

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 – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы Модернизация автоматизированной системы дозирования химреагента установки комплексной подготовки нефти
--

УДК 004.896:622.276.8-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Сердитов Антон Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Воскобойникова Ольга Борисовна			

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
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные 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
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-2	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оптоэлектроники и их исследованию на базе профессиональных пакетов

	автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики,

	испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 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
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Воскобойникова Ольга Борисовна			

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
3-8Т71	Сердитов Антон Алексеевич

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы групповой замерной установки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-8/с от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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>Объект исследования: Автоматизированная система установки дозирования химреагента. Цель работы: Модернизация установки дозирования химического реагента путём замены оборудования.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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"> 1. Описание технологического процесса. 2. Выбор технических средств. 3. Разработка технологической схемы автоматизированной системы. 4. Разработка структурной схемы. 5. Разработка функциональной схемы автоматизации. 6. Разработка схемы соединения внешних проводов. 7. Разработка алгоритмов логического управления.

	8. Разработка экранных форм.
Перечень графического материала <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. Экранные формы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.04.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОАР ИШИТР	Воскобойникова Ольга Борисовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Сердитов Антон Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-8Т71		Сердитов Антон Алексеевич	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

<i>Модернизация автоматизированной системы дозирования химреагента УКПН</i>	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<ul style="list-style-type: none"> - оклад инженера – 29500 руб. в месяц; - оклад руководителя проекта – 35800 руб. в месяц; - транспортно-заготовительные расходы 15 %.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 50 % северные надбавки (Томская область); - 16 % накладные расходы; - 1,5 районный коэффициент (Томская область).
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 30 % размер страховых взносов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Расчет инновационного потенциала НТИ	<ul style="list-style-type: none"> - SWOT-анализ; - Анализ конкурентных технических решений
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	<ul style="list-style-type: none"> - 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. Матрица SWOT 2. 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
3-8Т71	Сердитов Антон Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-8Т71		Сердитов Антон Алексеевич	
Школа		Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<i>Модернизация автоматизированной системы дозирования химреагента УКПН</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: УДХ (установка дозирования химреагента).</p> <p>Область применения: нефтедобыча, установка комплексной подготовки нефти.</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение.</p> <p>Размеры (ДхШхВ мм): ТБ (4200х2000х2300), БА(1315х2000х2300).</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: шкаф автоматики, оборудование КИПиА, плунжерные насосы, ёмкость химреагента.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль работоспособности оборудования КИПиА, наблюдение за технологическим процессом, обнаружение и устранение неисправности.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с изменением № 1)</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022).</p> <p>ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p> <p>Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.</p>

	<p>Инструкция по охране труда при эксплуатации и при работе в электроустановках до 1000В с 3 группой допуска ИОТВ №76-19.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2022).</p> <p>ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков</p> <p>ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие электростатического поля, чрезмерно отличающегося от поля Земли; – наличие электромагнитных полей промышленных частот (порядка 50-60 Гц). <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума; – зрительное напряжение; – отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего. <p>Средства коллективной защиты: наличие отопления, осветительные приборы, устройства дистанционного управления, знаки безопасности, защитные заземления, устройства автоматического отключения.</p> <p>Средства индивидуальной защиты: костюм специальный защитный, ботинки, перчатки, каски защитные, очки защитные, противошумные наушники, средства дерматологические (защитные, очистители кожи, репаративные средства).</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону не происходит.</p> <p>Гидросфере не значительное.</p> <p>Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.</p> <p>Воздействую на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС на объекте: розлив нефти, возгорание, взрыв.</p> <p>Наиболее распространённым типом ЧС является пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 11.04.2022</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
3-8Т71	Сердитов Антон Алексеевич		

Реферат

Пояснительная записка содержит 100 страниц машинописного текста, 28 таблиц, 21 рисунок, 33 список использованных источников, 3 приложений.

Объектом исследования является установка дозирования химреагента УКПН.

Цель работы – модернизирование автоматизированной системы управления дозирования химреагента УКПН с использованием ПЛК, на основе выбранной системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленного контроллера Emerson DeltaV.

Данная система разрабатывалась для непрерывной подачи химического реагента, чтобы минимизировать предотвращение парафинистых отложений на стенках трубопровода, а также для лучшего отделение лёгкий фракций.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Ключевые слова: дозирование химреагента, УДХ, плунжерный насос дозирования, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, программируемый логический контроллер, ПЛК.

Содержание

Определение, обозначения, сокращения.....	16
Введение.....	18
1 Требования к разрабатываемой системе.....	19
1.1 Задачи и цели создания АСУ ТП.....	19
1.2 Характеристика объекта автоматизации.....	20
1.3 Требования к системе.....	20
1.4 Требования к техническому обеспечению	21
1.5 Требования к программному обеспечению.....	22
2 Разработка аппаратной части системы автоматизации	24
2.1 Описание технологического процесса.....	24
2.2 Разработка структурной схемы.....	25
2.3 Разработка функциональной системы автоматизации.....	26
2.4 Разработка схемы информационных потоков УДХ.....	27
2.5 Комплекс аппаратно-технических средств.....	28
2.6 Выбор устройств измерения.....	28
2.6.1 Датчик давления	29
2.6.2 Уровнемер.....	30
2.6.3 Сигнализатор уровня.....	32
2.6.4 Расходомер.....	34
2.6.5 Датчик температуры.....	35
2.6.6 Газосигнализатор.....	37
2.7 Выбор контроллерного оборудования	39
2.8 Выбор исполнительного оборудования.....	40
2.9 Выбор частотных преобразователей	42
2.10 Разработка схемы внешней проводки.....	45
3 Разработка программного, информационного и алгоритмического обеспечения	47
3.1 Разработка алгоритмов управления.....	47
3.2 Алгоритм автоматического регулирования расхода реагента.....	47
3.3 Разработка модели САУ.....	48
3.4 Моделирование функциональной схемы на ЭВМ.....	50
3.5 Разработка человека-машинного интерфейса технологического уровня.....	52
4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	55
4.1 Технология QuaD.....	55
4.2 SWOT-анализ	57

4.3 Структура работ в рамках научного исследования.....	59
4.4 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	60
4.5 Разработка графика проведения научного исследования.....	61
4.6 Расчёт материальных затрат НТИ.....	66
4.6.1 Расчет амортизации оборудования.....	67
4.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	68
4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	70
4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	71
4.6.5 Накладные расходы.....	71
4.7 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	72
4.7.1 Определение финансовой эффективности исследования.....	72
4.7.2 Определение ресурсоэффективности исследования.....	74
4.7.3 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	75
Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	77
5 Социальная ответственность.....	78
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации.....	78
5.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	80
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	81
5.3 Экологическая безопасность.....	86
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
Вывод по разделу	91
Заключение	92
Список используемой литературы.....	94
Приложение А.....	98
Приложение Б.....	99
Приложение С.....	100

Определение

В данной работе применены термины с соответствующими определениями:

Автоматизированная система (АС): Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП): Группа решений технических и программных средств, предназначенных для автоматизации управления технологическим процессом.

Программируемый логический контроллер (ПЛК): Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.

Обозначения и сокращения

OSI (Open Systems Interconnection) – Эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

SQL: Язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных;

PLC (Programmable Logic Controllers) – Программируемые логические контроллеры (ПЛК);

HMI (Human Machine Interface) –Человеко-машинный интерфейс;

OPC (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

IP (International Protection) – Степень защиты;

АСПО – Асфальтосмолопарафиновые отложения;

АС – Автоматизированная система;

ТП – Технологический процесс;

АРМ – Автоматизированное рабочее место;

ИБП – Источник бесперебойного питания;

ПО – Программное обеспечение;

ИУС – Информационно управляющая система;

ПЧ – Преобразователь частоты;

ТЗ – Техническое задание;

КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;

УКПН – Установка комплексной подготовки нефти;

УДХ – Установка дозирования химреагента.

Введение

На сегодняшний день развитие нефтяной промышленности России можно охарактеризовать снижением качества сырьевой базы. Большая часть разрабатываемых месторождений относится к месторождениям, которые вступили в позднюю стадию разработки, в результате чего ухудшается структура данных месторождений, увеличивается доля трудноизвлекаемых запасов нефти, также происходит обводнение продукции скважин.

Так, при добыче парафинистой нефти одной из основных проблем, вызывающей трудности работы скважин, нефтепромыслового оборудования и трубопроводных коммуникаций, является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), формирование которых приводит к снижению производительности системы и эффективности работы насосных установок.

Одним из способов борьбы с запарафиниванием трубопроводов, является химический метод. Он заключается в добавлении в нефтяную эмульсию различных химических реагентов, которые предотвращают осадкообразование на стенках трубопроводов и нефтепромыслового оборудования. Для выполнения данной задачи используют установки дозирования химреагента (УДХ).

Целью данной выпускной квалификационной работы является модернизация АС установки дозирования химреагента установки комплексной подготовки нефти, что позволит улучшить технико-экономические показатели установки комплексной подготовки нефти, а также повысить безопасность технологического процесса (ТП) на производственном объекте и улучшить достоверность измерений в ходе ТП.

1 Требования к разрабатываемой системе

1.1 Задачи и цели создания АС УДХ

Основной задачей АС установки дозирования химреагента УКПН является повышение достоверности измерений в ТП подготовки нефти, а также повышение безопасности ТП и улучшение технико-экономических показателей работы УКПН.

На нефтяных промыслах установки комплексной подготовки нефти (УКПН) – они представляют собой комплекс оборудования, включающий насосы, резервуары-отстойники, сепараторы, электродегидраторы, конденсаторы, теплообменники и другие элементы.

Пластовая нефть, которая попадает в скважину, содержит множество примесей – частицы пластовых вод, газы, микроорганизмы, глина, песок, растворенные в воде минеральные соли.

Для транспортировки такая нефть не годится – примеси увеличивают ее объем и снижают качество, негативно влияют на работу оборудования и трубопроводов, а также приводят к потерям легких фракций нефтепродуктов.

УКПН используется для того, чтобы изъять из нефти все примеси, очистить ее, отделить все легкие фракции и подготовить к транспортировке по магистральным нефтепроводам [1].

Целями создания АСУ ТП являются:

- автоматизировать контроль и управление в реальном масштабе времени технологическим процессом дозирования химического реагента в нефтепровод;
- автоматическое и дистанционное приведение ТП в безопасное состояние, в случае возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС);
- сбор и фиксация данных о ходе технологического процесса;
- выявление сбоев и отказов в работе оборудования.

1.2 Характеристика объекта автоматизации

Объектом автоматизации является установка дозирования химического реагента УКПН, целью работы которой является борьба с запарафиниванием трубопровода химическим методом, а также предотвращения отложения на его стенках иных веществ препятствующих режимной работе УКПН и сокращающих срок службы трубопровода [2].

В состав технологического оборудования УДХ входят:

- агрегаты электронасосные дозировочные, плунжерные или мембранные (2 шт.);
- насос шестеренный;
- емкость технологическая безнапорная сварная, прямоугольного сечения;
- сепаратор.

1.3 Требования к системе

Структура системы должна быть трехуровневой:

1. Нижний уровень – уровень размещения контрольно - измерительных приборов и автоматики (КИПиА), включает в себя:

- датчики давления;
- уровнемер;
- сигнализаторы уровня;
- расходомеры;
- датчики температуры;
- преобразователи частоты.

2. Средний уровень – уровень сбора информации с нижнего уровня, выдачи воздействий на устройства приёма/передачи данных на верхний уровень, включает в себя локальный контроллер;

3. Верхний уровень – уровень, представляющий собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, включает в себя:

- персональный компьютер (ПК);
- источник бесперебойного питания (ИБП);
- лицензионное программное обеспечение (ПО) [3].

1.4 Требования к техническому обеспечению

В зависимости от зоны расположения объекта технологическое оборудование, которое устанавливается на открытых площадках, должно выдерживать температуры в диапазоне от минус 40 °С до 40 °С и влажность не менее 80 %, при температуре 28 °С.

В проектируемой АС должны быть предусмотрены способы её последующей модернизации и развития, также на момент сдачи в эксплуатацию должен обеспечиваться резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 % [4].

Система измерений должна основываться на электронных датчиках давления, уровня, расхода, перепада давления, температуры, анализаторах качества и состава, интегрирующих счётчиков.

Средства измерений давлений, уровней и расходов должны иметь стандартные сигналы диапазона (4 – 20) мА.

