

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>Проектирование автоматизированной системы управления групповой замерной установки</b>

УДК 004.896:681.586:622.276.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т72	Паршин Сергей Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	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 применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
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	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей

<b>ПК(У)-2</b>	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оптотехники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
<b>ПК(У)-3</b>	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
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	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
<b>ПК(У)-6</b>	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
<b>ПК(У)-7</b>	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
<b>ПК(У)-8</b>	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
<b>ПК(У)-9</b>	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
<b>ПК(У)-10</b>	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
<b>ПК(У)-11</b>	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
<b>ПК(У)-18</b>	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
<b>ПК(У)-19</b>	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
<b>ПК(У)-20</b>	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
<b>ПК(У)-21</b>	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
<b>ПК(У)-22</b>	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  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

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

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### 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	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

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  
Воронин А.В.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т72	Паршин Сергей Владимирович

Тема работы:

<b>Проектирование автоматизированной системы управления групповой замерной установки</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-7/с от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
------------------------------------------	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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><b>Объект исследования:</b> Автоматизированная система управления групповой замерной установки.  <b>Цель работы:</b> Проектирование системы управления с использованием отечественного оборудования.  <b>Режим работы:</b> Непрерывный.</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. Описание технологического процесса.</li> <li>2. Модернизация существующих решений.</li> <li>3. Разработка структурной схемы автоматизированной системы.</li> <li>4. Разработка функциональной схемы автоматизации.</li> <li>5. Выбор средств автоматизации.</li> </ol>

	6. Разработка схем соединения внешних проводок. 7. Разработка алгоритмов управления. 8. Разработка экранных форм.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Структурная схема автоматизированной системы. 2. Функциональная схема автоматизации. 3. Схема соединений внешних проводок. 4. Блок-схемы алгоритмов управления. 5. Мнемосхема системы управления.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Нет	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	11.04.2022
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т72	Паршин Сергей Владимирович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

<b>Группа</b> 3-8Т72		<b>ФИО</b> Паршин Сергей Владимирович	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

#### Проектирование автоматизированной системы управления групповой замерной установки

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- оклад инженера – 31258,00 руб. в месяц; - оклад руководителя проекта – 35111,5 руб. в месяц; - тариф на электроэнергию – 5,24 руб./кВт*ч.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- накладные расходы 16%;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- коэффициент отчислений во внебюджетные фонды 27,1%

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

1. Расчет инновационного потенциала НТИ	- SWOT-анализ; - Анализ конкурентных технических решений
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	- расчет материальных затрат; - расчет основной и дополнительной заработной платы; - расчет отчислений во внебюджетные фонды; - расчет бюджета проекта.

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

1. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т72	Паршин Сергей Владимирович		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 3-8Г72		<b>ФИО</b> Паршин Сергей Владимирович	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

<b>Проектирование автоматизированной системы управления групповой замерной установки</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> рабочее место оператора автоматизированной системы управления групповой замерной установки (АГЗУ).  <i>Область применения:</i> системы сбора нефти на нефтепромыслах  <i>Рабочая зона:</i> операторская  <i>Размеры помещения:</i> 3*5 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер.  <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль и управление параметрами объекта управления с помощью персонального компьютера с применением SCADA-систем.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</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>	<p><b>Трудовой кодекс</b> Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).</p> <p><b>ГОСТ 12.0.003-2015.</b> Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.</p> <p><b>СанПиН 1.2.3685-21.</b> Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p><b>ГОСТ 12.1.005-88.</b> Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</p> <p><b>ГОСТ 12.2.032-78.</b> Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p><b>ГОСТ 22269-76.</b> Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p><b>ГОСТ 21889-76.</b> Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.</p> <p><b>ГОСТ 21958-76.</b> Система «Человек-машина». Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования</p> <p><b>СанПиН 2.2.4.3359-16.</b> «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».</p> <p><b>ГОСТ 12.1.029-80.</b> Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.</p> <p><b>МР 2.2.9.2311-07</b> «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».</p> <p><b>ГОСТ 12.1.038-82.</b> Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.</p> <p><b>ГОСТ 12.1.002-84.</b> Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.</p> <p><b>СНиП 41-01-2003.</b> Отопление, вентиляция и кондиционирование</p> <p><b>СП 52.13330.2016.</b> Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95</p>

<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p><b>Опасные факторы:</b> 1. Производственные факторы, связанные с поражением электрическим током.</p> <p><b>Вредные факторы:</b> 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 2. Активное наблюдение за ходом производственного процесса. 3. Отклонение показателей микроклимата.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> средства нормализации воздушной среды (сплит-системы); средства нормализации освещения (потолочное и настольное освещение); устройства защитного отключения; защитные ограждения.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b></p>	<p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выброс углеводородов. Воздействие на селебную зону, литосферу, гидросферу не выявлено.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> Техногенные аварии (отказ оборудования, систем безопасности; нарушение режима эксплуатации автоматизированной системы управления).</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> возникновение пожара в помещении</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т72	Паршин Сергей Владимирович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц, 34 формулы, 15 рисунков, 24 таблицы, 24 источника литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: ГЗУ, дебит нефти, расход жидкости, датчики, ПЛК, SCADA.

Объектом исследования является групповая замерная установка (ГЗУ).

Цель работы – проектирование автоматизированной системы управления групповой замерной установкой (ГЗУ) с использованием ПЛК на базе выбранной SCADA – системы.

В настоящей работе приведены решения по автоматизации системы диспетчерского управлению групповой замерной установки, выбору контроллерного оборудования и датчиков, разработке схема: автоматизации, структурной, информационных потоков.

Данная система находит применение в системах, осуществляющих управление и сбор данных и контроль на предприятиях промышленного сектора. Благодаря внедрению разработанной системы повышается точность и надежность измерений, сокращается число аварий и увеличивается производительность.

## Содержание

Определения .....	15
Обозначения и сокращения.....	17
Введение.....	18
1 Основные требования к составу и автоматике АГЗУ .....	19
1.1 Основные цели и задачи создания АСУ ТП.....	19
1.2 Состав АГЗУ .....	19
1.3 Требования к автоматике ГЗУ .....	20
1.4 Требования технического обеспечения .....	20
1.5 Требования к метрологическому обеспечению .....	21
1.6 Требования к информационному обеспечению.....	22
1.7 Требования по стандартизации и унификации .....	23
2 Разработка аппаратной части системы автоматизации.....	24
2.1 Описание технологического процесса.....	24
2.2 Устройство и работа основных частей установки.....	25
2.3 Функциональная схема автоматизации .....	26
2.4 Разработка структурной схемы АС.....	28
3 Выбор средств реализации АС .....	30
3.1 Выбор контроллерного оборудования ГЗУ .....	30
3.2 Выбор датчиков .....	33
3.2.1 Датчик расхода жидкости .....	33
3.2.2 Счетчик газа.....	35
3.2.3 Датчик уровня.....	37
3.2.4 Датчик давления.....	38
3.2.5 Газосигнализатор .....	40
3.2.6 Отсекатель скважины ОС-2М1 .....	42
3.3 Разработка схемы внешних проводок.....	42
4 Выбор алгоритмов управления АС ГЗУ .....	43
4.1 Алгоритм сбора данных измерений .....	44

4.2 Алгоритм автоматического регулирования параметра .....	44
5 Разработка экранных форм .....	46
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 48	
6.1 Технология QuaD .....	48
6.2 SWOT – анализ .....	50
6.3 Организация и планирование работ .....	54
6.4 Определение трудоемкости выполнения работ .....	55
6.5 Расчет сметы затрат на выполнение проекта .....	60
6.5.1 Расчет затрат на материалы .....	60
6.5.2 Расчет заработной платы.....	61
6.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей исследования.....	63
6.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	64
6.5.5 Расходы на амортизацию.....	65
6.5.6 Накладные расходы.....	65
6.5.7 Расходы на электроэнергию.....	66
6.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	67
7 Социальная ответственность .....	71
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	71
7.2 Производственная безопасность.....	75
7.2.1 Уровень шума на рабочем месте .....	76
7.2.2 Электрический ток .....	77
7.2.3 Уровень электромагнитных излучений .....	78
7.2.4 Микроклимат воздуха рабочей зоны .....	79
7.2.5 Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания.....	81
7.2.6 Освещенность рабочей зоны.....	82
7.3 Экологическая безопасность.....	82
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
7.5 Выводы по разделу.....	86
Заключение .....	87

Список использованных источников .....	88
Приложение А (Обязательное) Функциональная схема автоматизации.....	91
Приложение Б (Обязательное) Трехуровневая структура АС .....	92
Приложение В (Обязательное) Алгоритм сбора данных.....	93
Приложение Г (Обязательное) Схема внешних проводок.....	94
Приложение Д (Обязательное) Мнемосхема системы управления.....	95

## **Определения**

В выпускной квалификационной работе применяются следующие термины, с соответствующими им определениями:

**автоматизированная система АС:** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций;

**мнемосхема:** Графическое отображение в упрощенной форме функциональной схемы на экране АРМ;

**видеокадр:** Зона на экране, на которой отображаются мнемосхемы, тренды, табличные формы, окна управления, журналы и т.п.

**интерфейс оператора:** Набор аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, который обеспечивает взаимодействие между пользователями и системой;

**техническое задание на АС (ТЗ):** Технический документ, устанавливающий цели, набор требования и ключевые исходные данные, требуемые на этапах разработки проектируемой системы;

**технологический процесс (ТП):** Идущие подряд технологические взаимосвязанные действия, требуемые для производства конкретного типа работ.

**SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition):** Используемый для создания ПО систем контроля технологическими процессами и сбора информации в реальном времени программный пакет;

**объект управления (ОУ):** Система, на которую направлены управляющие воздействия с ПЛК;

**исполнительное устройство:** Функциональный элемент системы автоматического управления, который воздействует на объект, изменяя поток энергии или материалов, которые поступают на объект;

**управляющее воздействие:** Воздействие, которое непосредственно оказывается на объект управления и вызывает однозначную реакцию в изменении значений и параметров, характеризующих состояние ОУ;

**возмущающее воздействие:** Процесс на входе объекта управления, являющийся помехой управлению;

**программируемый логический контроллер (ПЛК):** Устройство, которое выполняет управление физическими процессами по заранее заданному в него алгоритму, с использованием информации, получаемой от датчиков и выводимой в исполнительные устройства;

**автоматизированное рабочее место (АРМ):** Индивидуальная совокупность технических средств и программных продуктов, предназначенная для автоматизации профессионального труда специалиста. Для создания АРМ обычно применяются SCADA-системы;

**Modbus:** Протокол для коммуникации устройств, осуществленный на архитектуре «клиент-сервер».

**пропорционально-интегрально-дифференцирующей регулятор (ПИД-регулятор):** Устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи, второе – интеграл сигнала рассогласования, третье – производная сигнала рассогласования.



## **Обозначения и сокращения**

В выпускной квалификационной работе применяются следующие сокращения:

АГЗУ-автоматизированная групповая замерная установка;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АС – автоматизированная система.

БД- база данных;

БТ – блок технологический;

ГП – гидропривод;

ИМ – исполнительный механизм;

ПАЗ – противоаварийная автоматическая защита;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПО – программное обеспечение;

ПСМ – переключатель скважин многоходовой;

САР – система автоматического регулирования;

## Введение

В современном мире внедрение автоматизации в технологические процессы является одним из наиболее распространенных решений, позволяющих как улучшить условия труда работников предприятия, так и в целом повысить экономию рабочего времени при изготовлении каждой единицы продукции. Внедрение автоматизации позволяет снизить издержки производства, а также повысить безопасность работников, особенно в местах, где работа непосредственно связана с рисками для здоровья человека. Автоматизированная система должна отвечать множеству требований, чтобы быть действительно эффективной, именно поэтому процесс её создания является достаточно сложной и емкой задачей.

Целью текущего исследования в рамках выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы управления групповой замерной установки, также разработка технической документации, включающей в себя функциональную схему, схему внешних проводок, а также реализация функциональной схемы на базе отечественного контроллерного оборудования с использованием соответствующего программного обеспечения.

При разработке схем и документации АСУ ТП в данном исследовании использовались следующие программные продукты: CoDeSys – интегрированная среда разработки приложений для программируемых логических контроллеров, Visio – векторный графический редактор блок-схем и диаграмм, КОМПАС-3Д-универсальная система автоматизированного проектирования.

При помощи разработанной системы автоматизации появляется возможность получения централизованного контроля над работой всего технологического оборудования, становится возможно удаленное управления исполнительными механизмами, а также регулирование каждого из отдельно взятых технологических параметров как в штатном режиме работы, так и в случае возникновения каких-либо аварийных ситуаций.

## **1 Основные требования к составу и автоматике АГЗУ**

### **1.1 Основные цели и задачи создания АСУ ТП**

В текущем техническом задании преследуются цель описать задачу проектирования системы автоматизированного управления групповой замерной установки.

Автоматизированная система управления включает в себя ряд средств, целью которых является управление тем или иным технологическим процессом, а также его остановка при возникновении аварийной ситуации. Важно понимать, что в системе подразумевается наличие человека-диспетчера, с сохранением за ним ряда функций, которые не поддаются автоматизации.

В общем виде можно выделить основные цели автоматизированной системы управления ГЗУ:

- автоматический выбор и переключение скважины для последующего замера дебита нефти и газа;
- осуществление всестороннего наблюдения за ТП;
- осуществление мероприятий по предотвращению возникновения аварийных ситуаций.

### **1.2 Состав АГЗУ**

Под типовым составом АГЗУ подразумевается наличие двух блоков: технологического и аппаратурного.

