

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа

УДК 004.896:622.279.8:621.928

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Горбачев Александр Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцова Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Общекультурные (универсальные) компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать 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	
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

Код компетенции	Наименование компетенции
	заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа– Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		16.02.2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		16.02.2022 г.

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

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

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

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Горбачеву Александру Сергеевичу

Тема работы:

Автоматизированная система сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	16.02.2022 г., приказ 47-14/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2022 г.
--	---------------

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</p> <p>Цель работы: разработка АС сепаратора факельной системы на установке комплексной подготовки газа</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>Описание технологического процесса.</p> <p>Разработка объема автоматизации АСУТП и СПАЗ.</p> <p>Разработка алгоритма автоматического регулирования переменной, с обоснованием передаточных функций в контуре САР, выполнить моделирование САР.</p> <p>Разработка СПАЗ (HAZOP, ETA, SIL, оценка отказоустойчивости и отказобезопасности контура SIF, экранных форм сигнализации).</p> <p>Выбор средств реализации АСУТП и СПАЗ (КИП и исполнительных устройств, с описанием их физических принципов работы, выбором закладных).</p> <p>Разработка схем внешних соединений АСДУ НПС и ее СПАЗ.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Блок-схема алгоритма управления.</p> <p>Функциональная схема автоматизации АСУТП и СПАЗ.</p> <p>Схемы внешней проводки СПАЗ и АСДУ.</p> <p>Принципиальные схемы релейной автоматики пуска останова ТУ.</p> <p>Экранные формы сигнализации.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к.т.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцова Ирина Леонидовна, ст. преподаватель ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>16.02.2022 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Громаков Евгений Иванович</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		<p>16.02.2022 г.</p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Т8А</p>	<p>Горбачев Александр Сергеевич</p>		<p>16.02.2022 г.</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Горбачеву Александру Сергеевичу

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

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Горбачев Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8Т8А		ФИО Горбачеву Александру Сергеевичу	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Автоматизированная система сепаратора факельной системы установки комплексной подготовки газа

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: факельный сепаратор на УКПГ.
 Область применения: автоматизация в нефтегазовой отрасли.
 Рабочая зона: технологическая площадка факельного сепаратора, здание насосов факельного сепаратора.
 Размеры помещения: 25x30 м.
 Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 факельный сепаратор, 2 центробежных насоса, сопутствующий КИПиА.
 Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: наблюдение за работой КИПиА, настройка, поверка и наладка аппаратуры.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

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

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.

2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Опасные факторы:

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. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.
4. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;

Вредные факторы:

1. Повышенный уровень вибрации;
2. Повышенный уровень шума;

	<p>3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <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>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<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 атмосферу: происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом или при утечке.</p> <p>Воздействие на гидросферу: не происходит.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	<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.); Наиболее типичной ЧС является взрыв, пожар, загазованность окружающей среды.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Горбачев Александр Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 120 страниц машинописного текста, 48 таблиц, 36 рисунков, список использованных источников из 24 наименований, 7 приложений.

Объектом исследования является блок подготовки газа (сепаратор факельной системы) установки комплексной подготовки газа.

Цель работы – модельное исследование АС сепаратора факельной системы на установке комплексной подготовки газа.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Siemens, с применением противоаварийной защиты.

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

Ниже представлен перечень ключевых слов.

Установка комплексной подготовки газа, блок подготовки газа, клапан с электроприводом, сепаратор факельной системы, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, программируемый логический контроллер, SCADA-система, система противоаварийной защиты (СПАЗ), уровни безопасности SIL.

Экономическая эффективность работы основана на определении ресурсосберегающей, финансовой эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ которой, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами и по финансовой эффективности, и по ресурсной эффективности.

Оглавление

Обозначения, определения и сокращения	15
Введение	16
1 Разработка.....	17
1.1 Описание технологического процесса	17
1.1.1 Принцип работы факельного сепаратора.....	18
1.1.2 Процесс сепарации факельной системы	19
1.2 Разработка структурной схемы	20
1.2.1 Полевой уровень.....	21
1.2.2 Средний уровень	21
1.2.3 Верхний уровень	21
1.3 Разработка объёма автоматизации	22
1.4 Разработка алгоритмов управления АС	23
1.4.1 Разработка блок-схемы алгоритма	23
1.4.2 Алгоритм работы насосов.....	23
1.5 Разработка системы автоматического регулирования переменной объекта управления.....	25
1.5.1 Расчет параметров составляющих компонентов системы	25
1.5.2 Реализация селективного управления.....	26
1.5.3 Каскадное регулирование	29
2 Расчет погрешности измерительного канала.....	30
3 Определение показателей надежности	33
4 Разработка СПАЗ.....	38
4.1 Идентификация опасности. Дерево отказов	38
4.2 Выбор архитектуры и разработка структурных схем АС регулирования АРС типа и СПАЗ	41
4.3 Разработка объёма автоматизации СПАЗ	43
4.4 Оценить требуемую SIL для установки в целом	43
4.5 Определение требуемого уровня SIL согласно стандарту ГОСТ Р МЭК 61508	47
4.6 Выбор компонентов SIS.....	49

4.7	Определение соответствие величины $PFD_{avg_{1001D}}$ выбранного проектного варианта SIF требованиям безопасности, установленным компанией.	50
4.8	Оценим возможность применения диагностики ПАЗ	52
5	Выбор технических средств.....	53
5.1	Выбор датчика давления	53
5.2	Выбор уровнемера	55
5.3	Выбор расходомера	57
5.4	Выбор датчика температуры	59
5.5	Выбор исполнительных механизмов.....	61
5.6	Выбор контроллерного оборудования	62
6	Выбор средств реализации СПАЗ	64
6.1	Выбор датчика загазованности.....	64
6.2	Выбор сигнализатора уровня.....	65
6.3	Выбор сигнализатора давления	67
6.4	Выбор теплового реле	69
6.5	Выбор контроллера ПАЗ.....	70
7	Разработка схем внешних соединений АСУ объекта и его СПАЗ	72
8	Разработка принципиальной схемы релейной автоматики пуска/останова ТУ	73
9	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	75
9.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	75
9.2	SWOT – анализ	77
9.3	Планирование научно-исследовательской работы	81
9.3.1	Структура работы в рамках научного исследования	81
9.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	82
9.3.3	Разработка графика проведения научного исследования	83
9.3.4	Бюджет научно-технического исследования	87
9.4	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	90
	Вывод по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	94