Для реализации сбора и обработки информации в подсистемах управления должны быть предусмотрены модули:

- ввода аналоговых сигналов диапазона (4 – 20) мА;
- ввода по протоколу RS-485 от периферийных микропроцессорных устройств.
- ввода дискретных сигналов;

Вывод аналоговых и дискретных управляющих воздействий, должен осуществляться соответственно через модули вывода аналоговых токовых сигналов и модули вывода дискретных сигналов.

Датчики, входящие в состав системы, должны соответствовать требованиям взрывобезопасности.

ПЛК должны иметь модульную архитектуру, которая позволяет свободно компоновать каналы ввода-вывода.

1.5 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) терминала УДХ должно быть совместимым с существующим на УКПН ПО.

Системное ПО должно выполнять все функции информационно - управляющей системы (ИУС).

На нижнем уровне должна быть установлена операционная система реального времени.

На среднем и верхнем уровнях должна быть установлена сетевая операционная система с развитыми средствами поддержки баз данных реального времени и графического интерфейса пользователя.

Инструментальное ПО должно предоставлять возможность настройки базового прикладного ПО и создания специального прикладного ПО.

Базовое прикладное ПО должно выполнять стандартные функции на каждом уровне ИУС (опрос датчиков, визуализация информации и другое).

Специальное прикладное ПО должно осуществлять нестандартные функции на каждом уровне ИУС (алгоритмы управления, расчеты и др.).

Объем памяти, выделенной для хранения баз данных, должен быть достаточным для размещения на нем информации собранной за 3-х летний период.

На ПК оператора АРМ должно обеспечиваться хранение архивов информации, в следующих временных диапазонах:

- протоколы событий – 1 месяц;
- отчёты за смену/сутки – 3 месяца;
- месячные отчёты – 1 год.

ПК оператора АРМ необходимо обеспечить источником бесперебойного питания (ИБП), поддерживающего его работоспособность в течение двух часов с момента отключения основной питающей сети.

2 Разработка аппаратной части системы автоматизации

2.1 Описание технологического процесса

Установка дозирования химического реагента (УДХ) предполагает использование на установках комплексной подготовки нефти. Она предназначена для добавления в добываемую нефтяную продукцию химических соединений, предотвращающих запарафинивание трубопроводов, иначе говоря отложения на стенках трубопровода асфальтосмолопарафиновых веществ, а также иных веществ, препятствующих режимной работе УКПН и сокращающих срок службы трубопровода [5].

Сначала, при помощи насоса закачки химический реагент закачивается в ёмкость для хранения запасов реагента. Уровень химреагента в ёмкости контролируется при помощи уровнемера LT-01 и сигнализаторов предельного верхнего и нижнего уровней, соответственно LA-02 и LA-03.

Подача реагента в нефтепровод осуществляется по двум линиям насосами НД-1 и НД-2, при этом они могут работать как одновременно, так и по отдельности, увеличивая или уменьшая пропускную способность УДХ.

Для учёта объёма реагента, подаваемого в нефтепровод на линии насоса НД-1 установлен расходомер FT-07, а на линии насоса НД-2 – FT-08. Измерив текущее значение расхода и сопоставив его с требуемым значением, которое задаёт оператор АРМ, в зависимости от полученного результата на преобразователи частоты (ПЧ) подаётся соответствующее управляющее воздействие.

В случае увеличения значения расхода по сравнению с заданным, ПЧ уменьшает частоту питающего напряжения на насосе.

Если же расход меньше заданного значения, ПЧ увеличивает частоту питающего напряжения на насосе.

В случае равенства, заданного и текущего значений расхода реагента, подаётся управляющее воздействие на прекращение регулирования расхода.

На рисунке 1 представлена схема установки дозирования химреагента УКПН.

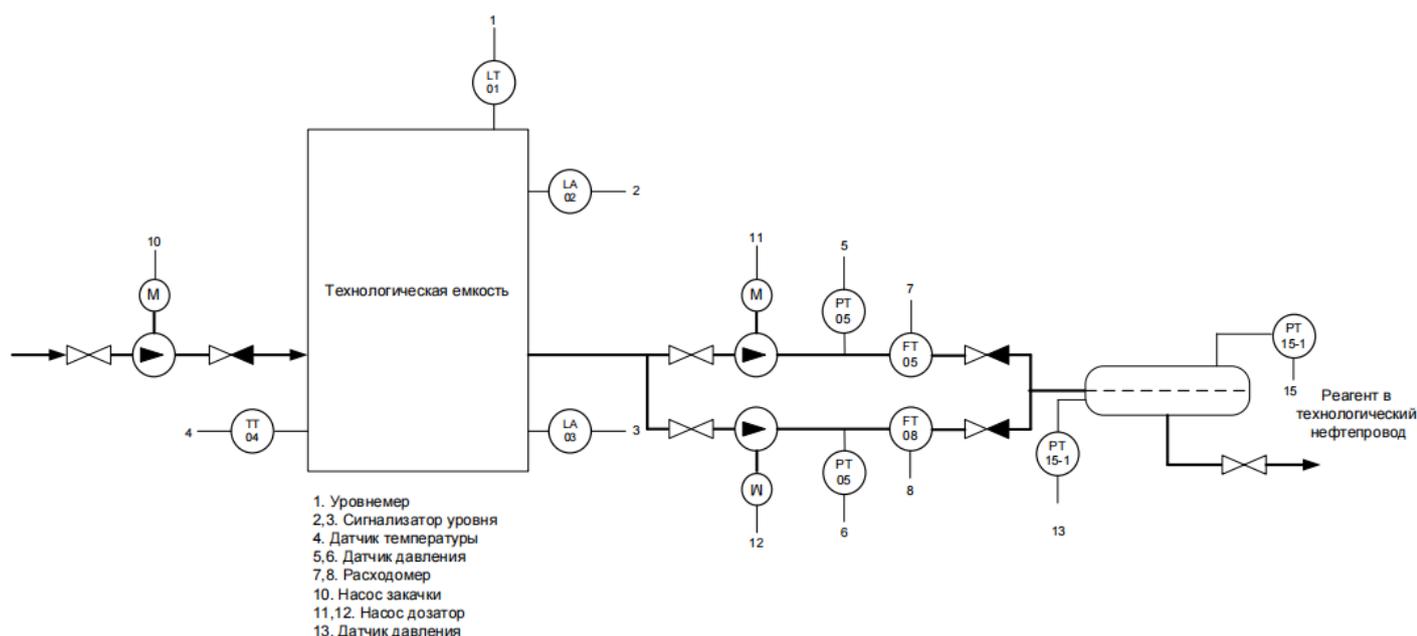


Рисунок 1 – Схема установки дозирования химреагента УКПН

2.2 Разработка структурной схемы

Структурная схема установки дозирования химреагента в соответствии с требованиями технического задания (ТЗ) построена по трехуровневому иерархическому принципу. Трехуровневая структура АС приведена в приложении А.

Нижний (полевой) уровень состоит из первичных средств автоматизации:

- датчики давления (2 шт.);
- уровнемер;
- сигнализаторы уровня (2 шт.);
- расходомеры (2 шт.);
- датчики температуры (2 шт.);
- газосигнализатор;

- преобразователи частоты (2 шт).

Информация от датчиков полевого уровня переходит на средний уровень. Средний (контроллерный) уровень состоит из локального контроллера. Он осуществляет следующие функции:

- сбор, первичная обработка и хранения информации, поступившей с нижнего уровня;
- обмен информацией с верхним уровнем;
- автоматическое логическое управление и регулирование.

Информация с локального контроллера отправляется на верхний уровень. Верхний (информационно - вычислительный) уровень состоит из АРМ оператора, при этом в состав АРМ оператора входят:

- персональный компьютер (ПК);
- источник бесперебойного питания (ИБП);
- лицензионное программное обеспечение (ПО).

Верхний уровень выполняет следующие функции:

- обмен информацией со средним уровнем;
- формирование и оперативное отображение информации о состоянии технологического процесса в реальном масштабе времени в виде мнемосхем с динамическими элементами и т.п.;
- формирование и ведение технологической базы данных;
- бесперебойное питание технических средств верхнего уровня [6].

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации ТП проектируемой системы и оснащение её приборами и средствами автоматизации, является функциональная схема автоматизации.

Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации,

средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

В ходе разработки функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

— задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;

— задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В ходе выполнения данного проекта была разработана функциональная схема автоматизации в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств».

автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Функциональная схема автоматизации представлена в приложении Б.

2.4 Разработка схемы информационных потоков УДХ

ПЛК на среднем уровне распределяет преобразованные информационные потоки между сервером базы данных и автоматизированным рабочим местом оператора. АРМ оператора принимает и отображает полученные данные, отправляет команды управления, передаваемые на средний уровень. Каждое действие оператора отображается на АРМ в виде журнала событий. В сервере базы данных вся информация структурируется, затем обращение к ней возможно

с помощью запросов с автоматизированного рабочего места диспетчера и производственно – диспетчерской службы.

Схема информационных потоков приведена на рисунке 1.



Рисунок 2 – Схема информационных потоков

2.5 Комплекс аппаратно-технических средств

Комплекс аппаратно-технических средств (КАТС) АС установки дозирования химреагента УКПН имеет в своем составе устройства измерения и индикации, а также интерфейсные линии связи.

2.6 Выбор устройств измерения

В соответствии с ТЗ выбираемые устройства измерения должны быть предназначены для работы в условиях агрессивных сред, устройства измерения должны быть во взрывозащитном исполнении и с

искробезопасными цепями.

Также при выборе устройств измерения следует отдавать предпочтение интеллектуальным датчикам с унифицированным токовым сигналом (4 – 20) мА.

2.6.1 Датчики давления

Проведем сравнительный анализ следующих датчиков: Rosemount 2088, Метран-55-ДИ-Ех. Характеристики датчиков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики датчиков давления

Критерии выбора	Rosemount 2088	Метран-55-ДИ-Ех	Метран-75
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Предел допустимой погрешности	± 0,075 %	± 0,1 %	± 0,1 %
Максимальное давление измеряемой среды	10 МПа	10МПа	до 25 МПа
Выходной сигнал, мА	от 4 до 20; HART/FF/Profibs	от 4 до 20	от 4 до 20; HART
Взрывозащищенность	IP 66	IP 65	IP 65
Температура окружающей среды	От минус 45 до 70 °С	От минус 40 до 70 °С	От минус 40 до 70 °С
Межповерочный интервал	4 лет	5 лет	5 лет
Напряжение питания	(12 – 42) В	(12 – 42) В	(12 – 42) В
Цена, руб.	От 45500	От 15900	От 35000

В процессе подачи реагента в технологический нефтепровод необходимо осуществлять контроль давления на выкиде насосов дозирования с целью избежания аварийных ситуаций, связанных с превышением расчетного давления трубопровода. Для заданных целей применим датчики давления Метран-55-ДИ-Ех представленный на рисунке 3.

Принцип работы основан на изменении электрического сопротивления тензоэлементом при воздействии на него давления. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемое давление в унифицированный выходной сигнал постоянного тока [7].



Рисунок 3 – Датчик давления Метран-55-ДИ-Ех

2.6.2 Уровнемер

Проведем сравнительный анализ следующих датчиков: Rosemount 3300, ПМП-062, VEGAPULS 61 HART приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика уровнемеров

Технические характеристики	Rosemount 3300	ПМП-062	VEGAPULS 61 HART
Диапазон измерений	(0 –1800) мм	(0 –1800) мм	(0 –2000) мм
Точность измерения уровня	± 2 мм	± 5 мм	± 5 мм

Продолжение Таблица 2

Температура окружающей среды, °С	От минус 20 до 85 °С	От минус 20 до 60 °С	От минус 40 до 80 °С
Диапазон температур измеряемой среды, °С	От минус 40 до 150 °С	От минус 40 до 130 °С	От минус 40 до 80 °С
Чувствительность	± 0,1 мм	± 0,2	± 0,1 мм
Выходной сигнал, мА	от 4 до 20/ HART	от 4 до 20	от 4 до 20/ HART
Класс защиты	IP 66	IP 66	IP 66
Напряжение питания	(16 – 42) В	(16 – 42) В	(16 – 42) В
Цена, руб.	От 82000	От 14700	От 54970

Для контроля уровня химического реагента в технологической емкости выберем отечественный уровнемер ПМП-062, предназначенный для измерения уровня жидкости в стационарных и передвижных резервуарах и преобразования уровня в унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Уровнемер ПМП-062

Измерение уровня жидкости осуществляется при помощи поплавка со встроенным магнитом, который магнитным полем воздействует на чувствительные элементы (герконы). Благодаря установки герконов в ряд с определенным интервалом и соединением их через резисторы ($R_1 \dots R_{n-1}$) по схеме резистивного делителя напряжения достигается непрерывное измерение с шагом 5 мм. Линейность измерения обеспечивается одинаковыми номиналами высокоточных резисторов, имеющих одинаковый температурный коэффициент сопротивления.