Состав технологического блока подразумевает наличие таких компонентов как:

- замерный сепаратор с рядом датчиков;
- переключатель скважин многоходовой;
- запорная арматура.

Состав аппаратурного блока подразумевает наличие таких компонентов как:

- блок управления;
- блок питания;
- блок индикации

### **1.3 Требования к автоматике ГЗУ**

Основными задачами, выполнение которых должна осуществлять автоматика ГЗУ относятся:

- переключение скважины на замер дебита нефти;
- перекрытие трубопровода, отходящего от скважины при угрозе аварийной ситуации;
- измерение параметров температуры, давления и расхода газа в сепараторе;
- регулирование уровня жидкости в сепарационной емкости;
- осуществление контроля от несанкционированного проникновения;
- постоянный мониторинг и передача данных оператору о текущем состоянии технологического процесса.

### **1.4 Требования технического обеспечения**

Все датчики и средства автоматизации, непосредственно используемые в технологическом процессе, должны устанавливаться во взрывозащищенном и искробезопасном исполнении.

Сепарационная емкость должна иметь антикоррозионное покрытие как внутри, так и снаружи. Также должно быть антикоррозионное покрытие на проточной части переключателя скважин многоходового.

Приборы и средства автоматизации должны обеспечивать безопасность работы при эксплуатации по нормам, действующим в РФ.

Система автоматизации должны иметь резерв технических средств для бесперебойной работы на весь срок эксплуатации. Также должна быть

заложена возможность масштабирования системы, рекомендуемый запас по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

При прокладке кабелей допустимо использование проводок только с медными жилами и материалом оболочки–поливинилхлорид. Материал не должен распространять горение.

Для элементов средств измерения, находящихся в непосредственном контакте с агрессивной средой, должно быть предусмотрено покрытие коррозионностойкими материалами.

При проектировании АГЗУ ввиду санкций со стороны западных стран возможно использование средств измерения и другого технологического оборудования отечественного производителя. При выборе опираться на высокие показатели срока службы и времени наработки на отказ. Минимальный срок службы оборудования – 10 лет.

Программируемые логические контроллеры должны иметь возможность подключения модулей, для обеспечения коммуникационных возможностей таких протоколов как: Modbus TCP, Modbus RTU, HART. Также должна сохраняться возможность построения сложных сетей управления, возможность подключения удаленных модулей сбора и хранения данных. Допускается использование модулей во взрывозащищенном и/или искробезопасном исполнении.

### **1.5 Требования к метрологическому обеспечению**

Все средства измерения должны иметь свидетельства об утверждении типа средства измерения на территории РФ и внесенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с правилами метрологии. Исполнительные устройства должны соответствовать требованиями ГОСТ Р 8.1004-2021 «Системы измерений количества и параметров нефти в нефтегазовой смеси и измерительные установки. Метрологические и технические требования» [1].

Также все средства измерения должны соответствовать требованию Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями на 11 июня 2021 года) и соответствующих ГОСТов.

В соответствии с ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологическое Обеспечение измерительных систем. Основные положения» измерительная система является разновидностью средств измерений и на неё распространяются все общие требования к средствам измерения [2].

Для всех средств измерения, входящих в разработанную автоматизированную систему обязательно наличие подтверждающего сертификата, в котором будет указан тип средства измерения, его описание, а также утвержденную методику поверки.

В соответствии с государственным стандартом ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин» все значения контролируемых параметров ТП должны выражаться в единицах международной системы единиц [3].

Каждая единица оборудования, используемая в технологическом процессе автоматизированной системы управления, должна использоваться в соответствии с заявленными производителем условиями эксплуатации оборудования.

## **1.6 Требования к информационному обеспечению**

Информационное обеспечение автоматизированной системы управления должно обладать достаточным объемом для выполнения основной функции, к которой относится полная и достоверная оценка состояния всего технологического оборудования, входящего в технологический процесс, а также правильность режимов его работы. Должно быть обеспечено точное распознавание отказов (выхода из строя) технологического оборудования.

В соответствии с требованиями к информационному обеспечению имеем место трёхуровневая структура данных:

- на первом уровне находятся данные, получаемые с первичных датчиков. Длительное хранение не требуется, достаточно временного хранения данных;
- на втором уровне находятся данные, требующие постоянного хранения: настройки, отвечающие за функционирование системы, а также архивные данные;
- на третьем уровне находятся данные управляющие экранными формами, сгенерированные отчеты и т.д.

Система должна быть защищена от несанкционированного обновления значений, отвечающих за регулирование системы, сигнализацию аварий, а также изменение функций, отвечающих за расчет показателей системы.

### **1.7 Требования по стандартизации и унификации**

Основным требованием к стандартизации является наличие в спроектированной автоматизированной системе управления унифицированных сигналов ввода/вывода. Таким образом возможно использование как аналогового сигнала с токовым выходом (4 - 20) мА, так и дискретного сигнала с величиной напряжения 24 В.

Для передачи данных должны использоваться такие интерфейсы как RS-485 и Ethernet, по коммуникационному протоколу Modbus RTU и Modbus TCP/IP соответственно.

## 2 Разработка аппаратной части системы автоматизации

### 2.1 Описание технологического процесса

Газожидкостная смесь из скважин поступает в переключатель скважин многоходовой. Затем смесь, проходящая через него, поступает в сепаратор, а оставшаяся продукция отправляется в общий трубопровод. Затем выделившийся в сепараторе газ идет в общий трубопровод, предварительно пройдя через счетчик газа вихревой (СВГ.М). Выделившаяся в процессе сепарации жидкость оседание в нижней ёмкости сепаратора. Принципиальная технологическая схема групповой замерной установки приведена на рисунке 1.

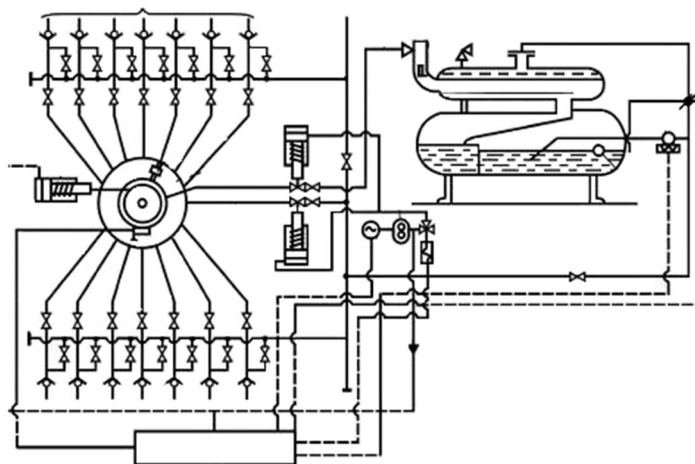


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема ГЗУ

При помощи датчика уровня, используя систему рычагов, перекрывается газовая линия, что приводит к повышению давления в сепарационной ёмкости. При достижении заданного перепада давления происходит открытие клапана регулятора расхода жидкости, и вследствие действия избыточного давления происходит выдавливание смеси в общий трубопровод. При уменьшении перепада давления до 0,03 МПа происходит закрытие клапана регулятора расхода.

Внутри сепаратора нефтяная смесь пропускается через счетчики жидкости, где продолжительность истечения пропорциональна количеству жидкости, которая поступает из замеряемой скважины. В момент достижения



уровня жидкости в нижней сепарационной емкости ниже половины диаметра этой емкости открывается заслонка и скопившийся газ выпускается в общий коллектор. Это приводит к снижению давления газа в сепараторе, срабатывает регулятор клапана расхода, происходит его закрытие и последующее накопление жидкости.

В свою очередь жидкость из нижней части сепаратора пропускается через счетчик жидкости турбинный (в работе будет использоваться TOP 1-50), а затем отправляется в общий трубопровод. Таким образом достигается постоянное измерение количества жидкости через счетчик жидкости.

Переключение скважин на замер осуществляется при помощи программируемого логического контроллера по заранее установленному алгоритму или же используя команды диспетчера по средствам телемеханики.

При исправной работе в сепараторе возможны 2 варианта положения газовой заслонки и регулятора расхода жидкости:

- оба механизма закрыты. В таком случае уровень жидкостной смеси высокий, будет происходить дополнительная аккумуляция жидкости и повышение избыточного давления в сепарационной емкости;
- газовая заслонка закрыта, в то время как клапан регулятора расхода находится в открытом положении. В таком случае происходит истекание жидкости через турбинные счетчики жидкости.

## **2.2 Устройство и работа основных частей установки**

*Емкость сепарационная.* Основное назначение сепарационной емкости заключается в разделении газожидкостных сред, путем разделения газа и жидкости для их последующего измерения.

В общем виде конструкция сепаратора подразумевает наличие двух сепарационных емкостей: для жидкости и газа соответственно. Внутри емкостей имеются перегородки и полки, также подразумевается наличие специального фильтра (роль которого выполняет перфорированная перегородка) для отлова инородных твердых предметов. Грязь,

накапливающаяся в процессе эксплуатации установки, скапливается в нижней емкости сепаратора, а затем выводится через два специальных отвода.

*Переключатель скважин многоходовой ПСМ.* Переключатель скважин многоходовой ПСМ предназначается для выбора требуемой для измерения дебита нефти скважины в автоматическом (с помощью алгоритмов ПЛК) и/или ручном режиме (посредством систем телемеханики).

*Газовая заслонка.* Заслонка газовая предназначается для перекрытия газопровода с целью повышения избыточного давления в емкости сепаратора.

*Регулятор расхода.* Регулятор расхода предназначен для поддержания требуемого расхода жидкости, истекающей через счетчик жидкости.

*Счетчик турбинный.* Счетчик жидкости турбинный предназначен для проведения замера количества жидкостной смеси, поступающей в трубопровод из скважины.

### **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Одним из основных документов проектной документации является функциональная схема. На функциональной схеме показана структура и объем автоматизации технологического оборудования, механизмов и т.д.

На функциональной схеме автоматизации отображаются в виде условных изображения механизмы, вспомогательные устройства, органы управления и другие средства автоматизации. Функциональная связь между каждым из элементов на схеме показывается в виде линий.

В итоге разработки функциональной схемы автоматизации технологического процесса решается ряд задач таких как:

- выбор методов и технологических средств для получения и последующей обработки первичной информации;
- выбор наиболее подходящих предъявляемым требованиям технических средств для воздействия на технологический процесс с целью управления им и/или стабилизации его параметров.

- выбор места расположения средств автоматизации технологического процесса, а также способа представления информации о его состоянии.

Опираясь на ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [4] и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [5] и в соответствии с техническим заданием в ходе выполнения выпускной квалификационной работы была спроектирована функциональная схема автоматизации, общий вид которой представлен на рисунке 2.

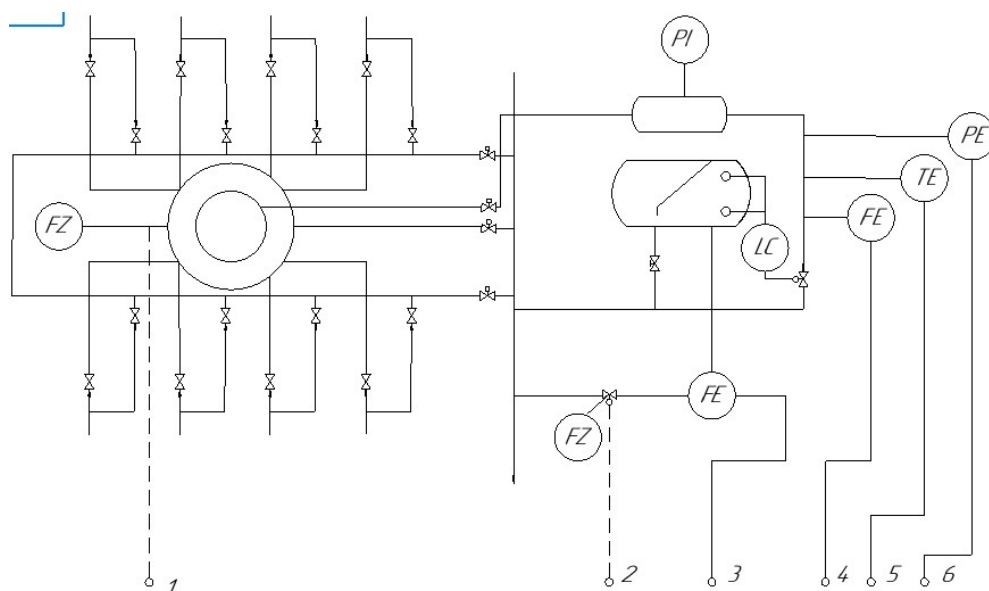


Рисунок 2 – Функциональная схема

На сепараторе установлены следующие устройства.

*1. Манометр, показывающий МП*

Обозначение на схеме PI – прибор для измерения давления, показывающий, установленный по месту.

*2. Счетчик газа вихревой*

Обозначение на функциональной схеме FTIR – прибор для измерения расхода, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.

*3. Датчик расхода*

Обозначение на функциональной схеме FE – прибор для измерения расхода, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту

#### *4. Сигнализатор уровня*

Обозначение на функциональной схеме LC, прибор для измерения уровня, установленный по месту.

#### *5. Преобразователь термоэлектрический*

Обозначение на функциональной схеме TE, прибор для измерения температуры, установленный по месту.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно ГОСТ 21.408-2013 [5] и приведена в приложении А. На схеме выделены каналы измерения (3-6) и каналы управления (1,2). При помощи контуров 1-3 осуществляется смена подключенной на замер дебита нефти скважины.