10 Социальная ответственность	95
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	96
10.1.1 Специальные (характерные для анализируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	96
10.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Работа по проектированию осуществляется с использованием персонального компьютера.	97
10.2 Производственная безопасность.....	97
10.2.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	99
10.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека.....	99
10.2.3 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	100
10.2.4 Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды	100
10.2.5 Повышенный уровень общей вибрации.....	101
10.2.6 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	101
10.2.7 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума.....	102
10.2.8 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	103
10.3 Экологическая безопасность.....	104
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105
Вывод по разделу Социальная ответственность	108
Заключение	109
Список использованных источников и литературы.....	111
Приложение А (Обязательное) Блок-схема управления	114
Приложение Б (Обязательное) ФСА со СПАЗ	115

Приложение В (Обязательное) Трехуровневая структурная схема	116
Приложение Г (Обязательное) Схема внешней проводки АСУ ТП.....	117
Приложение Д (Обязательное) Схема внешней проводки СПАЗ	118
Приложение Е (Обязательное) Мнемосхема	119
Приложение Ж (Обязательное) Схема релейной автоматики	120

Обозначения, определения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Аббревиатура	Краткая характеристика
PLC (Programmable Logic Controllers)	Программируемые логические контроллеры (ПЛК).
HMI (Human Machine Interface)	Человеко-машинный интерфейс
IP (International Protection)	Степень защиты
LAD (Ladder Diagram)	Язык релейной (лестничной) логики
SIL (Safety Integrity Level)	Мера эффективности безопасности
SIF (safety instrumented functions)	Автоматическая функция безопасности
SIS (safety instrumented system)	Система функциональной безопасности
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
АСДУ	Автоматизированная система диспетчерского управления
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
ПЛК	Программируемый логический контроллер
УКПГ	Установка комплексной подготовки газа
ФСА	Функциональная схема автоматизации
КИПиА	Контрольно-измерительные приборы и автоматика
ПИД	Программируемый логический контроллер
САР	Система автоматического регулирования
ПО	Программное обеспечение
ИК	Измерительный канал
СПАЗ	Система противоаварийной защиты
ЗИП	Запасное изделие и принадлежность
З	Защита
С	Сигнализация
Р	Регулирование

Введение

Автоматизированная система – это организационно-техническая система, обеспечивающая выработку решений на основе автоматизации информационных процессов в различных сферах деятельности или их сочетаниях.

Такие системы призваны помочь предприятиям быстрее обрабатывать информацию с датчиков и выдавать соответствующие указания исполняющим механизмам для повышения эффективности предприятия.

Помимо этого, отдельного внимания стоит обеспечение безопасности, что является важнейшей задачей на промышленных предприятиях. Главный технолог и главный инженер должны обеспечить безотказное функционирование всего оборудования, защитить здоровье людей и окружающую среду, а также выполнить требования надзорных органов. Это не всегда легко сделать – устаревшие технологии, отсталость оборудования, неэффективные подходы к обеспечению безопасности значительно влияют на решение поставленных задач.

Аварии последних лет говорят о том, что для обеспечения промышленной безопасности сделано недостаточно, и есть области, которые требуют отдельного внимания. Причины аварий – это, как правило, фатальная комбинация ошибок проекта, отказов оборудования, нарушения процедур.

Цель работы: разработка АС сепаратора факельной системы на установке комплексной подготовки газа.

Задачи: описание технологического процесса, алгоритма автоматического регулирования переменной, разработка СПАЗ, разработка объема автоматизации и схем внешних соединений, а также выбор средств реализации АСУТП и ее СПАЗ.

1 Разработка

1.1 Описание технологического процесса

Факельные системы – это системы, которые используются на нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях для бездымного сжигания выбросов [1].

Основной ее задачей является предотвращение попадания газа в атмосферу за счет его сжигания. Газы и пары, попадающие в факельную систему (см. рисунок 1), могут поступать в нее из технологических установок от предохранительных клапанов в аварийных ситуациях. Также на производстве возможно постоянное образование газов и паров, которые по технологии отводятся в факел для сжигания [3].

Управляемое сжигание газа позволяет повысить безопасность нефтехранилищ и трубопроводов в случае незапланированного скачка давления [2].

Рассмотрим систему питания факела газом в целом:

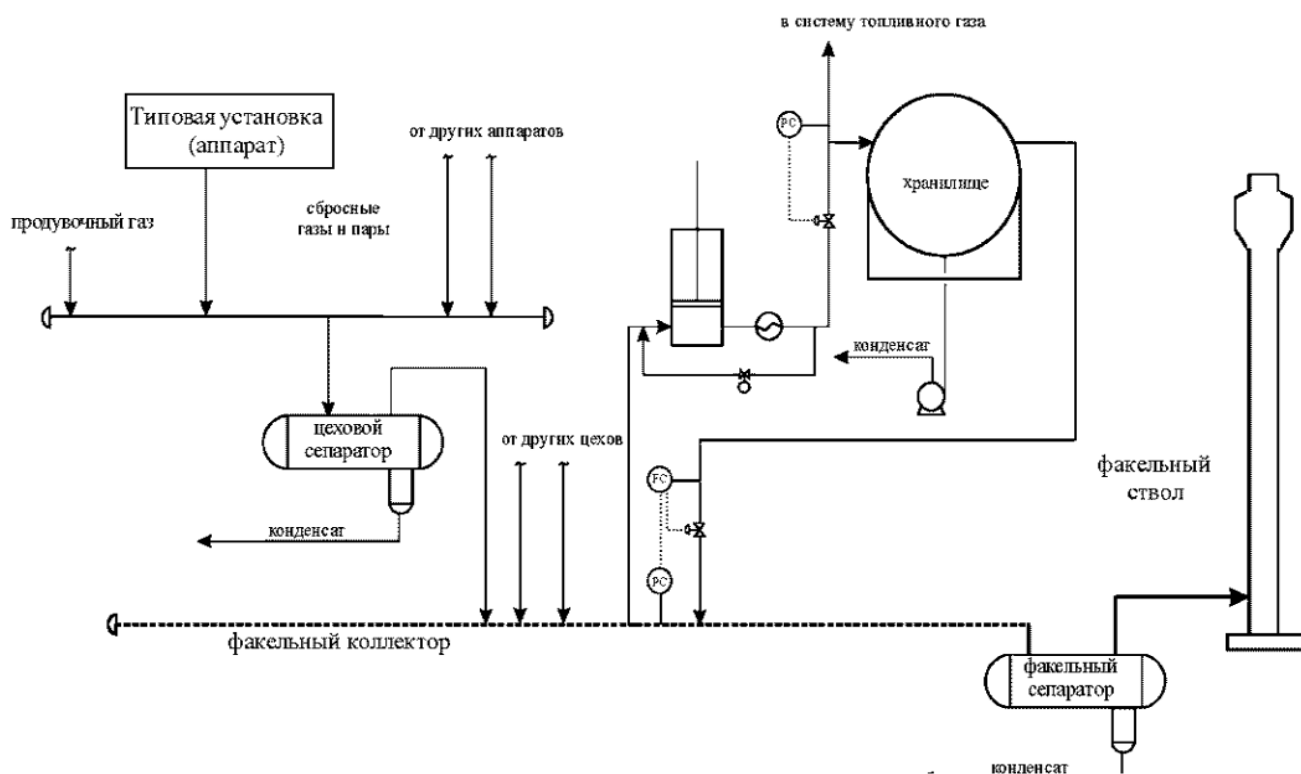


Рисунок 1 – Рекомендуемая схема сброса газов в факельную систему

Газ, подаваемый в факельный ствол, необходимо очищать от капельной жидкости и разнообразных загрязняющих веществ. Для этого в технологическую схему движения газа входит факельный сепаратор.

Факельный сепаратор — горизонтальная цилиндрическая емкость, внутри которой находятся уголковая и вертикальная сетчатая насадки. Емкости оснащены карманами, штуцерами для оборудования КИПиА, а также закрывающимся отверстием для удобства ремонта оборудования.

Сепараторы факельные служат для выделения капельной жидкости из газа, поступающего на факел. Они входят в состав факельной системы при устройстве газовых и газоконденсатных месторождений. Сепараторы применяются для эксплуатации в условиях слабо коррозионных сред [4].

1.1.1 Принцип работы факельного сепаратора

Газожидкостная смесь подается на вход аппарата через канал входа. После этого газ проходит на уголковую насадку для равномерного распределения потока по сечению аппарата и частичного отделения капельной жидкости.

Дальнейшая очистка газа от жидкости происходит в вертикальной сетчатой насадке и зоне гравитационного осаждения. Отделенная жидкость выводится через нижнюю отводящую трубу в дренажную емкость.

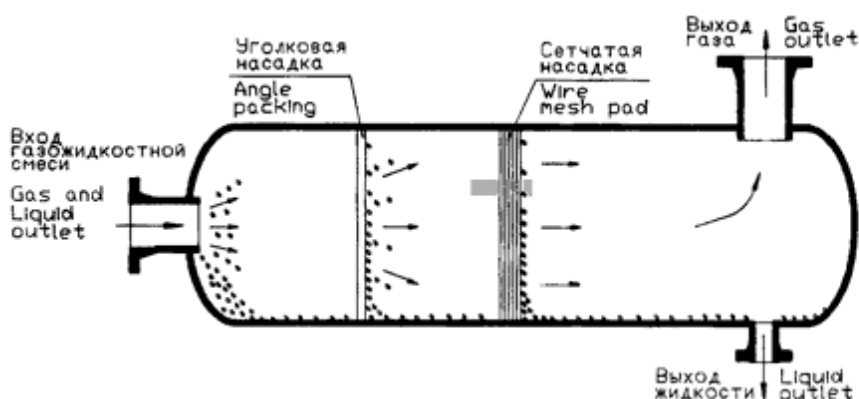


Рисунок 2 – Схема устройства факельного сепаратора

Корпус оборудования оснащен люком-лазом, используемым техническим персоналом для доступа к объекту и проведения регламентных работ.

Эксплуатация устройства происходит преимущественно в условиях высокого давления. Это обуславливает необходимость тщательного контроля над процессом. Наличие контрольно-измерительных приборов КИПиА позволяет следить за заполнением, температурой, давлением. Из-за небезопасности обрабатываемых рабочих сред конструкция снабжена предохранительным клапаном, предотвращающим несанкционированную утечку. Схему устройства факельного сепаратора можно увидеть на рисунке 2.

1.1.2 Процесс сепарации факельной системы

В факельной системе сепаратор отвечает лишь за очистку и осушку газа. Опорожнение сепаратора от сконденсировавшейся жидкости происходит за счет нижнего выходного патрубка сепаратора вместе со специальными насосами.

Система насосов представляет собой структуру с двумя центробежными насосами, один из которых является основным, а второй резервным.