В корпусе уровнемера ПМП-062 находится электронная плата преобразования уровня в токовый сигнал, на которой расположены винтовые клеммные зажимы для присоединения кабеля и подстроечные резисторы 4 мА и 20 мА [8].

2.6.3 Сигнализаторы уровня

С целью осуществления контроля крайних значений уровня химреагента в ёмкости необходимо установить сигнализаторы верхнего и нижнего уровней, при срабатывании которых будет производиться автоматическое отключение насоса закачки и дозирующих насосов. С этой целью проведем сравнительный анализ (Таблица 3) следующих датчиков сигнализатор уровня ПМП-053, СУЖ-П и Rosemount 2120.

Таблица 3 – Техническая характеристика сигнализаторов уровня

Технические характеристики	Rosemount 2120	ПМП-053	СУЖ-П
Диапазон измерений	(50 – 2000) мм	(50 – 2000) мм	(50 – 1600) мм
Точность измерения уровня	±1мм	±2 мм	±5 мм

Продолжение Таблица 3

Диапазон температур измеряемой среды, °С	От минус 50 до 150 °С	От минус 50 до 150 °С	От минус 60 до 120 °С
Число вентиляторов контрольных (установки контролируемых) состоит уровней	1	1 номинальная или 2 (органы по применим заказу)	1 рисунке или 2 (трубопровода по трехуровневой заказу)
Температура окружающей среды, °С	От минус 40 до 80 °С	От минус 50 до 60 °С	От минус 40 до 70 °С
Класс защиты	IP 67	IP 65	IP 65
Напряжение питания	(16 – 42) В	(16 – 42) В	(16 – 42) В
Цена, руб.	От 20000	От 11300	От 21000

В качестве датчиков-сигнализаторов уровня будем использовать приборы ПМП-053. В основе работы датчика лежит применение геркона, под воздействием магнитного поля, изменяющего свое состояние (замкнут или разомкнут). Поплавок со встроенным магнитом передвигается по направляющей и вызывает переключение состояния геркона представлен на рисунке 5 [9].

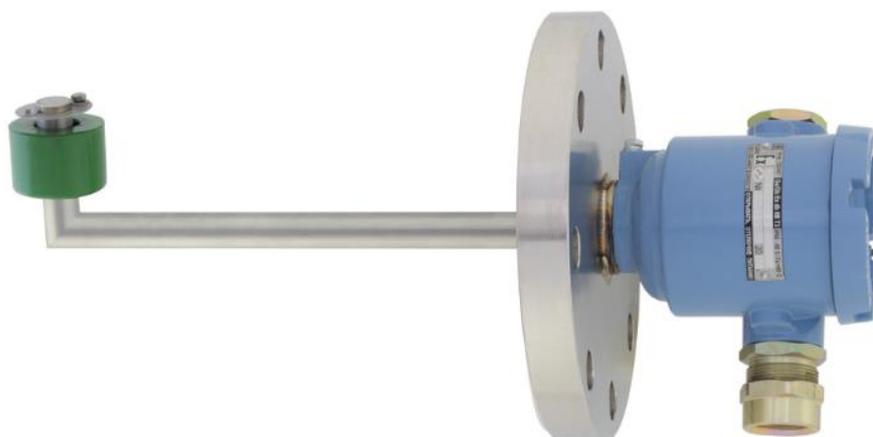


Рисунок 5 – Сигнализатор уровня ПМП-053.

2.6.4 Расходомеры

В процессе подачи реагента в технологический нефтепровод необходимо осуществлять измерение объемного расхода химического реагента с целью его дальнейшего регулирования согласно технологических уставок, а также с целью учета общего количества закачанного реагента.

Сравним датчики для измерения расхода. Rosemount 8711, Метран- 370. Характеристики датчиков представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики датчиков для измерения расхода

Критерии выбора	Rosemount 8711	Метран-370	СИМАГ-11К
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар(однородная)	Газ, жидкость
Предел допустимой погрешности	± 0,25 %	± 0,5 %	± 1 %
Выходной сигнал, мА	от 4 до 20; HART	от 4 до 20 с HART-протоколом; частотно-импульсный 0-10 кГц	от 4 до 20
Диапазон измерения расхода жидкости	0.012...1417 м ³ /ч	0.21...1062 м ³ /ч	0.142...1414 м ³ /ч
Взрывозащищенность	IP 68	IP 68	IP 65
Температура процесса	От минус 30 до 150 °С	От минус 30 до 150 °С	От минус 10 до 150 °С
Температура окружающей среды	От минус 35 до 55 °С	От минус 40 до 85 °С	От минус 20 до 50 °С
Межповерочный интервал	5 лет	5 лет	5 лет
Напряжение питания	(12 – 42) В	(12 – 42) В	150...260В, (50±10) Гц
Цена, руб.	От 84500	От 40000	От 44900

Для заданных целей применим электромагнитный расходомер Метран-370 (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Расходомер Метран-370

Принцип действия данного типа расходомера основан на измерении ЭДС, индуктируемой в потоке электропроводной жидкости под действием внешнего магнитного поля. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемый расход в унифицированный выходной сигнал постоянного тока [10].

2.6.5 Датчик температуры

Для контроля температуры реагента в емкости и контроля температуры воздуха в помещении УДХ с целью обеспечения необходимого температурного режима работающих насосов дозирующих, проведем сравнительный анализ Rosemount 3144P, ТСМУ Метран-274-Ех и ТПУ-0304/М.

Результаты сравнения представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчиков температуры

Критерии выбора	Rosemount 3144P	ТСМУ Метран-274-Ех	ТПУ-0304/М
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды
Температура окружающей среды	От минус 20 до 85 °С	От минус 0 до 50°С	От минус 10 до 70 °С
Диапазон пределов измерений	От минус 50 до 200 °С	От минус 50 до 80 °С	От минус 50 до 100 °С
Предел допустимой погрешности	± 0,17 %	± 0,25 %	± 0,2 %
Напряжение питания	(12 – 42) В	(12 – 42) В	(12 – 42) В
Выходной сигнал, мА	от 4 до 20/ HART	от 4 до 20	от 4 до 20
Взрывозащищенность	IP66	IP65	IP65
Средний срок службы	5 лет	3 года	3 года
Цена, руб	От 25 700	От 6100	От 7500

Применим датчики ТСМУ Метран-274-Ех (Рисунок 7). Для установки датчика температуры реагента применяется разделитель сред (сварной стакан).



Рисунок 7 – ТСМУ Метран-274

Принцип работы основан на изменении электрического сопротивления терморезистором при изменении его температуры. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей [11].

2.6.6 Газосигнализатор

Для непрерывного контроля дозрывоопасных концентраций горючих газов, паров легковоспламеняемых жидкостей и их смесей в помещении УДХ сравним газосигнализаторы ГСМ-05, СТМ-30 и СТМ-10.

Результаты сравнения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики датчиков температуры

Критерии выбора	ГСМ-05	СТМ-30	СТМ-10
Выходной сигнал, мА	от 4 до 20	от 4 до 20	от 4 до 20
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности, % НКПР	± 5	± 5	± 5

Продолжение таблицы 6

Напряжение питания	(12 – 42) DC; (110 – 220) AC	(12 – 42) DC; (110 – 220) AC	(12 – 42) DC; (110 – 220) AC
Рабочая температура, °C	от 0 до плюс 50	от 0 до плюс 50	от 0 до плюс 50
Время наработки на отказ, ч	30000	15000	15000
Цена, руб.	От 34000	От 48000	От 57000

В качестве газосигнализатора будем использовать ГСМ-05 представленный на рисунке 8.



Рисунок 8 – ГСМ-05

Газосигнализаторы серии ГСМ применяются на объектах нефтяной и газовой промышленности, в том числе магистральных нефтепроводах, а также в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и других отраслях. Газосигнализаторы серии ГСМ предназначены для контроля атмосферы промышленных объектов в процессе добычи и переработки нефти и газа, на

промышленных предприятиях химической, металлургической промышленности, на складах горюче-смазочных материалов и других токсичных и горючих жидкостей и газов [12].

2.7 Выбор контроллерного оборудования

В данном проекте в качестве контроллерного оборудования рассматривались следующие варианты:

- - симплексный контроллер Emerson DeltaV версии 2.x;
- - программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-300;

Представленные варианты схожи по основным техническим и функциональным качествам, однако контроллерное оборудование Emerson DeltaV выгодным образом отличается от своего конкурента удобством монтажа, обслуживания и более продуманной системой модульной компоновки.

В основе системы автоматизированного управления УДХ будем использовать симплексный контроллер Emerson DeltaV версии 2.x (второй модуль слева) (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Контроллер Emerson DeltaV

Контроллер установлен на 2-х слотовой несущей панели вместе с источником питания. Несущая панель контроллера соединяется с 8-ми слотовой несущей панелью многофункционального интерфейса подсистемы ввода-вывода, на которую устанавливаются необходимые модули ввода и вывода. Питание системного источника питания от сети 220 VAC. Максимальное потребление контроллером по току 450 мА.

Согласно перечню сигналов, произведем выбор требуемых модулей ввода и вывода для автоматизированной системы управления УДХ:

— Модуль аналогового ввода (4 – 20) мА 8-ми канальный. Поскольку в данной системе используется 7 каналов, оставшийся свободный канал не удовлетворяет условию резерва в 20 %, следовательно, используем два модуля и распределим сигналы между ними. Максимальное потребление по току 150 мА.

— Модуль дискретного ввода 24 VDC 32-х канальный. В системе используется 5 дискретных каналов ввода, следовательно, используем один модуль. Максимальное потребление по току 75 мА.

— Модуль дискретного вывода 24 VDC 8-ми канальный. В системе используется 14 дискретных каналов вывода, следовательно, используем три модуля для обеспечения минимального резерва по количеству каналов. Максимальное потребление по току 70 мА.

Подберем источник питания по току нагрузки выбранных модулей. Суммарная токовая нагрузка составляет 1,035 А, следовательно, выбираем системный источник питания модели VE5001 с максимальной токовой нагрузкой 2,1 А [13].

2.8 Выбор исполнительного оборудования

Для регулирования расхода химреагента будем использовать плунжерные дозирующие насосы HAUKE-MP GmbH PIM P (Рисунок 10).



Рисунок 10 – Дозирующий насос HAUKE-MP GmbH

Одноплунжерный прецизионный блок насоса с плавным регулированием расхода, с фиксацией параметров регулирования в стационарных условиях или во время работы, смазывание рабочих частей привода в масле картера, оснащается плунжерами без уплотнений или сальниковой набивкой с возможностью промывки или без промывки в зависимости от химического состава среды. Регулирование длины хода поршня осуществляется электрическим или пневматическим сервоприводом. Частота пульсаций регулируется механическим вариатором или частотным преобразователем трехфазного двигателя. Может комплектоваться в блочные

установки из нескольких насосов на одном приводе. Привод единичного блока: трехфазный двигатель, мощность 1,50 кВт. Все поршневые дозировочные насосы данной линейки могут быть выполнены во взрывобезопасном исполнении [14].

Основные технические характеристики насоса PIM P:

- расход: 100 л/час;
- мощность привода: 1,5 кВт;
- максимальное рабочее давление: 14,9 МПа;
- количество ходов: 150 ходов/мин;
- длина хода: 40 мм;
- взрывозащищенное исполнение есть.

2.9 Выбор частотных преобразователей

Для регулирования и поддержания необходимого расхода химического реагента в системе электрического питания дозирующих насосов необходимо использование частотных преобразователей, которые путем изменения частоты питающего напряжения, согласно управляющих воздействий с контроллерной системы будут поддерживать расход в необходимых пределах регулирования. Проведем сравнительный анализ частотных преобразователей E2-8300-001H, ВЕСПЕР серии E2-MINI IP65, INNOVERT ISD751M21B.