### **2.4 Разработка структурной схемы АС**

Объектом управления является групповая установка, а конкретно ПСМ и сепаратор. Так установка скважины на замер осуществляется с помощью ПСМ, а разделение сред с последующим замером дебита каждой происходит в сепарационной емкости.

В системе управления можно выделить три уровня. Так на верхнем уровне, иначе говоря, информационно-вычислительном, находятся сервера баз данных, АРМ диспетчера и другие компьютеры, объединенные в локальную вычислительную сеть по протоколу Ethernet.

На среднем уровне, иначе говоря, контроллерном, располагается ПЛК, на котором происходит автоматическое управление технологическим объектом в режиме реального времени. Данные собираются с датчиков на нижнем уровне. Информация со среднего уровня поступает в сеть диспетчерского пункта, где происходит её окончательная обработка.

На нижнем уровне находятся первичные измерительные приборы: датчик температуры, давления и расхода на газовой линии, регулятор расхода на линии жидкости. Информация, полученная с датчиков, поступает на

программируемый логический контроллер (средний уровень), где осуществляется ряд функций, таких как:

- сбор и последующая первичная обработка сигналов, полученных с датчиков нижнего уровня;
- автоматическое управление исполнительными механизмами в соответствии с заданным алгоритмом;
- исполнение команд, отправленных с верхнего уровня управления;

Для нижнего уровня выбран интерфейс HART, так как технология HART занимает лидирующие позиции в системах автоматизации, имеется возможность более обширной выборки устройств, обеспечивается высокий уровень совместимости, а также большинство устройств 4-20 мА имеют поддержку HART-стандарта.

Аппаратные средства САУ взаимодействуют друг с другом следующим образом:

- взаимодействие датчиков нижнего уровня и исполнительных устройств, с ПЛК осуществляется на базе интерфейса HART.
- взаимодействие ПЛК с контроллером верхнего уровня осуществляется на базе интерфейса Ethernet;
- взаимодействие между рабочими местами диспетчеров и контроллером верхнего уровня также осуществляется на базе интерфейса Ethernet.

### **3 Выбор средств реализации АС**

Задачей выбора средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

На момент написания выпускной квалификационной работы против страны был введен ряд экономических санкций, что ограничивает выбор как контроллерного оборудования, так и измерительных и исполнительных устройств. В силу вышеописанных обстоятельств выбор будет осуществляться между устройствами отечественного производства.

Система автоматического управления – это совокупность устройств, с помощью которых возможно осуществление контроля за технологическим процессом, а также управление им без непосредственного контакта человека с исполнительными устройствами, которые в свою очередь воздействуют на технологический объект, получая команду с программируемого логического контроллера.

Измерительные приборы предназначены для измерения определенных (заданных конструкцией) физических величин с целью их регистрации и отсчета. На контроллерном оборудовании выполняется непосредственный анализ входных сигналов, с последующим выполнением математических операций над ними.

В данной выпускной квалификационной работе будут использоваться датчики с поддержкой выходного токового сигнала (4 – 20) мА.

#### **3.1 Выбор контроллерного оборудования ГЗУ**

Одним из основных элементов проектируемой автоматизированной системы управления ТП является программируемый логический контроллер. В ходе исследования преследуется цель подобрать такой отечественный контроллер, который сможет удовлетворять основным требованиям при использовании ПЛК в автоматизированных системах, а именно:

- длительная работа практически без участия человека;
- эксплуатация в отличных от нормальных условий;

- достаточно малое время выполнения цикла;
- поддержка основных промышленных протоколов.

Программируемый логический контроллер осуществляет контроль за состоянием устройств ввода-вывода, в соответствии с полученными данными формирует заранее определенные команды для подключенных исполнительных устройств.

На выбор взято 3 варианта отечественных ПЛК, подходящих для заданных условий и обеспечивающих нужную производительность: CILK, FASTWEL I/O (СРМ713-01) и ОВЕН ПЛК 200.

На рисунке 3 представлены контроллеры, которые были выбраны для сравнительного анализа (слева направо): FASTWEL СРМ 713-01, CILK, ОВЕН ПЛК 200.



Рисунок 3 – Внешний вид контроллеров

Сравнительная характеристика контроллеров представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики программируемых логических контроллеров

Характеристики	ОВЕН 200-01	FASTWEL I/O	CILK
Рабочая температура, °C	от минус 40 до плюс 55	от минус 40 до плюс 85	от минус 40 до плюс 60
Среда разработки	Codesys	Codesys	Veremiz
Напряжение питания, В	от 10 до 48, постоянного тока	24, постоянного тока	от 9 до 30, постоянного тока

Продолжение таблицы 1 - Технические характеристики программируемых логических контроллеров

Характеристики	ОВЕН 200-01	FASTWEL I/O	CILK
Поддерживаемые интерфейсы	Ethernet, RS-485	RS-485	RS-232/RS-485, Ethernet
Среднее время наработки на отказ, ч	100 000	360 000	70 000
Поддержка протокола ModBus	Modbus RTU / Modbus ASCII	Modbus RTU	Modbus RTU / Modbus ASCII
Стоимость, руб	от 48 000	от 45 000	от 40 000

Программируемый контроллер для малых и средних систем автоматизации ОВЕН 200 относится к относительно новой линейке контроллеров со встроенными входами/выходами, обладает достаточными техническими характеристиками, поддерживает обширный спектр коммуникационных протоколов. Его среднее время наработки на отказ удовлетворяет требованиям разрабатываемой системы, и стоимость занимает конкурентную позицию по сравнению с представленными вариантами.

ПЛК фирмы FASTWEL работает в довольно широком диапазоне температур, что хоть и является неоспоримым плюсом, но не является существенной причиной для акцентирования на нём внимания. В то же время в этом контроллере не предусмотрены интегрированные входы/выходы, что заставляет докупать дополнительные модули, помимо процессорного, а это, в свою очередь отразится на его конечной стоимости, что, безусловно является минусом.

Контроллер CILK от компании НПП «Информ» хоть и имеет удовлетворяющие нас технические характеристики, отличается самым низким средним временем наработки на отказ. Также среда разработки CodeSys



позволяет избегать привязки к определенному изготовителю в будущем, и помимо поддержки всех 5 языков программирования стандарта МЭК 61131-3 имеет в своем составе редактор визуализации, конфигураторы протоколов обмена и средства отладки.

## 3.2 Выбор датчиков

### 3.2.1 Датчик расхода жидкости

Выбор осуществлялся между двумя турбинными счетчиками жидкости: МИГ-50, ТОР-1-50. Для более наглядного сравнения основные характеристики этих датчиков отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение характеристик датчиков расхода нефти

	МИГ-50	ТОР 1-50
Диаметр условного прохода Ду, мм	50	50
Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	от 0 до 72	от 6 до 30
Температура окружающего воздуха, °С	от минус 50 до плюс 50	от минус 50 до плюс 50
Температура рабочей среды, °С	от 0 до плюс 60	от плюс 5 до плюс 70
Размеры механических примесей, мм	4	5
Выходной сигнал	(4-20) мА	(4-20) мА
Погрешность измерений, %	0,15	1
Средняя наработка на отказ, ч	24000	8000

Внешний вид датчиков приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Датчики расхода жидкости

Согласно документации, принцип работы турбинного счетчика жидкости МИГ-50 заключается в следующем: турбинный преобразователь расхода преобразует объем прошедшего через него газа в пропорциональное число оборотов турбинки, затем полученная частота вращения турбинки преобразуется в последовательные электрические импульсы с пропорциональной частоте вращения турбинки частотой. Поступившие на блок от магнитоиндукционного датчика импульсы пересчитываются в единицы объема после чего преобразуются в показания отсчетного устройства. МИГ-50 состоит из преобразователя расхода турбинного, датчика «НОРД-И2У» (или «НОРМ-И1У») и блока «НОРД-ЭЗМ» (или «ВЕГА-03»). Монтаж счетчика осуществляется с помощью фланцевого крепления в трубу.

Счетчик TOP 1-50 имеет схожий принцип работы. Счетчик состоит из измерительного узла, электромагнитных датчиков и корпуса. В составе измерительного узла находятся: турбинка, редуктор, счетный механизм, магнитная муфта, лопатка, обтекатель и экран.

Турбинка передает вращательное движение через понижающий редуктор и магнитную муфту на счетный механизм. Обтекатель и экран направляют поток жидкости в рабочей полости корпуса. Лопатка, установленная перед турбинкой, обеспечивает регулирование положения поля погрешности счетчика. Монтаж счетчика к трубопроводу осуществляется с помощью быстросъемных хомутов. Съём показаний счетчика TOP осуществляется в зависимости от следующих исполнений:

- по механическому счётчику (без электромагнитного датчика);
- по электромагнитному датчику в комплекте с блоком питания.

Оба счетчика относятся к приборам непрерывного действия и могут применяться на территории взрывоопасных зон помещений и в наружных установках (согласно регламентирующим документам на установку электронного оборудования во взрывоопасных зонах).

В ходе исследования выбор был сделан в пользу счетчика расхода жидкости МИГ-50 так как он существенно превосходит датчик TOP 1-50 по

надежности, имеет высокую точность и заявлен класс защиты от внешних воздействий (согласно документации: «Степень защиты счетчика газа турбинного МИГ от внешних воздействий–IP65 по ГОСТ 14254-96(МЭК 529-89). Исполнение счетчика по взрывозащите согласно ГОСТ Р 51330.0-99 – взрывозащищенное, маркировка взрывозащиты 1ExdIIВТ4, установлен во взрывоопасной зоне.»).

### **3.2.2 Счетчик газа**

Для контроля количества газа, протекающего по газопроводу, используются счетчики газа. Существует ряд разновидностей в зависимости от способа измерения и величине пропускной способности. Так выделяются такие типы счетчиков как:

- турбинные;
- мембранные;
- вихревые;
- ультразвуковые.

В проектируемой САУ ГЗУ будет использовать вихревой счетчик газа ввиду того, что к достоинствам этих датчиков относят достаточно широкий диапазон измерений, а также нетребовательность к степени очистки газа.

Принцип действия вихревых расходомеров заключается в том, что в поток вязкого газа вводится плохобтекаемый предмет, что приводит к формированию цепочки вихрей (иначе дорожки Кармана), представляющих из себя зоны с разным давлением. Затем с помощью чувствительного элемента энергия вихрей преобразуется в выходной электрический сигнал. Так, частота электрического импульса пропорциональна объемному расходу.

Для выбора возьмем датчики СВГ.М и ИРВИС-РС4М. Оба датчика предназначены для измерения расхода как природного и попутного нефтяного газов, так и прочих газов, не затронутых в данном исследовании. Применяются оба счетчика на промышленных объектах разного размера.

Можно выделить общие функции счетчиков газа:

- измерение температуры, объема, давления и расхода газа;
- отображение накопительной информации по объему газа на контролируемом участке трубопровода;
- почасовая регистрация параметров газа и её последующее сохранение в энергонезависимой памяти.;
- передача данных с датчиков на более высокий уровень по протоколу RS-485.

Для удобства сравнения занесем основные параметры счетчиков в таблицу 3.

Таблица 3 – Характеристики счетчиков расхода газа

	СВГ.М	ИРВИС-РС4М
Погрешность измеренного объема, %	1	1
Диаметр условного прохода, мм	(50 – 200)	(50 – 300)
Максимальный расход м <sup>3</sup> /час	(80 – 10000)	(250 – 12000)
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до плюс 50	от минус 40 до плюс 45
Давление измеряемого газа, МПа	от 0,05 до 4	от 0,05 до 10
Межповерочный интервал	3 года	2 года
Цена, руб	от 80 000	от 115 000

Внешний вид обоих счетчиков показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Счетчики газа вихревые (слева-направо): СВГ.М, ИРВИС-РС4М

Выбор остановим на вихревом счетчике газа СВГ.М так как его технических характеристик достаточно для проектируемой АСУ ГЗУ, к тому же его цена значительно ниже конкурента.

### 3.2.3 Датчик уровня

Датчики уровня жидкости используются для осуществления контроля за уровнем жидкости в том или ином резервуаре, в нашем случае датчик уровня будет установлен в сепараторе, и будет определять уровень жидкости в нём для последующего регулирования процента наполненности сепаратора. Существует два способа измерения: контактный и бесконтактный. Выбор был сделан в пользу контактного способа измерения уровня жидкости, а, следовательно, в пользу поплавковых уровнемеров.

Для сравнения были выбраны два отечественных уровнемера: ДУУ2М и поплавковый уровнемер ПМП-062.

Внешний вид уровнемера ДУУ2М показан на рисунке 6 (слева), уровнемера ПМП-062 на рисунке 6 (справа).



Рисунок 6 – Внешний вид датчиков уровня

Для упрощения выбора сведем основные параметры обоих уровнемеров в таблицу 4.

Таблица 4 – Характеристики датчиков уровня

	ДУУ10	ПМП-062
Точность измерений, %	0,5	0,2
Средняя наработка на отказ, ч	100 000	100 000
Температура рабочей среды, °С	От минус 45 до плюс 65	От минус 50 до плюс 80
Выходной сигнал	(4-20) мА	(4-20) мА
Температура окружающей среды, °С	От минус 45 до плюс 75	От минус 50 до плюс 60
Цена, руб	От 35 000	От 20 000

В данном случае, выбор остановился на поплавковом уровнемере ПМП-062. Он обладает конкурентной точностью измерений, при меньшей стоимости.

