

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Автоматизация сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа

УДК 665.62.2:622.279.8

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин В.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ИШИБ	Сечин А.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Цавнин А.В.	к.т.н.		

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)-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 в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
Профессиональные компетенции	

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.

Код компетенции	Наименование компетенции
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

Код компетенции	Наименование компетенции
	участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Воронин А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич

Тема работы:

Автоматизация сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-88/с от 03.02.2023г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.23г
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: сепаратор факельной системы на установке комплексной подготовки газа: рабочее давление до 1 МПа; температурой окружающей среды от минус 60°С до плюс 50°С; температура продукта от минус 40°С до плюс 50°С; режим работы: непрерывный</p> <p>Требования к эксплуатации и обслуживанию: простота ремонта и обслуживание.</p> <p>Программная реализация на промышленном контроллере КРОСС 500.</p> <p>Программный пакет Isagraf.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>	<p>1. Описание технологического процесса 2. Выбор архитектуры АС 3. Разработка структурной схемы АС 4. Функциональная схема автоматизации 5. Выбор средств реализации АС 6. Разработка программы системы регулирования давления 7. Разработка экранных форм АС</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Технологическая схема 2. Структурная схема 3. Функциональная схема 4. Схема подключения датчиков и исполнительного устройства</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, доцент ООД ИШИБ, к.т.н.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2023г
---	-------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин В.Н.	к.т.н.		03.02.2023г

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич		03.02.2023г

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 – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич

Тема работы:

Автоматизация сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа
--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2023г
--	-------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>01.06.2023г.</i>	<i>Основная часть ВКР</i>	<i>60</i>
<i>07.06.2023 г.</i>	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	<i>20</i>
<i>07.06.2023 г.</i>	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	<i>20</i>

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин В.Н.	к.т.н.		03.02.2023г

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		03.02.2023г

Обучающийся

Группа	ФИО
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич

Определения, обозначения, сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система: Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления параметрами в рамках технологического процесса.

интерфейс: Комплекс визуальных программных форм, направленных на облегчение взаимодействия между пользователем и системой. **мнемосхема:** Представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

технологический процесс: Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

SCADA: Система диспетчерского управления и сбора данных, программный пакет, предназначенный для обеспечения работы алгоритмов сбора, обработки, отображения и хранения информации.

программируемый логический контроллер: Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.

OPC-сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам OPC.

диспетчерский пункт: Центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства.

автоматизированная система управления технологическим процессом: Комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях.

Содержание

Реферат	14
Введение.....	15
1.Техническое задание	16
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП.....	16
1.2 Назначение системы	16
1.3 Требования к системе	17
1.4 Требования к техническому обеспечению АСУ ТП.....	17
1.5 Требование к метрологическому обеспечению	18
1.6 Требование к программному обеспечению	18
1.7 Требования к математическому обеспечению.....	19
2.Основная часть	20
2.1 Описание технологического процесса.....	20
2.2 Разработка структурной схемы АС	21
2.3 Разработка функциональной схемы АС.....	22
2.4 Выбор технических средств.....	23
2.4.1 Выбор конфигурации контроллерного оборудования.....	23
2.5 Выбор средств измерения и исполнительных устройств	28
2.5.1 Выбор расходомера.....	29
2.6.2 Выбор датчика давления	32
2.5.3 Выбор датчика температуры.....	34
2.6.4 Выбор датчика уровня.....	36
2.5.5 Выбор исполнительного устройства.....	38
2.6 Программное обеспечение на базе контроллера КРОСС 500	41

2.6.1 Методика составление программы в пакете ISaGRAF	41
2.6.2 Методика разработки программ визуализации процессов контроля, регулирования и сигнализации.....	47
3. Социальная ответственность	53
3.1 Введение социальной ответственности	53
3.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	53
3.2.1 Специальные (характерные для анализируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	53
3.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	54
3.3 Производственная безопасность	55
3.3.1 Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды	56
3.3.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека.....	57
3.3.3 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	57
3.3.4 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	58
3.3.5 Повышенный уровень общей вибрации.....	58
3.3.6 Повышенный уровень шума	59
3.3.7 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	60

3.3.8 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	60
3.4 Экологическая безопасность при эксплуатации	61
3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	63
3.6 Вывод по разделу социальная ответственность.....	64
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	66
4.2 Анализ конкурентных технических решений	66
4.3 Технология QuaD	68
4.4 SWOT – анализ.....	69
4.5 Структура работ в рамках научного исследования.....	73
4.6 Определение трудоемкости выполнения работ	74
4.7 Разработка графика проведения научного исследования	75
4.8 Расчет материальных затрат НИИ	78
4.9 Расчет амортизации оборудования.....	79
4.10 Основная заработная плата исполнителей темы	80
4.11 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	81
4.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	82
4.13 Накладные расходы.....	82
4.14 Определение финансовой эффективности исследования.....	83
4.15 Определение ресурсоэффективности исследования	84
4.16 Вывод по разделу финансовый менеджмент.....	86
Заключение.....	87
Список использованной литературы	88

Приложение А (обязательное) Технологическая схема	90
Приложение Б (обязательное) Структурная схема	91
Приложение В (обязательное) Функциональная схема.....	92

Реферат

Пояснительная записка содержит 92 страниц машинописного текста, 34 таблицы, 28 рисунков, 1 список использованных источников из 19 наименований, 3 приложений.

Объектом исследования является факельный сепаратор установки комплексной подготовки газа.

Цель работы – создание системы контроля и управления сепаратора факельной системы комплексной подготовки нефти на базе промышленных контроллеров КРОСС-500 с применением SCADA-системы MasterSCADA.

Произведен выбор конфигурации промышленного контроллера КРОСС 500, выбор технических средств измерения технологических параметров и регулирования давления, составлены электрические схемы подключения технических средств. Осуществлена разработка программного обеспечения контроллера на базе среды Isagraf и программного обеспечения диспетчерской станции на базе MasterScada.

Ключевые слова: блок сепарации, автоматизация, ПЛК, SCADA, АСУ ТП, КИПиА, установка комплексной подготовки нефти.

Введение

В настоящее время автоматизация технологических процессов осуществляется на базе промышленных контроллеров и современных средств контроля, которые в большинстве случаев являются микропроцессорными и характеризуются высокой точностью.

Типовая структура современной автоматизированной системы управления технологическими процессами является трехуровневой. На нижнем (полевом уровне) расположены средства измерения технологических параметров, исполнительные устройства систем автоматического регулирования и средства местного контроля и управления. На среднем уровне расположены промышленные микропроцессорные контроллеры, обеспечивающие реализацию функций регулирования, сигнализации и защиты, а также передачу информации о функционировании технологического процесса на верхний уровень.

На верхнем уровне, который по своей сути является операторским, реализуются функции отображения информации о ходе технологического процесса в удобной для восприятия форме, регистрации информации, подготовка рапортов и отчетов о технологическом процессе, дистанционное управление процессом и ряд других функций.

Такие АСУТП характеризуются высокой точностью контроля и регулирования технологических параметров, функциональной развитостью, высокой надежностью и безопасностью работы технологических процессов.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка системы автоматизация сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа на база современных технических средств и программных продуктов.

1. Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

АСУ ТП предназначена для автоматизированного и автоматического управления оборудованием в масштабе реального времени в соответствии с безопасным ведением технологического процесса.

Основными целями разработки АСУ ТП являются:

- обеспечение высокого уровня безопасности технологических процессов подготовки газа, автоматически предотвращать аварийные ситуации и производить анализ их происхождения;
- оперативная передачи достоверной и точной информации от датчиков технологического процесса, состояния технологического оборудования и исполнительных механизмов;
- улучшение технико-экономических показателей работы производства;
- уменьшение трудозатрат на оперативный и эксплуатационный персонал за счет автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием.

Функции АСУ ТП:

- контроль состояния основного и вспомогательного оборудования подготовки газа;
- контроль технологического процесса обеспечение аварийной остановки и аварийных блокировок/отключений;
- вывод на дисплей оператора АСУ информацию о технологических процессах в режиме реального времени отображение численных значений параметров [3].

1.2 Назначение системы

Установка комплексной подготовки газа (УКПГ) представляет собой систему, состоящую из технологического оборудования и разных вспомогательных устройств, обеспечивает сбор и соответствующую обработку природного газа и конденсата в соответствии с требованиями. В качестве сырья

служит природный газ, поученный из газоконденсатных и газовых месторождений.

Факельные сепараторы (ФС) — это аппарат в виде цилиндрической формы, предназначенный для очистки газа от капельной жидкости сбрасываемого на факел. Он входит в состав факельной системы при обустройстве газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений, а также газо- и нефтеперерабатывающих заводов.

1.3 Требования к системе

Автоматизированная система управления АСУ сепаратора факельной системы УКПГ должна проектироваться по иерархическому принципу иметь три уровня и производить обмен данными согласно стандартизированных протоколов межуровневого обмена.

На нижнем уровне размещаются средства измерения технологических параметров и исполнительные механизмы, а также кабельное и дополнительное оборудование.

Средний уровень обеспечивает сбор данных с нижнего уровня, реализацию функций регулирования, сигнализации, блокировки и защиты. На верхнем уровне обеспечивается отображение и регистрация информации о ходе технологического процесса. На этом уровне так же производится формирование отчетной документации и предоставления интерфейса связи с оператором АСУП.

1.4 Требования к техническому обеспечению АСУ ТП

В работе должны использоваться датчики и оборудование, которые будут отвечать требованиям эксплуатации и взрывобезопасности.

Программно-технический комплекс АС должен иметь запас по каналам ввода/вывода не менее 20 %, допускать возможность наращивания и развития системы для возможного ввода в эксплуатацию новых средств измерения и улучшения технологического процесса. Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода.

Датчики должны использоваться с искробезопасными цепями и отвечать требованиям взрывобезопасности. Чувствительные элементы датчиков,

соприкасающихся с агрессивной средой, должны быть устойчивы и выполнены из коррозионностойких материалов. либо для их защиты необходимо использовать мембранные разделители сред. Так же должны быть устойчивы к работе при температуре от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, иметь степень защиты не менее IP56 и обеспечивать стандартный сигнал на выходе от 4 до 20 мА.

Все внешние элементы используемого оборудования, находящиеся под напряжением, необходимы иметь защиту от случайных прикосновений и иметь защитное заземление, а также соответствовать воздействиям агрессивных сред и требованиям пожарной и взрывобезопасности.

1.5 Требование к метрологическому обеспечению

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности факельного сепаратора представляют собой обязательные и рекомендуемые точности измерений:

- основная относительная погрешность датчиков температуры и уровня должна быть не менее $\pm 0,5\%$;
- основная относительная погрешность датчиков давления и расхода должна быть не менее $\pm 1\%$;

1.6 Требование к программному обеспечению

Программное обеспечение АСУ ТП должно быть достаточным для реализации автоматизации сепаратора факельной системы УКПГ что бы выполнять все функции системы, реализуемых с помощью средств вычислительной техники. Также программное обеспечение нужно для обработки данных для того, чтобы выполнить автоматизированные функции в режиме функционирования АСУ ТП.

Программное обеспечение контроллерного уровня должно быть разработано на базе программного пакета Isagraf. Программное обеспечение верхнего уровня должно быть разработано на база программного пакета MasterScada.

Программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- обработку и ведение базы данных значений технологических переменных, поступающих в систему после опроса датчиков и первичной переработки информации;

- создание мнемосхем представляющие собой визуализацию цифрового и графического изображения состояния технологического процесса, средств КИПиА и системы автоматического регулирования;

- возможность изменять параметры настройки регулятора и задающее воздействие.

1.7 Требования к математическому обеспечению

Информация, вводимая в контроллер, должна быть проверена на достоверность. Достоверность информации должна быть проверена по скорости изменения технологических параметров и по верхним и нижним возможным значениям параметров.

В алгоритмах регулирования должны быть предусмотрены два режима работы – ручной и автоматический.

2. Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Факельный сепаратор — это горизонтальное цилиндрическое устройство, оснащенное сетчатыми насадками, является частью факельной системы и принимает свое участие в очистки газа от капельной жидкости, жидкостных пробок и механических примесей. Для работы в агрессивной среде факельный сепаратор должен иметь высокую прочность и качество, которое напрямую зависит от грамотного проектировщика. Устройство должно оснащено штуцерами для измерительных приборов, а также люком-лазом для поддержания заданного режима работы и удобства обслуживания. Схема технологического процесса представлена на рисунке 1. Технологическая схема представлена в приложение А

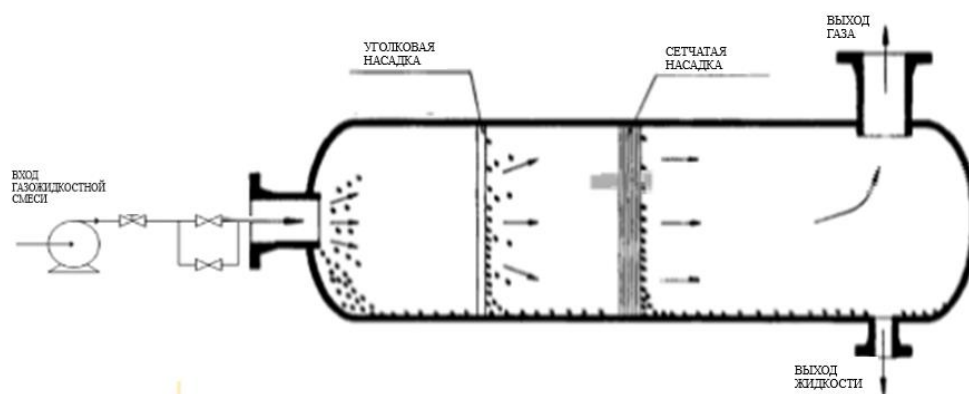


Рисунок 1 – Технологический процесс ФС

В факельный сепаратор газожидкостная смесь через штуцер ввода с высокой скоростью поступает внутрь. После этого газ попадает в секцию на уголковую насадку, где равномерно распределяется по сечению аппарата и частично происходит отделение капельной жидкости. Дальнейшая очистка газа происходит в следующей секции устройства оснащенная вертикальной сетчатой насадкой и зоной гравитационного осаживания. После чего жидкость что отделилась собирается через штуцер в дренажную емкость. Газ по специальным каналам поднимается вверх. Очищенный газ подаётся на факел.

В таблице 1 представлены параметры контроля, сигнализации и регулирования.

Таблица 1 – Параметры контроля, сигнализации и регулирования.