Результаты сравнения представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики частотных преобразователей

Критерии выбора	E2-8300-001H	E2-MINI IP65	INNOVERT ISD751M21B
Номинальная мощность двигателя, КВт	0,75	0,75	0,75
Напряжение питания (Uп), В	220 (1Ф) или 380 (3Ф);	220 (1Ф) или 380 В (3Ф);	220 (1Ф) или 380 В (3Ф);
Номинальный выходной ток, А	2,3	2,3	5
Диапазон регулирования частоты, Гц	0,1...400	1...200	(0,1 – 400)
Диапазон температур окр. среды, °С	От минус 10 до 50 °С	От минус 10 до 50 °С	От минус 10 до 40 °С

Продолжение таблицы 7

Степень защиты по ГОСТ 14254	IP20	IP20	IP20
Цена, руб.	От 12900	От 13400	От 7800

Для заданных целей применим векторные частотные преобразователи INNOVERT ISD751M21B. Внешний вид преобразователей представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Векторный преобразователь частоты INNOVERT ISD751M21B

Преобразователь частоты Innovert ISD751M21B разработан для управления двигателями транспортёров, конвейеров, насосов, вентиляторов, компрессоров и

др. Небольшие размеры позволяют крепить прибор на DIN-рейку и монтировать его в шкаф управления.

Исполнение преобразователей частоты в герметичном корпусе со степенью защиты IP20 с естественной воздушной системой охлаждения полностью защищает их от проникновения пыли и от струй воды, падающих на корпус под любым углом [15].

Схема электрических соединений частотного преобразователя представлена на рисунке 12.

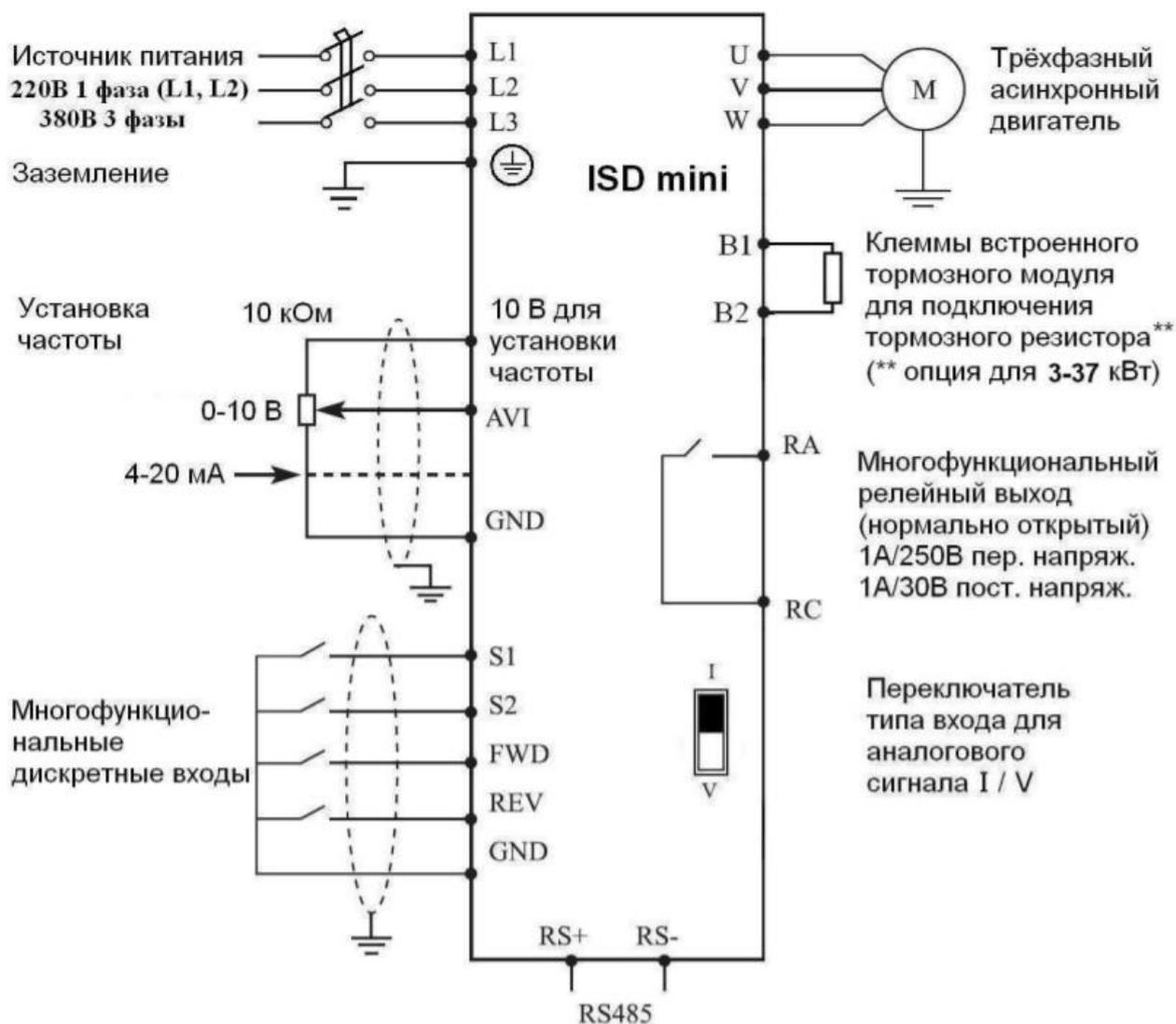


Рисунок 12 – Схема электрических соединений преобразователя частоты

На рисунке 13 представлены описания клемм основного контура.

Клеммы	Описание
	Вывод заземления
R, S, T (L1, L2, L3)	Входные клеммы для подсоединения источника питания (при однофазном напряжении для подачи питания используются две клеммы).
PR;  +/B1; B2	К клеммам может быть подсоединен внешний тормозной резистор. Тормозной резистор является дополнительным элементом и не входит в комплект поставки ПЧ.
U, V, W (T1, T2, T3)	Подсоединение трехфазного асинхронного двигателя переменного тока
+, —	Шины звена постоянного тока, предназначены для подключения внешнего (опционального) тормозного блока

Рисунок 13 – Описание клемм основного контура

2.10 Разработка схемы внешних проводок

Схема соединений и подключений внешних проводок разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408-2013.

Семь измерительных приборов подключены по 2-х проводной схеме имеют выходным сигналом унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА. Два сигнализатора уровня также подключены по 2-х проводной схеме и имеют выходным сигналом – «сухой контакт». Напряжение питания измерительных приборов и сигнализаторов уровня – 24 VDC.

В качестве кабеля выбран КВКЭнг 1х2х1,0. Это – многожильный кабель с медными токопроводящими жилами с виниловой изоляцией. Жилы свитыми между собой и оплетены экраном из медной сетки в виниловой оболочке, с защитным покровом из металлической оплетки и внешней виниловой изоляцией из негорючего состава.

Кнопочные посты управления насосами дозирования подключены тремя проводами, при помощи клеммных соединителей шкафа телемеханики, при этом для осуществления дистанционного управления, параллельно произведено соединение с электромагнитными пускателями при помощи клеммных соединителей ХТ-01 шкафа ШСР.

В качестве кабеля цепей управления насосами дозирования и частотными преобразователями, выбран КВВГ нг 4х1,0. Это – кабель с медными

токопроводящими жилами и виниловой изоляцией, предназначенный для неподвижного присоединения к электрическим приборам и аппаратам.

Питание шкафа телемеханики выполнено кабелем КВВГнг 4х6,0.

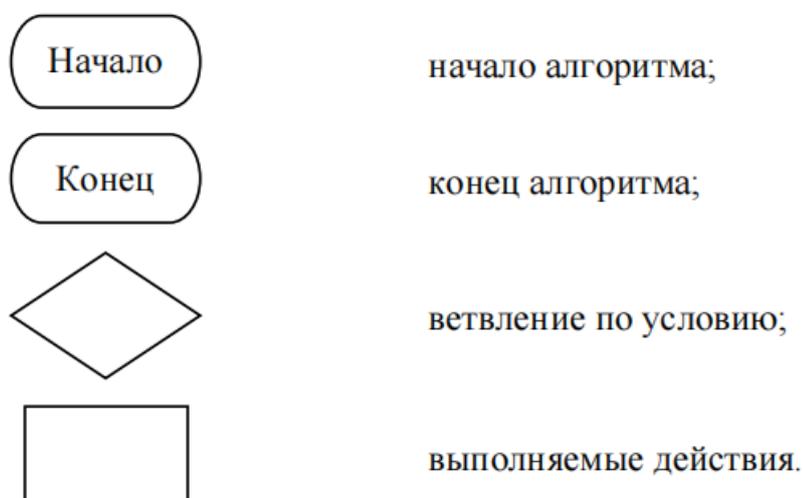
Схема соединений и подключений внешних проводок приведена в приложении С.

3 Разработка программного, информационного и алгоритмического обеспечения

3.1 Разработка алгоритмов управления

В данной выпускной квалификационной работе описана разработка алгоритмов управления электроприводами насосов дозирования.

При представлении алгоритмов в виде блок-схем, использованы следующие элементы:



3.2 Алгоритм автоматического регулирования расхода реагента

В процессе дозирования химического реагента необходимо регулировать его расход, а именно поддерживать его постоянное значение в ходе технологического процесса. Реализация данной задачи в проектируемой системе производится путём изменения частоты напряжения питания насосов дозирования, что в свою очередь приводит к изменению скорости вращения ротора двигателя насоса и изменению объема дозируемого реагента [16].

Алгоритм регулирования расхода химреагента приведён на рисунке 14.

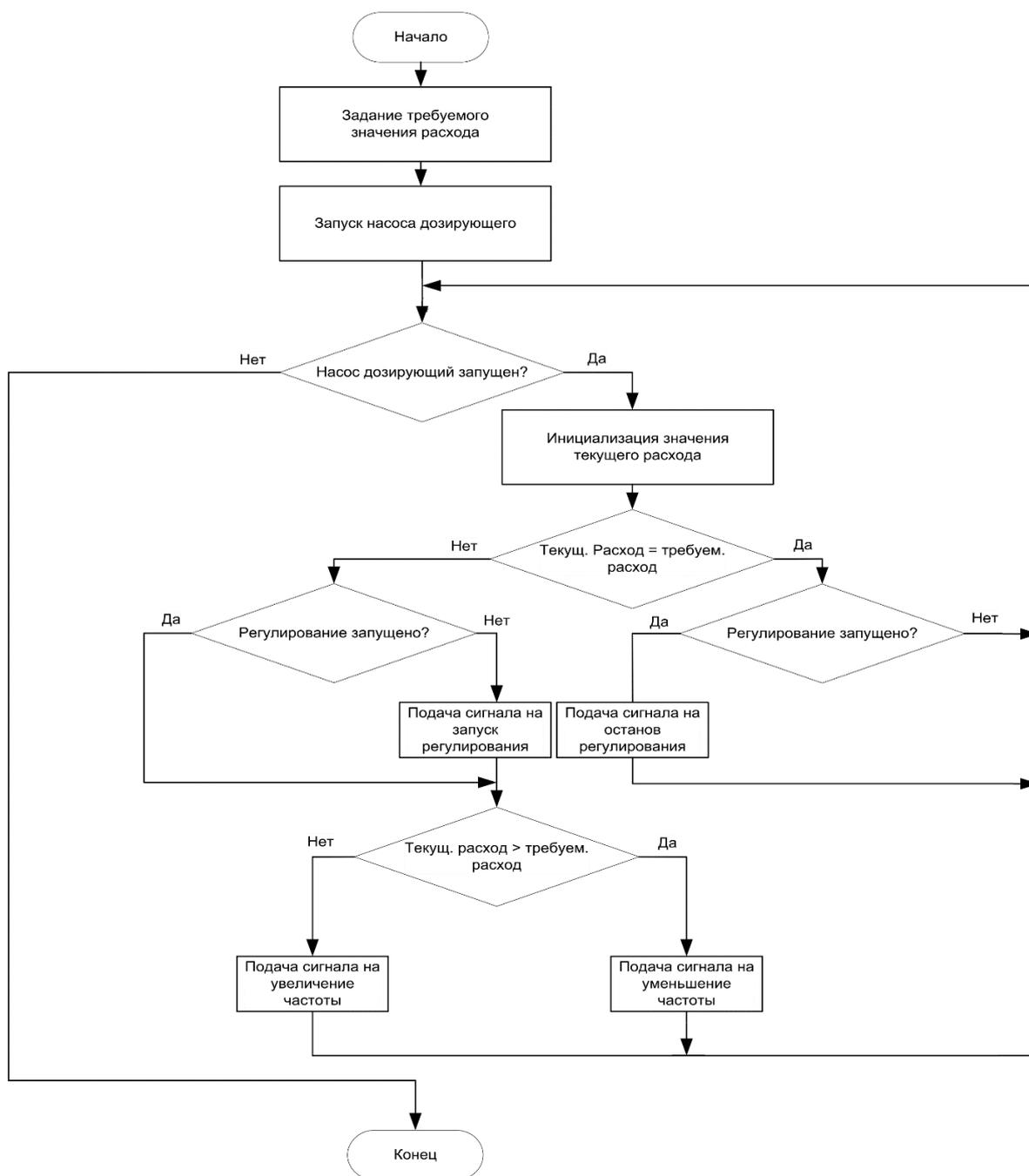


Рисунок 14 – Алгоритм регулирования расхода реагента

3.3 Разработка модели САУ

В этом разделе рассматривается разработка системы автоматического регулирования расхода химического реагента [17]. Функциональная схема автоматического регулирования расхода приведена на рисунке 15.