### 3.2.4 Датчик давления

Во время эксплуатации автоматизированной групповой замерной установки крайне важно следить за показателем давления в ёмкости, потеря контроля над этим параметром может привести к серьёзной аварийной ситуации на предприятии.

Разнообразие датчиков давления достаточно велико, так они могут отличаться по способу замера давления, по приспособленности к тем или иным условиям окружающей среды, по цене и т.д. Наиболее интересные по ряду показателей, удовлетворяющие требованиям системы являются Метран-150, АИР-20/М2 и Сапфир-22Мод.

На рисунке 7 показан внешний вид датчиков давления, которые были выбраны для сравнительного анализа (слева направо): Метран-150, АИР-20/М2-МВ и Сапфир-22Мод.



Рисунок 7 – Внешний вид датчиков

В таблице 5 собраны основные характеристики выбранных приборов.

Таблица 5 – Основные характеристики датчиков давления

	Метран-150	АИР-20/М2	Сапфир-22Мод
Измеряемые величины	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений	Избыточное и абсолютное давление	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений
Основная приведенная погрешность, %	До 0,075	До 0,075	0,25
Давление рабочей среды, Мпа	От 0 до 68	От 1 до 50	От 0 до 68
Выходной сигнал	(4 – 20) мА/ HART	(4 - 20) мА/ HART	(4 - 20) мА/ HART
Диапазон рабочих температур, °С	От минус 55 до плюс 80	От минус 40 до плюс 70	От минус 40 до плюс 80
Время наработки на отказ, ч	150 000	150 000	100 000
Цена, руб	От 26 000	От 28 000	От 25 000

Опираясь на полученную таблицу, можно сделать вывод, что датчик давления Метран-150, вполне удовлетворяет заявленным требованиям, к тому же имеет сравнительно невысокую цену среди конкурентов, низкую приведенную погрешность измерений и расширенный диапазон рабочих температур.

### 3.2.5 Газосигнализатор

Под основной задачей газоаналитических систем понимают контроль за состоянием воздуха окружающей среды, с последующей подачей зрительных или звуковых сигналов при превышении показателей измеряемого параметра. Допускается управление внешними устройствами при срабатывании. В общем виде в состав устройства входит чувствительный элемент, усилитель, сигнальное устройство и источник питания.

Газоаналитическая системы предназначена для непрерывного автоматического контроля дозврывоопасных концентраций газов на опасных промышленных объектах. В состав сигнализаторов обычно входят: блок сигнализации и блок питания БСП. Дополнительно возможна установка выносных датчиков и датчиков с принудительным отбором проб.

Рассматривалось два газосигнализатора: СТМ-30М и СЕНС СГ-А2. Внешний вид обоих показан на рисунке 8.

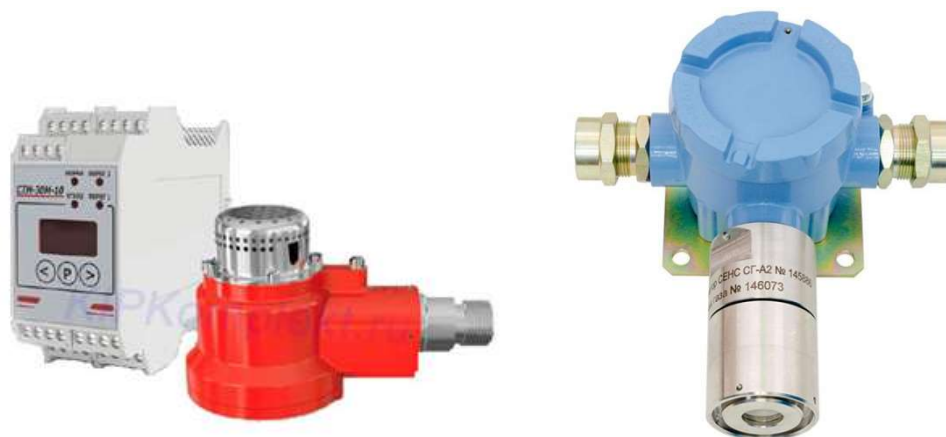


Рисунок 8 – Внешний вид газосигнализаторов



Сравним параметры выбранных газосигнализаторов в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики газосигнализаторов

	СТМ-30М	СЕНС СГ-А2
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности, % НКПР	5,0	5,0
Температура окружающей среды, °С	От 0 до плюс 50	От минус 40 до плюс 50
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	RS-485
Средний срок службы, лет	12	15
Цена, руб.	От 38 000	От 50 000

У сигнализатора СЕНС СГ-А2 имеется ряд преимуществ таких как, большее количество настраиваемых порогов срабатывания, более широкий диапазон рабочих температур и несколько более высокий срок службы. Однако выбор сделан в пользу газоаналитической системы СТМ-30М, поскольку его заявленных технических характеристик для разрабатываемого решения достаточно, а его стоимость значительно ниже. Крепление газосигнализатора осуществляется на кронштейн.

Газосигнализатор СТМ-30М в зависимости от климатического исполнения способен осуществлять контроль за концентрациями заданных газов во взрывоопасных зонах и помещениях с диапазоном температур контролируемой среды в пределах от минус 50 до плюс 180 °С.

К особенностям СТМ-30М можно отнести:

- большой объем контролируемых веществ;
- наличие высокотемпературных модификаций;
- возможность создания многоканальных систем (передача информации по каналу RS485).

### **3.2.6 Отсекатель скважины ОС-2М1**

Отсекатель скважины применяется с целью недопущения возникновения аварийных ситуаций при внеплановых отключениях электроснабжения либо в случае ряда других неисправностей АГЗУ.

Устанавливаются отсекатели по всей протяженности трубопровода с определенными интервалами, чтобы в случае разгерметизации трубопроводов, либо образовании пробок в трубопроводе перекрыть всё сечение трубы.

Внешний вид отсекателя показан на рисунке 9.



Рисунок 9 – Отсекатель скважины ОС-2М1

Отсекатель должен соответствовать группе механического исполнения М2 и степени жесткости 9 по ГОСТ 17516.1-90. Наличие механических повреждений не допустимо.

### **3.3 Разработка схемы внешних проводок**

На схеме соединения внешних электрических проводок, используемой в данной выпускной квалификационной работе изображены следующие приборы:

- уровнемер ПМП-062;

- преобразователь давления Метран-150;
- счетчик нефти турбинный МИГ-50;
- счетчик газа вихревой СВГ.М-160;
- газоаналитическая система СТМ-30М.

Схема приведена в приложении Г.

Подключение датчиков к щиту КИПиА будет осуществляться с использованием кабеля КВВГ э нг сечением 2.5 мм<sup>2</sup> 2 видов: 4 и 10-ти жильным.

«Расшифровка КВВГ:

- отсутствие буквы А означает, что токопроводящая жила – медная;
- К – контрольный;
- В – изоляция из ПВХ пластиката;
- В – оболочка из поливинилхлоридного пластиката;
- Г – отсутствие защитного покрова» [8].

#### **4 Выбор алгоритмов управления АС ГЗУ**

Для каждого из уровней управления в АС ГЗУ может применяться свой ряд алгоритмов управления, в общем случае можно выделять ряд основных, к которым относятся:

- алгоритмы пуска/останова технологического оборудования;
- алгоритмы автоматического регулирования технологических параметров;
- алгоритмы сбора и обработки данных с первичных измерительных приборов;
- алгоритмы централизованного управления АС;
- алгоритмы управления противоаварийной защитой;

В процессе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы были рассмотрены и описаны такие алгоритмы управления автоматизированной системы как алгоритм сбора и обработки данных,

полученных с измерительных приборов, а также алгоритм автоматического регулирования ряда параметров технологического процесса:

- давление газа в сепараторе;
- уровень нефти в сепарационной емкости.

#### 4.1 Алгоритм сбора данных измерений

Алгоритм сбора данных измерений показывает последовательность действий, происходящих в технологическом процессе в ходе работы АГЗУ. Алгоритм сбора данных измерений представлен в альбоме схем в приложении Г, а также на рисунке 10.

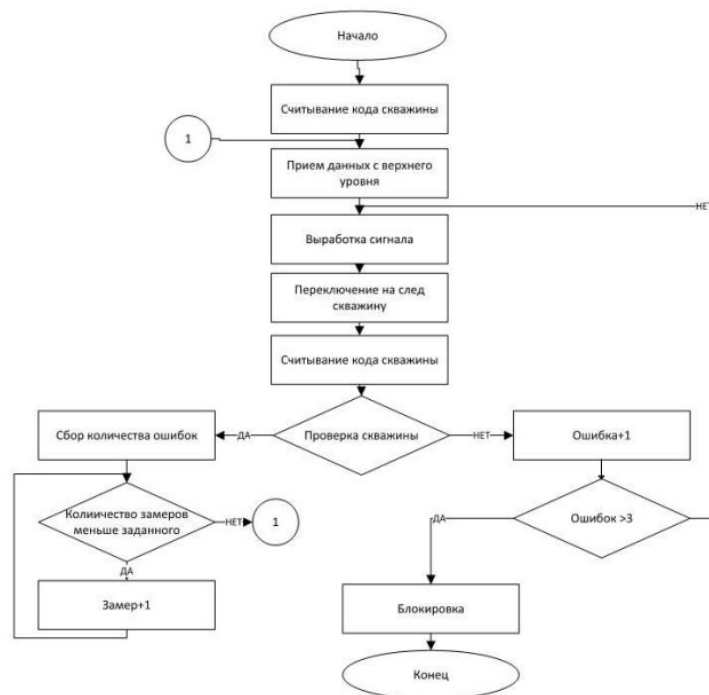


Рисунок 10 – Алгоритм сбора данных измерений

#### 4.2 Алгоритм автоматического регулирования параметра

Разработанная в ходе выполнения выпускной квалификационной работы система автоматического регулирования параметра отвечает за регулирование двух технологических параметров, принцип регулирования которых не имеет принципиальных отличий, к этим параметрам относятся:

- уровень жидкостной смеси в сепарационной емкости;

- показатель давления газа в сепараторе.

В качестве основы для разработанной САР будет выступать наиболее распространённый способ для регулирования давления – метод дросселирования потока.

Для упрощения математических расчетов примем, что радиус сепарационной емкости будет равен  $R = 0,4$  м. Тогда, при условии, что сепаратор будет имеет форму идеального цилиндра, площадь его поперечного сечения будет находится по формуле

$$S_{\text{сеч}} = \pi * R^2, \quad (1)$$

где  $S_{\text{сеч}}$  – площадь поперечного сечения цилиндра,  
 $R$  – радиус сепаратора.

Построим модель в пакете Matlab Simulink, структурная схема показана на рисунке 11.

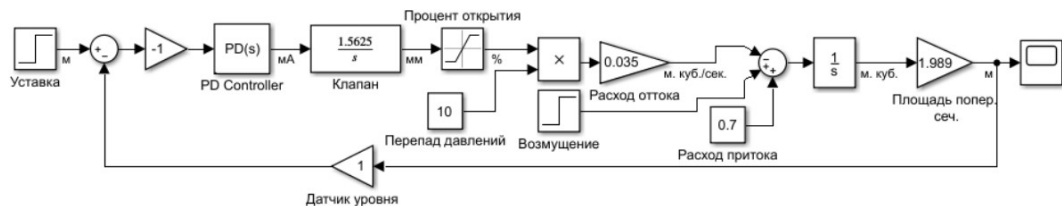


Рисунок 11 – Модель спроектированной САР

В ходе выполнения моделирования было получено, что для работы контура регулирования вполне достаточно использование ПД-регулятора с коэффициентами  $P=3$ ,  $D=4$ .

Из переходной характеристики, изображенной на рисунке 12 видно, что полученная система автоматического регулирования устойчива, со временем переходного процесса 5.84 сек.

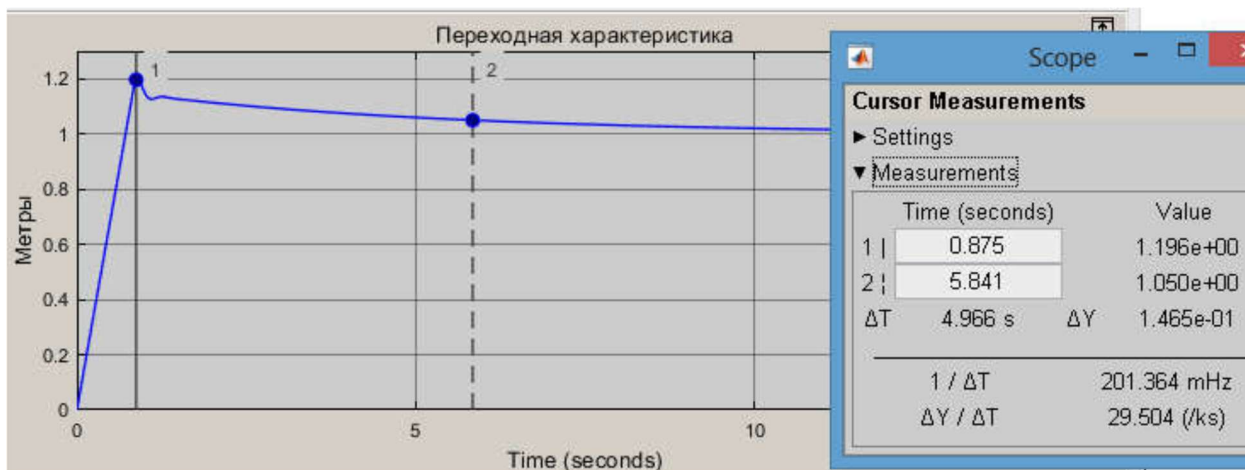


Рисунок 12 – Переходная характеристика ПД-регулятора

## 5 Разработка экранных форм

Под основным назначением SCADA-систем принято считать выполнение таких функций как контроль управления удаленным технологическим оборудованием, а также постоянный мониторинг показателей датчиков в реальном времени.

