021-06-03 03:07:44.176 INFO 2792 --- [main] org.apache.catalina.core.StandardEngine : Starting Servlet engine: [Apache Tomcat/9.0.43]
2021-06-03 03:07:44.547 INFO 2792 --- [main] o.a.c.c.C.[Tomcat].[localhost].[/] : Initializing Spring embedded WebApplicationContext
2021-06-03 03:07:44.548 INFO 2792 --- [main] w.s.c.ServletWebServerApplicationContext : Root WebApplicationContext: initialization completed in 1261
4 ms
2021-06-03 03:07:45.541 INFO 2792 --- [main] o.hibernate.jpa.internal.util.LogHelper : HHH000204: Processing PersistenceUnitInfo [name: default]
2021-06-03 03:07:46.094 INFO 2792 --- [main] org.hibernate.Version : HHH000412: Hibernate ORM core version 5.4.28.Final
2021-06-03 03:07:46.835 INFO 2792 --- [main] o.hibernate.annotations.common.Version : HCANN000001: Hibernate Commons Annotations {5.1.2.Final}
2021-06-03 03:07:47.346 INFO 2792 --- [main] com.zaxxer.hikari.HikariDataSource : HikariPool-1 - Starting...
2021-06-03 03:07:48.246 INFO 2792 --- [main] com.zaxxer.hikari.HikariDataSource : HikariPool-1 - Start completed.
2021-06-03 03:07:48.337 INFO 2792 --- [main] org.hibernate.dialect.Dialect : HHH000400: Using dialect: org.hibernate.dialect.MySQL8Dialect
2021-06-03 03:07:59.337 INFO 2792 --- [main] o.h.e.t.j.p.i.JtaPlatformInitiator : HHH000490: Using JtaPlatform implementation: [org.hibernate.
engine.transaction.jta.platform.internal.NoJtaPlatform]
2021-06-03 03:07:59.369 INFO 2792 --- [main] j.LocalContainerEntityManagerFactoryBean : Initialized JPA EntityManagerFactory for persistence unit 'd
efault'
2021-06-03 03:08:01.387 WARN 2792 --- [main] JpaBaseConfiguration$JpaWebConfiguration : spring.jpa.open-in-view is enabled by default. Therefore, da
tabase queries may be performed during view rendering. Explicitly configure spring.jpa.open-in-view to disable this warning
2021-06-03 03:08:02.095 INFO 2792 --- [main] o.s.s.concurrent.ThreadPoolTaskExecutor : Initializing ExecutorService 'applicationTaskExecutor'
2021-06-03 03:08:12.254 INFO 2792 --- [main] o.s.b.w.embedded.tomcat.TomcatWebServer : Tomcat started on port(s): 8080 (http) with context path ''
2021-06-03 03:08:12.286 INFO 2792 --- [main] c.e.e.EasymodbusProjectApplication : Started EasymodbusProjectApplication in 50.311 seconds (JVM
running for 54.927)
2021-06-03 03:08:12.959 INFO 2792 --- [nio-8080-exec-1] o.a.c.c.C.[Tomcat].[localhost].[/] : Initializing Spring DispatcherServlet 'dispatcherServlet'
2021-06-03 03:08:12.959 INFO 2792 --- [nio-8080-exec-1] o.s.web.servlet.DispatcherServlet : Initializing Servlet 'dispatcherServlet'
2021-06-03 03:08:12.966 INFO 2792 --- [nio-8080-exec-1] o.s.web.servlet.DispatcherServlet : Completed initialization in 4 ms
EasyModbus Client Library
Copyright (c) Stefan Rossmann Engineering Solutions
www.rossmann-engineering.de
```

Рисунок 19 – Запуск веб-приложения из командной строки

Данное веб-приложение было перенесено на Raspberry Pi и запущено для проверки, процесс запуска аналогичен запуску на ОС Windows.



## 4.2 Наладка связи между ведущим устройством и ведомым

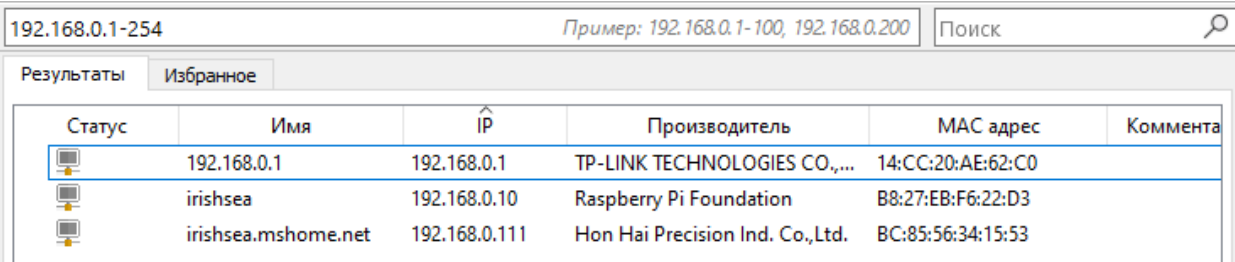
В данном случае ведущее устройство – это Raspberry Pi с запущенными на нем веб-приложением и СУБД, а ведомое – либо программируемый логический контроллер с поддержкой протокола Modbus TCP, либо эмулятор slave-устройства, установленный на персональном компьютере или ноутбуке.

Ведущее и ведомые устройства должны находиться в одной сети, чтобы произошло взаимодействие по Modbus TCP и общаться с помощью Ethernet, так как в данной работе веб-приложение не выгружено на сервис хостинга и не имеет DNS-имени.

Для настройки локальной сети необходим обычный маршрутизатор (используемый маршрутизатор не имеет доступа в Интернет, поэтому локальная сеть образуется по Wi-Fi, который раздает роутер. Необходимо выполнить следующие пункты:

- соединить Raspberry Pi и маршрутизатор витой парой по протоколу Ethernet;
- подключить ноутбук к сети Wi-Fi данного маршрутизатора;
- определить IP-адреса устройств в данной локальной сети;
- использовать полученные IP-адреса для задания параметров в веб-приложении.

Для определения IP-адресов устройств в локальной сети можно воспользоваться утилитой Advanced IP Scanner, работа утилиты представлена на рисунке 20.



Статус	Имя	IP	Производитель	MAC адрес	Комментарий
	192.168.0.1	192.168.0.1	TP-LINK TECHNOLOGIES CO.,...	14:CC:20:AE:62:C0	
	irishsea	192.168.0.10	Raspberry Pi Foundation	B8:27:EB:F6:22:D3	
	irishsea.mshome.net	192.168.0.111	Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd.	BC:85:56:34:15:53	

Рисунок 20 – Результат сканирования IP-адресов устройств в локальной сети

Для более удобной работы с Raspberry Pi рекомендуется настроить статический IP-адрес, который в дальнейшем можно будет использовать как адрес сервера. На Raspberry Pi можно легко настроить «белый IP-адрес» с помощью HTTP-сервера Apache или NGINX, сделать это можно, отредактировав конфигурационные файлы и запустив серверы в терминале устройства. В данной работе в .JAR-файл уже встроена поддержка HTTP-сервера, и она запускается непосредственно при запуске веб-приложения из терминала устройства.

Чтобы настроить статический IP-адрес, необходимо:

- подключить Raspberry Pi к локальной сети любым удобным способом;
- перейти к редактированию конфигурационного файла в терминале устройства:

```
sudo nano /etc/dhcpd.conf
```

- дописать в конце файла команду «nodhcp»;
- раскомментировать блок, отвечающий за присваивание устройству статического IP-адреса для интерфейса WLAN, данный блок представлен на листинге 2 (он предусмотрен разработчиками ОС Raspbian):

Листинг 2 – Код, отвечающий за статический IP-адрес для WLAN

```
interface wlan0
static ip_address=192.168.0.10/24
static routers=192.168.0.1
static domain name servers=192.168.0.1
```

После данных действий адрес Raspberry Pi получит постоянный IP-адрес при подключении по Wi-Fi, который не будет меняться из-за работы протокола DHCP, который присваивает динамические адреса устройствам при обновлении сессии.

Для компьютера, который в данном случае будет эмулировать работу slave-устройства, также нужно задать статический IP-адрес. Для компьютера на базе Windows 10 это можно сделать, зайдя в параметры, затем в настройки параметров адаптера, выбрать подключение по Wi-Fi и изменить свойства IPv4. Заданные параметры IP-адреса, маски подсети и адреса основного шлюза можно увидеть на рисунке 21. Адрес основного шлюза можно не настраивать, так как для Wi-Fi подключения это автоматически делает маршрутизатор.