Система включает в себя ПИД - регулятор, блок каналов связи (БКС), регулирующий орган (РО), объект управления (ОУ). Определим передаточные функции основных элементов структурной схемы регулирования.

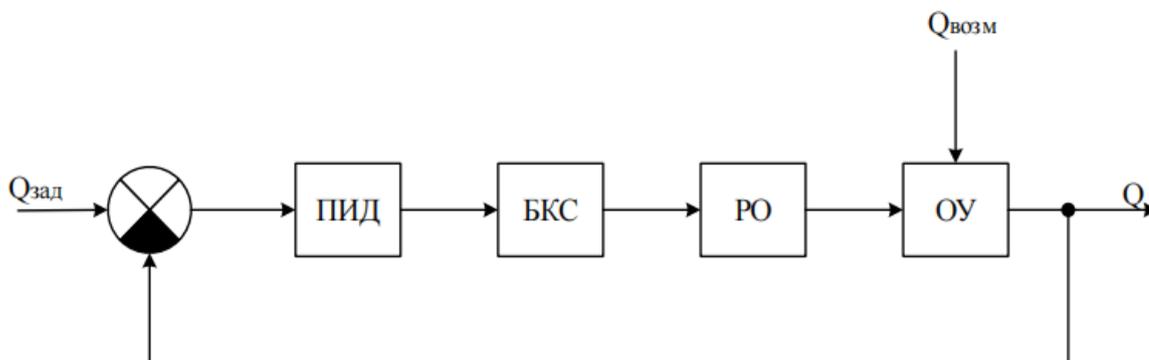


Рисунок 15 – Функциональная схема автоматического регулирования расхода

Объект управления представляет собой участок трубопровода, между точкой измерения расхода и регулирующим органом, длиной – 4 метра (в соответствии с правилами установки датчика расхода и регулирующих органов).

Опишем процесс регулирования расхода.

На объект управления в ходе его работы влияют различные внешние факторы, в этой связи выход объекта управления необходимо суммировать с возмущающим воздействием. Результирующее значение расхода на выходе объекта управления измеряется расходомером. После чего полученный сигнал по ветви обратной связи поступает на вход системы, где происходит его сравнение с требуемым (заданным) значением расхода. Это позволяет вычислить ошибку регулирования. Вычисленная ошибка регулирования поступает на вход ПИД-регулятора, где в зависимости от значения ошибки формируется соответствующее управляющее воздействие на регулирующий орган, который в свою очередь, в зависимости от значения поступившего управляющего воздействия, оказывает воздействие на объект управления с целью уменьшения ошибки.

3.4 Моделирование функциональной схемы на ЭВМ

Динамика объекта управления $W(p)$, выраженная как отношение «расход жидкости через насос дозирования» к «расходу жидкости через расходомер» приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием.

Воспользуемся типовой передаточной функцией трубопровода и получим передаточную функцию (ПФ) объекта управления в следующем виде:

$$W(p) = \frac{Q(p)}{Q(d)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p} \quad (1)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} \tau_0 = \frac{Lf}{Q} c = \frac{Q}{F} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}} f = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

где $Qk(p)$ – расход жидкости через насос дозирования;

$Q(p)$ – расход жидкости через расходомер;

ρ – плотность жидкости;

L – длина участка трубопровода между;

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Необходимые характеристики объекта управления представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики объекта управления

Характеристика	Значение
Плотность реагента, кг/м ³	2000
Требуемый объёмный расход, м ³ /ч	0,8
Длина участка, м	4
Диаметр трубы, мм	20
Перепад давления, кгс/см ²	0,1

Рассчитываем передаточную функцию объекта управления:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} = 0,00032 \text{ м}^2, \quad (3)$$

$$c = \frac{Q}{F} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}} = \frac{\frac{0,8}{3600}}{0,00032} * \sqrt{\frac{2000}{2 * 0,098 * 0,1 * 10^6}} = 0,13969 \text{ с}, \quad (4)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 * 4 * 0,00032 * 0,13969^2}{\frac{0,8}{3600}} = 0,225 \text{ с}, \quad (5)$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{4 * 0,00032}{\frac{0,8}{3600}} = 5,76 \text{ с}. \quad (6)$$

После необходимых расчётов передаточная функция объекта управления примет следующий вид:

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1} e^{-\tau_0 p} = \frac{1}{0,255p + 1} e^{-5,76p} \quad (7)$$

Линии связи описываются аperiодическим звеном первого порядка, с постоянного времени 0,5 секунд.

Исполнительное устройство так же описывается аperiодическим звеном первого порядка, с постоянного времени 1 секунда.

Составив функциональную схему автоматического регулирования расхода и получив передаточные функции элементов системы, составим структурную схему системы (рис. 17).

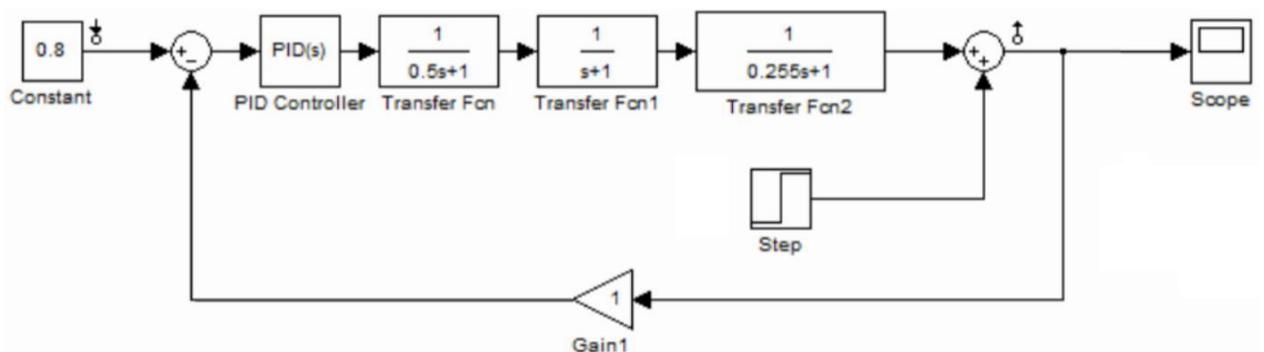


Рисунок 17 – Структурная схема системы автоматического регулирования расхода

Объектом автоматизации является динамическая система, характеристики которой изменяются под влиянием управляющих воздействий.

Компьютерное моделирование проводим с помощью математического пакета программ Matlab в среде Simulink.

В результате моделирования системы в среде Simulink получили график переходного процесса (ПП), представленный на рисунке 16.

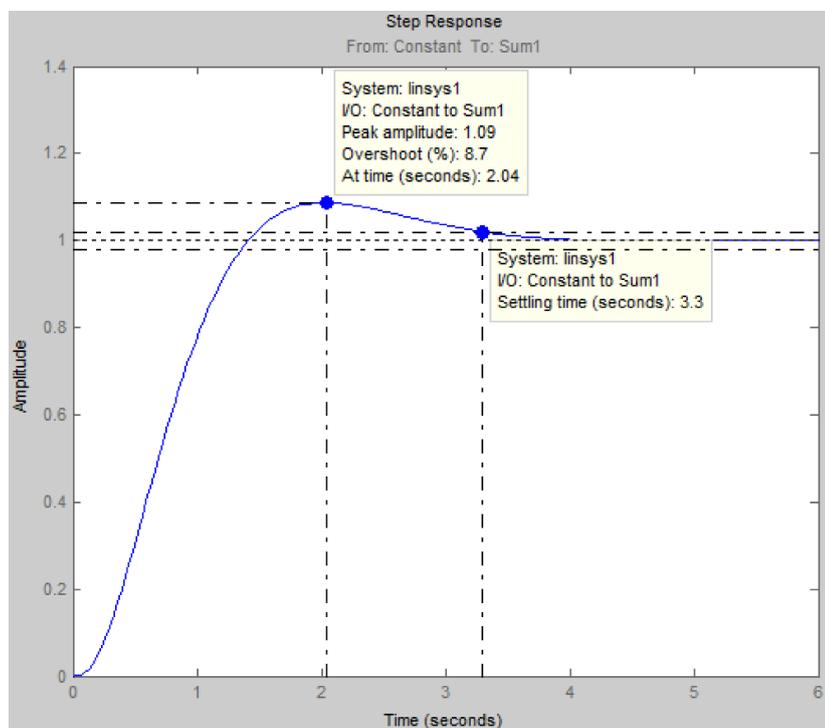


Рисунок 16 – График переходного процесса

Из графика видно, что время ПП составляет 3,3 секунды, перерегулирование составляет 8,7 %.

3.5 Разработка человека-машинного интерфейса технологического уровня

Для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием предназначены видеокадры [18]. В состав видеокадров входят:

- мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию;
- дополнительные мнемосхемы установки параметров технологического и контрольно-измерительного оборудования.

В области видеокadra АРМ-оператора доступны следующие мнемосхемы:

- мнемосхема УДХ;
- мнемосхема насоса закачки, как пример мнемосхемы технологического оборудования;
- мнемосхема датчика температуры, как пример мнемосхемы контрольно-измерительного оборудования.

На мнемосхеме «УДХ» отображается работа следующего оборудования и значения параметров:

- измеряемые параметры УДХ;
- контролируемые параметры УДХ;
- состояние и работы насосов НД-1, НД-2 и НЗ.

Мнемосхема, представленная на рисунке 18 была разработана в среде Codesys 2.3 на языке CFC.

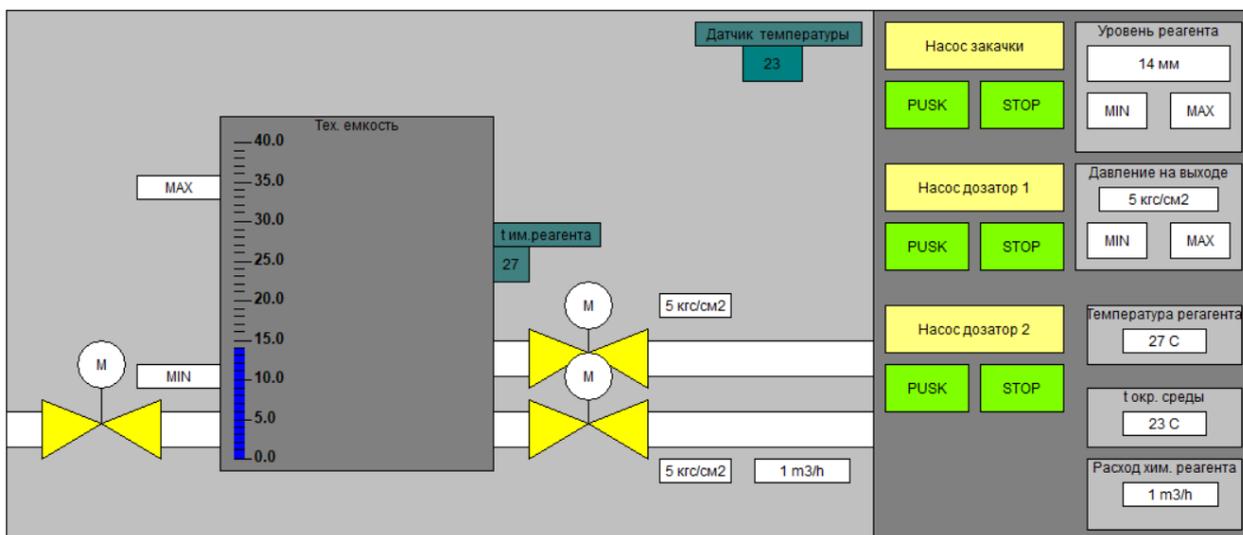


Рисунок 18 – Мнемосхема УДХ

При достижении максимального аварийного уровня насос закачки останавливается по технологическим защитам. Работа программы при срабатывании защит представлена на рисунке 19.