Для выполнения вышеописанных функций в SCADA-системах предусмотрен ряд возможностей:

- сбор и последующая обработка информации, полученной от промышленных контроллеров и/или других устройств ввода/вывода);
- визуализация происходящих на промышленном объекте процессов в доступной для оператора форме;
- хранение получаемой информации, в том числе архивация событий, таких как срабатывание аварийной сигнализации, изменение параметров управления и т.д., для её последующего анализа;
- контроль выполнения алгоритмов автоматического управления;
- удаленное управление оператором тем или иным исполнительным механизмом;
- сигнализация при возникновении угрозы аварийной ситуации на объекте;

- ведение отчетности для полного информирования персонала о работе технологического блока.

В рамках данной выпускной квалификационной работы для создания наглядных экранных форм была выбрана поставляемая с программируемым логическим контроллером ОВЕН, интегрированная среда разработки приложений – CoDeSys. С её использованием была разработана мнемосхема системы управления технологическим процессом. На мнемосхеме можно наблюдать за такими параметрами как: давление газа в сепараторе, расход газа, давление нефти на выходе из сепаратора и её расход, также возможно управление переключателем скважин многоходовым для выбора той или иной скважины для замера показателей нефти.

Разработанная мнемосхема представлена на рисунке 13 и в приложении Д.

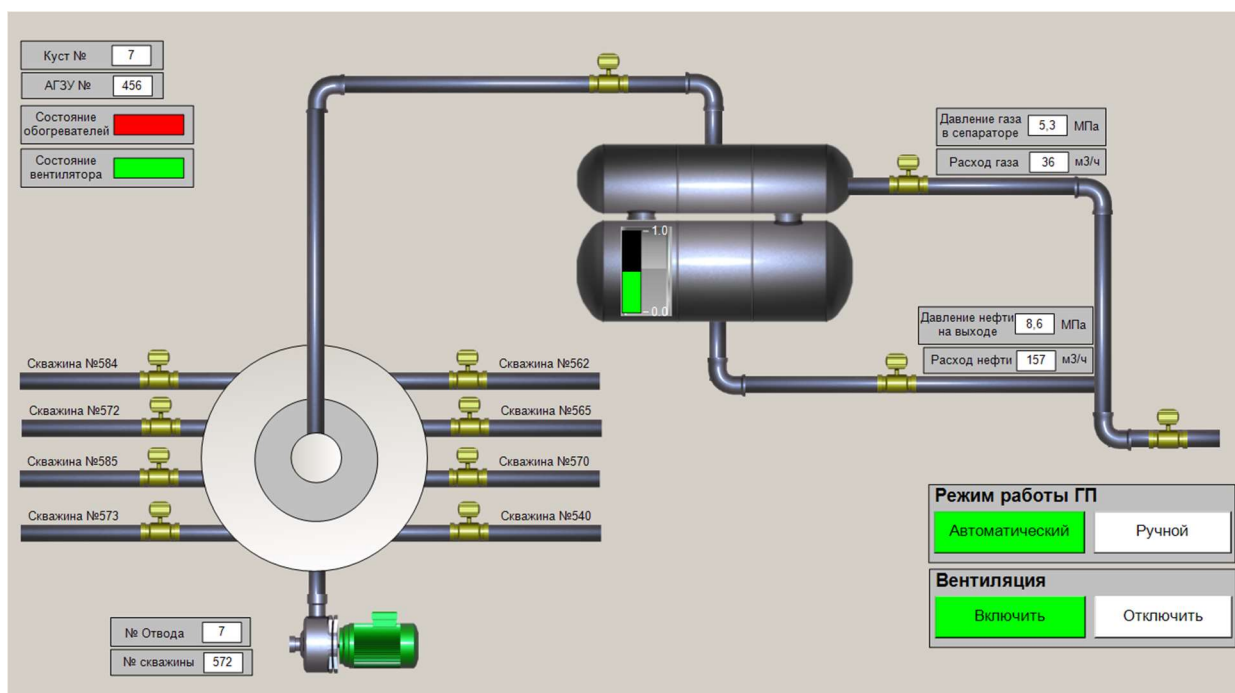


Рисунок 13 – Мнемосхема системы управления

## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

В выпускной квалификационной работе рассматривается модификация автоматизированной групповой замерной установки. АГЗУ необходимы для осуществления контроля работы нефтяных скважин на месторождения нефти. В ходе эксплуатации АГЗУ происходит обеспечение контроля за технологическими режимами работы нефтяных скважин.

Цель раздела – анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы, а также оценка финансовых затрат на проведение исследования по данной теме. Помимо прочего необходимо дать экономическую оценку результатов возможного внедрения проекта на предприятие. Использование комплексного описания всех финансовых аспектов работы позволит оценить экономическую целесообразность осуществления проекта.

### **6.1 Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений.

Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

Оценочная карта приведена в таблице 7.



Таблица 7 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Балл	Макс. балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Надежность	0,3	80	100	0,8	0,24
Простота эксплуатации	0,1	50	100	0,5	0,05
Удобство эксплуатации	0,1	50	100	0,5	0,16
Повышение производительности труда	0,2	70	100	0,8	0,14
Долговечность	0,1	50	100	0,6	0,05
Цена	0,05	35	100	0,35	0,0175
Обслуживание	0,15	60	100	0,6	0,09
Итого	1				0,7475

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100, \quad (2)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

$P_i$  – средневзвешенное значение показателя.

По результатам оценки качества имеем показатель перспективности равный 74,75, что позволяет сделать вывод о достаточно высокой перспективности проекта.

## 6.2 SWOT – анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабая сторона – это недостаток, упущение или ограниченность проекта, который препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Результаты проведенного первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Первый этап матрицы SWOT

	Сильные стороны: Си1. Цена обслуживания Си2. Простота эксплуатации Си3. Надежность системы Си4. Доступность оборудования	Слабые стороны: Сл2. Цена выше чем у некоторых конкурентных решений Сл2. Не самая высокая долговечность Сл3. Сложности при запуске системы
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Продолжение таблицы 8 - Первый этап матрицы SWOT

<p>Возможности:</p> <p>В1. Старение большинства систем замера количества добываемой продукции нефтяных скважин</p> <p>В2. Договоры как со средними, так и с крупными нефтедобывающими компаниями в России</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие производственных доказательств надежности функционирования разработанной системы</p> <p>У2. Отсутствие желания и(или) возможностей многих компаний изменять работающие системы</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Интерактивная матрица проекта SWOT (второй этап) представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		Си1	Си2	Си3	Си4
	B1	+	0	+	0
	B2	+	+	+	+

В конечном счете составляется итоговая матрица проекта SWOT, представленная в таблице 10.

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>Си1. Цена обслуживания</p> <p>Си2. Простота эксплуатации</p> <p>Си3. Надежность системы</p> <p>Си4. Доступность оборудования</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Цена выше чем у некоторых конкурентных решений</p> <p>Сл2. Не самая высокая долговечность</p> <p>Сл3. Сложности при запуске системы</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>B1. Старение большинства систем замера количества добываемой продукции нефтяных скважин</p> <p>B2. Договоры как со средними, так и с крупными нефтедобывающими компаниями в России</p>	<p>B1Си1Си3 – в силу того, что подобные установки покупаются на долгосрочный период, цена обслуживания такого оборудования играет важную роль.</p>	<p>B2Сл3-при работе с крупными кампаниями работой по запуску системы будет заниматься квалифицированный персонал, что позволит исключить эту слабую сторону проекта.</p>

Продолжение таблицы 10 - Итоговая матрица SWOT

	<p>В2Сн1Сн3Сн4- при работе с крупными компаниями появляется возможность дополнительно улучшить эксплуатационные характеристики системы</p>	
<p>Угрозы: У1. Отсутствие производственных доказательств надежности функционирования разработанной системы У2. Отсутствие желания и(или) возможностей многих компаний изменять работающие системы</p>	<p>У1С1С2С3 – отсутствие производственных доказательств функционирования системы на реальных предприятиях</p>	<p>У1Сл1Сл2 – мониторинг цен конкурентов, знание цен на оборудование под реализацию У2Сл2 – анализ конкурентных проектов, внедрение актуальных решений У2Сл3 – отслеживание желаний возможных потребителей, разработка мотивационной программы</p>

### 6.3 Организация и планирование работ

Группа участников состоит из студента и научного руководителя. Для выполнения научного исследования сформирован ряд работ, назначены должности исполнителей на каждом этапе работы (таблица 11).

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этап работы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Выбор темы научного исследования	Исполнитель
	2	Составление и утверждение технического задания	Исполнитель Руководитель
Анализ предметной области	3	Планирование этапов выполнения исследования	Исполнитель Руководитель
	4	Подбор материалов по выбранной теме	Исполнитель
	5	Анализ отобранного материала	Исполнитель Руководитель
Разработка АСУ ТП	6	Описание технологического процесса	Исполнитель
	7	Разработка технической документации	Исполнитель
	8	Подбор датчиков и исполнительных механизмов	Исполнитель
	9	Разработка алгоритмов управления системы	Исполнитель
Написание доп. разделов	10	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Исполнитель

Продолжение таблицы 11 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этап работы	№	Содержание работ	Исполнитель
	11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Исполнитель
	12	Проверка работы с руководителем	Исполнитель Руководитель
Оформление отчета	13	Составление пояснительной записки	Исполнитель
	14	Подготовка презентации ВКР	Исполнитель

#### 6.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работы будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости каждой работы, продолжительность выполнения *i*-ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работы применяется следующая формула

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

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость *i*-ой работы, чел/дн.;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость *i*-ой работы, чел/дн.;

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести её в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях (ТРД) ведется по формуле:

$$T_P = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} K_D, \quad (4)$$

где  $K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей,

$K_d$  - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_d = 1 - 1,2$ );

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_k = T_p * k_{\text{КАЛ}}, \quad (5)$$

где  $T_p$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{КАЛ}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ПР}}}, \quad (6)$$

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

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

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

Коэффициент календарности при шестидневной рабочей неделе:

$$k_{\text{КАЛ}} = \frac{365}{365 - 62} = 1,205, \quad (7)$$

Коэффициент календарности при пятидневной рабочей неделе:

$$k_{\text{КАЛ}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (8)$$

Расчеты по трудоёмкости выполнения работ приведены в таблице 12.



Таблица 12 – Трудозатраты на выполнение проекта

Название работы	Продолжительность работ, дн						Трудоёмкость работ по исполнителям, дн			
	t <sub>min</sub>		t <sub>max</sub>		t <sub>ож</sub>		T <sub>р</sub>		T <sub>к</sub>	
	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель
Выбор темы научного исследования	4	-	8	-	5.6	-	6.2	-	9.1	-
Составление и утверждение технического задания	2	2	5	3	3.2	2.4	3.5	2.6	5.2	3.2
Планирование этапов выполнения исследования	1	1	3	2	1.8	1.4	2	1.5	2.9	1.9
Подбор материалов по выбранной теме	6	-	12	-	8.4	-	9.2	-	13.7	-
Анализ отобранного материала	6	3	12	5	8.4	3.8	9.2	4.2	13.7	5
Описание технологического процесса	3	-	5	-	3.8	-	4.2	-	6.2	-
Разработка технической документации	7	-	14	-	9.8	-	10.8	-	16	-

Продолжение таблицы 12 - Трудозатраты на выполнение проекта

Название работы	Продолжительность работ, дн						Трудоёмкость работ по исполнителям, дн			
	t <sub>min</sub>		t <sub>max</sub>		t <sub>ож</sub>		T <sub>р</sub>		T <sub>к</sub>	
	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель
Подбор датчиков и исполнительных механизмов	3	-	5	-	3.8	-	4.2	-	6.2	-
Разработка алгоритмов управления системы	5	-	10	-	7	-	7.7	-	11.4	-
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	5	-	12	-	7.8	-	8.6	-	12.7	-
Написание раздела «Социальная ответственность»	5	-	10	-	7	-	7.7	-	11.4	-
Проверка работы с руководителем	3	3	5	5	3.8	3.8	4.2	4.2	6.2	5
Составление пояснительной записки	1	-	3	-	1.8	-	2	-	3	-

Продолжение таблицы 12 - Трудозатраты на выполнение проекта

Название работы	Продолжительность работ, дн						Трудоёмкость работ по исполнителям, дн			
	$t_{\min}$		$t_{\max}$		$t_{\text{ож}}$		$T_P$		$T_K$	
	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель
Подготовка презентации ВКР	1	-	3	-	1.8	-	2	-	3	-
Итого	52	9	107	15	74	11.4	81.4	13	120.5	15.1

На основании данных приведенных в таблице 12, построим диаграмму Ганта, используя максимальное количество дней для каждого из этапов работы. Диаграмма представлена на рисунке 14. Синим цветом выделена работа исполнителя, зеленым – показана работа научного руководителя.