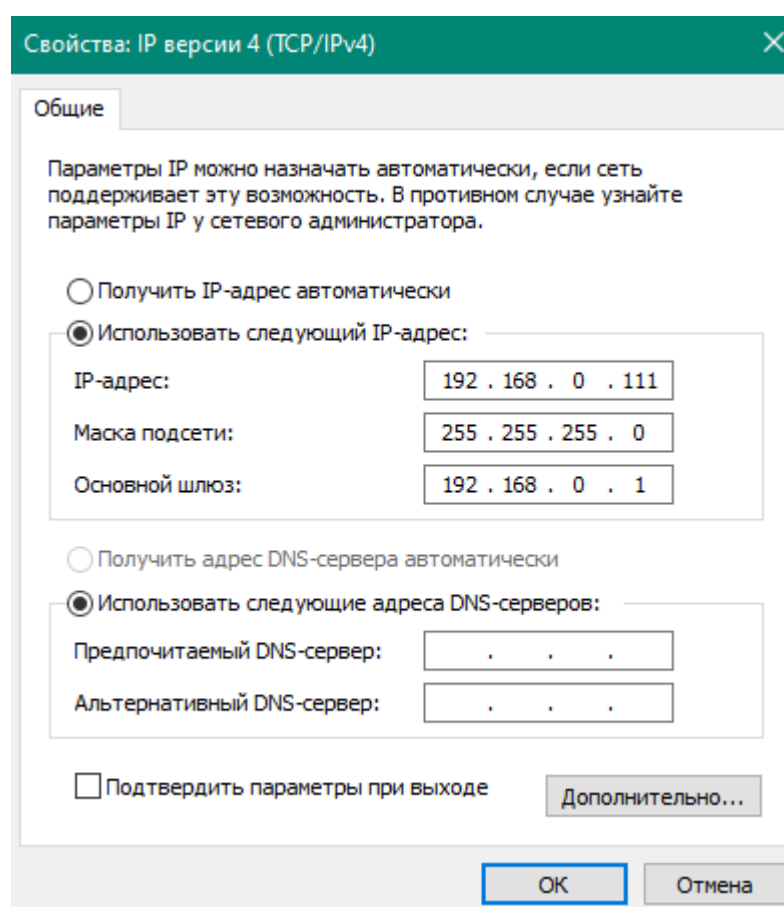


Рисунок 21 – Настройки IPv4 для компьютера

После того, как локальная сеть для связи устройств настроена, можно запускать эмулятор slave-устройства на компьютере и веб-приложение на Raspberry Pi.

### 4.3 Тестирование веб-системы

В качестве эмулятора контроллера с протоколом Modbus RTU и Modbus TCP была выбрана минималистичная программа Modbus Slave. Данная программа реализует большинство функций протокола Modbus и все нужные функции для данной работы. Процесс настройки довольно прост: необходимо выбрать следующие параметры в интерфейсе программы:

- тип протокола (Modbus TCP/IP или Modbus RTU);
- IP-адрес для связи по протоколу TCP/IP;
- порт slave-устройства (по умолчанию 502);
- реализуемую функцию;
- адрес регистра;
- количество считываемых регистров.

Окно для выбора параметров подключения представлено на рисунке 22. В поле IP-адреса введен IP-адрес текущего компьютера, который был определен на предыдущем шаге.

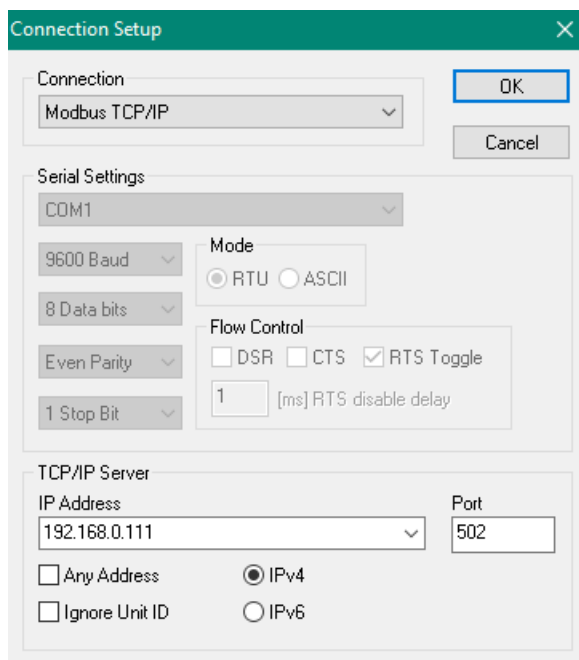


Рисунок 22 – Окно подключения программы Modbus Slave

Окно выбора параметров slave-устройства изображено на рисунке 23. В данном окне была выбрана функция 01 чтения значений из нескольких регистров флагов (Coils Registers)

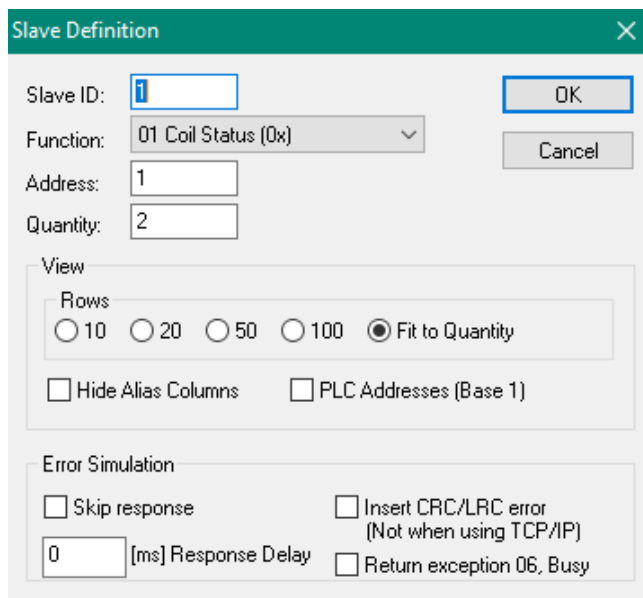


Рисунок 23 – Окно параметров slave-устройства

На рисунке 24 показан основной интерфейс программы. Отображается ID-устройства, номер функции, адрес и значения регистров, которые можно менять с «ON» на «OFF».

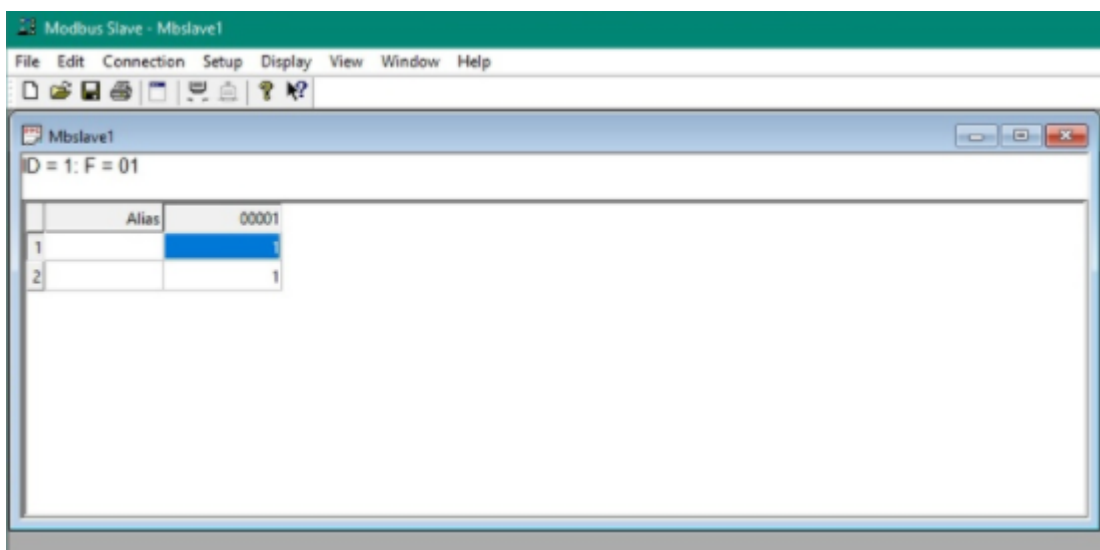


Рисунок 24 – Основной интерфейс эмулятора Modbus Slave

В результате подключения была установлена связь с ведущим устройством Raspberry Pi, к которому подключен монитор для более удобной работы с ним. На рисунке 25 представлен графический веб-интерфейс веб-приложения с отображенным статусом подключения TRUE, что говорит об установке связи между ведущим и ведомым устройствами, в форму параметров slave-устройства был введен IP-адрес компьютера в локальной сети (тот же, что и Modbus Slave). В коде приложения статусы TRUE или FALSE при подключении напрямую зависят от возвращаемого значения метода `isConnected()`, реализованного непосредственно в библиотеке EasyModbus TCP.