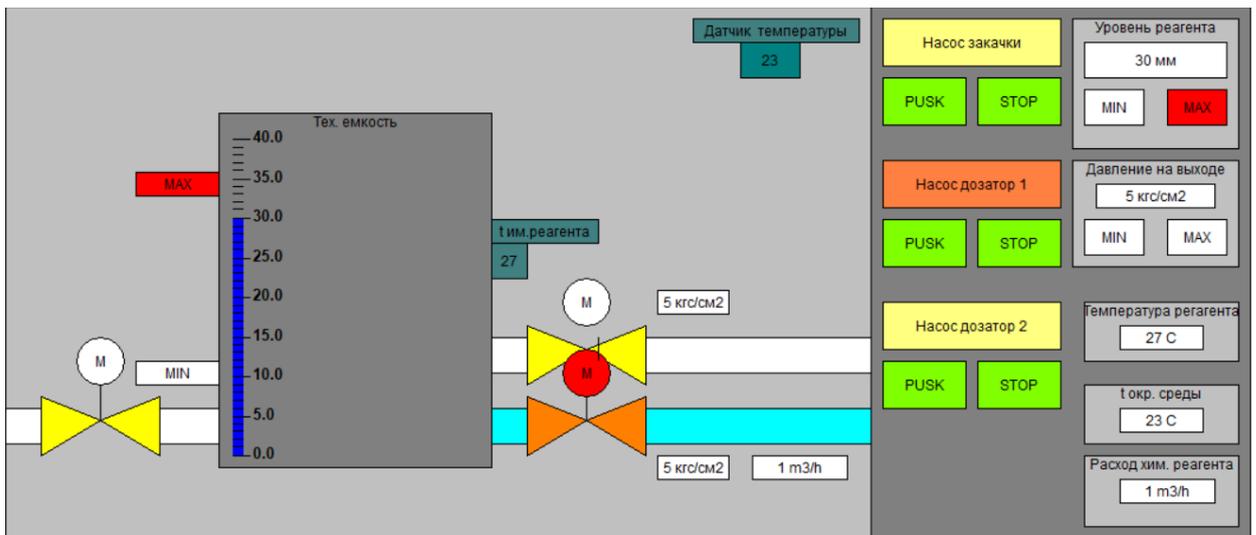


Рисунок 19 – Отключение насоса закачки при аварии

При достижении минимального уровня в технологической ёмкости срабатывает датчик сигнализатора уровня и обрабатывается технологическая по минимальному уровню, тем самым насос дозатор прекращает свою откачку в нефтепровод. Работа программы при срабатывании защиты по минимальному уровню представлено на рисунке 20.

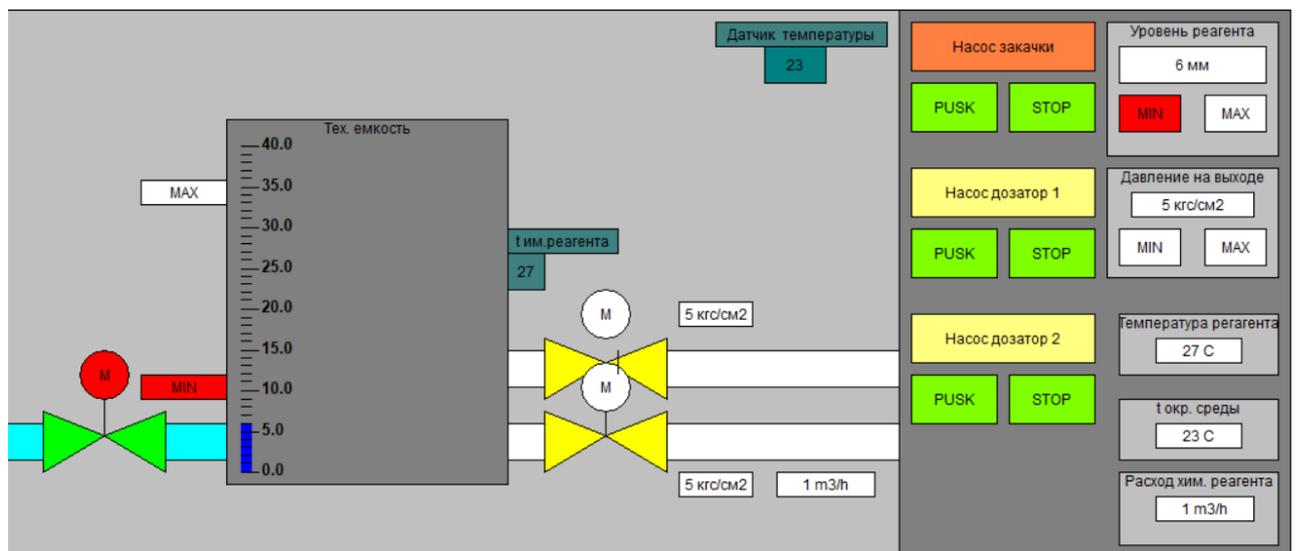


Рисунок 20 – Отключение насоса дозатора при аварии

4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данном разделе проведено технико-экономическое обоснование разработки проекта. Доказана экономическая эффективность данного проекта в сравнении с другими вариантами.

В данном дипломном проекте рассматривается модернизация автоматизированной системы установки дозирования химреагента (УКПГ). УДХ предназначена для автоматизированного приема, контроля, хранения и дозированного ввода в технологические установки нефтегазодобывающего предприятия. Эксплуатационное назначение установки заключается в доведении добытой нефти до товарного состояния, в котором нефть пригодна для транспортировки по трубопроводу.

Основной задачей данного раздела является оценка потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения модернизации установки дозирования химреагента УКПН, предлагаемого в рамках НИ.

4.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке, а также данная технология позволяет принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно - исследовательский проект. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

В таблице 9 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Точность	0,1	90	100	0,9	9
Надёжность	0,2	100	100	1	20
Удобство при эксплуатации	0,1	90	100	0,9	9
Улучшение производительности	0,2	80	100	0,8	16
Долговечность	0,15	90	100	0,9	13,5
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0,1	100	100	1	10
Обслуживание	0,15	90	100	0,8	12
Итого	1	640	700	6,3	89,5

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле 1:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (8)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100

до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам проведенного анализа видим, средневзвешенное значение получилось равное 89,5, следовательно имеет высокие шансы занимать лидирующие позиции на рынке автоматизированных систем дозирования химического реагента установки комплексной подготовки нефти.

4.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов. Составим результирующую матрицу SWOT-анализа в виде таблицы 10.

Таблица 10 – SWOT-анализ

	Сильные стороны: С1. Низкая цена обслуживания. С2. Удобство при эксплуатации. С3. Высокая надежность.	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Высокая стоимость пусконаладочных работ. Сл3. Сложности при пусконаладке.
Возможности: В1. Старение большинства систем дозирования химреагента добываемой газонефтежидкостной смеси. В2. Договоры с крупными добывающими компаниями в России.	В1С1С3 – так как множество установок покупается на долгосрочный период, цена обслуживания – один из главных факторов при выборе.; В2С1С3 – за счет работы с крупными предприятиями можно улучшить характеристики устройства.	В2Сл3 – сложности при пусконаладке исключаются квалифицированным персоналом, уже осуществлявшим подобные процедуры. Такой персонал обязательно есть в любой крупной фирме.

Продолжение таблицы 10

Угрозы: У1.Нет производственных доказательств надежности функционирования. У2.Срыв поставок оборудования.	У1С1С2С3 – нет доказательств надежности функционирования системы на реальных предприятиях.	У2Сл2Сл3 – нежелание к изменениям текущего, привычного персонала, оборудования усугубляется высокой стоимостью на этапе пусканаладки.
---	--	---

В таблицах 11-12 представлены интерактивные матрицы проекта.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны)

	С1	С2	С3
В1	+	-	+
В2	+	-	+
У1	+	+	+
У2	-	+	+

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны)

	Сл1	Сл2	Сл3
В1	-	-	-
В2	-	-	+
У1	+	+	+
У2	-	+	+

SWOT-анализ позволяет определить сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта, а также показывает, каким слабым сторонам нужно уделить внимание и предпринять стратегические изменения.

- Для противодействия угрозе У1 следует проверять систему на надёжность качества в системе MATLAB. При необходимости возможен расчёт надёжности для конкретного предприятия.

- Для противодействия угрозе У2 следует срок поставок оборудования обсуждать с поставщиком при заключении договоров поставки.

4.3 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

При выполнении научного исследования создаётся рабочая группа, в которую входят научные сотрудники, преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. Каждый исполнитель, согласно своей должности, отвечает за ту или иную работу.

Данная работа имеет следующий штат исполнителей:

1. Разработчик проекта – техник АСУТП (исполнитель - И);
2. Руководитель проекта – инженер АСУТП (научный руководитель - НР).

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Подбор и изучение возможных вариантов модернизации	И
	2	Выбор варианта модернизации	НР, И
	3	Календарное планирование реализации проекта	НР, И
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	НР

Продолжение таблицы 13

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор и изучение материалов	И
Разработка технической документации проектирование	6	Разработка схем автоматизации	НР, И
	7	Разработка алгоритмов работы	НР, И
	8	Оформление пояснительной записки	И
	9	Оформление графического материала	И
Оформление отчета по работе	10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР, И
	11	Подведение итогов	НР, И

4.4 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (9)$$

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

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи i}}{Ч_i}, \quad (10)$$

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

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

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

4.5 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ является построение диаграммы Ганта.

Данная диаграмма, обычно используемая в управлении проектами, является одним из самых популярных и полезных способов отображения действий (задач или событий) в зависимости от времени. Слева от диаграммы находится список действий, а вверху – подходящая временная шкала. Каждое действие представлено полосой. Положение и длина полосы отражают дату начала, продолжительность и дату окончания действия. Это позволяет сразу увидеть:

- что представляют собой различные виды деятельности;
- когда каждое действие начинается и заканчивается;
- как долго будет длиться каждое действие;

- где действия пересекаются между собой и на сколько;
- дата начала и окончания всего проекта.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (11)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все значения, полученные при расчётах по вышеприведённым формулам, были сведены в таблице 14.

Таблица 14 - Временные показатели проведённого исследования

Наименование работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни		Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
	И	НР	И	НР	И	НР		
Подбор и изучение возможных вариантов модернизации	8	0	12	0	9,6	0	9,6	14,208
Составление и утверждение технического задания	4	3	7	5	5,2	3,8	4,5	6,66
Календарное планирование работ по теме	2	0	4	0	2,8	0	2,8	4,144
Подбор и изучение материалов по теме	15	0	20	0	17	0	17	25,16
Анализ отобранного материала	6	3	12	6	8,4	4,2	7,4	10,952
Описание технологического процесса	4	0	6	0	4,8	0	2,8	4,144
Разработка функциональной схемы автоматизации	6	0	12	0	8,4	0	8,4	12,432
Разработка структурной схемы автоматизации	3	0	6	0	4,2	0	4,2	6,216

Продолжение таблицы 14

Составление схемы информационных потоков	2	0	4	0	2,8	0	2,8	4,144
Подбор датчиков и ПЛК	5	0	10	0	7	0	7	10,36
Разработка схемы соединения внешней проводки	3	0	6	0	4,2	0	4,2	6,216
Разработка экранных форм	4	0	8	0	5,6	0	5,6	8,288
Разработка алгоритма управления системы	8	0	12	0	9,6	0	9,6	14,208
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	4	0	8	0	5,6	0	5,6	8,288
Написание раздела «социальной ответственности»	6	0	12	0	8,4	0	8,4	12,432
Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,6	7,5	11,1
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13,6	0	13,6	20,128
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0	2,8	4,144
Итого	100,0	11,0	171,0	20,0	128,4	14,6	123,8	183,224

На основе таблицы 14 построим диаграмму Ганта. Диаграмма представляет собой план-график, разбитый по месяцам и декадам с указанием выполненных работ. Диаграмма Ганта – линейный график работы представлена таблице 15.

Таблица 15 – Диаграмма Ганта

№ работ	Наименование работы	Исполнители	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта													
2	Подбор и изучение возможных вариантов модернизации	Инженер													
3	Календарное планирование работ по теме	Инженер													
4	Анализ отобранного материала	Руководитель													
		Инженер													
5	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер													
6	Описание технологического процесса	Инженер													
7	Разработка функциональной схем автоматизации	Инженер													
8	Разработка структурной схемы автоматизации	Инженер													
9	Составление схемы информационных потоков	Инженер													
10	Подбор датчиков и ПЛК	Инженер													
11	Разработка схемы соединения внешней проводки	Инженер													
12	Разработка экранных форм	Инженер													
13	Разработка алгоритма управления системы	Инженер													

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 16.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Бумага А3, 80 г/кв.м	Пачка (500 листов)	1	430	495
Картридж для цветного принтера	шт.	2	2550	5865
Картридж для чёрно-белого принтера	шт.	2	1350	3105
Ручка шариковая	шт.	5	15	86
Карандаш	шт.	5	7	40
Итого		8340		

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

$$Z_m = 1,15 \cdot 8340 = 9591 \text{ рубля.}$$

4.6.1 Расчет амортизации оборудования

На выполнение исследования дается 5 месяцев. Для выполнения исследования необходим персональный компьютер или ноутбук и многофункциональное устройство (МФУ).