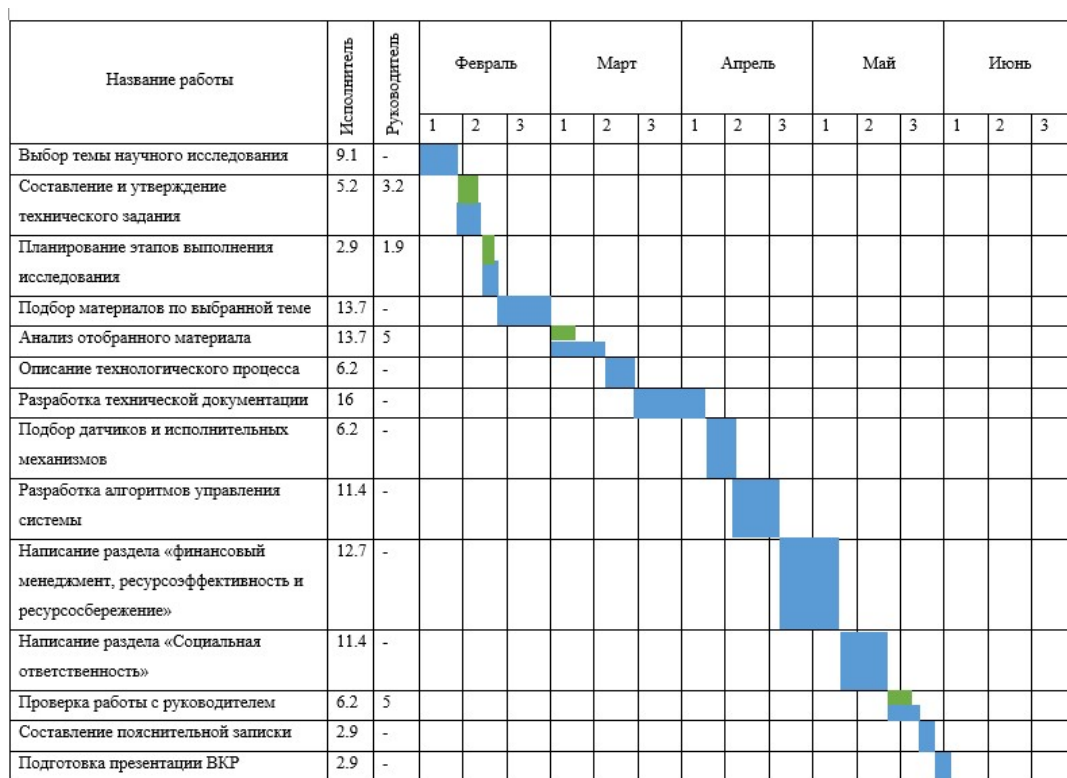


Рисунок 14 – Диаграмма Ганта

## 6.5 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные) расходы.

### 6.5.1 Расчет затрат на материалы

При вычислении материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (9)$$

где  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования.

Для проведения данного научного исследования необходимы следующие материальные ресурсы: персональный компьютер, канцелярские товары, бумага (таблица 13).

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена(руб)
Канцелярские товары	шт	1	500

Продолжение таблицы 13 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена(руб)
Бумага для принтера формата А4	уп.	1	1300
Картридж для принтера	шт.	1	2500
Принтер	шт	1	10000
Итого, руб			14300

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 15 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_M = 14300 * 1,15 = 16445 \text{ руб.} \quad (10)$$

### 6.5.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{ЗП}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (11)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, студента) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (12)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (13)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Расчеты баланса рабочего времени показаны в таблице 14.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	104
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	56	28
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	219

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад составлял 33664 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 35111,5 руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{окл}} \cdot k_{\text{р}} \quad (14)$$

где  $Z_{\text{окл}}$  – оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Оклад исполнителя исследования составляет 31258 руб. Расчет основной заработной платы участников исследования приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы участников

Исполнители	$Z_{\text{окл}}$ , руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Научный руководитель	35111,5	1,3	45644,95	1923,87	13	25010,31
Исполнитель	31258,0	-	31258,0	1562,24	81	126541,44
Итого $Z_{\text{осн}}$						151551,75

### 6.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей исследования

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (15)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет дополнительной заработной платы

Сотрудник	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,12	25010,31	3001,23
Исполнитель		126541,44	15184,97
Итого			18186,2

#### 6.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (16)$$

Расчеты отчислений во внебюджетные фонды показаны в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Участник	Научный руководитель	Исполнитель
Основная заработная плата, руб.	25010,31	126541,44
Дополнительная заработная плата, руб.	3001,23	15184,97
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	7591,13	38408,67
Итого	45999,8	



### 6.5.5 Расходы на амортизацию

Для расчета амортизационных отчислений используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{OB} * t_{pф} * n}{F_D}, \quad (17)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{OB}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем квартальном году;

$t_{pф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для персонального компьютера, стоимость которого составляет 60000 руб. при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне имеем:

$$F_D = 219 * 8 = 1752 \text{ часов} \quad (18)$$

Время использования ПК составляет 388,8 часов. Тогда рассчитаем амортизацию для компьютера:

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 60000 * 388,8 * 1}{1752} = 5326,03 \text{ руб.} \quad (19)$$

Итого начислено амортизации 5326,03 рублей.

### 6.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей}) * k_{нр} \quad (20)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

### 6.5.7 Расходы на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * Ц_{\text{э}}, \quad (21)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час;

$Ц_{\text{э}}$  – тариф на 1кВт\*час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных по формуле:

$$t_{\text{об}} = T_p * K_t, \quad (22)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_p$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} * K_c, \quad (23)$$

где  $P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ , коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Для технологического оборудования малой нагрузки допускается принятие  $K_c = 1$ .

Тариф платы за электроэнергию 5,24 руб./кВт\*час.

В таблице 18 приведены расчеты затрат на электроэнергию для исследовательских целей.

Таблица 18 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	$t_{об}$ , час	$P_{об}$ , кВт	$C_{эл.об.}$ , руб
Персональный компьютер	388,8	0,3	611,2
Принтер	10	0,15	7,86
Итого, руб			619,06

Следовательно, накладные расходы равны:

$$Z_{накл} = (16445 + 151551,75 + 18186,2 + 45999,8 + 5326,03 + 619,2) * 0,16 == 38100,5 \quad (24)$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 19.

Таблица 19 – Плановая себестоимость научного исследования

Статья расходов	Сумма, руб
Материальные затраты НИИ	16445
Затраты по основной заработной плате	151551,75
Затраты по дополнительной заработной плате	18186,2
Отчисления во внебюджетные фонды	45999,8
Расходы на амортизацию	5326,03
Накладные расходы	38100,5
Бюджет затрат НИИ	275609,28

### 6.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (25)$$

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

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги)

В силу того, что  $\Phi_{max}$  зависит от сложности проектируемой системы и её модификаций, на этот показатель влияет достаточно большое число факторов, что не позволяет дать точную оценку величине  $\Phi_{max}$ . Примем, что стоимость проекта выполнения проекта по модернизации АГЗУ в компании «ОЗНА-сервис», равняется 3 261 840,06 руб., в компании «ТехМонтаж» 2 987 906,89 руб., у инженера с руководителем на 20-30% дешевле, т.е. 2 091 534,83 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{2091534,83}{3261840,06} = 0,64 \quad (26)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ОЗНА-сервис}} = \frac{3261840,06}{3261840,06} = 1 \quad (27)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ТехМонтаж}} = \frac{2987906,89}{3261840,06} = 0,92 \quad (28)$$

Оценочная карта, включающая в себя сравнение решений исполнителя, а также от компании «ОЗНА-Сервис» и «Тех. Монтаж» представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Оценочная карта для сравнения эффективности

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исполнитель	ОЗНА-Сервис	Тех. Монтаж
Критерии				
Способствует росту производительности труда	0,3	4	5	4
Удобство эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	4
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	4	4	3
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	5

В результате расчетов имеем следующие показатели:

Исполнитель = 4; ОЗНА-Сервис = 4.75; Тех.Монтаж = 4.1.

Теперь определим интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки  $I_{\text{исп } i}$ :

$$I_{\text{исп}} = \frac{4}{0,64} = 6,25 \quad (29)$$

$$I_{\text{ОЗНА-Сервис}} = \frac{4,75}{1} = 4,75 \quad (30)$$

$$I_{\text{Тех.Монтаж}} = \frac{4,1}{0,92} = 4,46 \quad (31)$$

А также рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{6,25}{6,25} = 1 \quad (32)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{4,75}{6,25} = 0,76 \quad (33)$$

$$\bar{\varepsilon}_{\text{cp}} = \frac{4,1}{6,25} = 0,66 \quad (34)$$

Обобщенные данные показаны в таблице 21.

Таблица 21 – Сводная таблица показателей

Показатель	Исполнитель	ОЗНА Сервис	Тех. Монтаж
Интегральный финансовый показатель разработки	0,64	1	0,92
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4	4,75	4,1
Интегральный показатель эффективности	6,25	4,75	4,46
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,76	0,66

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что разработанный проект выделяет по финансовому показателю, а также показателю эффективности.

Финансовые ресурсы, затраченные на исследование, составляют 275609,28руб. Так как стоимость обслуживания и надежность системы играют большую роль в выборе системы большинством предприятий, а в разработанном проекте данные показатели находятся на достаточно высоком уровне. Что, в свою очередь, должно способствовать заинтересованности предприятий в данном проекте.

Проект находится на стадии доработки технической документации и моделирования отдельных узлов системы, по окончании которых планируется моделирование системы в целом.

## **7 Социальная ответственность**

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются вопросы влияния тех или иных вредных и опасных факторов на рабочий персонал.

Целью раздела является обеспечение производственной и экологической безопасности человека при эксплуатации автоматизированной системы управления групповой замерной установки.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- выявление и анализ вредных и опасных факторов труда;
- разработка средств защиты от вредных и опасных факторов;
- охрана окружающей среды;
- техника безопасности;
- пожарная безопасность.

В проектируемой автоматизированной системе все показатели неблагоприятных и опасных факторов соблюдены в пределах норм, установленных нормативными документами.

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

Оператор АРМ проводит рабочий день в сидячем положении за компьютером. Для сидячей работы за ПК согласно ГОСТ 12.2.032-78 [9] необходимо соблюдение следующих условий:

- высота рабочей поверхности при организации рабочего места женщин и мужчин должна составлять 655 мм;
- высота сиденья для женщин и мужчин должна составлять 420 мм;
- ширина пространства для ног не менее 500 мм;
- высота пространства для ног не менее 600 мм;

- расстояние от сиденья до нижнего края рабочей поверхности не менее 150 мм.

Также необходимо соблюдение следующих требований для подставки для ног [9]:

- подставка для ног должна быть регулируемой по высоте;
- ширина подставки должна быть не менее 300 мм;
- длина подставки должна быть не менее 400 мм;
- поверхность подставки должна быть рифленой;
- по переднему краю подставки следует предусматривать бортик высотой 10 мм.

Согласно ГОСТ 22269-76 [10] необходимо соблюдение следующих правил расположения органов управления:

- органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля;
- наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля;
- органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, должны группироваться таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо и сверху вниз;
- расположение функционально идентичных органов управления должно быть единообразным на всех панелях рабочего места;
- расположение органов управления должно обеспечивать равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора.

Органы управления, применяемые только для технического обслуживания и регулировки, должны размещаться отдельно от остальных органов управления или быть изолированными от человека-оператора на период выполнения им основной работы [10].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [9], необходимо соблюдать следующие требования к размещению средств отображения информации:



- очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от сагиттальной плоскости;

- часто используемые средства отображения информации, требующие менее точного и быстрого считывания показаний, допускается располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 30^\circ$  от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 30^\circ$  от сагиттальной плоскости;

- редко используемые средства отображения информации допускается располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 60^\circ$  от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 60^\circ$  от сагиттальной плоскости (при движении глаз и повороте головы).

Согласно ГОСТ 21889-76 [11], существуют следующие общие эргономические требования к креслу человека-оператора:

- кресло должно обеспечивать длительное поддержание основной рабочей позы в процессе трудовой деятельности;

- при невозможности покинуть рабочее место длительное время конструкция кресла должна обеспечивать условия для отдыха человека-оператора в кресле;

- кресло оператора должно включать следующие основные элементы: сиденье, спинку и подлокотники. В конструкцию кресла могут быть включены также дополнительные элементы, не обязательные для установки, – подголовник и подставка для ног;

- в конструкции кресла должны регулироваться высота поверхности сиденья и угол наклона спинки. При необходимости должны регулироваться также следующие параметры: высота спинки, высота подлокотников, угол наклона подлокотников, высота подголовника, высота подставки для ног, угол наклона подставки для ног.

Согласно ГОСТ 21958-76 [12], существуют следующие требования к расположению рабочих мест операторов: операторов в залах и кабинах рабочие места необходимо располагать в зоне наилучшего видения информационного поля, которая должна обеспечить однозначное восприятие знаковой индикации.

Согласно [13] каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- обращение в органы государственной власти Российской Федерации, государственной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления, к работодателю, в объединения работодателей, а также в профессиональные союзы, их объединения и иные уполномоченные работниками представительные органы по вопросам охраны труда;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

Для безопасной работы человека в соответствии с МР 2.2.9.2311 – 07[23] рекомендуются следующие режимы работы.

При пятидневной рабочей неделе и 8-ми часовой смене продолжительность обеденного перерыва составляет 30 мин, а регламентированные перерывы рекомендуется устанавливать через 2 ч от начала рабочей смены и через 2 ч после обеденного перерыва

продолжительностью 5-7 мин каждый. Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов целесообразно выполнять комплексы физических упражнений, включая упражнения для глаз, в первой половине смены, а в конце рабочего дня показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях.