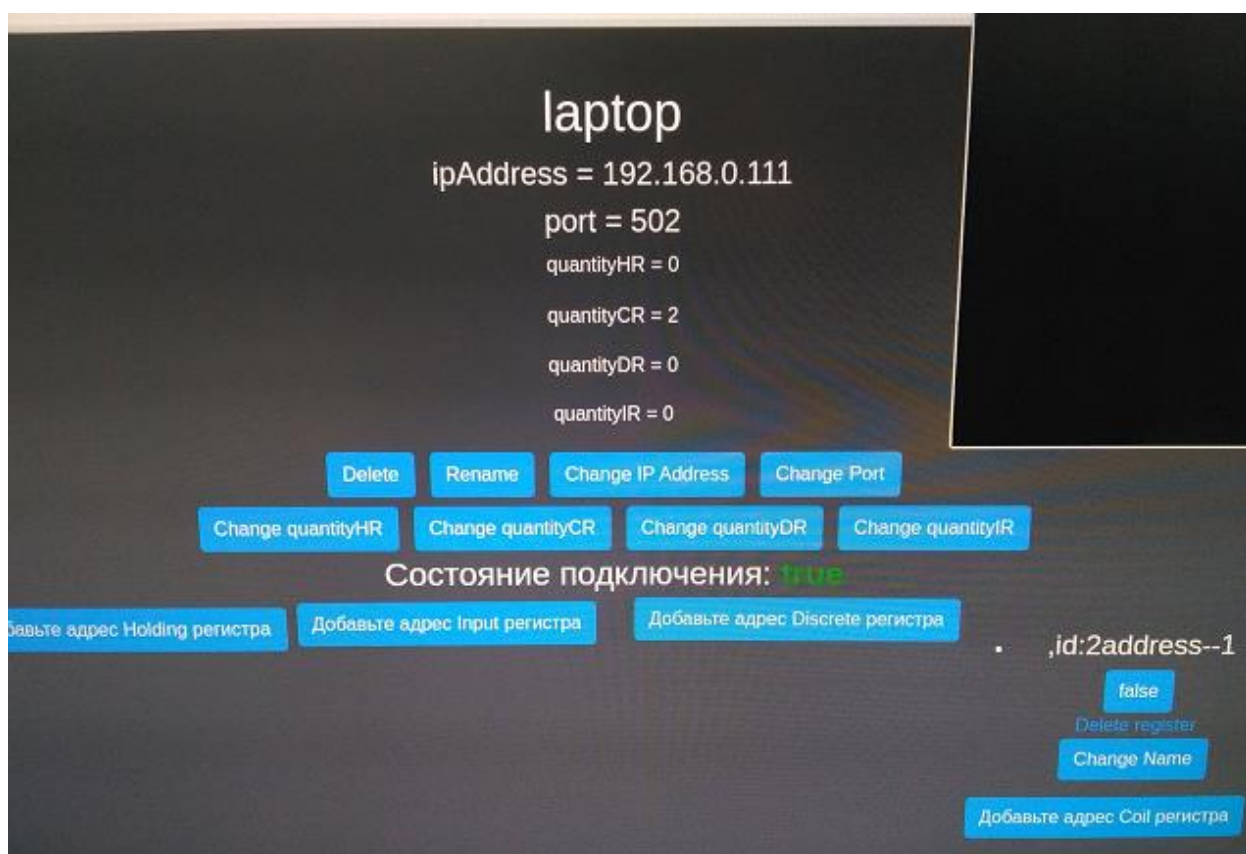


Рисунок 25 – Отображение статуса подключения к эмулятору

Так как был задан адрес coil-регистра для операций чтения и записи, то для данной категории регистров отображаются активные регистры. Для

coil-регистра с адресом 1 отображается статус FALSE. В данном меню можно сменить название регистра (для отслеживания), произвести удаление регистра из активных, а также добавить.

За все время тестирования прототипа веб-системы база данных пополнялась данными об устройствах и регистрах. К примеру, на рисунке 26 представлена таблица «device» базы данных «modbusDB», в которой сохранились тестовые запуски веб-приложения. Последняя строка в таблице, запись об устройстве с идентификатором 15 – это данные об устройстве, используемом при тестировании данного веб-приложения.

	id	ip_address	name	port	quantitycr	quantitydr	quantityhr	quantityir
▶	11	192.168.0.11	testOwen	139	0	0	0	0
	9	109.123.179.233	test2	1201	0	0	5	0
	10	192.168.0.10	owen	139	0	0	0	0
	12	190.201.100.100	test3	502	0	0	0	0
	13	127.0.0.1	modbusTest	502	0	0	0	1
	14	1	1	1	1	1	1	1
	15	192.168.0.111	laptop	502	2	1	1	1
•	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рисунок 25 – Таблица устройств базы данных modbusDB

#### 4.4 Вывод по разделу

В данном разделе были описаны особенности программной реализации разрабатываемого веб-приложения, обоснован выбор программных и аппаратных средств, проведено тестирование прототипа системы веб-управления ПЛК. При разработке серверной части веб-приложения были описаны принципы построения архитектуры приложения, структура проекта и решения, которые были приняты в ходе работы.

В результате получен прототип системы веб-управления, который значительно компактнее и дешевле в сравнении с конкурирующими решениями и подходит для использования в системе дистанционного образования.

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В рамках данной научно–исследовательской работы представлена разработка человеко-машинного и веб-интерфейса, дающая возможность операторам, находящимся на производстве, осуществлять управление протеканием технологического процесса, а также контроль за данным процессом. Управление и контроль осуществляются при помощи при помощи удаленного интерфейса, расположенного на сервере в сети Интернет. Целью работы является разработка более дешевого способа удаленного взаимодействия с программируемым логическим контроллером. Разработанное устройство осуществляет прием и передачу информации с ПЛК с помощью протокола Modbus TCP и отправку на удаленный компьютер при помощи сервера, расположенного на микрокомпьютере Raspberry Pi.

Целью текущего раздела является проведение анализа продукта для установки его экономической ценности на рынке. Данная оценка помогает определить потенциальных покупателей, себестоимость продукта, определить цену за единицу продукта или единичную услугу.

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для того, чтобы осуществить анализ возможных потребителей исследования, а именно веб-интерфейса, необходимо рассмотреть целевой рынок и осуществить его сегментирование.

Объектом разработки является технология, представляющая собой веб-интерфейс, цель которого – обеспечить возможность удаленного



взаимодействия пользователей с программируемым логическим контроллером, следовательно, потребителями могут являться предприятия, имеющие в работе автоматизированные системы управления на программируемых логических контроллерах, но нуждающиеся в технологии дистанционного управления данными системами. Это может быть коммерческое предприятие, осуществляющее, помимо прочих, инженерную и операторскую деятельность, использующая дистанционные технологии для расширения возможностей, также это может быть государственное образовательное учреждение (например, Томский политехнический университет), которое использует дистанционные технологии для удаленного образования и, в том числе, удаленного проведения лабораторных работ.

Таким образом, для реализации разработанного устройства веб-интерфейса на рынке подходят следующие сегменты: средние и крупные компании с автоматизированными системами малой и средней мощности. Для средних компаний важную роль играет цена предлагаемого решения и при этом не так важно наличие огромного функционала, учитывающего работу автоматизированных систем высокой мощности. Для крупных компаний важна идея внедрения дистанционных технологий.

Изначально проект ориентирован на русскоговорящих пользователей.

### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Рынок постоянно предлагает новые варианты пользователям, поэтому необходимо периодически проводить системный анализ разработок конкурентов, которые представлены на рынке. Благодаря анализу возможно своевременно корректировать направление научного исследования и конкурировать с другими соперниками.

Конкуренцию разрабатываемой системе преимущественно составляют существующие приемы удаленной связи с оборудованием, основанной на OPC-сервере и SCADA, а также готовые решения для определенных

программируемых логических контроллеров, часто используемых в системах АСУ ТП.

Рассмотрим такие решения как: сетевой шлюз для доступа к сервису OwenCloud RS-485 и удаленный доступ к ПЛК, НМІ и сетям автоматизации от MOXA INC.

Компания «ОВЕН» является одной из ведущих российских разработчиков и производителей контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации для различных отраслей промышленности. Данная компания предоставляет на рынке как ПЛК, так и среду для их программирования и облачный сервис OwenCloud для удаленного управления приборами ОВЕН.

MOXA INC. – мировой лидер в производстве и разработке оборудования связи для систем промышленной автоматизации. Сетевое решение MRC сочетает в себе MRC Server, MRC шлюз и MRC Client. MRC Server – это платформа для управления, которая обеспечивает взаимодействие между MRC шлюзом и MRC Client. MRC шлюз – это шлюз, обеспечивающий удаленное подключение Ethernet-устройств на объекте. MRC Client – это программное обеспечение, позволяющее инженерам подключаться к удаленным устройствам [16].