Норма амортизации рассчитывается следующим образом:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} * 100\%, \quad (14)$$

где СПИ – срок полезного использования (для офисной техники 2-3 года).

Принимаем срок полезного использования ноутбука равным 3 года, а МФУ равным 2 года. В таблице 17 приведем расчет амортизационных отчислений.

Таблица 17 – Расчет амортизационных отчислений

	Стоимость, руб.	СПИ, лет	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Ноутбук	58000	3	33,3	19314	1610	8050
МФУ	40000	2	50	20000	1667	8335
Итого						16385

4.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 10.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (15)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (16)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 6);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (17)$$

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.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	67	120
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	221

месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{окл}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,5 (Томская область).

Северная надбавка – 50 %.

Научный руководитель имеет должность старший преподаватель, оклад на весну 2022 год составил 35800 руб.

Оклад инженера на весну 2022 года составил 29500 руб.

Основная заработная плата представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	кт	Зокл, руб.	кр+ северная надбавка	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Научный руководитель	–	–	35800	1,5	53700	2485,3	20	49706
Инженер	–	–	29500		44250	2242,5	87	195097,5
Итого Зосн								244803,5

4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (19)$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	кдоп	Зосн	Здоп
Научный руководитель	0,15	49706	7455,9
Инженер		195097,5	29264,63
Итого			36720,53

4.6.4 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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (20)$$

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

На 2022 год в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %.

Сумма страховых взносов представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	49706	195097,5
Дополнительная заработная плата, руб.	7455,9	29264,63
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	17148,57	67308,64
Итого	84457,21	

4.6.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (21)$$

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

$$Z_{\text{накл}} = (9591 + 16385 + 244803,5 + 36720,53 + 84457,21) \cdot 0,16 = 62713,16$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	9591
2. Затраты на амортизацию оборудования	16385
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	244803,5
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	36720,53
5. Отчисления во внебюджетные фонды	84457,21
6. Накладные расходы	62713,16
7. Бюджет затрат НИИ	454670,4

4.7 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

4.7.1 Определение финансовой эффективности исследования

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

вариантов исполнения научного исследования (таблица 13). 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (22)$$

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

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

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

В роли исполнителей будет выступать студент-дипломник (инженер) с научным руководителем, ООО «Томскнефть», АО «Терра-Инвест».

Проведем расчеты интегрального финансового показателя.

$$I_{\text{финр}}^{\text{студент}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{454670,4}{719800} = 0,63;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Томскнефть}} = \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{650000}{719800} = 0,90;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Терра-Инвест}} = \frac{\Phi_3}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{719800}{719800} = 1.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля). Расчет интегрального финансового показателя приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{\text{финр}}^{\text{студент}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{Томскнефть}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{Терра-Инвест}}$
Инженер с научным руководителем	454670,4	719800	0,63	0,90	1
ООО «Томскнефть»	650000				

Продолжение таблицы 23

АО «Терра-Инвест»	719800				
-------------------	--------	--	--	--	--

4.7.2 Определение ресурсоэффективности исследования

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (23)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 24).

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Инженер с научным руководителем	Исп.2 ООО «Томскнефть»	Исп.3 АО «Терра-Инвест»
Точность	0,1	5	5	5
Надёжность	0,2	5	4	4
Удобство при эксплуатации	0,1	4	4	5
Улучшение производительности	0,2	4	3	4
Долговечность	0,15	5	4	4

Продолжение талбицы 24

Цена	0,1	5	4	5
Обслуживание	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	33	28	31

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,1 * 5 + 0,2 * 5 + 0,1 * 4 + 0,2 * 4 + 0,15 * 5 + 0,1 * 5 + 0,15 * 5 = 4,7$$

$$I_{p2} = 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 4 + 0,2 * 3 + 0,15 * 4 + 0,1 * 4 + 0,15 * 4 = 3,9$$

$$I_{p2} = 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,15 * 4 + 0,1 * 5 + 0,15 * 4 = 4,3$$

4.7.3 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп.1}}{I_{финр}}, \quad (24)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 25) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (25)$$

Таблица 25 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1 Инженер научным руководителем	Исп.2 ООО «Томскнефть»	Исп.3 АО «Терра- Инвест»
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,63	0,9	1

Продолжение таблицы 25

2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,7	3,9	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	7,46	4,33	4,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,58	0,57

Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 100 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 11;

2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 454670,4 руб;

3. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

— Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,82, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;

— Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 3,9 и 4,3;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 7,46, по сравнению с 4,33 и 4,3, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и анализированы основные факторы, оказывающие влияние на сотрудников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность.

Объектом исследования является модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом установки дозирования химреагента на установке комплексной подготовки нефти. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. В данном разделе выпускной квалификационной работы даётся характеристика рабочей зоны, которой является установка дозирования химреагента, непосредственно, куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

К работе на установке дозирования химического реагента допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, специальный инструктаж о свойствах химреагентов и соответствующих мерах безопасности при выполнении поручаемых работ согласно настоящей инструкции, инструкции «по охране труда и промышленной безопасности при получении, перевозке, хранении, отпуске и применении метанола (метилового спирта)» и инструкции «По правилам безопасной работы при получении, хранении, отпуске и применении деэмульгатора ФЛЭК Д-012», обучение, стажировку и аттестацию [20].

Деэмульгатор предназначен только для технических целей, использование его в быту категорически запрещается. Токсичность определяется растворителем, в растворе которого поставляется деэмульгатор. В качестве растворителя применяются ароматические углеводороды, смеси спиртов и метанол. Особую опасность представляет метанол, который добавлен в состав растворителя деэмульгаторов. Метанол является сильнодействующим ядовитым веществом (ПДК метанола-5 г/м³), а также он легко воспламеняется. Поэтому при работе с деэмульгаторами следует применять индивидуальные средства защиты (респиратор, перчатки, очки), а также соблюдать меры личной гигиены. Все рабочие, которым необходимо выполнять работы с деэмульгатором, должны помнить о возможной опасности отравления. Все лица, работающие с деэмульгатором, должны проходить медицинский осмотр один раз в год [21].

При выдаче спецодежды персоналу по наладке и испытаниям и инженерам-наладчикам КИПиА предприятие, которое работает в области инженерно-технического проектирования в промышленности и в условиях крайнего севера, должно руководствоваться приказом Минздравсоцразвития РФ №477 от 16 июля 2007 года, утверждающим отраслевые нормы выдачи спецодежды, обуви и прочих средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности [22].

В соответствие с Трудовым кодексом Российской Федерации Статья 147 оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере [23].

Конкретные размеры повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов, либо коллективным договором, трудовым договором [24].

5.2 Производственная безопасность при эксплуатации

Проанализируем вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении разработки, изготовлении и эксплуатации автоматизированной системы диспетчерского управления дозированием химического реагента в сепараторе. Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [25].

Опасные и вредные факторы представлены в виде таблицы 26

Таблица 26 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума	-	+	+	СП51.13330.2011 Защита от шума[7]
Повышенный уровень электромагнитного поля	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»[8]
Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение[9]
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019 – 2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность [10]

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Повышенный уровень шума

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Он может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, преобразователями напряжения, работающими осветительным приборами дневного света, а также проникает извне [27].

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на (5-12) % производительность труда. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90дБ снижает производительность труда на 30-60%. Неблагоприятное действие шума на человека зависит не только от уровня звукового давления, но и от частотного диапазона шума (наиболее важный для слухового восприятия интервал от 45 до 10000 Гц), а также от равномерности воздействия в течение рабочего времени.

При выполнении работ на рабочих местах в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещениях предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011. Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в

октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 27.

Таблица 27 - Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	31,5	63	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	93	79	68	55	50	60

При разработке проектируемой системы добавилось электрооборудование, которое является источником шума, такое как плунжерный дозирующий насос. При этом основным источником шума является работа плунжерного насоса. До разработки автоматизированной системы управления шум на площадке составлял порядка 50 дБ, после внедрения автоматизированной установки уровень шума повысился до уровня 60 дБ. Это обусловлено тем, что добавлено новое оборудование, которое создает дополнительный шум. Дополнительных мер защиты, таких как наушники, не требуется.

Повышенный уровень электромагнитного излучения

Все приборы, работающие от электросети, оказывают влияние на окружающее их электромагнитное поле – физическое поле, которое взаимодействует со всеми телами, обладающими хотя бы минимальным электрическим зарядом. К таким телам принадлежит и человеческий организм. Наше тело вырабатывает немало электрических импульсов. Сигналы нервной системы, сокращения сердечной мышцы и ряд других функций осуществляются при помощи тока электрических импульсов по живым волокнам. Электромагнитное излучение от приборов создает возмущения в физическом поле. В настоящий момент общая «масса» таких возмущений уже стала критической и превратилась в своеобразный вид экологического загрязнения, который невозможно увидеть невооруженным

глазом. Влияние, которое оказывает на нас ежедневное «общение» с электроприборами и вычислительной техникой, остается незамеченным. На производстве имеется множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, трансформаторы тока и напряжения, распределительные шкафы, шкафы управления, а также насосные агрегаты, работающие от сети переменного тока). Согласно ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Допустимые уровни магнитного поля

Время пребывания (час)	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
менее 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Электробезопасность

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности. Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического

тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Во время монтажа и эксплуатации линий электросети необходимо полностью сделать невозможным возникновения электрического источника возгорания в следствии короткого замыкания и перегрузки проводов, ограничивать применение проводов с легковоспламеняющейся изоляцией и, за возможности, перейти на негорючую изоляцию. Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и налаживания шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания. Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите до одного контактного зажима. Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть на меньше площади перерезу фазового проводника.

Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ. При проектировании автоматизированной системы добавилось большое количество электроприборов, таких как датчики, исполнительные механизмы с электроприводами. Данное оборудование работает от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50 %, средняя температура около 24 °С. Для указанных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, т. к. при низковольтном напряжении 24 В, вероятность поражения током маловероятна.

Для гашения дуги 65 исполнительных реле, были подобраны реле со встроенным дугогасительным устройством. Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф. Эти виды оборудования являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования. Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение». Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [26].

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочих мест внутри помещения характеризуется освещенностью и яркостью. Естественное и искусственное освещение помещений, где работают операторы и наладчики КИПиА, должно соответствовать СП 52.13330.2016. При этом естественное освещение должно осуществляться через окна.

Для местного освещения рабочих мест следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом рабочем месте и на других рабочих местах. Местное освещение рабочих мест, как правило, должно быть оборудовано регуляторами освещения.

5.3 Экологическая безопасность

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

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую 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 газовойделений на УДПХ являются ёмкости, 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.

Электрическая часть данного проекта не влияет на окружающую среду, то есть является экологически чистой, однако при возникновении пожара в целях предотвращения вредных последствий принимаются следующие меры:

1) производится механическая очистка загрязненного участка;

2) засыпается рекультивируемый участок адсорбирующими материалами, а при попадании фракций в водоем - используют крошку мелкопористого пенопласта, устанавливаются заградительные бонны;

3) собирается адсорбирующий материал и вывозится на свалку;

Для ликвидации водяных и порошковых разливов применяется, прежде всего, сбор и откачка жидкости с водой с поверхности.

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны сепараторов, отстойниках.

Воздействие на селитебные зоны не распространяется, в связи удалённостью данного предприятия от жилой зоны.

Воздействия на атмосферу незначительное, т. к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоёмов от попадания загрязнённых стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления [28].

Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации [29].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [30].

Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки;
- нарушенная изоляция электрических проводов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция 68 кабелей и т.п.;
- наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

К основным причинам пожаров на нефтегазодобывающих заводах можно отнести следующие:

- переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- нагрев резервуаров в летний период, особенно в районах с жарким климатом;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории нефтебаз (курение и т. п.).

Пожарная безопасность резервуаров и резервуарных парков в соответствии с требованиями [28] должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефти;

- предотвращения образования на территории резервуарных парков горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;

- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;

- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего резервуарный парк, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

В качестве основного средства тушения пожара нефти и нефтепродуктов принят 6 % раствор пенообразователя. Инертность систем АПТ (с момента возникновения пожара до поступления пены) должна быть не более 3 мин.