Наименование параметра	Диапазон измерения	Ед. изм.	Контроль	Сигнализация	Регулирование	Регистрация
Расход поступающей газожидкостной смеси	от 0 до 480	м3/ч	+	+	-	+
Расход выходящей газожидкостной смеси	от 0 до 480	м3/ч	+	+	-	+
Давление в нагнетательном коллекторе	от 0.0105 до 25	МПа	+	+	+	+
Уровень газожидкостной смеси в ФС	от 0 до 11920	мм	+	+	-	+
Температура газожидкостной смеси в ФС	от минус 30 до плюс 50	°С	+	+	-	+
Давление газожидкостной смеси в ФС	от 0105 до 25	МПа	+	+	-	+

2.2 Разработка структурной схемы АС

В соответствие с ТЗ разработаем систему автоматизированного управления технологического процесса факельного сепаратора он и будет являться объектом управления. В данном объекте управления в процессе технологического процесса осуществляется замер уровня, давления и температуры. Так же в свою очередь в трубопроводе контролируются параметры давления на всасывание и расхода на всасывающем и нагнетающем коллекторе. Клапана, имеющие электропривод, являются исполнительными устройствами.

Специфика каждой конкретной системы определяет программно-аппаратная платформа по иерархическому принципу построенная трехуровневая

АС в соответствии с требованиями технического задания и приведена в приложение Б.

Нижний уровень АС включает в себя первичные датчики, осуществляющие сбор информации о ходе технологического процесса, и исполнительные устройства клапана с электроприводом.

Средний уровень является контроллерным состоящий из локального контроллера, где осуществляется сбор, обработка и хранения информации технологического процесса, а также управление и регулирование. Также возможен обмен информации с пунктами управления АРМ.

Верхний уровень является информационно вычислительным который включает в себя коммуникационный контроллер, играющий роль концентратора, а также компьютеры и серверы БД, которые объединены между собой в локальную сеть. На компьютерах установлена операционная система Windows 10 и оснащены программным обеспечением SCADA.

Информация с датчиков полевого уровня поступает на средний к ПЛК. После чего обработанная информация по средствам контроллера передается в диспетчерский пункт. Диспетчерский пункт в свою очередь имеет несколько станций управления, которые и являются автоматизированным рабочим местом оператора. В операторской расположен сервер БД и мониторы компьютеров, которые отображают технологический процесс и предоставляют возможность оперативного управления данными процесса [1].

2.3 Разработка функциональной схемы АС

Функциональная схема автоматизации представляет собой основной проектный документ, определяющий функционально-блочную структуру узлов автоматического контроля, так и управления, и регулирования технологическим процессом и оснащение его приборами и средствами автоматизации. На этой схеме изображаются системы автоматического управления, контроля, дистанционного регулирования и сигнализация [4].

Все элементы на схеме изображаются схематически и объединяются в информационную систему при помощи линий функциональной связи, так же отображены каналы взаимодействия между элементами систем управления. Все оборудование, которое изображено на схемы показывается в виде условных элементов схем. Функциональная схема представлена в приложение В.

Все данные с датчиков полевого уровня поступают на аналоговые и дискретные модули контроллеров. Происходит их масштабирование и в форме пакета данных они передаются на главный контроллер и затем на АРМ оператора. На АРМ оператора происходит мониторинг, управление и конфигурация этих параметров по средствам контроллера.

2.4 Выбор технических средств

Для реализации проекта необходимо сделать правильный выбор программно-технических средств и проанализировать совместимость выбранных элементов АС.

Комплекс программно-технических средства факельного сепаратора имеет измерительное и исполнительное оборудование, контроллерное оборудование, а также систему сигнализации.

При выборе оборудования учитывается требование к техническому и метрологическому обеспечению, а также требование к надёжности. При этом и учитывается экономическое обоснование применяемого оборудования.

Применяемые измерительные устройства занимаются сбором данных параметров технологического процесса, а исполнительное оборудование преобразует электрическую энергию в механическую и осуществляет регулирование в соответствии с задачами и алгоритмами управления. ПЛК осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.4.1 Выбор конфигурации контроллерного оборудования

В связи с обстановкой в мире на сегодняшний день целесообразным выбором в основе выполнения автоматизированной системы факельного сепаратора был использован контроллерное оборудование Российского производителя, а именно КРОСС – 500. Данный контроллер способен

реализовать прием и обработку информационных сигналов от различных устройств систем контроля и управления и способен выдать управляющий сигнал на исполнительное оборудование. Так же данный контроллер предназначен для построения высокоэффективных недорогих и надежных систем автоматизации различных технологических процессов. Данный контроллер имеет достаточное количество входов и выходов и относительно невысокую цену на рынке. Контроллер может применяться в различных автоматизированных системах управления технологическими процессами в нефте- и газодобывающих, машиностроительной и пищевых отраслях [5]. На рисунке 2 представлен внешний вид контроллера.



Рисунок 2 – Контроллер КРОСС – 500

Контроллер является проектно-компонентным и программируемым изделием. Его состав и ряд параметров определяются потребителем в зависимости от решаемых задач.

В состав устройства контроллера входит блок центрального процессора, который служит для управления контроллером в режиме реального времени и исполнения технологической программы пользователя, а также модули ввода-вывода аналогового сигнала такие как AI1-8, AIO1-8/4, AIO1-8/0, AIO1-0/4, TC1-7, TR1-8. Аналоговые модули ввода воспринимают от датчиков, подключенных к его входам, унифицированные сигналы, а аналого-цифровой преобразователь преобразует их в цифровой код необходимый для обработки. Аналоговые модули вывода действуют, как модули аналогового ввода, только в обратном направлении.

Также в постоянный состав входят модули ввода-вывод дискретных сигналов такие как DI1-16, DIO1-8/8, DO1-16. Дискретные модули ввода аналогично принимают от датчиков дискретные сигналы. К модулю дискретного ввода обычно подключают датчики контактного типа, кнопки ручного управления, статусные сигналы от систем сигнализации, приводов, позиционирующих устройств и т.д. Дискретные модули вывода в зависимости от внутреннего логического состояния выхода («1» или «0»), создают или снимают на клеммах дискретного выхода напряжение. Такие модули могут управлять приводами, отсечными клапанами, зажигать светосигнальные лампочки, включать звуковую сигнализацию и т.д.

Терминальные блоки предназначены для подключения входных и выходных цепей и для преобразования сигнала и индикации:

- блок T1-AI для модуля AI1-8;
- блок T1-TC для модуля TC1-7;
- блок T1-TR для модуля TR1-8;
- блок T1-DO для модуля DO1-16.

Гибкие соединения C1-A используемые для подключения с модулями AI1-8, AIO1-8/4, AIO1-8/4, AIO1-8/4, TC1-7, TR1-8. Соединение C1-D используется для модулей DI1-16, DIO1-8/8, DO1-16, ADIO1, МК1.

Также в состав контроллера входит блок питания ЯЛБИ.426448.097 (~220 В/=24 В) и модули питания AC220/5–15 (~220 В/=5 В).

Базовым уровнем надежности является SMD-монтаж, автоматизированная сборка и контроль модулей и уровень живучести обеспечивается благодаря “горячей” замены модулей. Уровни надежности и живучести можно повысить благодаря резервирования контроллера или его составных частей.

Контроллер соответствует климатическому исполнению УХЛ 4.2. Рабочие условия эксплуатации контроллера приведены в таблице 2.

В качестве модуля ввода-вывода будем использовать, модули аналоговых сигналов AI1-8 и TR1-8, выполненные как самостоятельное изделия, в которых

информационный обмен осуществляется по интерфейсу RS-485 или SPI. В настоящей работе используется интерфейс SPI. Для связи контроллера с датчиками будет использоваться терминальный блок T1-AI и TR1-8. В качестве модуля дискретных сигналов будет DO1-16 и его терминальный блок T1-DO, гибкие соединений для модулей будут использоваться C1-A и C1-D. Блок питания будет ЯЛБИ.426448.097 (~220 В/=24 В), а модуль питания AC220/5–15 (~220 В/=5 В).

Таблица 2 – Условия эксплуатации контроллера

Наименование воздействия		Диапазон воздействия
Температура окружающей среды, °С	- рабочая	от плюс 5 до плюс 50
	- транспортирования	от минус 50 до плюс 50
Относительная влажность воздуха, % при температуре, °С	- рабочая	до 80 °С
	- транспортирования	до 95 °С 35 °С
Электромагнитные поля промышленной частоты	- напряженность, А/м	400 А/м
	- частота, Гц	50 Гц

Общие характеристики блока приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики БЦП

Наименование параметра	Характеристика
Тактовая частота МГц,	100
Технологическое программирование на языках:	- функциональных схем SFC; - релейной логики LD; - структурированного текста ST; - функциональных блоков FBD; - инструкций IL.
Объем памяти: - flash-память - динамическая память - ОЗУ	1 Мбайт 4 Мбайт 256 кбайт
Время цикла	Более или равно 0,01 с
Время сохранения технологических программ (ОЗУ) при отключении питания	5 суток
Порты RS-232	4
Порт Ethernet	1
Порты для высокоскоростного обмена с модулями ввода/вывода	До 4 портов, также RS-485 и SPI

На рисунке 3 представлена структура системы управления факельным сепаратором.

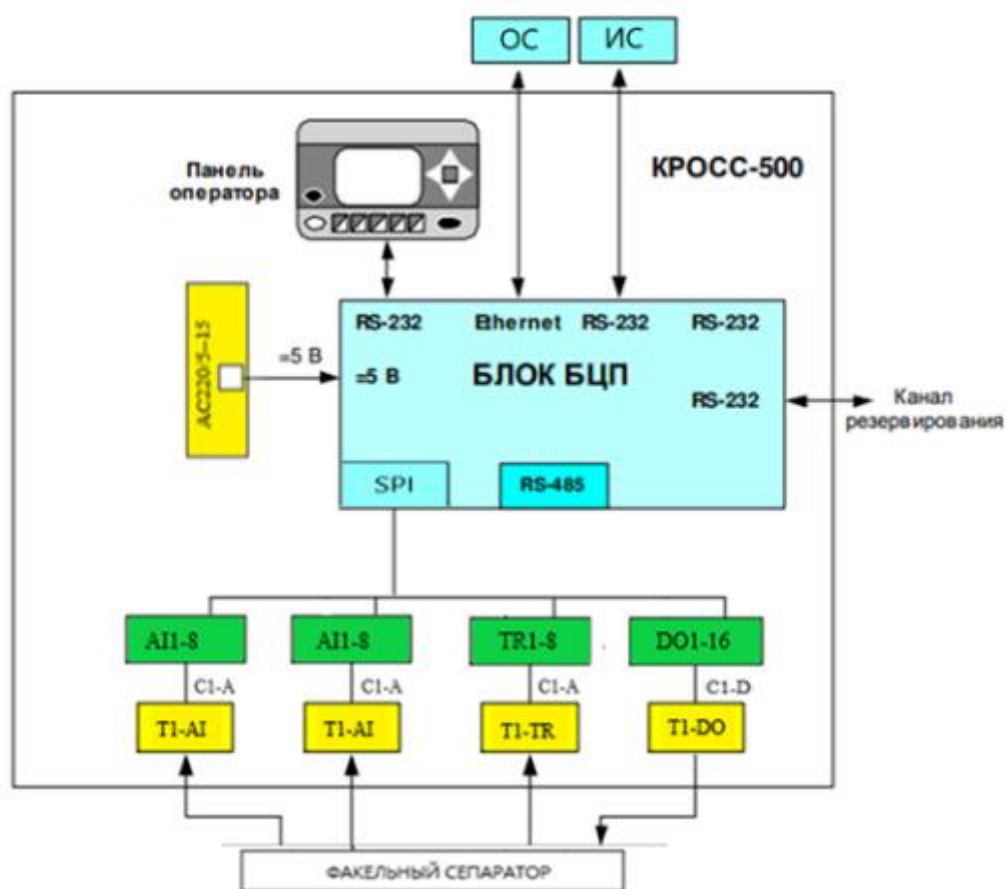


Рисунок 3 – Структура систем управления факельным сепаратором

На рисунке использованы следующие обозначения:

- ОС-операторская станция;
- ИС-инженерная станция;
- T1-AI-терминальные блоки, предназначенные для ввода аналоговых сигналов;
- T1-TR- терминальный блок, предназначенный для ввода сигнала от термометра сопротивления;
- T1-DO- терминальный блок, предназначенный для вывода дискретного сигнала;
- AI1-8- модуль ввода аналогового сигнала;
- TR1-8- модуль ввода сигнала термометра сопротивления;

- DO1-16-модуль вывода дискретных сигналов;
- C1-A, C1-D-гибкие соединители, предназначенные для связи терминальных блоков с модулями ввода-вывода;
- SPI-последовательный интерфейс.

2.5 Выбор средств измерения и исполнительных устройств

В ходе технологического процесса и в соответствии с ТЗ предпочтение отдается интеллектуальным датчикам с унифицированным токовым сигналом 4-20 мА и обменом данными в соответствии со спецификацией HART. При этом выбор необходимо вести для агрессивных сред со взрывозащищенным корпусом и искробезопасными цепями.

В качестве источника питания постоянного тока будет использоваться источник БП 96, предназначенный для питания измерительных преобразователей с унифицированными токовыми сигналами. Данный источник применяется в различных отраслях промышленности и энергетики [8]. Параметры источника питания указаны в заказной спецификации, представленной в таблице 4. Схема подключения изображена на рисунке 4.