Для оценки конкурентоспособности разрабатываемой системы была составлена карта сравнения конкурентных технических решений, представленная в таблице 3. Индексом «ф» обозначена собственная разработка, индексом «к1» – решение компании ОВЕН, индексом «к2» – решение компании MOXA INC.

Таблица 3 – Сравнительный анализ конкурентных решений рынка средств удаленной связи с оборудованием систем АСУ ТП (оценочная карта)

Критерии оценки	Вес критери я	Баллы			Конкурентоспосо бность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки							
Энергопотребление	0,1	5	3,5	3	0,5	0,35	0,3
Скорость передачи данных	0,1	3,5	4	5	0,35	0,4	0,5
Надежность	0,2	3,5	4,5	5	0,7	0,9	0,1
Универсальность	0.1	4	1	5	0,4	0,1	0,5
Удобство эксплуатации	0.1	2,5	3,5	4,5	0,25	0,35	0,45
Экономические критерии оценки							
Срок эксплуатации	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
Стоимость продукта	0,15	5	4	2,5	0,75	0,6	0,37 5
Доступность	0,1	3,5	4,5	5	0,35	0,45	0,5
Поддержка и сервисное обслуживание	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>40</b>	<b>3,9</b>	<b>3,85</b>	<b>0,34 5</b>

Слабыми сторонами разрабатываемого веб-интерфейса можно считать:

- скорость передачи данных;
- удобство эксплуатации, доступность;

- минимальный функционал.

Несмотря на приведенные факты, разрабатываемый интерфейс остается конкурентоспособным, так как имеет ряд преимуществ по ряду технических и экономических критериев:

- дешевизна компонентов;
- небольшие габариты и вес;
- низкая цена относительно конкурентов;
- возможность быстрого расширения функционала;
- возможность встраивания в Moodle.

Из полученных результатов оценки можно сделать вывод о том, что конкурентоспособность научной разработки находится относительно на одном уровне с конкурентами и имеет весомое преимущество в виде стоимости. Продукты конкурентов выигрывают по уровню функционала, защиты данных пользователей.

### **5.1.3 Технология QuaD**

Для оценки перспективности разработки в соответствии с методологией QuaD была составлена оценочная карта, которая представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карта перспективности разработки

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средне-взвешенное значение
Энергопотребление	0,1	90	100	0,90	0,09
Скорость передачи данных	0,1	75	100	0,75	0,075
Надежность	0,2	65	100	0,65	0,13
Универсальность	0,1	80	100	0,8	0,08
Удобство эксплуатации	0,1	60	100	0,6	0,06
Срок эксплуатации	0,05	80	100	0,8	0,04
Стоимость продукта	0,15	95	100	0,95	0,1425
Доступность	0,1	85	100	0,85	0,085
Поддержка и сервисное обслуживание	0,1	85	100	0,85	0,085
<b>Итого</b>	1			7,15	0,7875

Анализ, произведенный по технологии QuaD, показал, что перспективность разрабатываемого программного продукта выше среднего, так как итоговое показательное значение попадает в диапазон от 60 до 79.

#### 5.1.4 SWOT-анализ

В ходе исследования внешней и внутренней среды разрабатываемого решения веб-интерфейса был осуществлен комплексный анализ данного научно–исследовательского проекта, а именно SWOT–анализ.

Анализ позволяет дать качественную оценку текущей ситуации, а также позволяет конкретизировать внешние угрозы.

Сначала необходимо определить сильные и слабые стороны разрабатываемого решения, возможности и угрозы, затем необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательской работы внешним условиям среды. Данный анализ помогает определить меры, которые необходимо предпринять, чтобы повысить эффективность разработки проекта и снизить влияние угроз.

Результаты выполненной работы приведены в таблице 5.

Таблица 5 – SWOT анализ

	<b>Сильные стороны:</b> 1. Простота поддержки и обслуживания 2. Дешевизна комплектующих и аппаратной части. 3. Распространенность используемого стека технологий.	<b>Слабые стороны:</b> 1. Меньший функционал в сравнении с конкурентами 2. Отсутствие рекламной кампании 3. Малые масштабы использования
<b>Возможности:</b> 1. Расширение функционала 2. Использование в сфере дистанционного образования	Простой интерфейс и реализация, а также сравнительно низкая стоимость способны привлечь клиентов. Также данная разработка может быть полезна при проведении дистанционных лабораторных работ в университетах, имеющих программы дистанционного образования.	При доработке функционала и минимальной рекламной кампании появится возможность увеличить количество потенциальных клиентов. Заинтересованность университетов в расширении возможностей дистанционного образования позволит использовать разрабатываемый веб-интерфейс в Moodle.
<b>Угрозы:</b> 1. Недостаточный уровень финансирования 2. Популярность темы изобретения и появление конкурентов на рынке	Из-за низкой стоимости комплектующих есть возможность совершенствовать функционал и производить первые версии продукта. При недостаточной финансировании есть возможность вложить собственные средства.	Необходимо привлечение сторонних источников финансирования для того, чтобы выйти на более масштабный уровень производства. Также необходима активная работа над расширением функционала, чтобы сохранить и усилить позиции на рынке.

По результатам проведенного SWOT-анализа можно сделать вывод, что несмотря на имеющуюся угрозу и наличие слабых сторон решения, существует перспектива реализации выявленных возможностей. Основным преимуществом разрабатываемого продукта является низкая стоимость разработки и эксплуатации, за счет данного преимущества можно сделать продукт более конкурентоспособным, но при этом необходимо учитывать

внешние угрозы и слабые стороны, так как, например, наличие сильных конкурентов весомерно занижает возможную выгоду от разработки собственного продукта.

## **5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

Для последовательной и успешной разработки проекта необходимо грамотное планирование работ. Данный раздел посвящен планированию научно-исследовательских работ и определению их структуры.

### **5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Перечень этапов работы и распределение исполнителей представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ этапа работы	Этапы работы	Исполнители этапа
1	Разработка и утверждение технического задания	Руководитель
2	Изучение информации по теме работы	Инженер
3	Анализ аналогичных разработок	Инженер
4	Разработка календарного плана	Инженер, руководитель
5	Определение необходимых комплектующих	Инженер
6	Поиск и покупка необходимых комплектующих	Инженер, руководитель
7	Настройка аппаратной части устройства	Инженер
8	Определение стека технологий для написания программной части работы	Инженер
9	Написание программной части	Инженер

## Продолжение таблицы 6

№ этапа работы	Этапы работы	Исполнители этапа
10	Тестирование и отладка программной части на собственном компьютере	Инженер
11	Отладка взаимодействия программной и аппаратной частей	Инженер, руководитель
12	Доработка веб-интерфейса	Инженер
13	Анализ полученных результатов	Руководитель
14	Написание пояснительной записки	Инженер

Таким образом, для реализации данного проекта по разработке прототипа веб-интерфейса необходимо реализовать 14 этапов, в которых будут задействованы инженер и руководитель.

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Так как основу стоимости разработки составляют именно трудовые затраты, то определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом.

Для определения трудоёмкости работ, необходимо оценить минимальное и максимальное затраченное на работу время. Проведём расчёт ожидаемой трудоёмкости с помощью формулы (1).

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы в человеко-днях;

$t_{\min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы в человеко-днях;

$t_{\max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств в человеко-днях).



### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

В 2021 году 365 календарных дней, 299 рабочих дней, 66 выходных/праздничных дней для шестидневной рабочей недели (согласно производственному календарю). Рассчитаем коэффициент календарности на 2021 год (выражение 2):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{календ.}}}{T_{\text{календ.}} - T_{\text{вых.}} - T_{\text{пр.}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1.22, \quad (2)$$

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

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

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

После того, как произведен расчет коэффициента календарности, составим таблицу временных показателей проведения научного исследования (приложение А.1).

Для визуализации продолжительности этапов разработки была построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 26. Для создания диаграммы был использован сервис GantPro. Таким образом, в рамках определения трудоемкости выполненных работ, был осуществлен расчет необходимых показателей и составлен план–график, при следовании которому реализация данной научно–исследовательской работы будет выполнена в срок.