Расчётное время тушения пожара пенным раствором принято в соответствии с ВНПБ 01-01-01 и составляет 15 минут. Продолжительность водотушения (охлаждение горящих резервуаров) составляет 4 часа по СНиП 2.11.03-93 [31].

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны со взрывобезопасным исполнением, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи. Дополнительных первичных средств пожаротушения не требуется.

В случае возникновения ЧС надеть СИЗ – респираторы, противогазы. Отключить источники тока, включить в ручном или автоматическом режиме принудительную вентиляцию покинуть УДХ и установку комплексной подготовки нефти согласно плану эвакуации (рисунок 21).

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

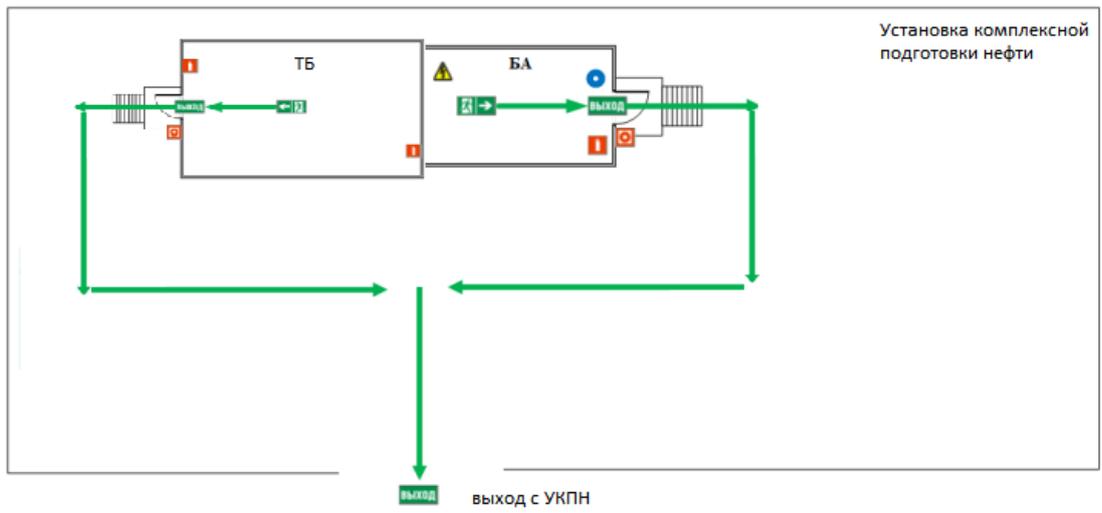


Рисунок 21 – План эвакуации

Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации УДХ.

Были рассмотрены способы защиты обслуживающего персонала от основных вредных и опасных производственных факторов, с которыми он может столкнуться при работе на установке дозирования химреагента.

Автоматизированная система дозированием химического реагента установки комплексной подготовки нефти обеспечивает большую безопасность и надёжность режима работы, потому что происходит дистанционная передача показаний с датчиков на АРМ оператора, с помощью которой сотруднику допустимо нахождение в операторной, а не в технологических помещениях.

Разобрали чрезвычайные ситуации – пожаробезопасность и взрывобезопасность. Описаны потенциальные источники возгорания и взрыва, а также меры безопасности.

Была рассмотрена защита окружающей среды. Однако благодаря постоянному контролю показаний возможно быстрое отключение рабочей ветки при утечки химического реагента и переход на резервную для проведения ремонтных работ и устранения последствий аварий.

Заключение

В результате выполненной ВКР была модернизирована автоматизированная систем дозирования химреагента УКПН, удовлетворяющая требованиям технического задания.

В ходе выполнения дипломной работы изучены особенности технологического дозирования химического реагента в нефтяные трубопроводы, разработаны структурная, функциональная схемы автоматизации. Был произведён выбор комплекса аппаратно-технических средств.

Разработана схема внешних проводов, благодаря которой в случае отказа системы существует возможность оперативно найти неисправности и легко их устранить. Для контроля технологического оборудования и сбора данных были разработаны алгоритмы запуска/остановки технологического оборудования и управления сбором данных. При разработки САУ были детально проработаны структурная и функциональная, соответствующая ГОСТу схемы. В заключении разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

В результате выполнения заданий по разделу «Финансовый менеджмент» по изначально сформулированным целям раздела, можно сделать следующие выводы: был разработан план-график выполнения этапов для руководителя и инженера; составлен бюджет проектирования, который составляет 454670,4 руб.

Произвели расчёт значения интегрального показателя эффективности ИР составляет 7,46, по сравнению с 4,33 и 4,3, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации установки дозирования химического реагента.

Также были рассмотрены средства и способы защиты обслуживающего персонала, разобрали чрезвычайные ситуации – пожаробезопасность и взрывобезопасность. Описаны потенциальные источники возгорания и взрыва, а также меры безопасности.

Была рассмотрена защита окружающей среды.

Список используемой литературы

1. Установка комплексной подготовки нефти «Нефтегаз» – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.neftegaz-expro.ru/> (Дата обращения 10.04.2022);
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009;
3. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с;
4. Технические требования по обеспечению установки дозирования химреагента – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://goload.ru/ustanovki-dlya-dozirovaniya-himreagent/> (Дата обращения 11.04.2022);
5. Установка дозирования реагентов УДХ – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://aurora-oil.ru/sku/kontrolno-izmeritelnoe-oborudovanie/slozhnotekhnicheskoe-oborudovanie/> (Дата обращения 11.04.2022);
6. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995. – 44с;
7. Технические данные на малогабаритный датчик давления Метран 55 – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://mtn.pro-solution.ru/> (Дата обращение 12.04.2022);
8. Герконовый уровнемер ПМП-062. Руководство по эксплуатации – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.nppsensorm.ru/product/62> (Дата обращения 12.04.2022);
9. ПМП-053 датчик уровня герконовый поплавковый –

[Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://теплоприбор.рф/catalog/pmp-053/> (Дата обращения 12.04.2022);

10. Метран ТМ 370 Расходомер электромагнитный. Руководство по эксплуатации – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-370-ru-ru> (дата обращения 12.04.2022);

11. ТСМУ Метран-274 Руководство по эксплуатации – Режим доступа – URL: <https://mtn.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2018/11/271274276.pdf> (Дата обращения 13.04.2022);

12. Газосигнализатор непрерывного контроля. Руководство по эксплуатации – Режим доступа – URL: <https://kipkomplekt.ru/text/gsm-05.php> (Дата обращения 14.04.2022);

13. Цифровая система автоматизации DeltaV™ – Режим доступа – URL: <https://www.emerson.com/documents/> (Дата обращения 14.04.2022);

14. Мембранные/диафрагменные и плунжерные дозирующие насосы – Режим доступа – URL: https://ence-pumps.ru/doziruyuschie_nasosy/ (Дата обращения 15.04.2022);

15. Преобразователь частоты преобразователь частоты INNOVERT. Руководство по эксплуатации – Режим доступа – URL: <https://vp-alliance.ru/magazin/product/isd751m21b> (Дата обращения 15.04.2022);

16. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с;

17. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с;

18. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с;

19. Инструкция по охране труда и промышленной безопасности при работе с деэмульгатором – [Электронный ресурс]– Режим доступа – URL: <https://vunivere.ru/work18088> (Дата обращения 25.04.2022);

20. Правила работы с реагентами-деэмульгаторами – Режим доступа – URL: https://studopedia.ru/11_22534_pravila-raboti-s-reagentami-deemulgatorami.html (Дата обращения 25.04.2022);

21. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 июля 2007 г. N 477 – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://base.garant.ru/12156639> (дата обращения 25.04.2022);

22. Трудовой кодекс РФ № 197- ФЗ – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/f1191608ff57276dca0776c597c6713c3800629d (Дата обращения 25.04.2022);

23. ТК РФ Статья 372. Порядок учета мнения выборного органа первичной профсоюзной организации при принятии локальных нормативных актов – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/dbc2a634dfe4e186078b674c285dad8ba051ab68 (Дата обращения 25.04.2022);

24. Подробная классификация опасных и вредных производственных факторов согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://профпереподготовка-от.рф/page/1174450> (Дата обращения 26.04.2022);

25. СП 51.13330.2011 Защита от шума [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084097> (Дата обращения 26.04.2022);

26. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» – Режим доступа – URL:

<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850363.pdf> (Дата обращения 26.04.2022);

27. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092> (Дата обращения 27.04.2022);

28. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080203> (Дата обращения 27.04.2022);

29. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (Дата обращения 27.04.2022);

30. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросферы. Правила контроля качества воды водоёмов и водотоков [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012472> (Дата обращения 27.04.2022);

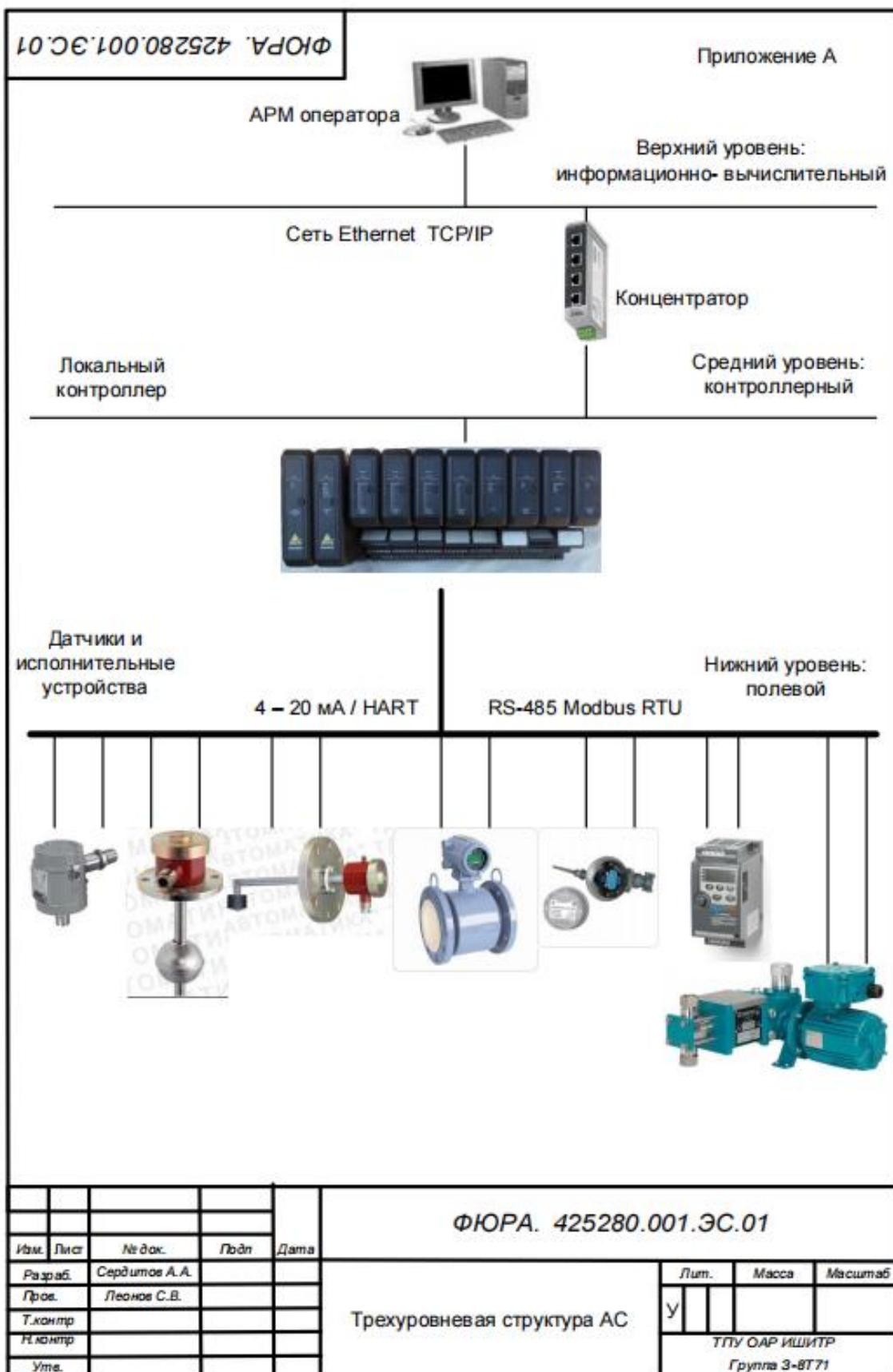
31. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020658> (Дата обращения 27.04.2022);

32. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;

33. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.

Приложение А

Трехуровневая структурная схема АС



Приложение С

Схема внешних соединений