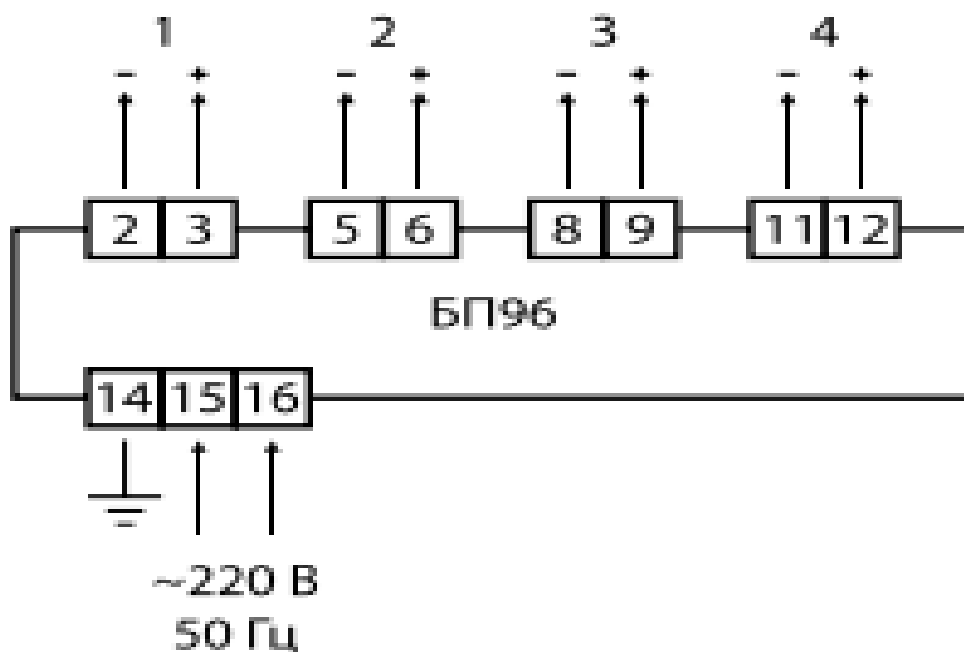


Рисунок 4 – Схема подключения БП96

Таблица 4 – Заказная спецификация БП 96

1	2	3	4	5
БП96	24В	4	80	DIN
1	Тип прибора			
2	Номинальное выходное напряжение (24 В или 36 В)			
3	Количество каналов (1, 2 или 4)			
4	Максимальный ток нагрузки на каждый канал			
5	Способ монтажа (на DIN-рейку – «DIN», в щит – «Щ»)			

2.5.1 Выбор расходомера

В процессе работы факельного сепаратора необходимо следить за потоком поступающей газожидкостной смеси и нужно знать объём поступления ГЖС, также необходимо вести подсчет объёма газа, сброшенного на факел.

Исходя из технико-экономических показателей, а также удовлетворения требования ТЗ предпочтение отдали фирме ЭЛЕМЕР, а именно для измерения расхода будем использовать расходомер ЭЛЕМЕР-РВ, представленный на рисунке 5 [8].

Вихревые расходомеры ЭЛЕМЕР-РВ корректно применяются для измерения расхода жидкости, газа и пара. Превосходные рабочие характеристики расходомера ЭЛЕМЕР-РВ дает возможность для измерения расхода в наиболее агрессивных и сложных условиях эксплуатации благодаря следующим особенностям:

- обладают высокой точностью измерения при изменении параметров процесса;
- устойчивость сенсора к гидроударам;
- корпуса применяются не требующие уплотнения что уменьшает количество потенциальных утечек;
- стабильная работа при высоких температурах;
- конструкция с изолированным сенсором позволяет выполнять при необходимости его замену без нарушения герметичности оборудования;

- обеспечение низких потерь давления по сравнению с сужающими устройствами;
- адаптивной настройки обработки сигналов, что снижает влияние вибрации на точность измерений.



Рисунок 5 – ЭЛЕМЕР-РВ

Технические характеристики расходомера ЭЛЕМЕР-РВ представлены в таблице 5. Схема подключения расходомера представлена на рисунке 6. Параметры расходомера представлены в заказной спецификации таблица 6.

Таблица 5 – Технические характеристики ЭЛЕМЕР-РВ

Характеристика	Значения
Измеряемая среда	жидкость, газ, пар
Погрешность	до $\pm 0,5\%$ при измерении расхода жидкостей до $\pm 1\%$ при измерении расхода газа и пара
Давление измеряемой среды	До 25 МПа
Температура измеряемой среды	от минус 60°C до плюс 350°C *
Выходные сигналы	аналоговый токовый от 4 до 20 мА + HART
Температура окружающей среды	от минус 60°C до плюс 70°C
Пылевлагозащита	IP67, IP68

Таблица 6 – Заказная спецификация ЭЛЕМЕР-РВ

Код	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Заказ	ЭЛЕМ ЕР-РВ	Ех В	050	А	50- 530	Ж	Н	Ф1	Д	2,5	35 0	СИ О	К1	Н	Т У	ГП
0	Наименование изделия															
1	Вид исполнения															
2	Типоразмер преобразователя (ДУ трубопровода)															
3	Класс точности															
4	Диапазон расхода															
5	Измеряемая среда															
6	Материал проточной части															
7	Соединение с трубопроводом															
8	Размещение электронного преобразователя															
9	Максимальное давление измеряемой среды															
10	Температура измеряемой среды															
11	Индикатор															
12	Версия электронного преобразователя															
13	Выходные сигналы															
14	Технические условия															
15	Калибровка, поверка															

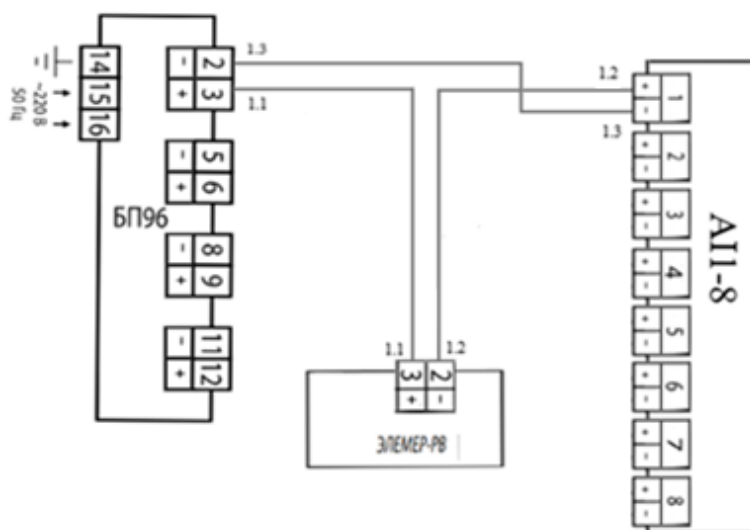


Рисунок 6 – Схема подключения ЭЛЕМЕР-РВ

2.6.2 Выбор датчика давления

Подбор датчика давления производился из требований к техническому и метрологическому обеспечению, а также из требований к надежности и экономической стоимости прибора. Одной из важнейших величин для отслеживания является изменения давления в напорном трубопроводе и факельном сепараторе. При выборе датчика было учтено требование к взрывобезопасному исполнению и монтажу и предпочли использовать для измерения давления Элемер-АИР-30 (рисунок 7), данный датчик имеет в протокол HART и выходной сигнал от 4 до 20 мА [8].



Рисунок 7 – Элемер-АИР-30

Датчики серии Элемер-АИР-30 предназначены для непрерывного преобразования давления измеряемой среды в унифицированный сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА. Данная модель характеризуется повышенной устойчивостью к эксплуатации в тяжелых условиях. Метрологические характеристики, удобство использования и дополнительные возможности обусловлены применением современной элементной базы.

Датчики оснащены современными тензорезистивными сенсорами, имеет технологию «кремний на керамике» (КНК) в настоящее время эта технология является наиболее перспективной основана на изготовлении сенсора из монокристалла кремния с нанесенным на него методом диффузии тензорезистивным мостом. Емкостные сенсоры имеют высокую стабильность

метрологических характеристик. Датчик обладает отличным соотношением цена/качество.

Основным достоинством данной технологии является высокая перегрузочная способность и высокая чувствительность. В преобразователь встроены устройства сигнализации и регулирования что существенно упрощает использование прибора в системах АСУ ТП. Параметры на датчик давления представлены в заказной спецификации таблица 7.

Преимущества и особенности датчиков давления Элемер-АИР-30:

- измерение давления среды природного газа, нефти, воды, слабоагрессивные жидкости;
- диапазон измерений от 10 кПа до 10 МПа;
- выходной сигнал от 4 до 20 мА + HART;
- диапазон рабочих температур измеряемой среды от минус 40 до плюс 100 °С;
- диапазон температур окружающей среды от минус 60 до плюс 80°С;
- степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды IP 65, IP 67.

Схема подключения датчика к терминальному блоку контроллера КРОСС 500 изображена на рисунке 8.

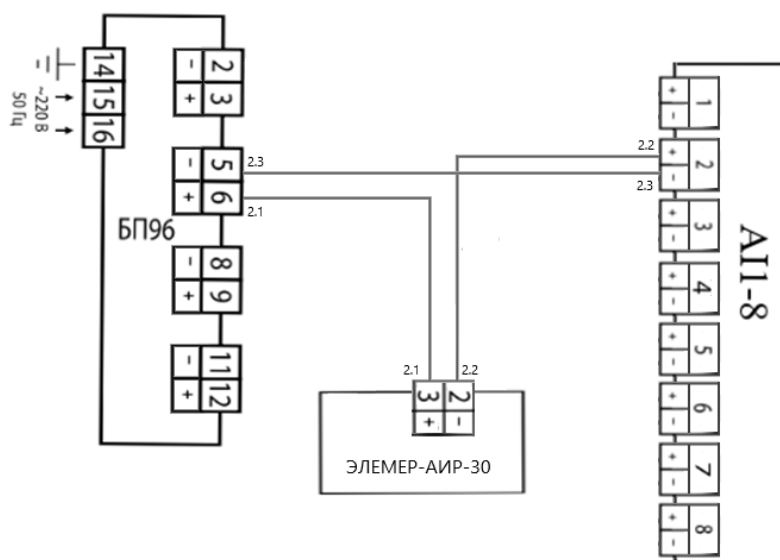


Рисунок 8 – Схема подключения датчика давления ЭЛЕМЕР-АИР30

Таблица 7 – Заказная спецификация

1. Тип преобразователя						11.Код типа встроенного индикатора.					
2.Вид исполнения						12.Варианты электрического присоединения					
3.Код сенсора						13.Код исполнительного устройства					
4.Код модели и верхний предел (диапазон)						14.Варианты электрического присоединения					
5.Класс безопасности						15.Установка вентильного блока					
6.Код класса точности						16.Код монтажного кронштейна					
7.Код климатического исполнения						17.Заводские настройки					
8.Код обозначения по материалу						18.Испытания в течение 360ч.					
9.Код комплекта монтажных частей (КМЧ)						19.Госпроверка					
10.Код исполнения корпуса.						20. ТУ 4212-077-13282997-08.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Элемер -АИР- 30	ExD	S1	TG13/ 2,5	3H	B02	t2570	11N	T1Ф	P1	LN	ШР22
13	14	15	16	17	18	19	20				
RM	ШР22- 10	Y(E1 2)	KP2	List	360 П	ГП	ТУ				

2.5.3 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры будет использоваться ЭЛЕМЕР ТС-1088(рисунок 9) так как этот датчик имеет необходимый для нас диапазон измерений и данный датчик имеет взрывозащищённое исполнение [8].



Рисунок 9 – ЭЛЕМЕР-ТС1088

Термопреобразователи предназначены для температурных измерений температуры жидкости, пара и газообразных сред на объектах. Основные технические характеристики датчика давления приведены в таблице 8. Схема подключения датчика представлена на рисунке 10.

Параметры представлены в заказной спецификации таблица 9.

Таблица 8- Технические характеристики ЭЛЕМЕР-ТС1088

Технические характеристики	Значения
Диапазон измерений	от минус 196°С до плюс 600 °С
Основная приведенная погрешность	0,1 – 0,3 °С
Номинальные статические характеристики	50М,100М,50П,100П
Показатель тепловой инерции	от 10 до 30 с
Средняя наработка на отказ, не менее	50 000 ч
Степень защиты	IP54, IP65

Таблица 9 – Заказная спецификация ЭЛЕМЕР-ТС1088

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ТС-1088	Ex	ТС-1088/1	-	ТСМ 50	-50°С +100°С	60	10	-	-	A	АГ 10	С	2
1	Модификация												
2	Вид исполнения												
3	Конструктивное исполнение												
4	Класс безопасности												
5	НСХ												
6	Диапазон измерения												
7	Длина монтажной части,мм												
8	Диаметр монтажной части, мм												
9	Длина контрольного кабеля												
10	Контрольный кабель												
11	Класс допуска												
12	Тип клеммной головки												
13	Тип кабельного ввода												
14	Схема подключения												

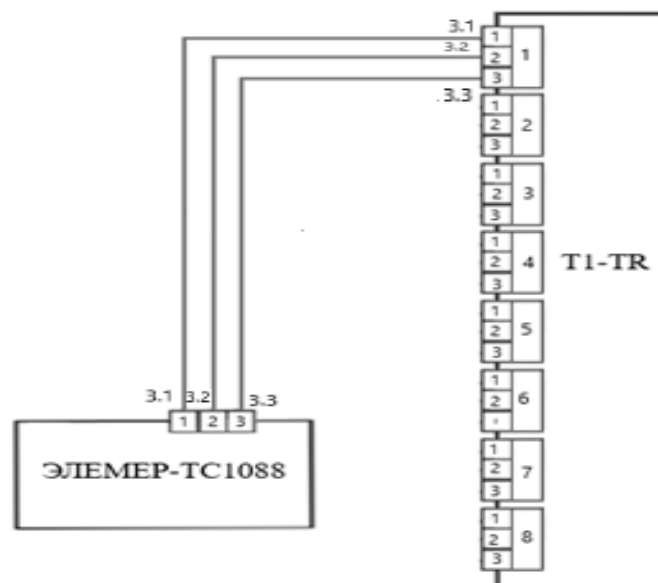


Рисунок 10 – Схема подключения ЭЛЕМЕР-ТС1088

2.6.4 Выбор датчика уровня

Для того чтобы следить за уровнем в факельном сепараторе будем использовать уровнемер ЭЛЕМЕР-УПП11 с унифицированными аналоговыми выходными сигналами от 4 до 20 мА и имеющий протокол HART

Уровнемер ЭЛЕМЕР-УПП11 (рисунок 11) служит для непрерывного преобразования уровня жидкости в аналоговый выходной сигнал от 4 до 20 мА. Датчики используются в составе систем контроля уровня жидкости в различных резервуарах. Данные датчики имеют общепромышленное и взрывозащищённое исполнение. Арматура датчиков изготавливается из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Принцип действия основан на том, что поплавок, имеющий постоянный магнит, перемещается вместе с уровнем жидкости по штоку, в котором находится матрица герконов и сопротивлений. Когда магнитное поле начинает воздействовать это приводит к срабатыванию герконов. Данная цепь работает по схеме трехпроводного потенциометра. Когда изменяется уровень жидкости изменится и выходное сопротивление датчика, преобразуемое в выходной сигнал от 4 до 20 мА, что прямо пропорционально уровню жидкости [8].