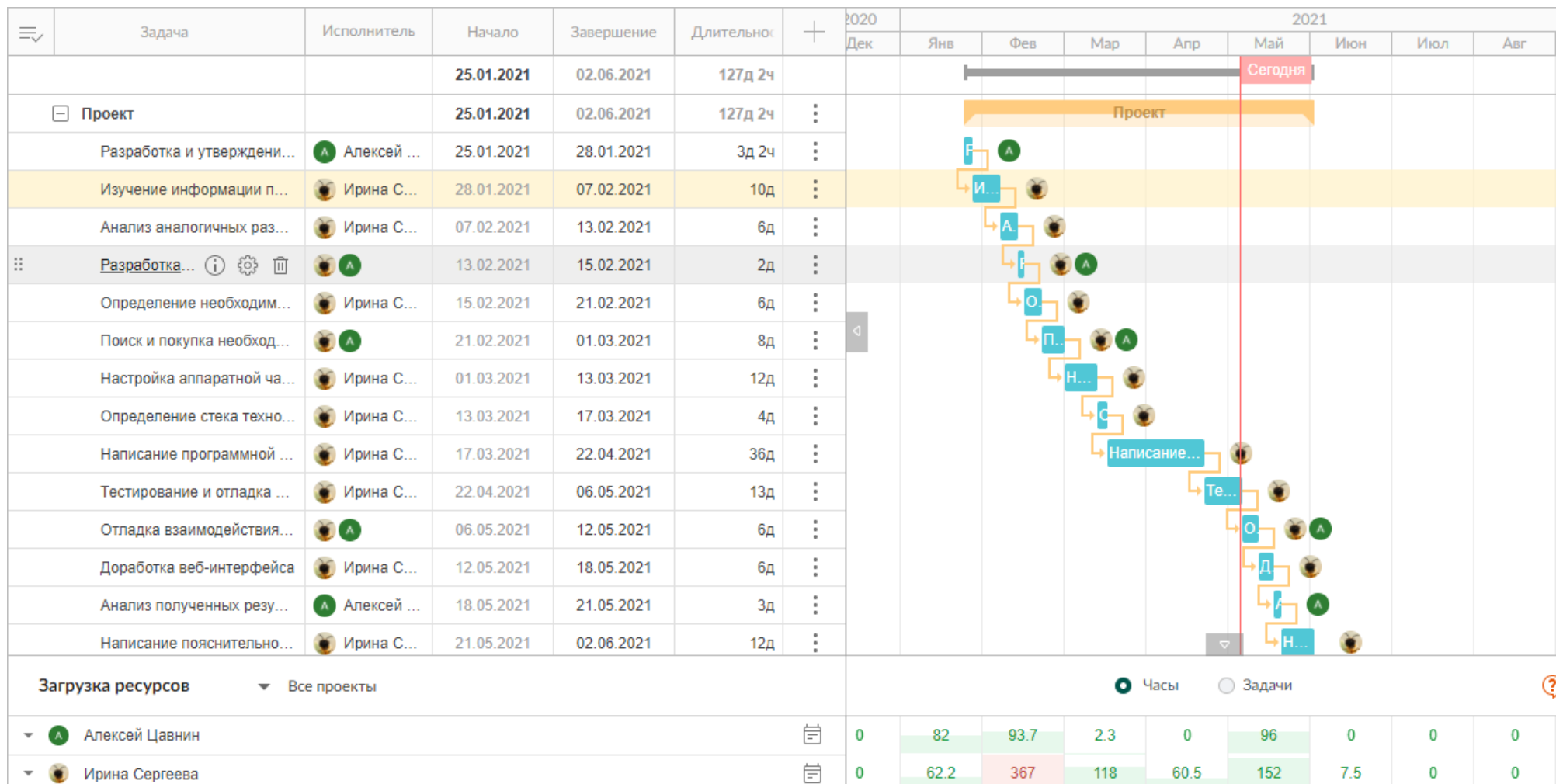


Рисунок 26 – Диаграмма Ганта

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

Данный раздел посвящен планированию бюджета проекта. В ходе данного этапа учитываются все виды расходов, которые связаны с выполнением научно-технического исследования. Данный раздел важен, так как позволяет облегчить мероприятия, связанные с покупкой комплектующих, наймом сотрудников, что в целом скажется на эффективности и успехе запланированной работы.

#### 5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данные о материальных затратах, возникающих в ходе реализации системы удаленного управления ПЛК, представлены в таблице 7. Канцелярские и иные мелкие принадлежности (компьютерная мышь, коврик для мыши) не учитывались, так как в бюджете проекта будут предусмотрены накладные расходы.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб	Затраты, руб.
Raspberry Pi 3 Model B	1	4140	4140
USB кабель	2	250	500
SD-карта 32 ГБ	1	350	350
Блок питания	1	450	450
Итого:			5440

Таким образом, материальные затраты на реализацию системы удаленного управления ПЛК составили 5440 рублей.

### 5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования необходимого для реализации системы удаленного управления ПЛК.

Затраты на специальное оборудование приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Количество, шт.	Цена за ед., руб	Затраты, руб.
Персональный компьютер	1	40000	40000
Маршрутизатор	1	2600	2600
Итого:			42600

Для офисной техники (код 330.28.23.23) срок полезного использования составляет от 2 до 3 лет. Для вычисления амортизации данный срок можно принять за 3 года. Для маршрутизатора (код 320.26.30.11) срок полезного использования варьируется от 5 до 7 лет, примем для расчета среднее значение – 6 лет.

Норма амортизации вычисляется по следующей формуле:

$$A_n = \frac{100\%}{n} = \frac{100\%}{3} = 33,33\%, \quad (3)$$

где  $n$  – количество лет полезного использования.

Годовые амортизационные вычисления рассчитываются в формуле (4):

$$A_{\Gamma} = S * \frac{A_{\text{н}}}{100\%} = 40000 * 0,33 = 13200 \text{ руб.}, \quad (4)$$

где  $S$  – стоимость основного фонда;

$A_{\text{н}}$  – норма амортизации.

Ежемесячные амортизационные отчисления рассчитываются по формуле (5):

$$A_{\text{м}} = \frac{A_{\Gamma}}{12} = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ руб.} \quad (5)$$

Также необходимо рассчитать амортизацию для маршрутизатора по формулам 3-5.

Норма амортизации составит:

$$A_{\text{н}} = \frac{100\%}{n} = \frac{100\%}{6} = 16,67\%,$$

Годовые амортизационные вычисления составят:

$$A_{\Gamma} = S * \frac{A_{\text{н}}}{100\%} = 2600 * 0,167 = 434 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления составят:

$$A_{\text{м}} = \frac{A_{\Gamma}}{12} = \frac{434}{12} = 36 \text{ руб.}$$

Таким образом, за период выполнения исследовательской работы с учётом того, что ее продолжительность равна 4,2 месяца (для расчета необходимо взять целое число месяцев, в данном случае – 5), амортизация составляет:

$$A = 434 * 5 + 36 * 5 = 5680 \text{ руб.}$$

Таким образом, за время разработки веб-интерфейса 5680 будет потрачено на покрытие амортизационного износа специального оборудования.

### **5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы**

Величина расходов по заработной плате рассчитывается на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет основной заработной платы исполнителей, задействованных в разработке данного проекта и дополнительной заработной платы выполняется по формуле (6):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата сотрудника рассчитывается по формуле (7):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (7)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника, руб.;

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, рабочие дни.

Среднедневная заработная плата сотрудника рассчитывается по формуле (8):

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где  $Z_M$  – оклад сотрудника за месяц, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года, рабочие дни.;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни.

Расчёт баланса рабочего времени приведён в таблице 9.

Таблица 9 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатель рабочего времени	Руководитель/инженер
Календарное число дней	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Таким образом, в 2021 году действительный годовой фонд рабочего времени составляет 243 дня. Исходя из всех найденных показателей можно составить таблицу расчета основной заработной платы.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (9):

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (9)$$

где  $Z_{ТС}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 для города Томска.

В таблице 10 представлен расчет основной заработной платы сотрудников – инженера и руководителя. Оклад руководителя принят за 30000 руб., оклад инженера за 15000 руб.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$T_p$ , дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	30000	58500	2503,7	0,3	0,2	1,3	18	45066,6
Инженер	15000	29250	1251,9	0,3	0,2	1,3	100	125190
Итого:								170256,6

Общий размер основной заработной платы составил 170256,6 руб.

### 5.3.4 Дополнительная заработная плата

Также необходимо учесть дополнительную заработную плату исполнителей, чтобы наиболее точно оценить расходы на работу сотрудников. Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле (10). Величина надбавочного коэффициента в рамках научной работы была принята за 0,15.

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (10)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12 – 0,15).

Результат расчёта дополнительной заработной платы работников приведён в таблице 11.

Таблица 11 – Расчёт дополнительной заработной платы работников

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Надбавочный коэффициент	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	45066,6	0,15	6760
Инженер	125190		18778,5
Итого			25538,5



Общий размер дополнительной заработной платы составил 25538,5 руб.