С учетом непрерывности трудового процесса в трехсменный режим труда при 8-часовом рабочем дне в утреннюю смену рекомендуется предусматривать включение в режим рабочего дня 2-х регламентированных перерывов и микропауз для активного отдыха. В первый перерыв (5 – 7 мин.) целесообразно повышение двигательной активности за счет выполнения физических упражнений, направленных на нормализацию функций высшей нервной деятельности. Второй перерыв рекомендуется использовать для психологической разгрузки и аутотренинга. Для обеспечения оптимальной работоспособности при работе в вечернюю смену должны более широко использоваться комплексы физических упражнений. При работе в ночную смену продолжительность регламентированного перерыва в глубокие часы ночи рекомендуется увеличить до 45 мин. Работающим во время перерыва показано выполнение комплекса физических упражнений для релаксации, а также короткий отдых или сон в специально оборудованном помещении.

## **7.2 Производственная безопасность**

Проанализируем вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке, изготовлении и эксплуатации проектируемого решения. Характер и организация труда могут неблагоприятно влиять как на работоспособность, так и на здоровье человека.

Условия труда зависят от производственной обстановки и характера труд, влияющих на производственную безопасность.

Перечень опасных и вредных факторов представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [22]	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Уровень шума на рабочем месте	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014[14] ГОСТ 12.1.029-80 [15]
Электрический ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [16]
Уровень электромагнитных излучений	+	+	+	ГОСТ 12.1.002-84 [17]
Микроклимат рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88[18] СанПиН 1.2.3685-21 [19] СНиП 41-01-2003 [20]
Освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 [21]

### 7.2.1 Уровень шума на рабочем месте

При выполнении работ, специалист может оказаться в зоне повышенного уровня шума, источником которого является оборудование, находящееся в рабочем помещении: персональные компьютеры, устройства печати и поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция), а также оборудование, которое находится непосредственно в цеху, но производит высокий уровень шума. Работа, выполняемая оператором за компьютером, оценивается как работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа, и, следовательно, согласно санитарным нормам [14]

уровень звука в рабочем помещении не должен превышать 80 дБА. В качестве мер по снижению шума согласно ГОСТ 12.1.029-80 [15] применяют:

- подавление шума в источниках;
- звукоизоляция и звукопоглощение;
- увеличение расстояния от источника шума;
- проверка технического состояния и ремонт системного блока и принтера;
- рациональный режим труда и отдыха.

### **7.2.2 Электрический ток**

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- постоянный контроль за состоянием электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений

аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствие повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра. Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. В [16] приведена информация о предельно допустимых значениях напряжений прикосновения и токов. В большинстве случаев разряды системного блока и клавиатуры при прикосновении к корпусу монитора, опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

### **7.2.3 Уровень электромагнитных излучений**

Рабочее место оператора подвержено влиянию электромагнитных полей (ЭМП). Источниками ЭМП является оборудование, в частности компьютеры (ЭВМ). Большая часть электромагнитного излучения, создаваемого ЭВМ, происходит от видеокабеля и системного блока. В составе современных персональных компьютеров практически все электромагнитное излучение идет от системного блока. Современные компьютеры выпускаются производителями со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического теплового воздействия на организм человека. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера

излучения, режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма человека.

Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряжённость этого поля. Гигиенические нормы для персонала, который систематически находится в этой зоне, установлены согласно [17].

Нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет  $T=50E-2$ . Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью (20 – 25) кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов [17].

Использование современной офисной техники позволяет избежать повышенных электромагнитных и электрических полей. Возможные способы защиты от ЭМП на путях распространения:

- применение поглотителей мощности;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения;
- подъем излучателей и диаграмм направленности излучения;
- блокировочные излучения;
- экранирование излучений.

#### **7.2.4 Микроклимат воздуха рабочей зоны**

Внутренний баланс организма человека во многом зависит от внешних условий. Микроклимат помещения, в котором человек находится долго, играет существенную роль в формировании иммунитета, работоспособности, возможности комфортно отдохнуть и расслабиться. Состояние внутренней среды здания может не только плодотворно влиять на здоровье человека, но и оказывать негативное воздействие. Таким образом, чем дольше человек

пребывает в неventилируемом помещении, тем сильнее это сказывается на работе его организма.

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы организаций. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения, выдержки приведены в таблице 2 и 3 [19]. Выполняемая работа по уровню энергозатрат, относится к категории 1б. Оптимальные показатели микроклимата представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Оптимальные величины показателей микроклимата

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

Допустимые показатели микроклимата представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Допустимые величины показателей микроклимата

	Период года	
	Холодный	Теплый
Температура воздуха, °С: <ul style="list-style-type: none"> <li>• диапазон ниже оптимальных величин</li> <li>• диапазон выше оптимальных величин</li> </ul>	(21-23)	(23-25)
Температура поверхностей, °С	(20-24)	(22-26)
Относительная влажность, %	60-40	60-40
Скорость движения воздуха, м/с: <ul style="list-style-type: none"> <li>• диапазон ниже оптимальных величин</li> <li>• диапазон выше оптимальных величин</li> </ul>	0,1	0,1



В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 22 °С и 21 °С при относительной влажности 45 % в холодный период года и 24 °С и 23 °С при относительной влажности воздуха 50 % в теплый период года, что соответствует нормам [20].

### **7.2.5 Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания**

При технологическом процессе АГЗУ основным возможным источником загрязнения воздушной среды в зоне дыхания является загазованность. Основными участками загазованности могут быть участки трубопроводов с клапанами.

Повышенная загазованность воздуха является опасным производственным фактором для здоровья человека. Степень поражения организма при наличии такого производственного фактора, как загрязненность и загазованность воздуха зависит от типа и концентрации вредных веществ.

Средства коллективной защиты от повышенной загазованности:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими, что позволяет вывести работающего из опасной зоны, устранить тяжелый ручной труд;
- хорошая герметизация оборудования, трубопроводов, своевременное и качественное обслуживание и ремонт оборудования, способствующие снижению поступления в воздух различных вредных веществ;
- устройство правильно организованной рациональной вентиляции и кондиционирования воздуха с целью его очистки, удаления или разбавления до допустимых концентраций вредных выделений.

При недостаточной эффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ): респираторы противогазного типа, противогазы со специальными нейтрализующими газ насадками.

### **7.2.6 Освещенность рабочей зоны**

Для безопасной работы человека необходимо, чтобы в помещении присутствовало как естественное освещение, так и искусственное. Для искусственного освещения применяют люминесцентные лампы типа ЛБ. В соответствии с [21] норма освещенности в кабинете должна быть  $E_n = 200$  лк.

Пульсация при работе с ноутбуком не должна превышать 5% по [18]. Увеличение коэффициента данного параметра снижает зрительную работоспособность, повышает утомляемость, негативно воздействует на нервные элементы головного мозга, а также фоторецепторные элементы сетчатки глаз.

Для снижения пульсации лучше использовать светильники, в которых лампы работают от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

Отсутствие хорошего освещения может привести к профессиональным заболеваниям, а также ухудшению концентрации работников. Работа инженера-программиста в основном проводится за дисплеем персонального компьютера, что вынуждает его работать с контрастным фоном, в случае недостаточной освещенности рабочего места. В результате у работника может ухудшиться зрение, а также возникнуть переутомление. То же самое происходит и при избыточном освещении помещения.

### **7.3 Экологическая безопасность**

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорнорегулирующую арматуру;
- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы;
- при сжигании газа на факелах через трубы;
- при заполнении емкостей через воздушников и свечи рассеивания;

- при заполнении резервуаров через дыхательные клапаны;
- при сжигании газа на факеле;

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства.

На основе статистических данных об аварийных ситуациях на объектах транспортировки нефти целесообразно рассматривать аварию в виде отказа энергосистемы или порыва трубопроводов. Максимальный выброс загрязняющих веществ в атмосферу возможен на площадке при отключении электроэнергии. При этом вся нефть направляется в резервуары, и отсепарированная газовая фракция сжигается на факеле. Основными источниками вредных газовойывделений на ГЗУ являются емкости, сепараторы.

Основными загрязнителями атмосферы при транспортировке нефти являются углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, химреагенты и т.д. Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу, отличаются по своим свойствам и оказывают различное воздействие на окружающую среду.

В соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов устанавливаются 3 категории постов наблюдения за загрязнением атмосферы: стационарный, маршрутный и передвижной (подфакельный).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа, маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности. Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника загрязнения [25].

По полученным в ходе отбора проб данным определяются следующие величины концентраций примесей: разовые, среднесуточные,

среднемесячные, среднегодовые. Способы расчета приведены в ГОСТ 17.2.3.01-86 [25].

#### **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В качестве возможных чрезвычайных ситуаций на производстве могут выступать пожар и природные стихии. Для обеспечения защиты людей на производстве при возникновении чрезвычайных ситуациях необходимо соблюдать ряд требований [24], а именно:

- работники должны допускаться к работе только после противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение, по предупреждению и тушению возможных пожаров;
- работники должны соблюдать на производстве и в быту требования пожарной безопасности;
- эвакуационные проходы, выходы, коридоры, тамбуры и лестницы не должны загромождаться какими-либо предметами;
- двери лестничных клеток, коридоров, тамбуров и холлов должны иметь уплотнения в притворах, и оборудованы устройствами для самозакрывания;
- двери эвакуационных выходов должны открываться по направлению выхода из здания;
- в случае обнаружения пожара нужно сообщить о нём в подразделении пожарной охраны и принять возможные меры к спасению людей;
- при эвакуации необходимо соблюдать спокойствие и четко выполняйте команды правоохранительных органов.
- Для улучшения безопасности в помещениях запрещается:
  - курение;
  - использование электроприборов на подоконниках, на других электроприборах, на полу, на неустойчивом основании;

- использование электрических приборов, не имеющих устройства тепловой защиты;
- применение нестандартных, электроприборов, которые имеют неисправности;
- хранение пожароопасных веществ и материалов;
- использование открытого огня.

С целью своевременной борьбы с пожаром на предприятии необходимо держать в близкой доступности соответствующие средства пожаротушения: воду, песок, огнетушители. Предприятие так же должно быть оснащено необходимыми сигнализирующими средствами телефоном, сиреной, колоколом или автоматической сетью. В случае возникновения на предприятии пожара после его ликвидации создается комиссия, которая определяет возможность дальнейшего использования производственного оборудования и имеющихся коммуникаций. Производственное оборудование, цеховые помещения, трубопроводы, электрооборудование проверяются на соответствие их состояния требованиям производства, а также нормам пожарной безопасности. В случае отсутствия повреждений осуществляется перезапуск производства. План эвакуации при пожаре из здания, в котором предполагается эксплуатация разработанного решения представлен на рисунке 15.

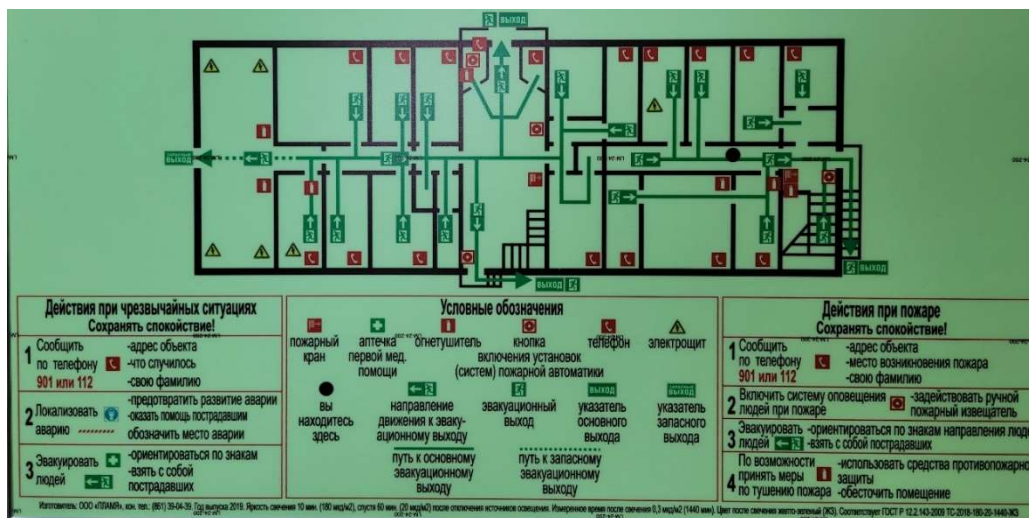


Рисунок 15 – План эвакуации при возникновении ЧС

## **7.5 Выводы по разделу**

В данном разделе было проведено исследование автоматизированной системы управления групповой замерной установкой с точки зрения безопасности для окружающей среды и человека. Из данного исследования можно сделать вывод, что предложенный проект не несет высокой опасности для человека, а в случае соблюдения мер предосторожности, и для окружающей среды.

## Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы было выполнения проектирования автоматизированной системы управления групповой замерной установки.

В процессе выполнения работы был разработан вариант исполнения автоматизированной системы управления с использованием отечественного оборудования, в том числе с использованием программируемых логических контроллеров ОВЕН и программного обеспечения, поставляемого в комплекте к этому ПЛК – CoDeSys.

Был произведен поиск, сравнение и выбор оборудования, необходимого для осуществления проекта. Для того, чтобы показать назначение и взаимосвязи между оборудованием были спроектированы структурная и функциональная схемы АСУ ГЗУ.

На схеме внешних проводок были отражены связи между приборами и средствами автоматизации, а также подключение к щиту КИПиА, что позволит найти очаг неисправности в случае возникновения той или иной аварийной ситуации.