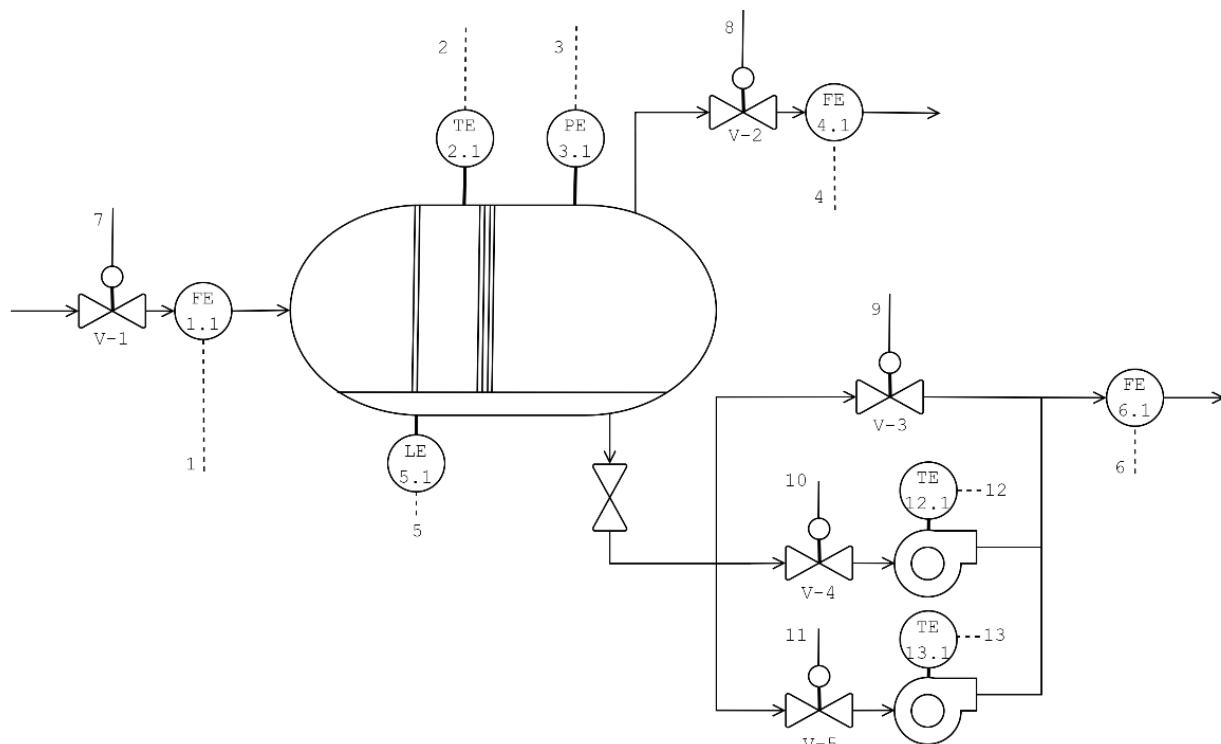


Рисунок 3 – ФСА факельного сепаратора

Работа насосов происходит согласно алгоритмам, основанным на уровне количества жидкости в газовом сепараторе. При низком уровне жидкости в сепараторе, выделившийся конденсат удаляется из сепаратора через штуцер выхода жидкости самотеком. В зависимости от увеличения уровня жидкой среды предпринимаются решения о включении основного или резервного насоса.

1.2 Разработка структурной схемы

Проектирование автоматизированной системы выполнено по принципу трехуровневой иерархии. Трехуровневая иерархия включает в себя полевой уровень (нижний), контроллерный уровень (средний) и верхний уровень (рисунок 4).

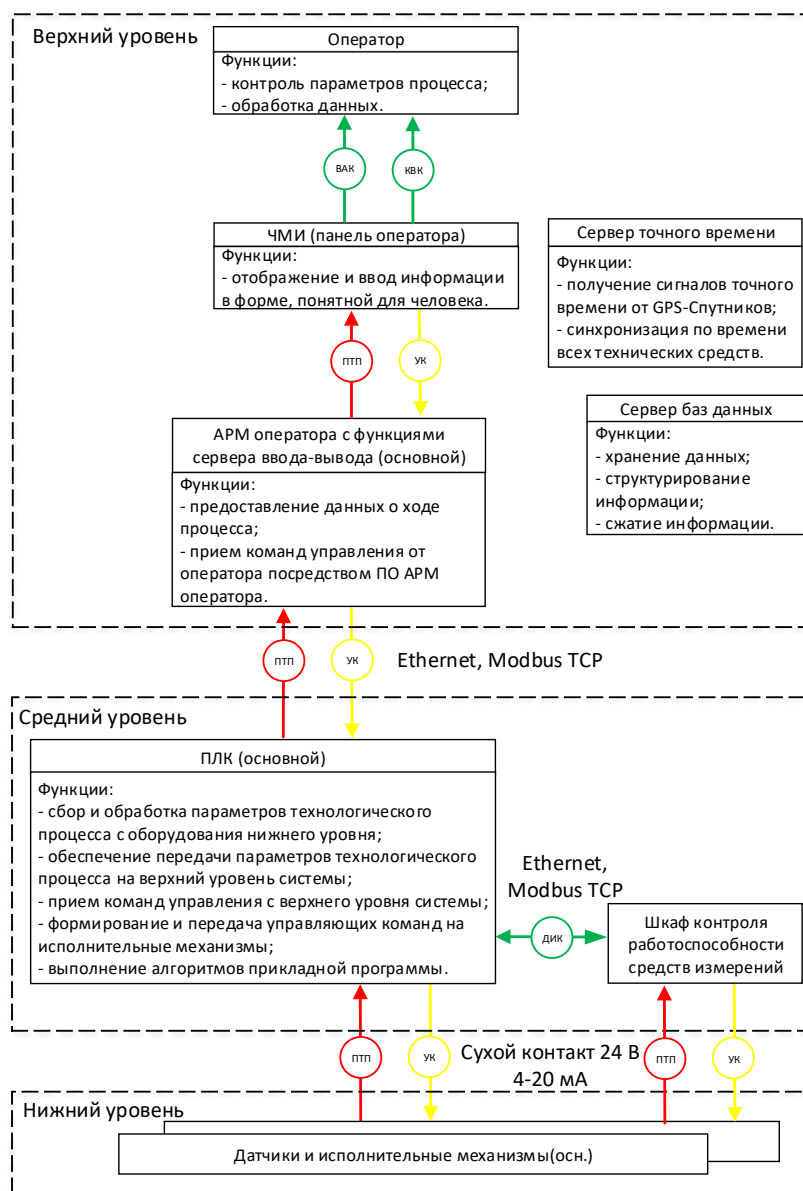


Рисунок 4 – Функционально структурная схема

1.2.1 Полевой уровень

На нижнем уровне рассматриваются средства КИПиА, в том числе полевые показывающие приборы, исполнительные механизмы и устройства местного управления.