### 5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Следующая статья расходов включает в себя обязательные отчисления в фонды социального и медицинского страхования, а также пенсионный фонд. Величина отчислений во внебюджетные фонды вычисляется по формуле (11).

$$З_{\text{ВН}} = (З_{\text{ОСН}} + З_{\text{ДОП}}) \cdot k_{\text{ВН}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{ВН}}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

В таблице 12 представлен результат расчёта отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 12 – Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Сумма отчислений во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	45066,6	6760	0,302	15651,6
Инженер	125190	18778,5		43478,5
Итого:				59130,1

Суммарный размер отчислений во внебюджетные фонды составил 59130,1 руб.

### 5.3.6 Накладные расходы

Также необходимо учесть накладные расходы, так как это довольно обширная статья расходов, которая учитывает дополнительные затраты на разработку данного проекта. Величина накладных расходов рассчитывается по формуле (12).

$$Z_{\text{НАКЛ}} = 0,16 * (Z_{\text{М}} + Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}} + Z_{\text{ВНЕБ}} + Z_{\text{АМ}}), \quad (12)$$

где 0,16 – коэффициент накладных расходов.

Таким образом, накладные расходы составляют:

$$\begin{aligned} Z_{\text{НАКЛ}} &= 0,16 * (5440 + 170256,6 + 25538,5 + 59130,1 + 5680) \\ &= 42567,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Для данной работы накладные расходы составляют 42567,2 руб.

### 5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Величины затрат, рассчитанные в предыдущих пунктах, составляют основу бюджета научно-исследовательской работы, которая является нижним пределом затрат на разработку системы удаленного управления программируемым логическим контроллером. В таблице 14 представлен бюджет проекта.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	5440	Пункт 4.3.1
Амортизация основных средств	5680	Пункт 4.3.2

Продолжение таблицы 14

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Затраты по основной заработной плате	170256,6	Пункт 4.3.3
Затраты по дополнительной заработной плате	25538,5	Пункт 4.3.4
Страховые взносы	59130,1	Пункт 4.3.5
Накладные расходы	42567,2	Пункт 4.3.6
Общий бюджет	308612,4	Сумма всех пунктов

Таким образом, общий бюджет затрат на разработку системы удаленного управления программируемым логическим контроллером составляет 308612,4 руб.

#### **5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Следующим этапом в ходе анализа экономической эффективности реализации проекта является определение ресурсоэффективности и финансовой эффективности. Для этого необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования.

Для анализа финансовой и ресурсной эффективности учтем два варианта исполнения серверной части веб-приложения: с использованием фреймворка Spring (далее И1) и с использованием фреймворка PrimeFaces (далее И2).

Интегральный финансовый показатель определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения проекта.

Для первого варианта исполнения стоимость разработки составляет 308612,4 руб., для второго варианта исполнения стоимость разработки составит 350000 руб. Таким образом, интегральные финансовые показатели для исп. 1 и исп. 2:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{308612,4}{350000} = 0,88,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{350000}{350000} = 1,$$

Таким образом, более дешевым вариантом исполнения оказался первый, так как Spring Boot более распространен и используется на различных платформах и операционных системах.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности каждого из вариантов исполнения можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (14)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки.

Для расчета показателя используются данные, представленные в таблице 15.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент параметра	И1	И2
Простота разработки	0,15	5	4
Скорость разработки	0,2	4	3
Надежность	0,4	4	4
Простота применения	0,25	4	3
Итого	1	17	14

Для определения сравнительной эффективности проекта необходимо сравнить полученные интегральные показатели для двух предложенных вариантов исполнений.

Проведенный расчет данного показателя, а также сравнение вариантов исполнения по нему представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Эффективность разработки

Показатели	И1	И2
Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,88
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,55
Интегральный показатель эффективности	4,15	4,04
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,03	0,97

Таким образом, первый вариант исполнения серверной части веб-приложения для удаленного управления программируемым логическим контроллером является более выгодным по показателю сравнительной эффективности.

## 5.5 Вывод по разделу

В ходе анализа коммерческого потенциала разработки, а также оценки ее ресурсной эффективности был сформирован основной бюджет разработки, поставлены план и сроки, определены положительные и отрицательные факторы, влияющие на конкурентоспособность разработки.

При анализе конкурентоспособности проекта было выявлено, что предлагаемое в данной работе решение способно существенно удешевить процесс удаленного управления промышленным оборудованием, при этом имея необходимый функционал.

При определении слабых и сильных сторон проекта с помощью SWOT-анализа была выявлена необходимость доработки функционала, а также ценовое преимущество разработки и эксплуатации перед конкурентами.

В разделе планирование были распределены задачи и их продолжительность среди исполнителей, а также составлен поэтапный план работ в рамках НТИ. График работ визуализирован с помощью диаграммы Ганта. Ориентировочная длительность разработки проекта составляет 126 дней, бюджет которой составляет 308612,4 рублей.

В рамках определения ресурсной и финансовой эффективности проекта было исследовано два варианта исполнения серверной части веб-приложения для удаленного управления программируемым логическим контроллером, в результате чего на основе интегральных показателей было выявлено, что наиболее выгодным является первый вариант исполнения, который и был реализован.

## **6 Социальная ответственность**

В рамках ВКР было создано веб-приложение, позволяющее удаленно взаимодействовать с программируемым логическим контроллером, используя сеть Интернет. Данное веб-приложение имеет серверную часть, физическим носителем которой является одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi. Полезность данной разработки заключается в удешевлении процесса удаленного взаимодействия с ПЛК из-за использования микрокомпьютера вместо стационарного персонального компьютера или специализированного сервера.

Целью работы является обеспечение удаленных пользователей возможностью взаимодействия с промышленным оборудованием, таким как программируемые логические контроллеры.

В разработанном веб-приложении пользователь сможет установить связь с контроллером, введя его IP-адрес, номер порта, с которого будут считываться данные по протоколу связи Modbus TCP. Аппаратная часть системы состоит из микрокомпьютера Raspberry Pi, на котором установлена операционная система Raspbian из семейства ОС Linux.

Потенциальными пользователями являются средние и крупные компании с автоматизированными системами малой и средней мощности. Веб-приложение является универсальным способом удаленного взаимодействия с промышленным оборудованием, а Raspberry Pi, на котором удобно расположить сервер, существенно удешевляет и уменьшает вес аппаратной части системы удаленного взаимодействия с ПЛК.

Данное приложение разрабатывалось во время прохождения производственной практики в Томском политехническом университете, место проведения работ – десятый корпус ТПУ, отделение автоматизации и робототехники.

## **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **6.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Трудовые отношения между работодателем и работником регулируются с помощью законодательного акта "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020), что позволяет урегулировать вопросы, связанные с организацией труда, управлением трудом, заработной платой, трудовыми спорами и другие. Ниже приведены его наиболее важные для соблюдения фрагменты:

- нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю;
- в течение рабочего дня (смены) работодатель обязуется предоставить работникам перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Правилами внутреннего трудового распорядка или трудовым договором может быть предусмотрено, что указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы (смены) не превышает четырех часов (в ред. Федерального закона от 18.06.2017 N 125-ФЗ);
- всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых).

### **6.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны**

Рабочее место должно быть организовано с учетом требований ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».



При организации работы с электронно-вычислительными машинами, согласно указанному выше документу, должны быть соблюдены следующие условия:

1. Высота рабочего стола с клавиатурой должна составлять (680 – 800) мм над уровнем стола;
2. Конструкция рабочей мебели должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы;
3. При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук для исключения нарушений в опорно-двигательном аппарате и приобретения симптомов постоянных нагрузок;
4. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600 – 700) мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

## **6.2 Производственная безопасность**

В данном подразделе приведен анализ вредных и опасных факторов, которые воздействуют на разработчиков программного и аппаратного обеспечения на своих рабочих местах. Вредные, а также опасные факторы, рассматриваемые в стандарте ГОСТ 12.0.003-2015 [17], подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические группы.

Все выявленные факторы приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень опасных и вредных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Сборка аппаратной части	Разработка программной части	Эксплуатация	
1. Отклонения показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»[18]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны и недостаток естественного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»[19]
3. Электромагнитные излучения	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [20].
4. Повышенный уровень шума			+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [21].
5. Статические физические перегрузки	+	+		ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные факторы» [22]
6. Опасность поражения электрическим током	+		+	ГОСТ Р 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»[23]

Исходя из данной таблицы можно сделать вывод, что на разработчиков программного и аппаратного обеспечения в ходе их деятельности воздействуют только физические и психологические факторы, а химические и биологические факторы отсутствуют. Следовательно, необходимо принять соответствующие меры по контролю за соблюдением требований и норм.