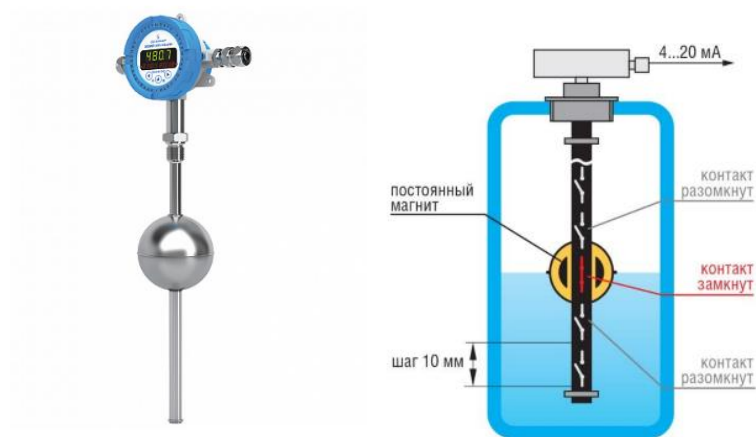


Рисунок 11 – ЭЛЕМЕР-УПП11

Основные технические характеристики ЭЛЕМЕР-УПП11 приведены в таблице 10. Схема подключения датчика к терминальному блоку контроллера КРОСС 500 представлена на рисунке 12.

Таблица 10 – Технические характеристики ЭЛЕМЕР-УПП11

Принцип измерения	Принцип вытеснения
Диапазон преобразования уровня в токовый сигнал	от 250 до 4000мм
Дискретность преобразования	±10 мм
Температура измеряемой среды	от минус 60 °С до плюс 125 °С
Давление	До 4 МПа
Материал исполнения	Сенсор:нерж.сталь. Дисплей:алм.
Маркировка взрывозащиты	EX I 2G EEx ia IIC T6
Выходной сигнал	от 4 до 20мА+ HART
Срок службы	10 лет

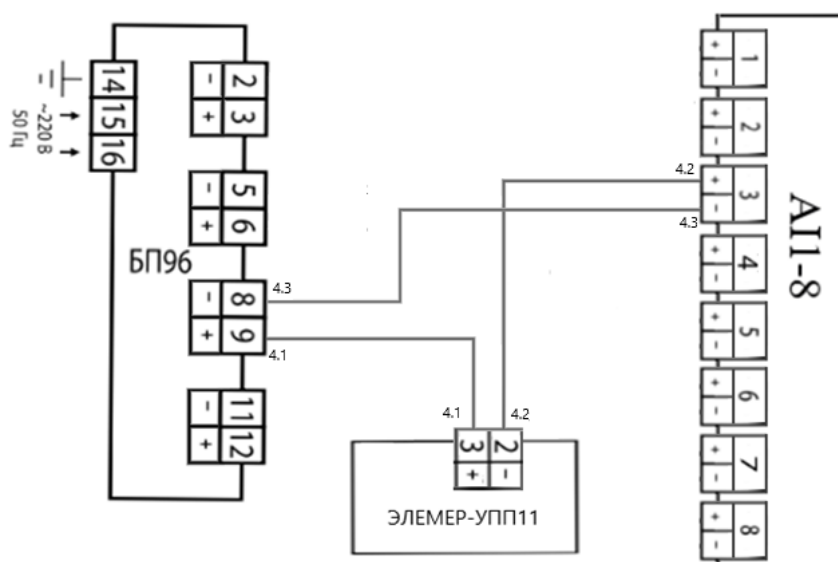


Рисунок 12 – Схема подключения ЭЛЕМЕР-УПП11

2.5.5 Выбор исполнительного устройства

Исполнительным устройством является устройство в системе управления, которое реализует управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем перемещения регулирующего органа. Это воздействие должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи.

Регулирующие клапаны служат для управления потоками различных жидких, газообразных и газожидкостных смесей. В качестве запорной арматуры в трубопроводе будем использовать регулирующий клапан с электроприводом РУСТ 510-2 (рисунок 13). Эти клапаны применяются в энергетической, химической, нефтяной и газовой промышленности, и других отраслях промышленности. Регулирующие клапаны изготавливаются из углеродистой, легированной, работающие при температуре окружающей среды от минус 60 до плюс 70°С, а также температуре рабочей среды до плюс 630°С. Регулирующие клапаны комплектуются пневматическими, ручными либо электрическими приводами. Регулирующие клапаны изготавливаются во взрывозащищенном исполнении, искробезопасными цепями, оснащены средствами управления и позиционирования для точного управления технологическим процессом

производства. Из-за того, что конструкция плунжера сбалансирована по давлению для приведения его в действие требуется незначительное усилие исполнительного механизма, даже при наличие высокого перепада давления на клапане. Замена или модернизация внутренних деталей клапан возможна без демонтажа клапана с трубопровода, так же все внутренние детали клапан имеют простые формы и могут быть отремонтированы с помощью металлообрабатывающего оборудования [9]. Основные технические характеристики приведены в таблице 11. Заказная спецификация приведена в таблица 12.



Рисунок 13 – Регулирующий клапан с электроприводом РУСТ 510-2

Таблица 11 – Технические характеристики РУСТ 510-2

Наименование параметра	Значение
Диаметр условного прохода (Ду), мм	15-400
Номинальное давление МПа	от 1.6 МПа до 40 МПа
Температура рабочей среды °С	от минус 60 °С до плюс 630 °С
Температура окружающей среды °С	от минус 60 °С до плюс +70 °С
Время аварийного закрытия/открытия	Не более 10 сек
Характеристика регулирования	Линейная, Равнопроцентная
Направление потока	Одностороннее, Двустороннее

Таблица 12 – Заказная спецификация

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РУСТ 510	5	1	2	2	УХЛ1	ДУ80	Рy16	150°С	12Х18Н10Т	НЗ
1	Тип клапан (регулирующий)									
2	Номер серии (с сальниковым уплотнением)									
3	Тип корпуса (осевой)									
4	Тип привода (электрический)									
5	Климатическое исполнение									
6	Диаметр условного прохода									
7	Рабочая среда									
8	Максимальная температура рабочей среды									
9	Материал корпуса									
10	Исходное положение клапана									

В качестве пускателя, предназначенного для управления электродвигательного исполнительного механизма, будем использовать бесконтактный реверсивный ПБР-3 (рисунок 14). Пускатель применяется как в локальных, так и в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Пускатель выполнен на базе тиристоров и имеет высокое быстродействие и надежность.



Рисунок 14 – Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3

Пускатель состоит из платы, кожуха и передней панели. На передней панели расположены две клеммные колодки для подключения пускателя к внешним цепям, а также винт заземления. Клеммные колодки закрываются крышками. На плате устанавливаются элементы схемы пускателя. Плата вставляется в кожух и закрепляется двумя винтами. Пускатель рассчитан на установку на вертикальной или горизонтальной плоскости. Положение в пространстве - любое. Схема подключения пускателя к терминальному блоку контроллера КРОСС 500 представлена на рисунке 15. Запись обозначения пускателя при его заказе ПБР-3 ТУ 25-02.120760-78.

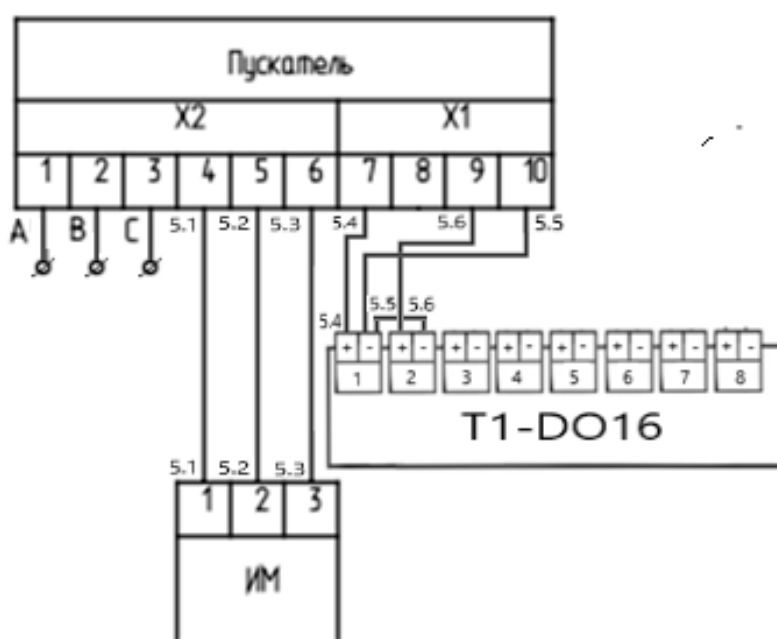


Рисунок 15 – Схема подключения ПБР-3

2.6 Программное обеспечение на базе контроллера КРОСС 500

2.6.1 Методика составление программы в пакете ISaGRAF

Программа реализуется на языке FBD, наиболее распространённым в настоящее время [5,7].

Для создания новой программы в меню «Файл» выбираем опцию «Новый». В окне «Новая программа» вводим имя и язык программы

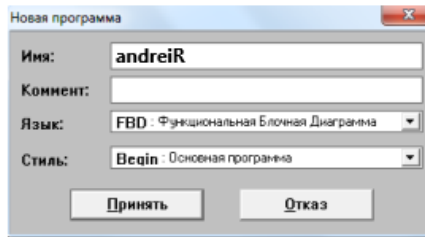


Рисунок 16 – Окно «Новая программа»

Объявим переменные в Словаре. Переменные объявляются в соответствии с типом данных:

- булевские - логическая величина;
- целые/действительные - целая или действительная непрерывная величина (рисунок 17).

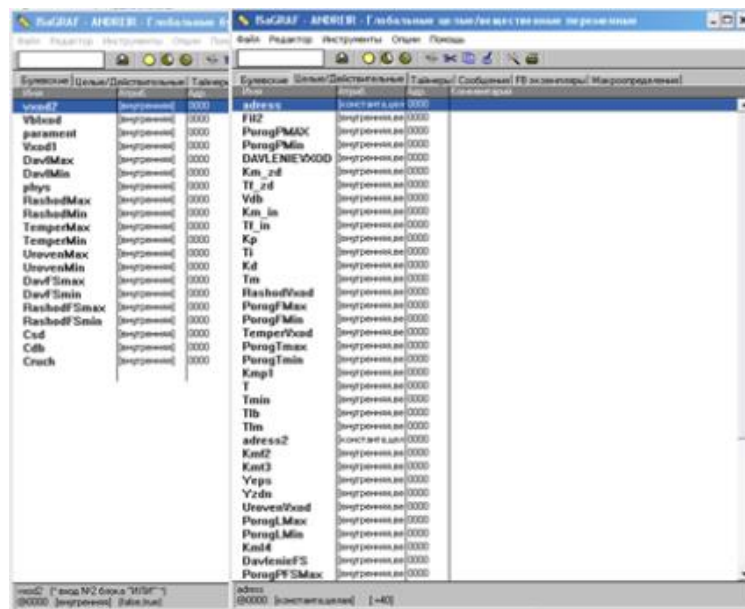


Рисунок 17 – Переменные для программы

В данной ВКР необходимо составить программу для микропроцессорного контроллера КРОСС 500 на языке FBD.

Данная программа, реализованная в пакете ISaGRAF, имеет вид, представленный на рисунке 18.

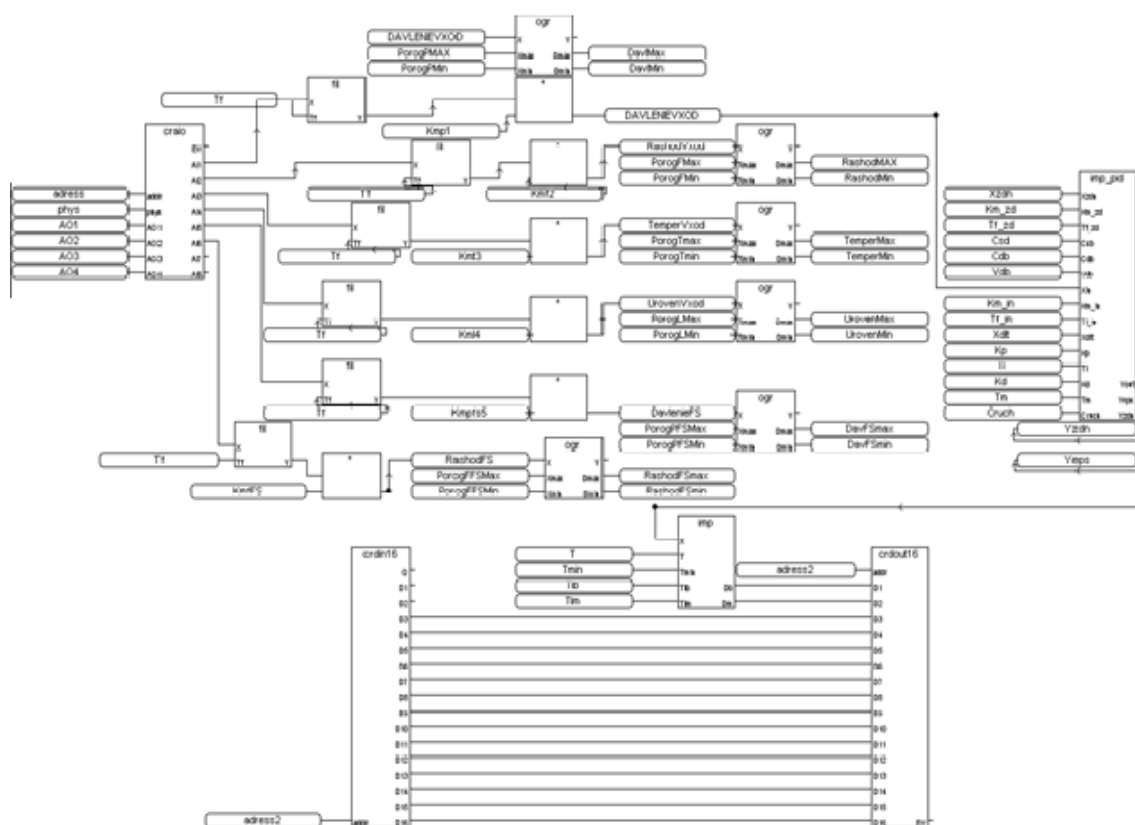


Рисунок 18 – Программа регулирования для контроллера КРОСС 500

Программа, реализованная в пакете ISaGRAF, имеет в своем составе следующие блоки.

Блок аналогового ввода-вывода cгаio

Данный блок предназначен для чтения значений на аналоговых входах и установки значений на аналоговых выходах AIO1-8/4, AIO1-8/0.