Для контроля технологических параметров системы факельной сепарации предусматривается использование следующих средств КИПиА:

- Датчики давления;
- Уровнемер;
- Датчики температуры;
- Расходомер;

А также на полевом уровне установлены регулирующие клапаны с электроприводом.

1.2.2 Средний уровень

На данном уровне расположен ПЛК, который организует сбор и первичную обработку информации с устройств нижнего уровня, контроль текущих параметров, общение с АРМ оператором (обмен данных на средний уровень и со среднего уровня).

Команды управления процессом формируются внутри контроллера, основывающиеся на заложенной в него логике, а также поступающей информации от операторов и показаниях с датчиков. Обработав полученные данные, ПЛК выдает управляющие сигналы на регулирующие клапаны и насосы.

1.2.3 Верхний уровень

На данном уровне происходит обработка и упорядочивание информации с нижних уровней, формируется база данных. Обеспечивается индикация необходимых параметров на мнемосхемах операторов, регистрация и хранение данных на серверах. Для упрощения фиксации значений и технологических

режимах работы системы автоматически происходит формирование отчетной документации.

Здесь же реализуется АРМ, предназначенный для отображения получаемой информации в наглядной форме и получения управляющих команд от оператора. С помощью серверной части осуществляется обработка информации, ее обмен и хранение.

1.3 Разработка объёма автоматизации

Объём автоматизации факельного сепаратора был разработан согласно функциональной схемы (рисунок 3) и представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объём автоматизации

№	Наименование технологических параметров	Обозначение прибора	Функции АСУ ТП
1	Расход газожидкостной смеси на входе сепаратора	FT	Ид
2	Температура в аппарате	ТТ	Ид
3	Давление в аппарате	РТ	Ид
4	Уровень жидкости в аппарате	LICA	Ид, Р, С
5	Расход газа на выходе из аппарата	FT	Ид
6	Расход конденсата на выходе из аппарата	FT	Ид
7	Температура подшипников рабочего насоса	TRSA	Ид, Р
8	Температура подшипников резервного насоса	TRSA	Ид, Р

1.4 Разработка алгоритмов управления АС

1.4.1 Разработка блок-схемы алгоритма

Блок-схема алгоритма управления задвижкой (закрытия-открытия) для управления крановым узлом в командном и автоматическом режимах работы с экранной контекстной поддержкой оператора [3] представлена в приложении А.

1.4.2 Алгоритм работы насосов

Состояние 1

Сброс углеводородных газов в факельную систему не проводится. Факельная система заполнена топливным или инертным газом. Факельный сепаратор и насосы жидкостью не заполнены.

Состояние 2

Происходит сброс углеводородных газов в факельную систему. В сепараторе появляется конденсат, который по всасывающему трубопроводу поступает в оба насоса и заполняет их. Насосы отключены, конденсат покидает емкость сепаратора самотеком через отдельную ветку стока.

Состояние 3

В факельном сепараторе продолжается накопление жидкости. Жидкость достигает уровня откачки ($1/4$ высоты сепаратора). Автоматически включается рабочий насос. Открывается задвижка 4 на нагнетании. Если уровень продолжает повышаться и достигает максимального уровня ($1/2$ высоты сепаратора), дается команда на включение резервного насоса и открывается задвижка 5 на линии нагнетания резервного насоса.

Состояние 4

В результате откачки количество жидкости в сепараторе уменьшается до минимального уровня, который определяется временем остановки насоса. При достижении этого уровня насос (насосы) автоматически выключается (выключаются) и закрываются задвижки на нагнетании [4].

На основе составленного алгоритма и блок-схемы (Приложение А) представим модель типа ЕРС на рисунке 5:

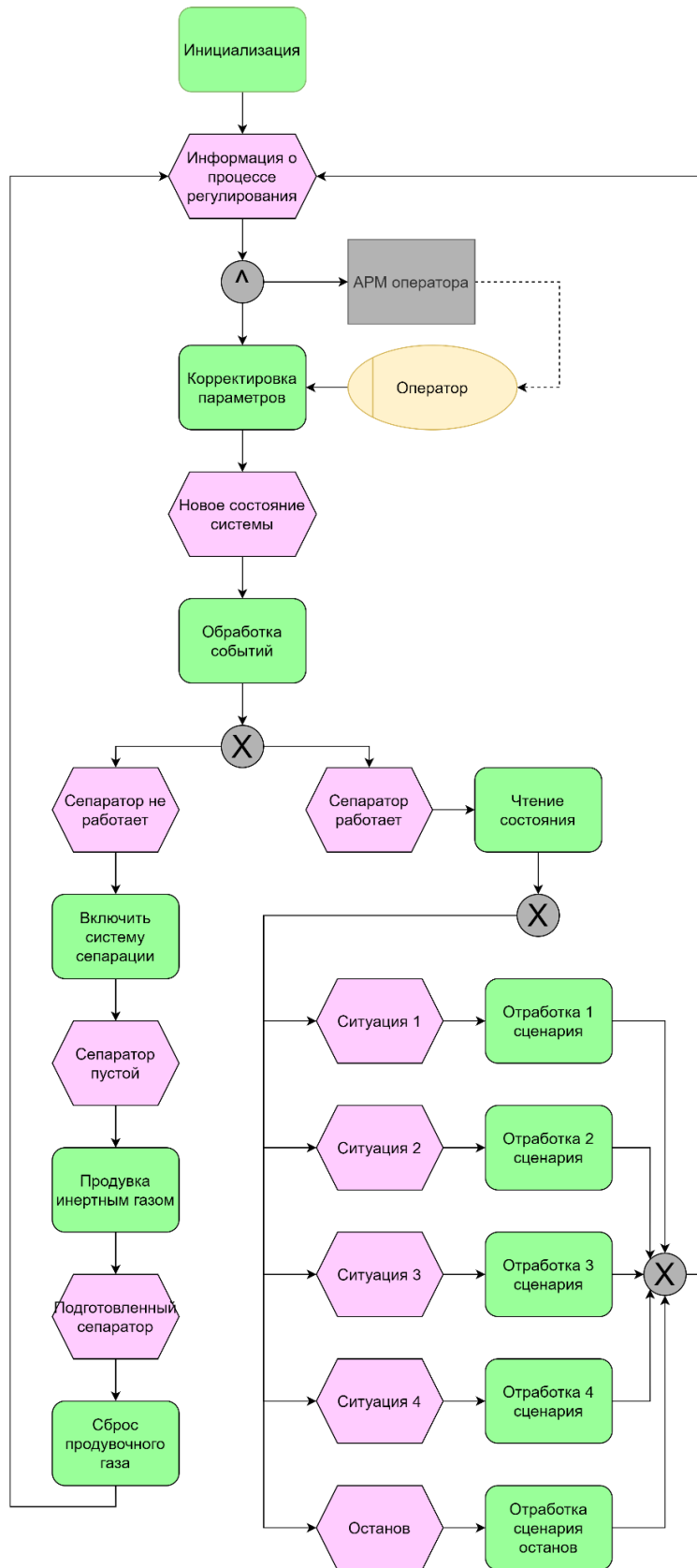


Рисунок 5 – EPC модель работы насоса сепаратора

1.5 Разработка системы автоматического регулирования переменной объекта управления

1.5.1 Расчет параметров составляющих компонентов системы

Определим передаточную функцию центробежного насоса и системы трубопровода. Как правило, на практике насос и трубопровод рассматривают как один объект, и с определенной долей точности аппроксимируют общую передаточную функцию в виде инерционного звена второго порядка с запаздыванием. Как правило, в разветвленной гидросистеме это колебательное звено, в одиночных трубопроводах – апериодическое. Передаточную функцию асинхронного двигателя принимают равной:

$$W(p)_M = \frac{k_M}{T_1^2 p^2 + T_2 + 1}. \quad (1.5.1)$$

Т.к. колебательные процессы слабо выражены вследствие большой инерционности объекта, можно понизить порядок передаточной функции:

$$W(p)_M = \frac{k_M}{T_M p + 1}. \quad (1.5.2)$$

Коэффициенты k_M и T_M найдем с помощью следующих формул:

$$k_M = 2.46 \frac{\cos^2 \alpha}{z}; \quad (1.5.3)$$

$$T_M = \frac{V}{Q_H} \text{ 1/час}. \quad (1.5.4)$$

где α – угол зацепления (стандартный угол зацепления равен 20 градусам), z – число зубьев шестерни ($z = 8$), V – рабочий объем ($V = 0.01 \text{ м}^3$), Q_H – расход рабочей жидкости ($Q_H = 13,8 \text{ л/с}$).

Итоговая передаточная функция для насоса будет выглядеть следующим образом:

$$W(p)_M = \frac{2,46 \frac{\cos^2 20}{8}}{\frac{10}{13,8} p + 1} = \frac{0,27}{0,07 p + 1}. \quad (1.5.5)$$

Передаточная функция частотного преобразователя может быть тоже представлена апериодическим звеном 1 порядка:

$$W(p)_{пч} = \frac{k_{пч}}{T_{пч} p + 1}. \quad (1.5.6)$$

Подставив значения постоянных $k_{пч}$ и $T_{пч}$ получим:

$$W(p)_{пч} = \frac{2.5}{0.54p+1}. \quad (1.5.7)$$

Управляя частотой вращения ротора, мы управляем потоком, проходящим через насос. Управляя потоком проходящий через насос, мы управляем потоком, который покидает сепаратор. Чем выше поток, тем быстрее конденсат выходит из сепаратора.

1.5.2 Реализация селективного управления

Управление двумя насосами производится по Selective control алгоритму управления (Рисунок 6). Выбор такого управления связан со спецификой работы насосов, при которой нам необходимо осуществлять переключения управления контура с одного насоса на другой, при постоянной работе первого. Алгоритм самостоятельно решает, как осуществить опорожнение сепаратора (одним или двумя насосами). Типичной задачей при этом является реализация легкого и плавного перехода при переключении.

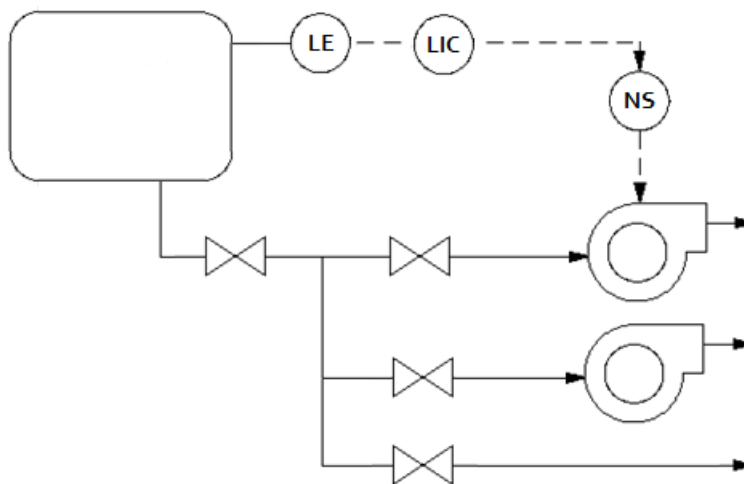


Рисунок 6 – Структурная схема для управления уровнем в сепараторе

На рисунке 6 мы можем видеть выход конденсата. Контур (LE – LIC – NS) обрабатывает уровень в сепараторе. Если уровень оказывается слишком большим и в силу предельной мощности насоса, тот не может выдать нужного

потока, тогда ПЛК решает, что нужно плавно подключить резервный насос с помощью NS.