## 6.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат является одним из важнейших параметров помещения, в котором происходит рабочий процесс. Микроклимат сочетает в себе температурные условия, показатели влажности, скорости движения воздуха и так далее.

Зачастую причиной отклонения показателей от установленных норм является некорректная работа системы вентиляции помещения, которая влияет на все параметры микроклимата.

Норма показателей микроклимата регламентируется СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Работа, выполняемая разработчиком системы удаленного управления программируемым логическим контроллером, относится к категории Ia, так как она является малоподвижной и малоинтенсивной, физическое напряжение может возникнуть лишь от статичности положения тела. В таблицах 18 и 19 представлены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах для данной категории.

Для поддержания микроклимата в помещении необходимо придерживаться следующих правил:

- оборудовать рабочее помещение кондиционерами, термометрами и средствами увлажнения воздуха;
- регулировать температуру воздуха и скорость движения воздуха с помощью данных приборов либо/и с помощью проветривания;
- регулярно проводить влажную уборку помещения;
- рационально размещать рабочие места.

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, С <sup>0</sup>	Температура поверхностей, С <sup>0</sup>	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	(23 – 25)	(22 – 26)	(40 – 60)	0,1
Холодный	(21 – 23)	(20 – 24)	(40 – 60)	0,1

Таблица 19 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, С <sup>0</sup>		Температура поверхности, С <sup>0</sup>	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин
Теплый	(20,0 – 21,9)	(24,1 – 28,0)	(19,0 – 29,0)	(15 – 75)	0,1	0,3
Холодный	(19,0 – 20,9)	(23,1 – 24,0)	(18,0 – 25,0)	(15 – 75)	0,1	0,2

### 6.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны и шум

Из-за недостаточной освещенности рабочей зоны может пострадать зрение работников, уровень работоспособности, а также недостаточное освещение в целом может негативно сказаться на психологическом состоянии работников.

Согласно СП 52.13330.2016 зрительную работу разработчика программного обеспечения можно характеризовать как работу разряда Б – высокой точности (наименьший эквивалентный размер объекта различения составляет (0,3 – 0,5) мм), подразряда 1 (относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность не менее 70%), так как на разработку и отладку программного обеспечения системы удаленного управления программируемым логическим

контроллером ушло наибольшее количество времени от всей продолжительности работы над ВКР. В таблице 20 представлены требования к освещению рабочего помещения для данного разряда.

Таблица 20 – Требования к освещению рабочего помещения для разряда Б1

Искусственное освещение				Естественное освещение	
Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кл, %, не более	Коэффициент естественной освещенности, %, при	
				верхнем или комбинированном	боковом
300	100	21	15	3	1

Для снижения влияния фактора недостаточной освещенности необходимо, чтобы уровень яркости дисплея персонального компьютера и уровень естественного освещения были приблизительно одинаковыми, в ином случае глаза работника будут быстро утомляться. Для снижения нагрузки на глаза также рекомендуется снизить уровень синей составляющей матрицы дисплея, либо увеличить уровень красной составляющей, так как синее излучение экрана негативно влияет на зрение. При недостаточной освещенности помещения может помочь расширение оконного проема кабинета и установка дополнительных источников искусственного освещения, организация дополнительного отдыха.

Также согласно СанПиН 2.23.2/2.4.1340-03 [6], в производственных помещениях при выполнении работ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, которые установлены для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. При высоком уровне шума рекомендуется использовать звукопоглощающие материалы, а также занавески из плотной ткани, создающие дополнительный

звукопоглощающий эффект. При работе над данным НТИ высокий уровень шума может быть на этапе эксплуатации системы удаленного управления программируемым логическим контроллером для персонала, находящегося непосредственно в аудитории или лаборатории, в которой установлен контроллер, неблагоприятным фактором может стать монотонный шум, издаваемый электроприборами и специфичным оборудованием, характерным для лабораторий отделения автоматизации и робототехники.

### **6.2.3 Статические физические перегрузки**

Работа разработчика тесно связана с малоподвижной деятельностью, а значит может вызвать гиподинамию. Данный вредный фактор приводит к нарушению опорно-двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта и другим нарушениям. Это значительно сказывается на состоянии организма сотрудника и усугубляет как его повседневную жизнь, так и качество его работы, и работоспособность в целом.

Для профилактики гиподинамии рекомендуется принять следующие меры:

- увеличение общей физической активности;
- регулярные перерывы на работе для небольшой разминки.

### **6.2.4 Опасность поражения электрическим током и электромагнитное излучение**

Работа разработчика происходит в непосредственной близости от электрических сетей и приборов, поэтому существует риск поражения током в результате несчастного случая либо при несоблюдении работником правил обращения с электроприборами и сетями.

Чтобы снизить риск поражения электрическим током, покрытие полов следует делать из однослойного линолеума, что снизит величины зарядов статического электричества. Несмотря на то, что эти величины безопасны для здоровья человека, вычислительная техника подвергается опасности при воздействии зарядов такого рода.

К факторам, повышающим вероятность удара током, относятся: высокая влажность воздуха (более 75%), наличие токопроводящей пыли, отсутствие или нарушение изоляционной защиты кабелей и проводов, нагромождение электроприборов и так далее.

Рабочее место разработчика системы удаленного взаимодействия с программируемым логическим контроллером не является помещением повышенной опасности поражения электрическим током.

Меры предосторожности при работе с электроприборами и сетями заключаются в проведении инструктажей техники безопасности, отсутствие жидкостей (напитков, легко проливающейся еды) непосредственно вблизи ЭВМ и розеток, своевременное оповещение о возможном нарушении изоляции кабелей, розеток, неисправности оборудования.

Еще одним вредным фактором производства являются электромагнитные излучения. Защита работников от вредного воздействия электромагнитного излучения осуществляется проведением организационных и инженерно-технических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты. Также для минимизации воздействия данного вредного фактора необходимо расположить рабочее место работника так, чтобы влияние ЭМИ было наименьшим. Так как работника во время разработки программного и аппаратного обеспечения практически всегда окружают электроприборы, то с помощью описанных мер возможно лишь снизить влияние данного фактора, но не исключить полностью.

### 6.3 Экологическая безопасность

В результате работы над НТИ была разработана программно-аппаратная система удаленного управления промышленным логическим контроллером, аппаратная часть которой состоит из микрокомпьютера Raspberry Pi и непосредственно программируемого логического контроллера (на этапе эксплуатации системы). Для создания программной части использовался ноутбук, персональный компьютер и маршрутизатор. В накладные расходы разработки также включены канцелярские принадлежности, затраты на электроэнергию и воду.

Комплектующие для компьютера и другой орг. техники токсичны, а галогеновые лампы и батарейки ядовиты для литосферы и гидросферы.

Чтобы минимизировать загрязнение окружающей среды макулатурой, необходимо утилизировать ее в соответствии с ГОСТ Р 55090-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги».

Утилизация компьютерного оборудования происходит через обязательное извлечение компонент, их сортировку и последующую отправку для повторного использования. Такая утилизация обязательно производится на оборудованных полигонах с привлечением квалифицированного персонала.

Для данного НТИ был использован микрокомпьютер Raspberry Pi, утилизация которого возможна при обращении в фирму Raspberry, которая имеет соответствующие документы, подтверждающие, что утилизация устройства является безопасной.

Мероприятия, позволяющие сохранять экологическую безопасность при использовании офисной техники и микроЭВМ Raspberry Pi:

- правильная утилизация устройств, а также их комплектующих;
- использование энергосберегающих ламп;
- использование компьютеров в режиме энергосбережения;



- использование аккумуляторов вместо солевых батареек;
- своевременное отключение неиспользуемых электроприборов.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для офисных помещений пожар и короткое замыкание являются типичными ЧС, причем короткое замыкание чаще всего предшествует пожару. Так как разработка представляет собой аппаратно-программное устройство, для которого необходимо питание от переменного и постоянного напряжений, и работа над НТИ велась в офисном помещении, то необходимо предпринять соответствующие меры для минимизации риска возникновения данных ЧС.

В качестве предупреждающих мер от ЧС необходимо обеспечить изоляцию электрических контактов, регулярную диагностику состояния электропроводки в помещении.

Для предотвращения возникновения указанных ЧС необходимо:

- регулярно проводить инструктажи сотрудников предприятия по пожарной безопасности;
- разместить в помещении план эвакуации и плакаты с краткой информацией с действиями при возникновении пожара;
- соблюдать правила и нормы при монтаже электронных приборов и проведении электрической проводки;
- оборудовать помещение пожарной сигнализацией и красными кнопками, а также средствами тушения пожара.