Входы:

- addr - адрес модуля;
- phys - признак необходимости преобразования (TRUE или FALSE);
- AO [1-4]- значения выходов.

Выходы блока:

- Err – код ошибки;
- AI [1-8] - значения входов.

Фильтр низких частот f_l

Используется для фильтрации высокочастотных помех, а также для динамической коррекции. Фильтр, имеющий порядок выше первого, можно получить путем последовательного включения нескольких алгоритмов FП.

Блок ограничения OGR

Алгоритм используется для ограничения верхней и (или) нижней границы диапазона изменения сигнала.

Входы блока:

- X - вход;
- X_{\max} - верхняя граница ограничения;
- X_{\min} - нижняя граница ограничения.

Выходы блока:

- Y – выход;
- D_{\max} - достижение верхней границы;
- D_{\min} - достижение нижней границы.

Блок регулирования импульсное Imp_pid

Алгоритм используется при построении ПИД регулятора, работающего в комплекте с исполнительным механизмом постоянной скорости. Алгоритм как правило применяется в сочетании с алгоритмом импульсного вывода, который преобразует выходной аналоговый сигнал алгоритма RИМ в последовательность импульсов, управляющих исполнительным механизмом. Входы-выходы алгоритма RИМ представлены на рисунке 19.

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	REAL	Xzdn	Вход	Немасштабируемый вход (каскадный)
02	BOO	Csb		Включение статической балансировки
03	BOO	Cdb		Включение динамической балансировки
04	REAL	Vdb		Скорость динамической балансировки
05	REAL	Xin		Масштабируемый вход
06	REAL	Xdt		Зона нечувствительности
07	REAL	Kp		Коэффициент пропорциональности
08	REAL	Ti		Постоянная времени интегрирования
09	REAL	Kd		Коэффициент времени дифференцирования
10	REAL	Tm		Время полного хода исполнительного механизма
11	BOO	Cruch		Включение ручного режима
01	REAL	Yout	Выход	Основной выход алгоритма
02	REAL	Yeps		Сигнал рассогласования
03	REAL	Yzdn		Выход текущего задания

Рисунок 19 – Входы-выходы алгоритма RIM

Блок Improut - Импульсный вывод.

Он применяется в тех случаях, когда контроллер должен управлять исполнительным механизмом постоянной скорости. Преобразует сигнал сформированный контроллером в последовательность импульсов и выдает импульсные сигналы на выходы Db и Dm.

Входы блока:

- X – входные сигналы;
- Tmin – минимальная длительность импульса;
- Tlb – длительность импульса в направление больше;
- Tlm – длительность импульса в направление меньше.

Выходы блока:

- Db – сигнал больше;
- Dm – сигнал меньше.

Алгоритмы дискретного ввода crDin16

Данный алгоритм предназначен для чтения значений на дискретных входах модулей. Цифра в обозначении алгоритма означает количество входных каналов.

Вход:

- addr – адрес модуля.

Выходы:

- err – код ошибки;
- D1-D16 – значения входных каналов модуля.

Алгоритмы дискретного вывода crDout16

Алгоритм предназначен для установки значений на дискретных выходах модулей. Цифра в обозначении алгоритма означает количество выходных каналов.


Вход:

- addr – адрес модуля;
- D1-D16 – значения входных каналов модуля.

Выходы:

- err – код ошибки.

После того как программа написана необходимо ее проверить на ошибки, затем произвести настройки компилятор и установить связь ПК с БЦП. После окончания всех настроек, создадим код приложения для загрузки в контроллер.

Теперь, когда программа регулирования готова к загрузке в контроллер, необходимо запустить отладчик. Загрузка готового приложения осуществляется кнопкой . Откроем проект и проверим его работоспособность (рисунок 20).

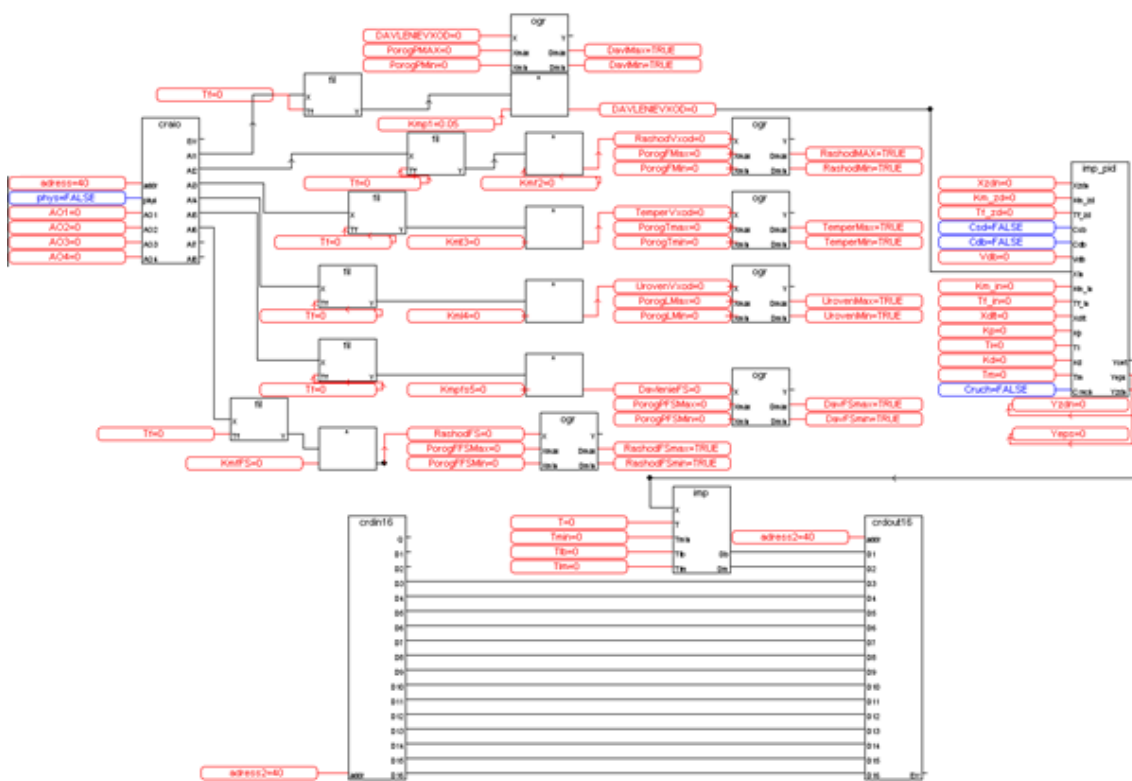


Рисунок 20 – Проект работоспособности программы

2.6.2 Методика разработки программ визуализации процессов контроля, регулирования и сигнализации

Переменные SCADA-системы ссылаются на переменные ISaGRAF, связь осуществляется через OPC сервер, предназначенный для сопряжения ISaGRAF и MasterScada. Поэтому перед началом создания программы визуализации необходимо настроить и запустить OPC-сервер [6,7].

Запускаем MasterScada и в открывшемся окне вводим имя проекта. Далее в дереве объекта создаем 3 объекта, которые позже будут тремя основными мнемосхемами - сепаратор, регулятор и параметры (рисунок 21).

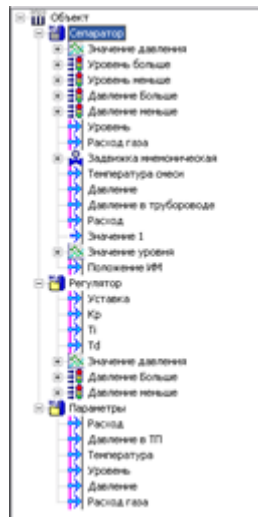


Рисунок 21 – Дерево объектов

Первый объект, который называется сепаратор содержит в себе мнемосхему факельного сепаратора. На мнемосхеме представлены графические формы сигнализации по давлению и уровню в виде световых индикаторов. А также, содержатся графики по значению давления и уровня, и кнопки для перехода между мнемосхемами «Параметры» и «Регулятор». Мнемосхема сепаратор представлена на рисунке 22.

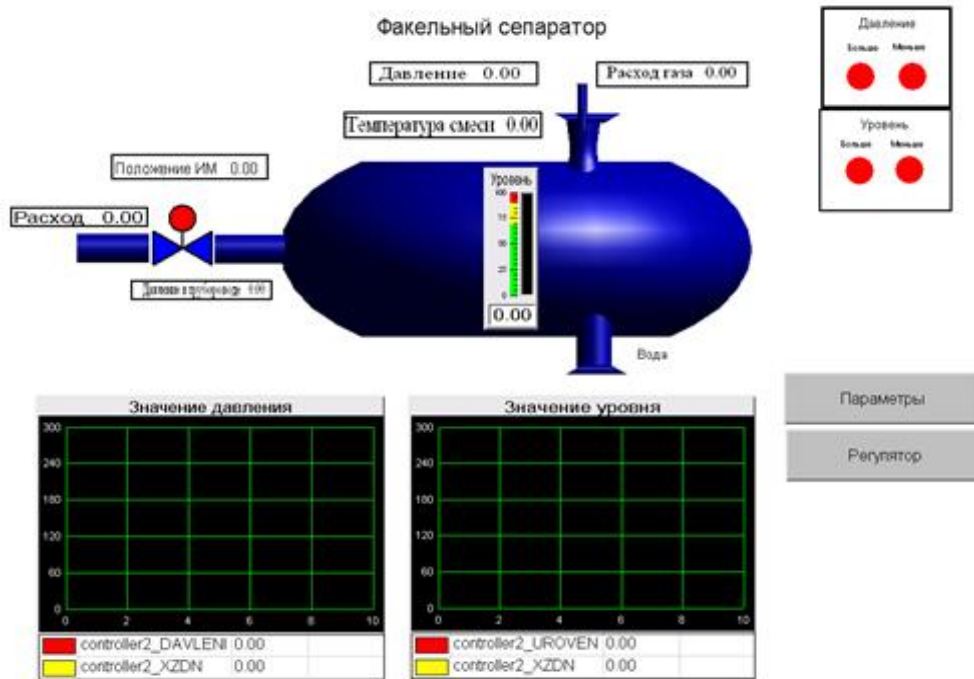


Рисунок 22 –Мнемосхема сепаратор

Вторым объектом является регулятор, на мнемосхеме отображены настройки регулятора в виде индикаторов, сигнализация по давлению в виде

светового индикатора и график значения давления, а также кнопка для перехода на мнемосхему сепаратор. Мнемосхема регулятор представлена на рисунке 23

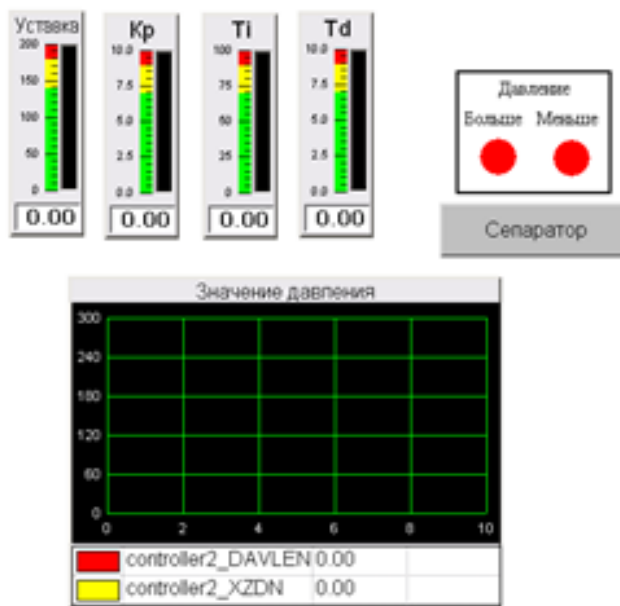


Рисунок 23 –Мнемосхема регулятор

Третьем объектом являются параметры, на данной мнемосхеме размещены индикаторы с контролируемыми и регулируемыми параметрами, так же имеется кнопка для перехода на мнемосхему сепаратора. Мнемосхема параметры изображена на рисунке 24.

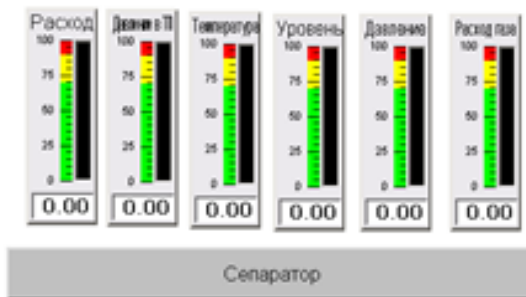


Рисунок 24 –Мнемосхема параметры

Для того что бы убедиться в том что созданные мнемосхемы корректно отображают информацию, а также что значения связанные с графиком индикаторами и то что симуляция в целом проходит корректно запускаем режим

симуляции. Результат запуска режима симуляции представлен на рисунках 25,26,27.