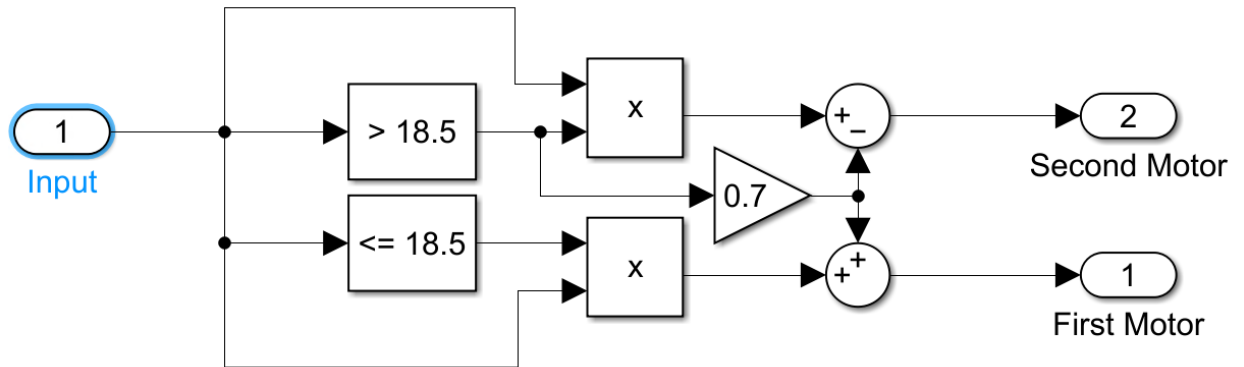


Рисунок 7 – Логика управления

При превышении контрольного уровня, ведущий насос выходит на заданную скорость, он включается на прямое питание от сети, а выход преобразователя частоты переключается на следующий насос, который в свою очередь становится ведущим. Логика такого переключения можно увидеть на рисунке 7.

Все переключения и блокировки осуществляются контакторами. ПИД-регулирование в частотном преобразователе происходит посредством датчика обратной связи, а переключение насосов производится с помощью алгоритма, заложенного в настройках ПЧ либо за счет дополнительного контроллера.

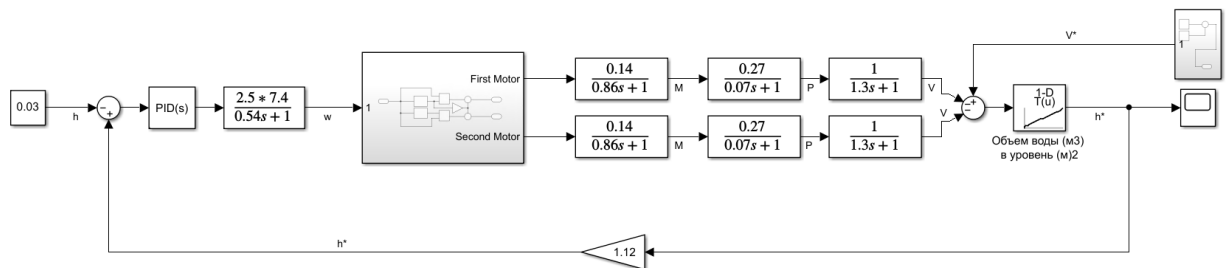


Рисунок 8 – САР для управления двумя задвижками

Разработанную схему протестируем в среде Simulink для того, чтобы убедиться, что такая система будет справляться также эффективно, как при работе одного насоса (Рисунок 9).