Также был разработан и показан алгоритм сбора данных, на основании которого происходит управление технологическим оборудованием. С целью визуального представления информации была построена мнемосхема системы управления групповой замерной установки

Как следствие, разработанная и показанная в данной выпускной квалификационной работе автоматизированная система управления ГЗУ отвечает описанным в техническом задании требованиям к проектируемой системе, но и помимо прочего, имеется возможность модернизации в процессе последующей эксплуатации в случае, если произойдет ужесточение или изменение требований к системе.

### **Список использованных источников**

1. ГОСТ Р 8.1004-2021 «Системы измерений количества и параметров нефти в нефтегазоводяной смеси и измерительные установки. Метрологические и технические требования»
2. ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологическое Обеспечение измерительных систем. Основные положения»
3. ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин»
4. ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах»
5. ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»
6. ГОСТ Р МЭК 60073-200 «Интерфейс человекo-машинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации.
7. ГОСТ 24.104.85 «Автоматизированная система управления. Общие требования»».
8. Кабели КВВГ, КВВГЭ [Электронный ресурс] – режим доступа Кабель КВВГ: Характеристики, Расшифровка, Сечения по ГОСТ (k-ps.ru), свободный
9. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 10.ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
- 11.ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.



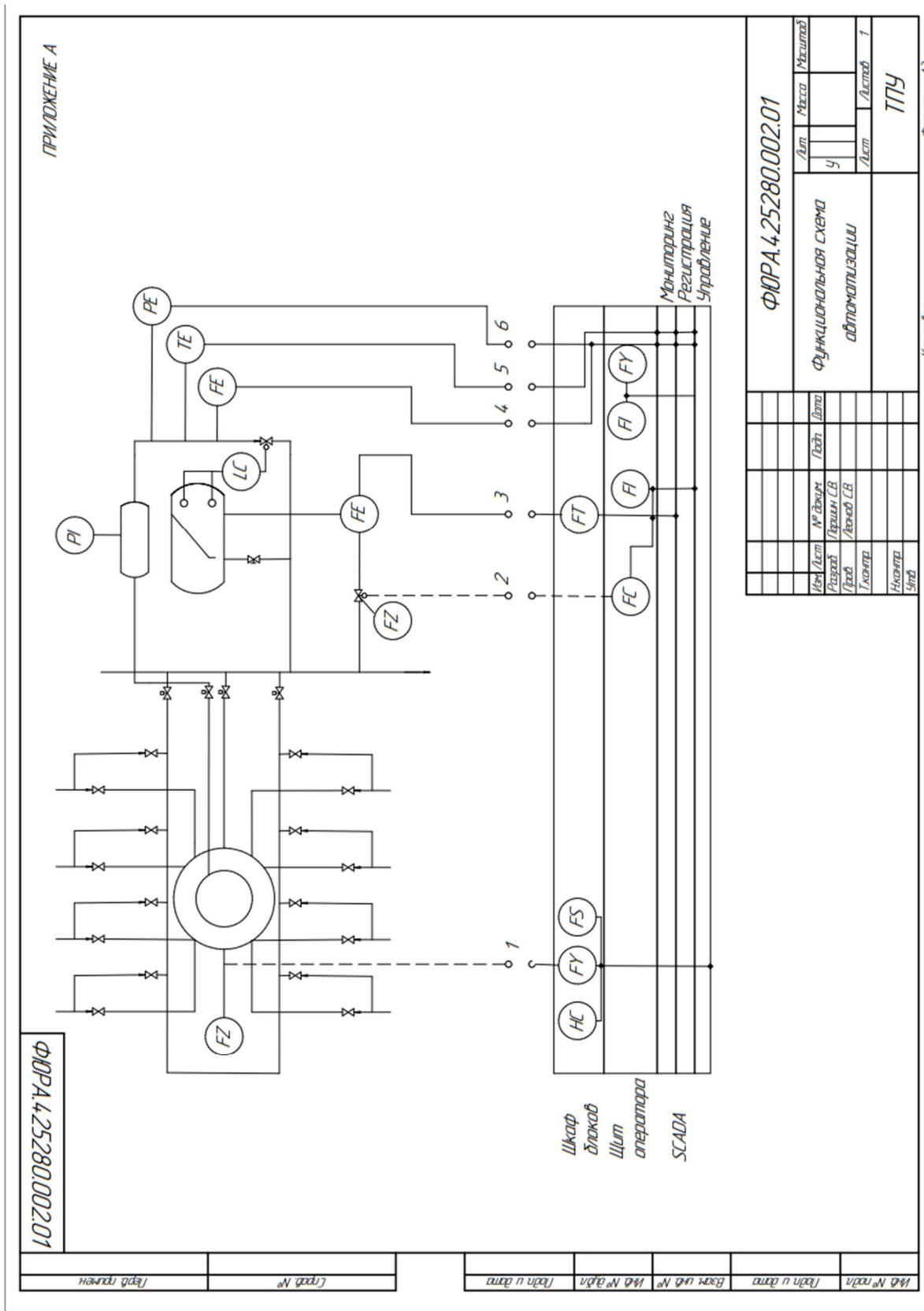
- 12.ГОСТ 21958-76. Система «Человек-машина». Зал и кабины операторов. Взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования.
- 13.Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) // Консультант Плюс: справочная правовая система. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/449c8f584a8f883770d2c4028997a4d520419113/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/449c8f584a8f883770d2c4028997a4d520419113/) (дата обращения 15.05.2022).
- 14.ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
- 15.ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация.
- 16.ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 17.ГОСТ 12.1.002-84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
- 18.ГОСТ 12.1.005-88. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
- 19.СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- 20.СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
- 21.СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.
- 22.ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов».
- 23.МР 2.2.9.2311 – 07. «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».

- 24.Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П.П. Кукин и др.–5-е изд., стер.–М.: Высшая школа, 2009.–335 с.
- 25.ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

# Приложение А

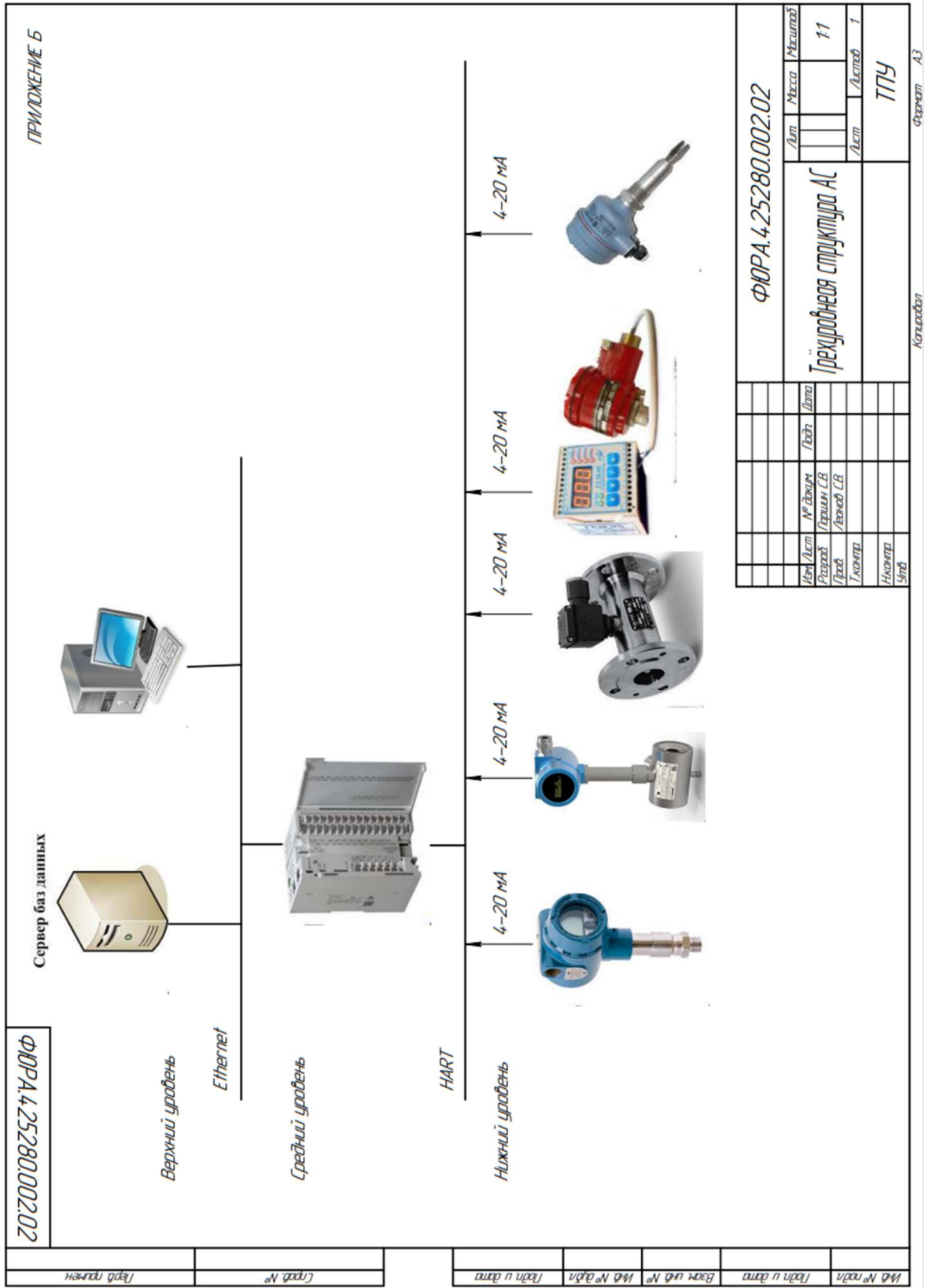
(обязательное)

## Функциональная схема автоматизации



Приложение Б  
(обязательное)

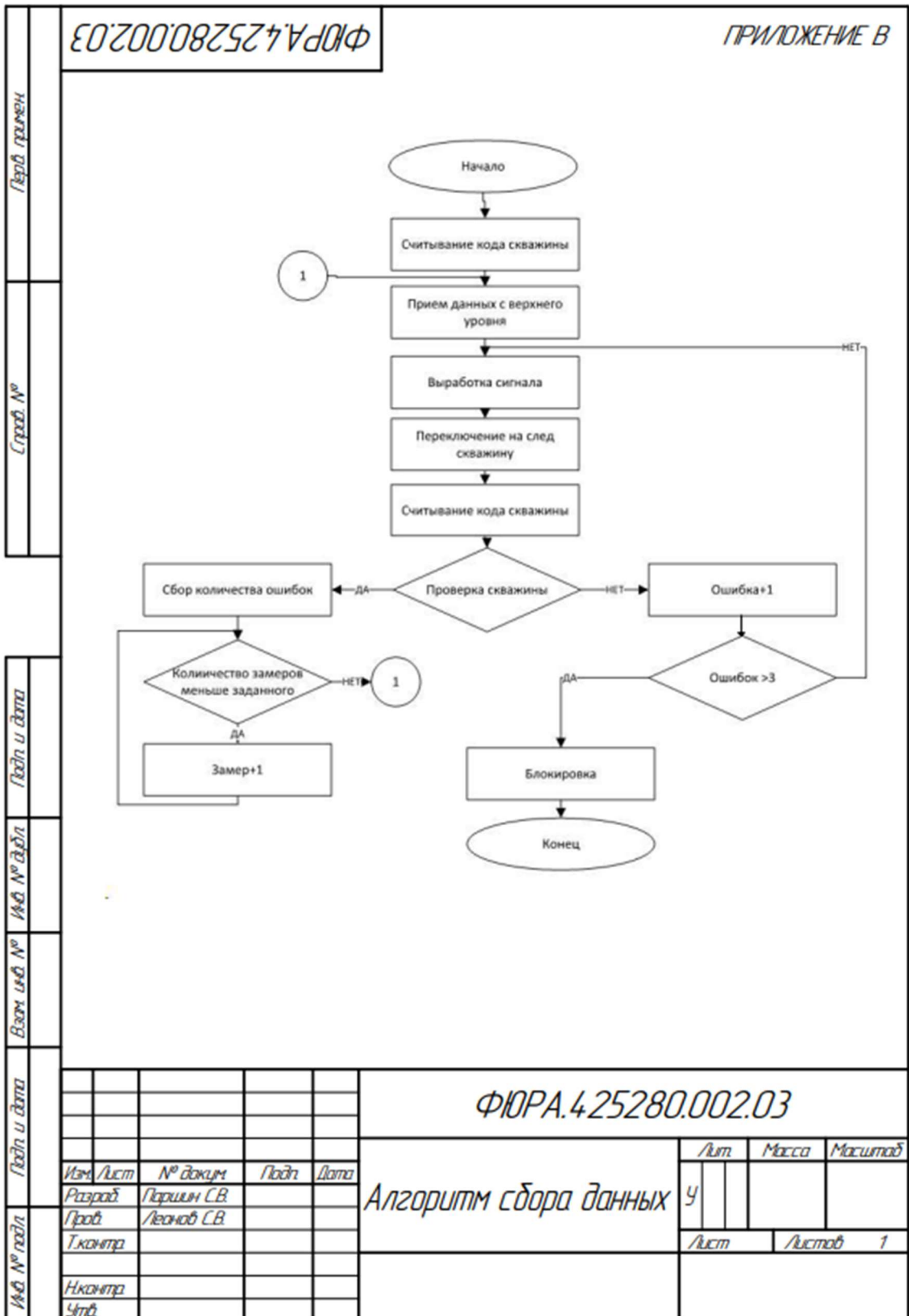
Трехуровневая структура АС



# Приложение В

(обязательное)

## Алгоритм сбора данных





# Приложение Д

(обязательное)

## Мнемосхема системы управления