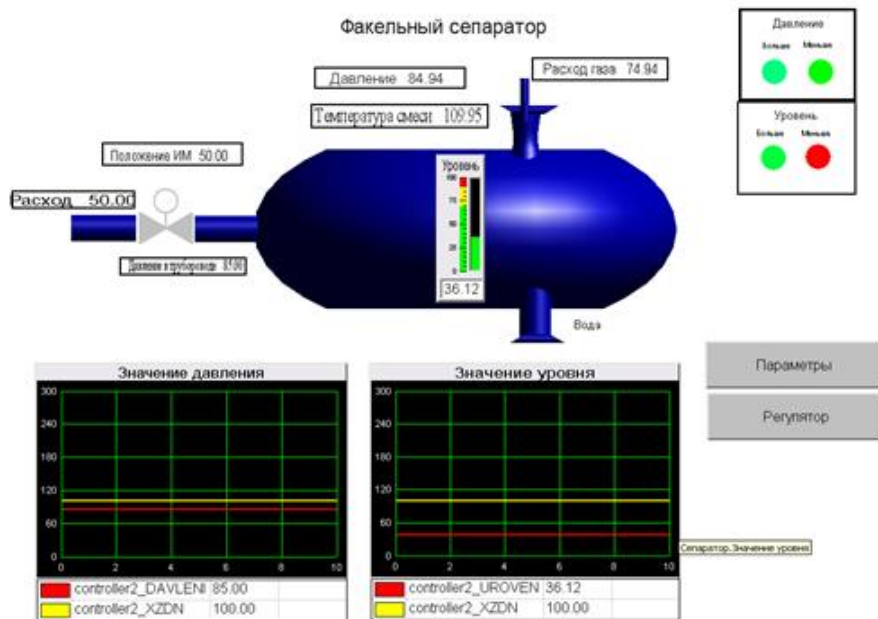


Рисунок 25 –Мнемосхема сепаратор в режиме симуляции

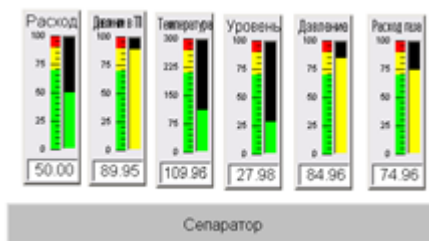


Рисунок 26 –Мнемосхема параметры в режиме симуляции

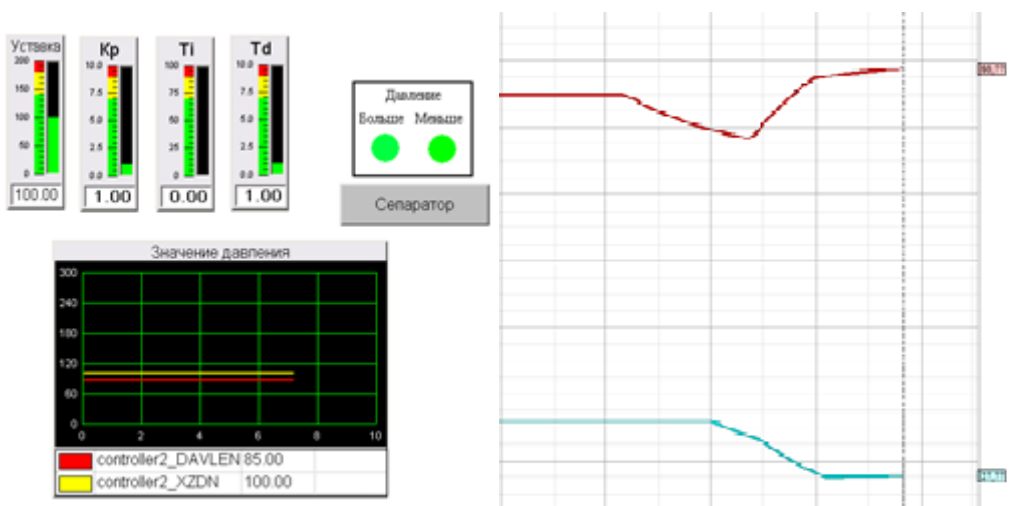


Рисунок 27 –Мнемосхема регулятор и тренды в режиме симуляции

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
3-8Т81		Редингер Андрей Евгеньевич	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Автоматизация сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа	
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: факельный сепаратор на УКПГ. Область применения: автоматизация в нефтегазовой отрасли.</p> <p>Рабочая зона: технологическая площадка факельного сепаратора, здание насосов факельного сепаратора. Размеры помещения: 25x30м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 факельный сепаратор, 2 центробежных насоса, сопутствующий КИПиА.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: наблюдение за работой КИПиА, настройка, проверка и наладка аппаратуры.</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. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением; 2. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. №123-ФЗ, 2008. 3. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. 4. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022 №27-ФЗ). 5. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды; 2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей

	<p>электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</p> <p>4.Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень вибрации; 2. Повышенный уровень шума; 3.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 4.Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, респираторы, виброизолирующая обувь, беруши, наушники, защитные ограждения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: химическое заражение территории при аварии.</p> <p>Воздействие на литосферу: происходит в результате утилизации твердых бытовых отходов.</p> <p>Воздействие на гидросферу: не происходит.</p> <p>Воздействие на атмосферу: происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом или при утечке.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС на объекте: Утечка газа, пожар, взрыв. Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Наиболее типичная ЧС является взрыв, пожар, загазованность окружающей среды.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ИШИБ	Сечин А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич		

3. Социальная ответственность

3.1 Введение социальной ответственности

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается исследование автоматизация сепаратора факельной системы УКПГ. Как правило, такие объекты находятся в специально отведенных под это помещениях, размерами 25x30 м. Такие размеры обусловлены необходимым пространством для размещения газопровода, газового сепаратора, дренажных емкостей, а также центробежных насосов, для стабильной и бесперебойной работы системы.

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.

При наиболее вероятных авариях (разлив газового конденсата, выброс газа) происходит выброс опасных веществ, приводящих к загрязнению атмосферного воздуха, а также происходит образование разлива конденсата. Для персонала наиболее опасными являются зоны загазованности, где возможно отравление нефтяным газом или парами газового конденсата.

3.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

3.2.1 Специальные (характерные для анализируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Основные положения отношений между сотрудником и организацией, такие как оплата труда, режим рабочего времени, перерывы в работе, выходные и нерабочие праздничные дни и другие, описываются в трудовом кодексе РФ [10]. Помимо этого, трудовая деятельность осуществляется согласно иным

федеральным законам: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, нормативные правовые акты органов местного самоуправления и т.д.

Работа обслуживающего персонала включает в себя ходьбу и перемещение предметов весом до 1 кг, поэтому она относится ко второй категории тяжести труда. Режим рабочего времени предусматривает семидневную рабочую неделю (вахта), продолжительность рабочего времени не более 12 часов в день. Исходя из этого, предусмотрен двухчасовой обеденный перерыв, а также 2 перерыва по 15 минут: через 2 часа после начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва. Оценка условий труда определяется согласно федеральному закону N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".

Для работников, совмещающих работу с получением высшего образования, предоставляются дополнительные отпуска с сохранением среднего заработка.

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере [10].

При анализе системы факельного сепаратора необходимо учитывать требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления [12].

Основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и общие принципы обеспечения пожарной безопасности приведены в Федеральном законе №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [13].

3.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032- 78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». Высота рабочей поверхности, пространство для ног и высота рабочего сиденья должны соответствовать

требованиям и по возможности регулироваться исходя из роста сотрудника [11]. Стул (кресло) должен быть подобран согласно нормам [12].

При проведении установки составных частей в корпус автомата работа проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования». Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для женщин и мужчин должна соответствовать требованиям [13].

3.3 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для производственной среды представлен в таблице 13. В данной таблице приведены потенциально возможные вредные и опасные производственные факторы, которые присутствуют, либо могут возникать при проведении исследований в лаборатории, на рабочем месте при эксплуатации проектируемого решения.

Таблица 13 – Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте системы факельного сепаратора

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные факторы	
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [14].

Продолжение таблицы 13

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Приказ Минтруда РФ от 27.11.2020 N 833Н "Об утверждении Правил по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования".
Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды	Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ(ред. от 11.06.2021) "Об охране атмосферного воздуха"
Вредные факторы	
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 31192.2-2005 Вибрация [15]. СанПиН 1.2.3685-21 [14].
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [18].
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [16].
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП23-05-95 [17].

3.3.1 Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды

В системе управления факельного сепаратора, рабочей средой является природный газ. Может произойти выброс летучих испарений химических присадок, спиртов, легких углеводородов. Такое происходит, как правило, в следствии неправильной эксплуатации оборудования, негерметичности фланцевых соединений. В число веществ, негативно влияющих на человека, вызывающих отравление, можно отнести: сероводород (ПДК 10 мг/м³), сероводород в смеси с углеводородами (ПДК 3 мг/м³), оксид азота (IV) (ПДК 5

мг/м³), метан (ПДК 300 мг/м³) и аммиак (ПДК 20 мг/м³) согласно ГОСТ 12.1.005-88.

В целях обеспечения безопасности на рабочих местах в случае выявления выбросов необходимо перекрыть подачу газа, проветрить помещение и проверить герметичность фланцевых соединений.

3.3.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека

В ходе эксплуатации приведенной в выпускной квалификационной работе системы в результате несчастного случая вероятно получение тяжелых или смертельных ожогов. Хотя многие из этих ожогов вызваны огнем или высоким напряжением электричества, промышленные ожоги часто вызываются концентрированным паром, едкими химическими веществами или сильно нагретыми производственными продуктами.

Ожоги на рабочем месте являются предсказуемым источником травм. Осведомленность, предотвращение опасностей и защита могут значительно снизить риск ожогов на рабочем месте. Для разрабатываемой системы наиболее вероятным видом ожога является термический ожог. Общие требования по предотвращению получения ожогов описываются в СанПиН 1.2.3685-21 [14]. Наиболее важным приоритетом при термических ожогах является контроль и остановка процесса горения. Термические ожоги можно предотвратить, надев средства индивидуальной защиты, используя тактику предотвращения пожара, а также имея процедуры и планы действий в чрезвычайных ситуациях, связанные с обнаружением и защитой от пожара.

3.3.3 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Система факельного сепаратора предоставляет для человека потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения

профилактических работ человек может коснуться комплектующих, находящихся под напряжением. При работе с установкой возможно поражение электрическим током, что ведет к появлению ожогов, нагреву сосудов, механическим повреждениям тканей и сосудов, раздражающим воздействиям на ткани.

Общие требования по электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Мерами защиты являются изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания. Необходимо разместить предупредительные знаки и плакаты безопасности.

3.3.4 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

При эксплуатации системы управления факельного сепаратора есть угроза получить порезы от острых кромок, заусенцев, шероховатости деталей и заготовок. В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки и спец. одежда, инструктаж по ТБ.

3.3.5 Повышенный уровень общей вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием ГОСТ 31192.2-2005 Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [15].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

В таблице 14 приведены гигиенические нормы вибрации.

Таблица 14 – Гигиенические нормы вибрации (СанПиН 1.2.3685-21)

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая вибрация	108	99	93	92

Основными источниками вибрации установки являются работающие задвижки, электроприводы.

Методами защиты от вибрации являются уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь.

3.3.6 Повышенный уровень шума

Шум является одним из факторов, который влияет на качество выполнения работы и оказывает вредное воздействие на организм человека. Работники производящие работы в условиях длительного шумового воздействия испытывают головные боли, ухудшение памяти, повышенное утомление, ухудшение аппетита, раздражительность и т.д. Из-за воздействия шума на организм человека происходит снижение концентрации, происходит нарушение физиологических функций, появляется усталость.

Шум на рабочем месте (более 80 дБ) приводит к необратимому повреждению слуху. Это может быть потеря слуха, которая является постепенной из-за воздействия шума с течением времени, но также повреждения, вызванные внезапными, очень громкими звуками.

Площадка факельных сепараторов расположена на удалении от остальных объектов, которые производят высокий уровень шума. Уровень шума на данной площадке низкий. В качестве индивидуальных средств защиты можно использовать наушники, беруши и шлемы. В качестве коллективной защиты могут быть использованы материалы и конструкции, препятствующих распространению шума, малошумные машины. Необходимо привлекать к работе лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму.

Таблица 15 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
99	95	87	82	78	75	73	71	69	80

3.3.7 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Причиной возникновения данного фактора является отсутствие возможности организации естественного освещения в диспетчерских помещениях. Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к снижению работоспособности, развитию близорукости, быстрой утомляемости. Допустимые значения освещенности рабочих мест согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Требования к освещению помещений промышленных предприятий.

Таблица 16 – Требования к освещению производственных помещений при зрительной работе высокой точности

Искусственное освещение			
Освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения	Освещенность на рабочей поверхности при системе комбинированного освещения	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
400	1000	25	15

3.3.8 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Показатели микроклимата могут как положительно (повышение работоспособности, комфортный отдых), так и отрицательно (тошнота,

головокружение, повышение уровня давления) влиять на организм человека. В связи с этим должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, исходя из требований СанПиН 1.2.3685-21[14]. Они представлены в таблице 17.

В качестве средства защиты в зимнее время выступает отопление. Для поддержания показателя относительной влажности предлагается использование увлажнителей воздуха. Также необходимо периодическое проветривание помещения.

Таблица 17 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях

Допустимые значения						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16-24	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17-28	15-75	0,1	0,4

3.4 Экологическая безопасность при эксплуатации

В данном подразделе рассмотрим характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду в процессе эксплуатации. Для этого выявим предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации, предлагаемых в ВКР решений.

Последовательно рассмотрим, как проектируемое решение и используемые для его создания вещества и материалы будут влиять на:

- селитебную зону;
- атмосферу;
- гидросферу;
- литосферу.

Предложим природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Защита селитебной зоны. В качестве рабочей среды в факельный сепаратор поступает газовая смесь, содержащая легкие углеводороды, а также сопутствующие органические и неорганические соединения, добавляемые в среду для ее дальнейшей обработки, оказывающие отравляющее воздействие, попадая в окружающую среду. В связи с чем возможно химическое заражение селитебной зоны при возникновении аварии.

Для защиты селитебной зоны предусматриваются следующие средства защиты:

- санитарно-защитная зона;
- установление требований защиты к проектируемому зданию, технологическому процессу, оборудованию.

Защита атмосферы. Источником загрязнения являются летучие (легкие) углеводороды, выбрасываемые в следствии негерметичность фланцевых соединений, разрыва емкостей и тд. Такие утечки часто связаны с возникновением высокого давления газа. Для безопасной эксплуатации узла подготовки предусмотрена системы сброса газа на факела низкого и высокого давления, где происходит сжигание взрывоопасных летучих соединений.

Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются по специальному документу: «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу».

В случае возникновения утечки, предусмотрена система аварийной остановки подачи газа, для предотвращения выбросов атмосферу.

Защита гидросферы. Воздействие на гидросферу не происходит.

Защита литосферы. Твердые отходы, возникшие в ходе технологического процесса, утилизируются в специально отведенные для этого полигоны, которые соответствуют нормативным документам, регламентирующим порядок размещения, работы и охраны отведенной зоны.

3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного (разрыв трубопровода, разгерметизация сепаратора), природного (землетрясение, ураган, лесной пожар), социального (халатность обслуживающего персонала), биологического или экологического (химическое отравление почвы и воды) характера.

Наиболее значительным фактором риска является разгерметизация факельного сепаратора и связанных с этим угроз техногенного характера:

- наличие в сепараторе значительного количества взрывопожароопасного вещества создает опасность аварийного выброса при разгерметизации оборудования;

- эксплуатация данного факельного сепаратора под давлением 0,10 МПа, создает дополнительную опасность разгерметизации;

- физический износ оборудования может привести к его разгерметизации и разрушению;

- воздействие статического и атмосферного электричества создают опасность возникновения источников зажигания и, как следствие, возникновению взрывов и пожаров;

- воздействия природного характера или несанкционированные действия на территории объектов могут привести к разгерметизации или к нарушению технологического режима, в том числе неисправности системы управления.