#### **6.5 Вывод по разделу**

В результате работы по разделу «Социальная ответственность» были выявлены основные правовые нормы для обеспечения безопасности

жизнедеятельности на рабочем месте. Проведен анализ наиболее значимых опасных и вредных факторов, которые возникают при работе над программным и аппаратным обеспечением и при его эксплуатации.

Также был рассмотрен характер влияния предлагаемого решения на окружающую среду и описаны меры, помогающие минимизировать негативное экологическое влияние.

Были рассмотрены наиболее типичные для данной работы ЧС, такие как короткое замыкание и пожар, а также описаны предупреждающие и диагностические меры по предотвращению возможных ЧС.

Подводя итоги раздела, можно отметить, что нарушений по организации рабочего процесса при выполнении ВКР выявлено не было, а все необходимые требования и нормы безопасности соблюдены.

## Заключение

В результате работы был разработан прототип системы веб-управления программируемым логическим контроллером по протоколу Modbus TCP. В результате работы было получено веб-приложение, размещенное на микрокомпьютере Raspberry Pi. При разработке использовался фреймворк Spring для языка программирования Java, возможности операционной системы Raspbian линейки операционных систем Debian, средство управления базами данных H2, эмулятор ведомого устройства протокола Modbus.

В начале работы были сформированы задачи для реализации прототипа системы веб-управления, выполнен обзор похожих решений на рынке АСУ ТП, обзор используемых в разработке программных средств и описание будущей архитектуры веб-приложения.

Следующим шагом было выбрано программное и аппаратное обеспечение для данной работы, проведено сравнение с инструментами с похожими характеристиками, разработана структура веб-приложения. Данное веб-приложение реализовано с помощью среды программирования IntelliJ Idea.

Далее было проведено тестирование прототипа системы веб-управления в локальной сети, созданной с помощью маршрутизатора.

Основные результаты проведенной работы:

- проведен обзор существующих решений, изучены протоколы данных Modbus TCP и RTU;
- выполнена программная реализация веб-приложения с использованием библиотеки EasyModbusTCP для Java;
- настроено аппаратное обеспечение для запуска тестирования;
- проведена апробация разработанного прототипа, в ходе которой была установлена связь со slave-устройством.

На этапе финансового анализа были выявлены возможности, слабые и сильные стороны разработанного решения для участия в конкуренции, а также необходимый бюджет и сроки реализации.

В разделе социальной ответственности были определены вредные и опасные факторы, относящиеся к разработке прототипа, описаны способы предотвращения и прекращения воздействия данных факторов. Анализ рабочего места показал отсутствие нарушений при выполнении выпускной квалификационной работы по различным аспектам в области безопасности.

Таким образом, в рамках выпускной квалификационной работы были выполнены все поставленные задачи, что позволило достигнуть цель работы, получен прототип системы веб-управления программируемым логическим контроллером, который протестирован на эмуляторе.

## Список литературы

1. SCADA. – Текст : электронный // TADVISER: [сайт]. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/SCADA> (дата обращения: 15.04.2021).
2. Заводунов, А. О. Представление современных сетевых технологий АСУ ТП в учебном процессе / А. С. Славкин, О. В. Шишов // Огарёв-Online. – 2018. №13 (118). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predstavlenie-sovremennyh-setevyih-tehnologiy-asu-tp-v-uchebnom-protssesse> (дата обращения: 27.05.2021).
3. Облачный сервис OwenCloud. – Текст : электронный // ОВЕН: [сайт]. – URL: <https://owen.ru/owencloud> (дата обращения: 16.04.2021).
4. Промышленный интернет вещей. Текст : электронный // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный\\_интернет\\_вещей](https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный_интернет_вещей) (дата обращения: 01.05.2021).
5. Интернет вещей для автоматизации промышленных предприятий. / ООО «Интелвижен» // ИСУП. – 2020. № 6 (90). [Электронный ресурс]. URL: <https://isup.ru/articles/50/16210/> (дата обращения: 05.05.2021).
6. Что такое DNS-сервер. Текст : электронный // SELECTEL: [сайт]. – URL: <https://selectel.ru/blog/dns-server/> (дата обращения: 02.04.2021).
7. Веб-приложение. – Текст : электронный // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Веб-приложение> (дата обращения: 01.05.2021).
8. Сергеев, О. А. Использование REST-архитектуры в современных веб-приложениях / О. А. Сергеев // Современные научные исследования и инновации. – 2019. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2019/02/88775> (дата обращения: 15.05.2021).
9. Библиотека EasyModbusTCP.java, открытый исходный код. Текст : электронный // Github: [Электронный ресурс]. – URL:

<https://github.com/rossmann-engineering/EasyModbusTCP.Java> (дата обращения: 12.03.2021).

10. Modbus. – Текст : электронный // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus> (дата обращения: 10.04.2021).

11. Преобразование протоколов Modbus. – Текст : электронный // МОХА: [сайт]. – URL: <https://moxa.pro/articles/articles/nastroyka-mgate-prostokak-raz-dva-tri/> (дата обращения: 16.04.2021).

12. Spring Boot Introduction. – Text : electronic // Tutorials Point: [site]. – URL: [https://www.tutorialspoint.com/spring\\_boot/spring\\_boot\\_introduction.html](https://www.tutorialspoint.com/spring_boot/spring_boot_introduction.html) (date of treatment: 16.04.2021).

13. SSH. – Текст : электронный // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SSH> (дата обращения: 10.04.2021)

14. JDK. – Текст : электронный // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Java\\_Development\\_Kit](https://ru.wikipedia.org/wiki/Java_Development_Kit) (дата обращения: 12.04.2021)

15. Installing maven on the Raspberry Pi. – Text : electronic // Xianic blog: [site]. – URL: <https://xianic.net/2015/02/21/installing-maven-on-the-raspberry-pi/> (date of treatment: 19.04.2021).

16. Moxa Remote Connect Suite. Text : electronic // МОХА: [site]. – URL: <https://www.moxa.com/en/products/industrial-network-infrastructure/secure-remote-access/moxa-remote-connect-suite> (date of treatment: 19.04.2021).

17. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные факторы» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст : электронный.

18. СанПиН 2.2.4548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – URL:

<http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст : электронный.

19. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>. (дата обращения: 20.04.2021). – Текст : электронный.

20. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст : электронный.

21. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 20.04.2021). – Текст : электронный.

22. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные факторы». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 21.04.2021). – Текст : электронный.

23. ГОСТ Р 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 21.04.2021). – Текст : электронный.

## Приложение А

(обязательное)

### Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Длит. работы в рабочих днях		Длит. работы в календарных днях		Трудоемкость работ, чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	t <sub>min</sub> , чел. – дн.		t <sub>max</sub> , чел. – дн.		t <sub>ож</sub> , чел. – дн.	
					Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Разработка и утверждение технического задания	2,8	-	3,4	-	2	-	4	-	2,8	-
Изучение информации по теме работы	-	8,2	-	10	-	7	-	10	-	8,2
Анализ аналогичных разработок	-	4,8	-	5,9	-	4	-	6	-	4,8
Разработка календарного плана	0,9	0,9	1,1	1,1	1	1	3	3	1,8	1,8
Определение необходимых комплектующих	-	5,2	-	6,34	-	4	-	7	-	5,2
Поиск и покупка необходимых комплектующих	3,4	3,4	4,15	4,15	6	6	8	8	6,8	6,8
Настройка аппаратной части устройства	-	9,6	-	11,7	-	8	-	12	-	9,6
Определение стека технологий для написания программной части работы	-	2,8	-	3,4	-	2	-	4	-	2,8
Написание программной части	-	29	-	35,4	-	25	-	35	-	29
Тестирование и отладка программной части на собственном компьютере	-	11,2	-	13,7	-	10	-	13	-	11,2



Продолжение приложения А

Название работы	Длит. работы в рабочих днях		Длит. работы в календарных днях		Трудоемкость работ, чел-дни					
					t <sub>min</sub> , чел. – дн.		t <sub>max</sub> , чел. – дн.		t <sub>ож</sub> , чел. – дн.	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Отладка взаимодействия программной и аппаратной частей	4,9	4,9	6	6	8	8	11	11	9,8	9,8
Доработка веб-интерфейса	-	6,2	-	7,6	-	5	-	8	-	6,2
Анализ полученных результатов	2,8	-	3,4	-	2	-	4	-	2,8	-
Написание пояснительной записки	-	10	-	12,2	-	8	-	13	-	10
Итого	14,8	97	18	113						