Площадка факельного сепаратора является взрывопожароопасным объектом и, согласно действующим нормативным документам, относится:

- по взрывопожароопасной к категории А;

- по классификации взрывоопасных зон к классу В-1г.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" был определен класс возможного пожара – С: горение газообразных горючих веществ.

Рекомендуемые первичные средства тушения пожаров класса С:

- объёмное тушение и флегматизация газовыми составами;
- огнетушащие порошки общего назначения;
- пены, вода (для охлаждения оборудования).

3.6 Вывод по разделу социальная ответственность

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации технологической площадки сепараторов.

В разделе производственной безопасности составлен перечень вредных и опасных производственных факторов, а также выявлены методы по предотвращению или уменьшению влияния этих факторов на организм человека.

Описано воздействие технологической площадки сепараторов на селитебную зону, литосферу и атмосферу. Обозначены причины возникновения негативных воздействий на экологию, и составлены методы предупреждения и предотвращения этих воздействий.

Проработан раздел безопасности в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	– Оклад инженера – 22248 руб. в месяц; – Оклад руководителя проекта – 26003 руб. в месяц; – Транспортно-заготовительные расходы 15 %.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	– Накладные расходы 16%; – Районный коэффициент 1,3 (для Томска).
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– Единый социальный налог – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Расчет инновационного потенциала НИИ</i>	– Технология QuaD; – SWOT-анализ;
2. <i>Планирование научно – исследовательских работ</i>	– Структура работ в рамках научного исследования; – Определение трудоемкости выполнения работ. – Разработка графика проведения научного исследования
3. <i>Расчет сметы затрат на выполнение проекта</i>	– Расчет материальных затрат; – Расчет основной и дополнительной заработной платы; – Расчет отчислений во внебюджетные фонды;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>Диаграмма Ганта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.03.2023г
---	-------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Редингер Андрей Евгеньевич		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Целью выпускной квалификационной работы является автоматизация сепаратора факельной системы (УКПГ).

В таблице 18 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 18 – Карта сегментирования рынка

		Направления деятельности			
		Проектирование строительство	Выполнения проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер	Мелкая	+	+	+	-
	Средняя	+	+	+	+
	Крупная	+	+	+	+

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 19.

Таблица 19 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система	Разработка АСУ ТП сторонней	Проект АСУ ТП	Существующая система	Разработка АСУ ТП сторонней
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,05	5	1	4	0,25	0,05	0,2
Удобство в эксплуатации	0,06	3	2	4	0,18	0,12	0,24
Помехоустойчивость	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Энергоэкономичность	0,09	3	4	2	0,27	0,36	0,18
Надежность	0,11	5	2	5	0,55	0,22	0,55
Уровень шума	0,03	2	2	2	0,06	0,06	0,06
Безопасность	0,11	5	3	5	0,55	0,33	0,55
Потребность в ресурсах памяти	0,03	2	5	3	0,06	0,15	0,09
Функциональная мощность (предельные возможности)	0,03	2	2	1	0,06	0,06	0,03
Простота эксплуатации	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	0	4	0,2	0	0,2
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	5	0	5	0,1	0	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	1	3	0,06	0,03	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	1	5	3	0,03	0,15	0,09
Цена	0,06	3	5	1	0,18	0,3	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	3	5	0,28	0,21	0,35
Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Финансирование научной разработки	0,03	2	1	1	0,06	0,03	0,03
Срок выхода на рынок	0,04	2	4	5	0,08	0,16	0,2
Наличие сертификации разработки	0,02	1	3	5	0,02	0,06	0,1
ИТОГО:	1	63	52	67	3,54	2,71	3,53

Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система АСУ ТП факельных сепараторов установки комплексной подготовки газа, существующая система управления УКПГ, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Согласно оценочной карте, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации.

4.3 Технология QuaD

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины различных показателей.

Для проведения процедуры QuaD определим вес выбранных критериев, поставим баллы критериев и произведем расчеты относительного и средневзвешенного значения, по которым можно будет судить о перспективности разработки. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Для удобства оценки все данные занесем в оценочную карту, представленную в таблице 20.

Таблица 20 – Оценочная карта по технологии QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Точность	0,1	90	100	0,9	9
Энергоэффективность	0,05	80	100	0,8	4
Помехоустойчивость	0,1	90	100	0,9	9
Надежность	0,2	100	100	1	20
Отказоустойчивость	0,1	90	100	0,9	9

Продолжение таблицы 20

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Самодиагностика	0,1	90	100	0,9	9
Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,8	4
Ремонтопригодность	0,1	90	100	0,9	9
Безопасность	0,2	100	100	1	20
Итого	1	810	900	8,1	93

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

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 результату проведенного анализа по технологии QuaD, средневзвешенное значение получилось 93, а значит перспективность разрабатываемой системы выше среднего. Это говорит о перспективных возможностях инвестирования в текущую разработку для ее дальнейшей модернизации.

4.4 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. SWOT-анализ представлен в таблице 21.

Данный анализ показывает наши сильные и слабые стороны, а также позволяет правильно использовать возможности и угрозы, что помогает выстраивать маркетинговые и управленческие стратегии.

Для начала необходимо описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны оцениваются с внутренней и потребительской точки зрения описывая то, в чём проект преуспевает и что отличает её от конкурентов.

Слабые стороны оцениваются так же с внутренней и потребительской точки зрения показывая стороны, которые мешают проекту находиться на оптимальном уровне. Это области, в которых необходимо улучшиться, чтобы быть конкурентоспособным.

Возможности относятся к благоприятным внешним факторам, которые могут дать проекту конкурентное преимущество.

Угрозы относятся к внешним факторам, которые могут нанести вред проекту.

Таблица 21 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие запасных частей для ремонта и обновлений для системы; С2. Повышение надежности; С3. Низкие затраты на создание.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие аналогов, не позволяющих учесть недостатки систем; Сл2. Проведение испытаний только на реальном оборудовании; Сл3. Отсутствие опыта построения таких систем.</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 21

<p>Возможности: В1. Применение данного решения в других нефтегазовых проектах; В2. Снижение стоимости за счет использования оборудования предприятия; В3. Снижение стоимости за счет использования ПО и лицензий предприятия.</p>		
<p>Угрозы: У1. Проблемы с поставкой оборудования; У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Нехватка средств на реализацию проекта.</p>		

После того как сформулированы все области SWOT можно переходить к реализации второго этапа, в котором требуется построить интерактивную матрицу проекта. Данная матрица поможет разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT и представлена в таблице 22

Таблица 22- Интерактивная матрица проекта

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

Продолжение таблицы 21

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	-	-
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	+	+

Далее приступим к выполнению третьего этапа, в котором необходимо составить итоговую матрицу SWOT-анализа. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 23.

Таблица 23 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие запасных частей для ремонта и обновлений для системы; С2. Повышение надежности; С3. Низкие затраты на создание.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие аналогов, не позволяющих учесть недостатки систем; Сл2. Проведение испытаний только на реальном оборудовании; Сл3. Отсутствие опыта построения таких систем.</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 23

<p>Возможности: В1. Применение данного решения в других нефтегазовых проектах; В2. Снижение стоимости за счет использования оборудования предприятия; В3. Снижение стоимости за счет использования ПО и лицензий предприятия.</p>	<p>В1(С2); В2(С2С3); В3(С1С3).</p>	<p>В1(Сл1Сл3); В2(Сл2Сл3); В3(Сл3).</p>
<p>Угрозы: У1. Проблемы с поставкой оборудования; У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Нехватка средств на реализацию проекта.</p>		<p>У3(Сл2Сл3).</p>

4.5 Структура работ в рамках научного исследования

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ и определяются их исполнители.

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.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Подбор и изучение возможных вариантов автоматизации	Инженер
	2	Выбор варианта автоматизации	Научный руководитель, инженер

Продолжение таблицы 24

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
	3	Календарное планирование реализации проекта	Научный руководитель, инженер
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор и изучение материалов	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	6	Разработка схем автоматизации	Научный руководитель, инженер
	7	Разработка алгоритмов работы	Научный руководитель, инженер
	8	Оформление пояснительной записки	Инженер
	9	Оформление графического материала	Инженер
Оформление отчета по работе	10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Научный руководитель, инженер
	11	Подведение итогов	Научный руководитель, инженер

4.6 Определение трудоемкости 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:

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

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

$t_{\min i}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

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

4.7 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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

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

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

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

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 25.

Таблица 25 – Временные показатели проведенного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям			
					человеко-дни			
		T_{pi}	T_{ki}					
t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}i$	НР	И	НР	И		
1.Подбор и изучение возможных вариантов автоматизации	И	7	-	9	-	7,8	1	8,48
2. Выбор варианта автоматизации	НР,И	1	1	2	1	1,4	2	0,9

Продолжение таблицы 25

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям человеко-дни			
		t _{min} ,	t _{max}	t _{ожи}	T _{pi}		T _{ki}	
					НР	И	НР	И
3. Календарное планирование реализации проекта	НР,И	3	1	5	2	3,8	1,3	1,6
4. Составление и утверждение технического задания	НР,И	2	4	2,8	2,8	0,3	5	0,5
5. Подбор и изучение материалов	И	5	-	7	-	5,8	-	5,88
6. Разработка схем автоматизации	НР,И	12	15	13,2	5,81	14,52	7,6	22,49
7. Разработка алгоритмов работы	НР,И	10	12	10,8	4,75	11,88	7,03	17,58
8. Оформление пояснительной записки	И	7	14	9,8	-	11,7	2	17,4
9. Оформление графического материала	И	10	12	10,8	-	11,88	1	16,58
10. Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР,И	12	1	20	1	15,2	1	7,6
11. Подведение итогов	2	3	2	3	2,4	2,4	2,53	1,58
ИТОГО				93,4	19,7	86,6	30,46	100,59

На основе таблицы 25 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта и представлен на рисунке 28.

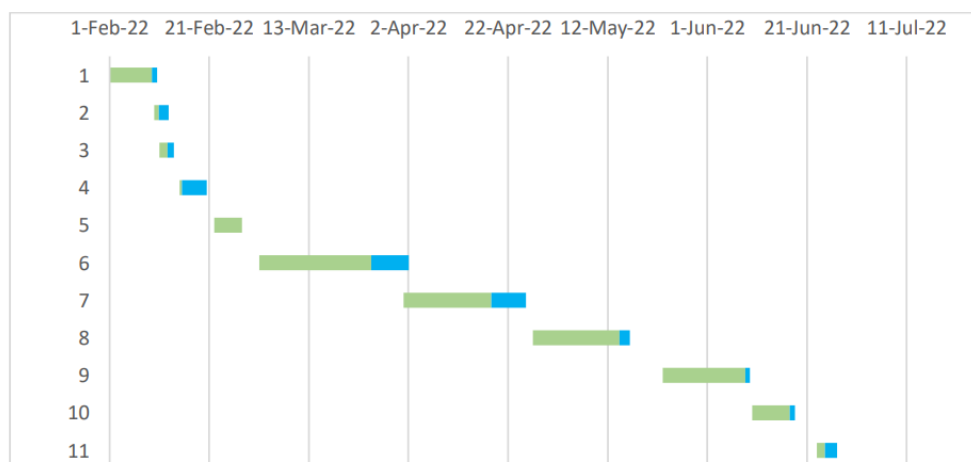


Рисунок 28 - Линейный график работы

4.8 Расчет материальных затрат НИИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расч\ i}, \quad (6)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 26.

Таблица 26 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	Пачка (500 листов)	1	450	450
Картридж для черно-белой печати	шт.	2	1500	3000
Картридж для цветной печати	шт.	2	2600	5200
Карандаш	шт.	2	20	40
Ластик	шт.	2	25	50
Ручка шариковая	шт.	2	56	112
Итого		8852		

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

$$Z_m = 1,15 \cdot 8852 = 10180 \text{ рублей.}$$

4.9 Расчет амортизации оборудования

В данном разделе приведем затраты на оборудование для проведения НТИ. Основным оборудованием будет являться ноутбук. На выполнение исследования дается 6 месяцев.

Норма амортизации рассчитывается следующим образом:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} * 100\%, \quad (7)$$

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

Принимаем срок полезного использования ноутбука равным 3 года. В таблице 27 приведем расчет амортизационных отчислений.

Таблица 27 – Затраты на оборудование

	Стоимость, руб.	СПИ, лет	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Ноутбук	50000	3	33,3	16500	1375	8250

4.10 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 29.

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (10)$$

где Z_m – 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_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
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:

$$Z_m = Z_{окл} \cdot k_p, \quad (11)$$

где $Z_{окл}$ – оклад, руб.;

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

Научный руководитель имеет должность старшего преподавателя, оклад на весну 2023 года составил 26003 руб.

Оклад инженера на весну 2023 года составил 22248 руб.

Основная заработная плата представлена в таблице 29.

Таблица 29 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_T	$Z_{окл}$, руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	–	–	26003	1,3	33803,9	1536,54	5	7682,7
Инженер	–	–	22248		28922,4	1439,58	86	123803,88
Итого $Z_{осн}$								131486,58

4.11 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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (12)$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,15	7682,7	1152,41
Инженер		123803,88	18570,58
Итого			10484,65

4.12 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (13)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	7682,7	123803,88
Дополнительная заработная плата, руб.	1152,41	18570,58
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	2650,53	42712,34
Итого	45362,87	

4.13 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (14)$$

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

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (20125 + 8250 + 131486,58 + 10484,65 + 45362,87) \cdot 0,16 \\ &= 34513,46 \text{ руб.} \end{aligned}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 32.

Таблица 32 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	20125
2. Затраты на амортизацию оборудования.	8250
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	131486,58
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10484,65
5. Отчисления во внебюджетные фонды	45362,87
6. Накладные расходы	34513,46
7. Бюджет затрат НИИ	250222,56

4.14 Определение финансовой эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

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 качестве вариантов исследования по автоматизации нефтегазового сепаратора выделим трех исполнителей и его стоимость исполнения: 1 – инженер и научный руководитель, где стоимость исполнения равна 250222,56 руб.; 2 – Завод «Строймаш», где стоимость исполнения равна 769000 руб.; 3 – Завод «Нефтяного оборудования», где стоимость исполнения равна 563000 руб. Рассчитан интегральный финансовый показатель для каждого метода:

$$\begin{aligned} I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} &= \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{250222,56}{769000} = 0,32; \\ I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} &= \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{769000}{769000} = 1; \\ I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} &= \frac{\Phi_3}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{563000}{769000} = 0,73. \end{aligned}$$

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).

Из рассчитанных интегральных финансовых показателей разработки наглядно видно, что исполнение 1 имеет меньшее значение, следовательно, наиболее выгодное.

4.15 Определение ресурсоэффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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 33.

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Точность	0,1	5	5	5
Энергоэффективность	0,05	5	5	5
Помехоустойчивость	0,1	5	4	5
Надежность	0,2	4	4	4
Отказоустойчивость	0,1	5	5	4
Самодиагностика	0,1	5	5	5
Простота эксплуатации	0,05	4	5	3
Ремонтопригодность	0,1	5	4	3
Безопасность	0,2	5	5	5
Итого	1	43	42	39

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,1 * 5 + 0,05 * 5 + 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 5 + 0,1 * 5 + 0,05 * 4 + 0,1 * 5 + 0,2 * 5 = 4,75$$

$$I_{p2} = 0,1 * 5 + 0,05 * 5 + 0,1 * 4 + 0,2 * 4 + 0,1 * 5 + 0,1 * 5 + 0,05 * 5 + 0,1 * 4 + 0,2 * 5 = 4,6$$

$$I_{p2} = 0,1 * 5 + 0,05 * 5 + 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,1 * 4 + 0,1 * 5 + 0,05 * 3 + 0,1 * 3 + 0,2 * 5 = 4,4$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финп}}, \quad (17)$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (18)$$

Эффективность разработки представлена в таблице 34.

Таблица 34 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,32	1	0,73
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,75	4,6	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	14,84	4,6	6,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,31	0,41

4.16 Вывод по разделу финансовый менеджмент

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. Определены: общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 86 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 5;
2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 250222,56 руб.

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,32, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,75, по сравнению с 4,6 и 4,4.

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 14,84, по сравнению с 4,6 и 6,03, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Заключение

В рамках данной ВКР была разработана автоматизированная система факельного сепараторов установки комплексной, разработана структурная и функциональная схема автоматизации факельного сепаратора, определен состав необходимого оборудования и подбор датчиков для АС факельного сепаратора. На базе ПЛК от российского производителя КРОСС 500 спроектирована система автоматизации блока сепарации. В результате была разработана программа в пакете ISaGRAF на базе контроллера КРОСС 500. В пакете MasterSCADA была разработана программа визуализации, дерево экранной формы и мнемосхемы.

Список использованной литературы

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. 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.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-2013 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 2014.— 53с.
5. КРОСС – 500 Руководство по эксплуатации ЯЛБИ.421457.045РЭ Часть 1. Система технологического программирования ISaGRAF. ЯЛБИ.420146.001 РЭ.
6. MasterScada. Основы проектирования. Учебное пособие ИнСАТ М: 2009г.-186 с.
7. Автоматизированные информационно-управляющие системы: учебнометодическое пособие / В.Н. Скороспешкин, М.В. Скороспешкин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 106 с.
8. Каталог продукции Российского приборостроительного завода ЭЛЕМЕР 2022г [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elemer.ru/>
9. Каталог продукции РУСТ 510 [Электронный ресурс]. Режим доступа:<https://roost.ru/>
10. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002

11. Федеральный закон N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда". – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 28 с.
12. Приказ Ростехнадзора N 531 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 53 с.
13. Федеральный закон №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 152 с.
14. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2021. – 496 с.
15. ГОСТ 31192.2-2005 Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2007. – 37 с.
16. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2015. – 45 с.
17. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.
18. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 71 с.
19. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

Приложение А
(обязательное)

Технологическая схема автоматизации

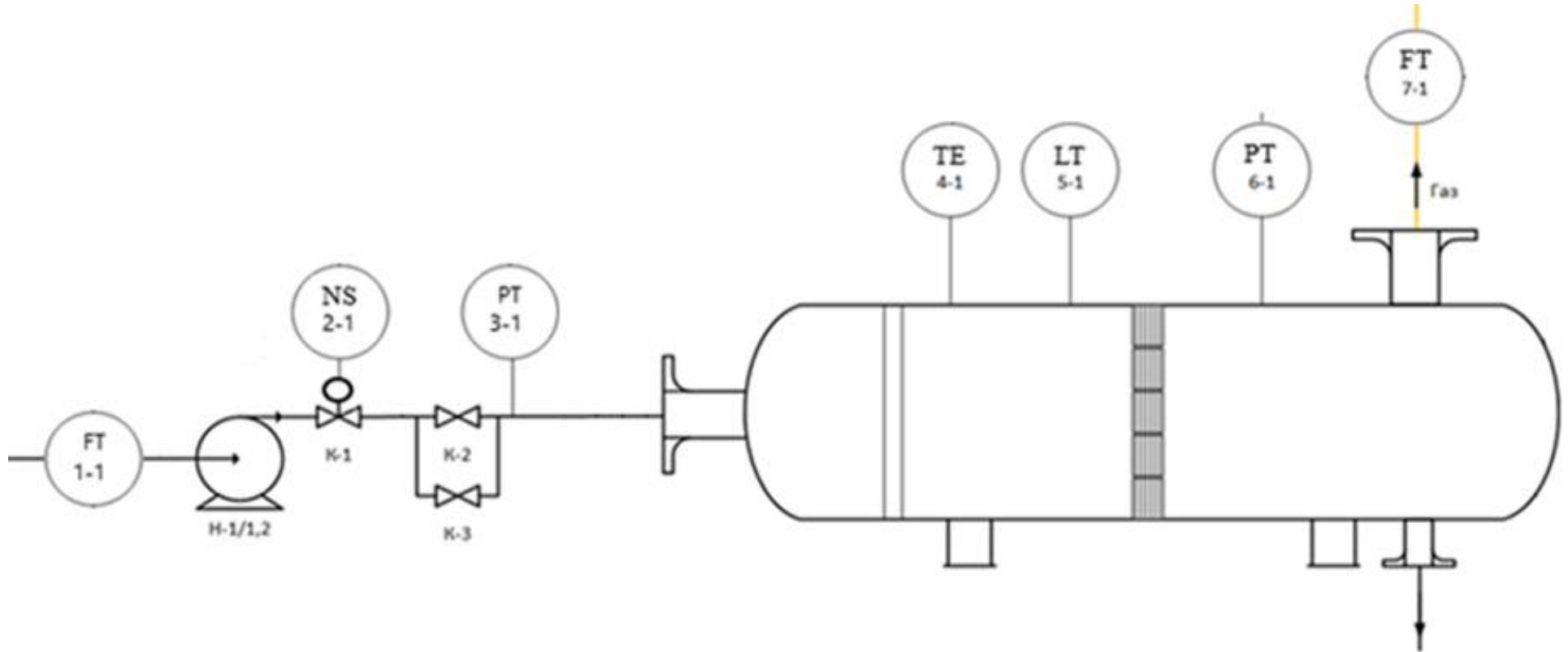


Рисунок А.1 – Технологическая схема автоматизации

**Приложение Б
(обязательное)**
Структурная схема автоматизации

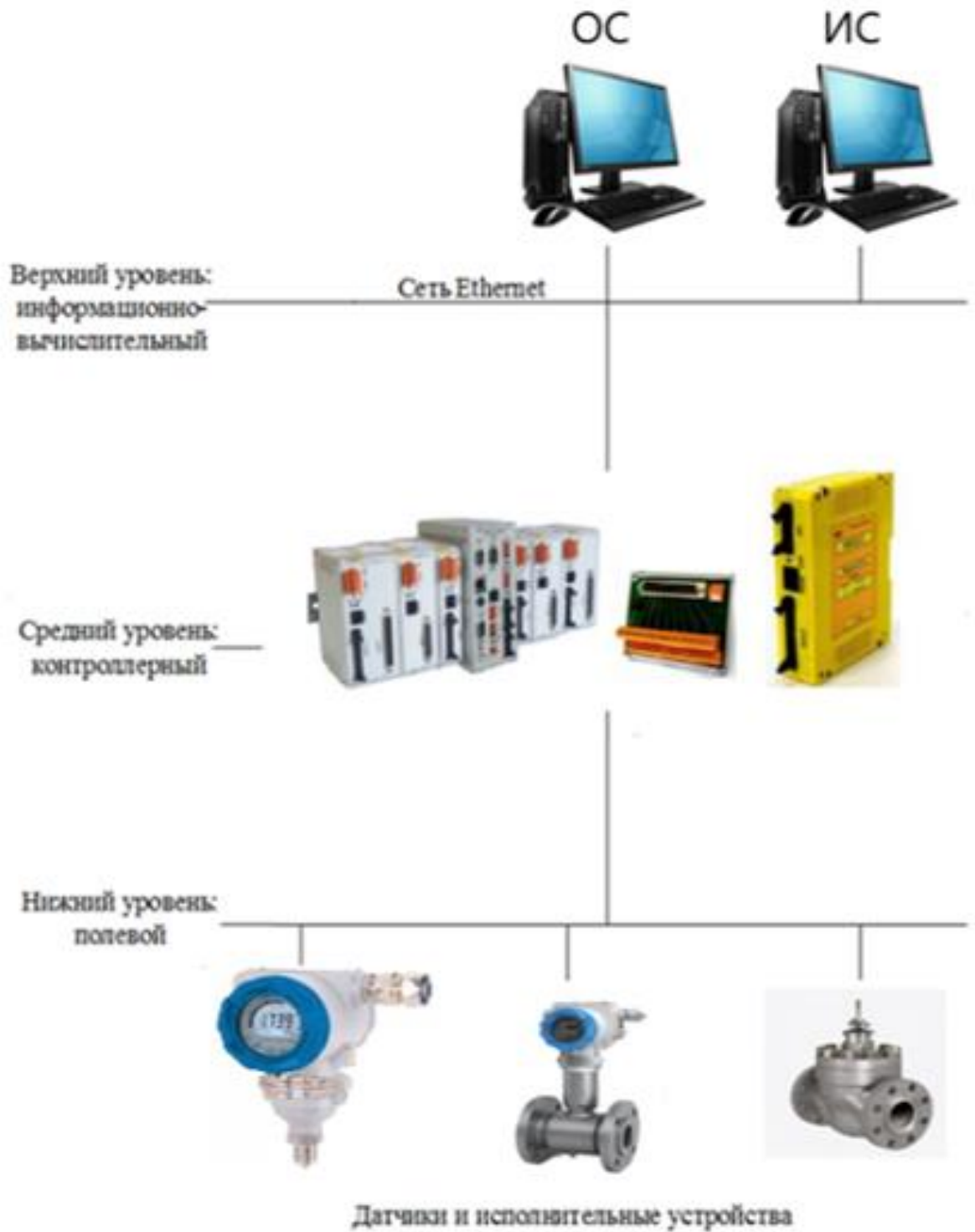


Рисунок Б.1 – Структурная схема автоматизации

Приложение В (обязательное)

Функциональная схема автоматизации

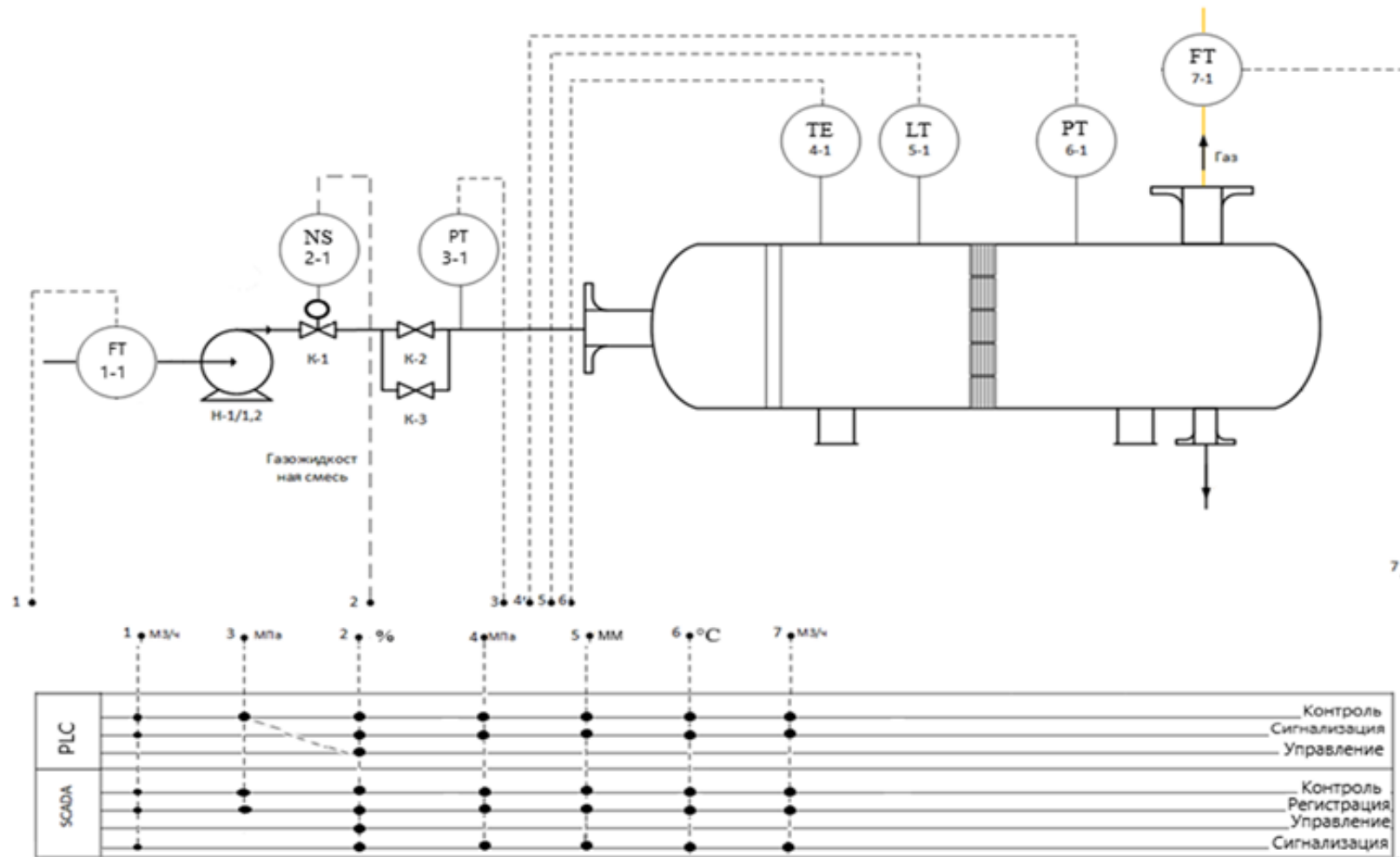


Рисунок В.1 – Функциональная схема автоматизации