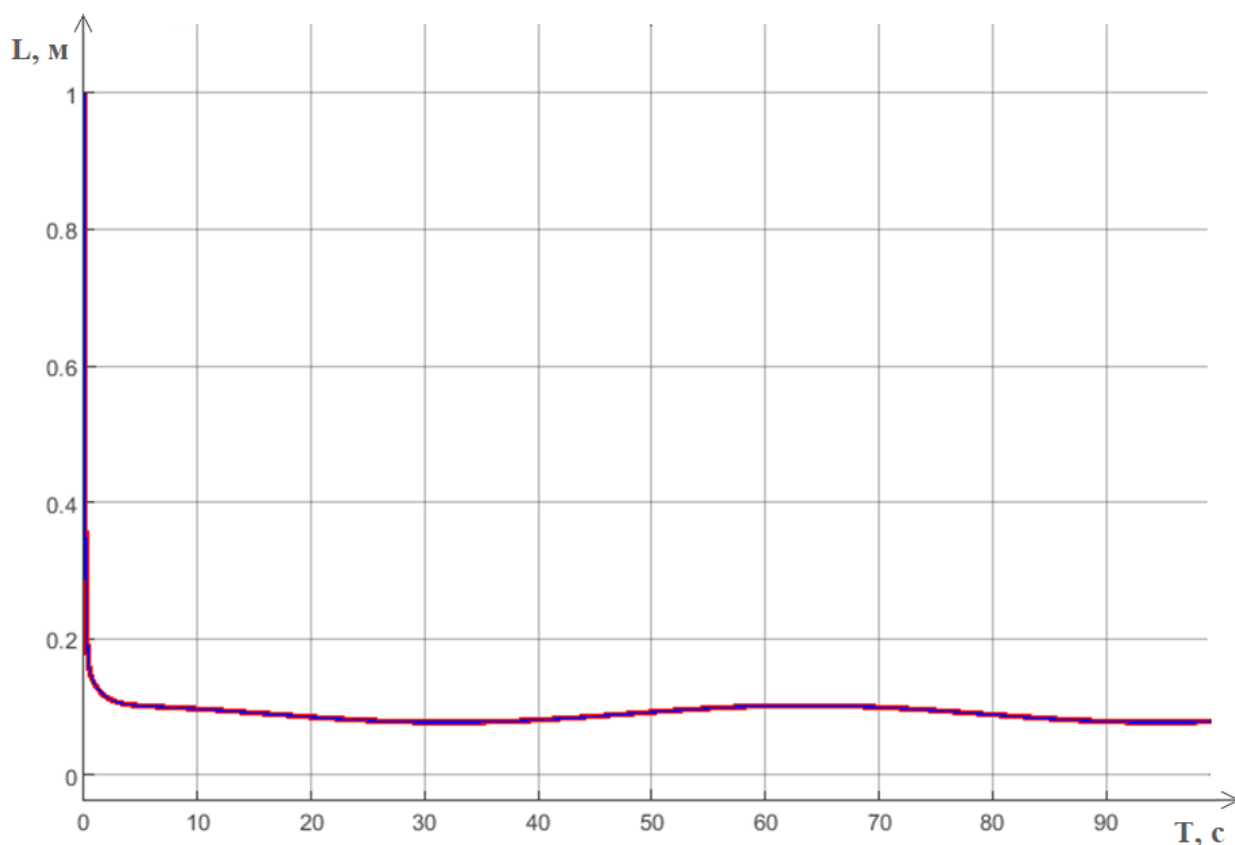


Рисунок 9 – Переходный процесс с селективным регулированием

Два переходных процесса идентичны, об этом говорит наложение графиков друг на друга. Стоит отметить, что в случае использования одного насоса, был рассмотрен пример насоса, не имеющего предельной мощности, то есть его мощность не ограничивается заводскими характеристиками (что невозможно в реальной жизни). Второй тренд на графике принадлежит насосам, имеющими конечный предел их физической возможности. Мощности двух включенных параллельно насосов достаточно для успешного регулирования процесса, причем ни первый, ни второй мотор не работают на износ, максимальная нагрузка на каждый из них примерно 70%.

Как итог получаем, что каскадное управление насосами может продлить их работу, такое управление бережет насосы от перегрева и работы на износ, не теряя при этом эффективности регулирования параметра.

1.5.3 Каскадное регулирование

Каскадное регулирование — это регулирование, в котором два или больше контуров регулирования соединены так, чтобы выход одного регулятора корректировал уставку другого регулятора.

Для процессов, которые имеют значительные характеристики запаздывания, ведомый контур регулирования каскадной системы может обнаружить рассогласование в процессе раньше и уменьшить тем самым время, требующееся для устранения рассогласования. Можно сказать, что ведомый контур регулирования «делит» запаздывание и уменьшает воздействие возмущения на процесс.

Для рассматриваемой системы таким фактором является перемещение жидкости с конечной скоростью по трубопроводу сброса конденсата до насоса.

Решение этой проблемы было реализовано с помощью двух контуров: ведомого (с регулированием по частоте вращения ротора центробежного насоса) и ведущего (с регулированием по уровню жидкости в сепараторе). Разработанная схема в Simulink представлена на рисунке 10.

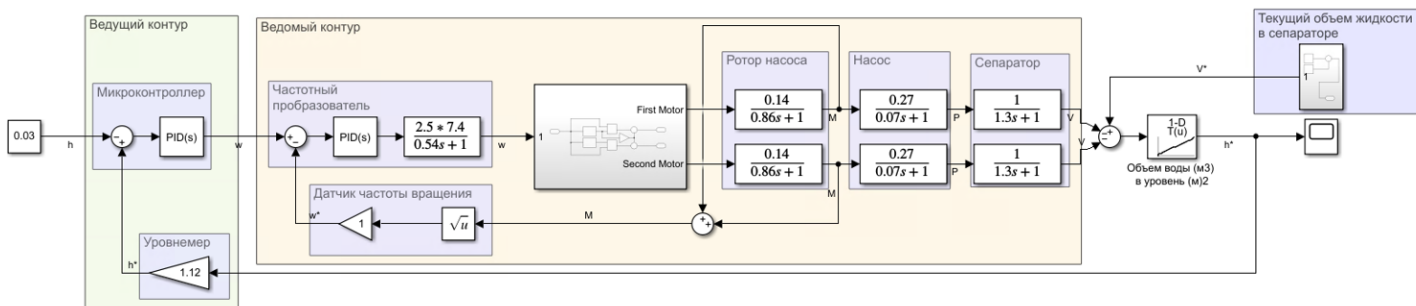


Рисунок 10 – Структурная схема регулирования уровня

Такая реализация схемы позволяет плавно поддерживать уровень жидкости, но требует применения дополнительных контакторов и устройств защиты двигателя, что увеличивает стоимость и снижает надежность системы.

2 Расчет погрешности измерительного канала

Структурная схема измерительного канала (измерение расхода обезвоженного и стабильного газа на выходе из газового сепаратора) для оценки погрешности показана на рисунке 11:

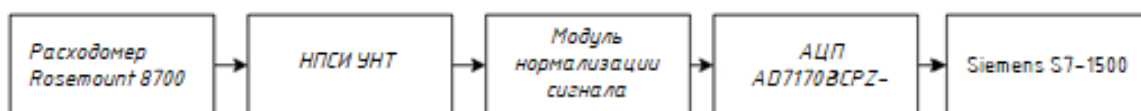


Рисунок 11 – Структурная схема измерительного канала

Измерительный канал состоит из последовательно соединённых приборов:

1. расходомер электромагнитный Rosemount 8700: $\pm 0,5$ %;
2. НПСИ-УНТ нормирующий измерительный преобразователь унифицированный – 0,1 %
3. модуль нормализации сигналов – 0,2 %
4. АЦП AD7170BCPZ-500RL7 – 0,5 %
5. аналоговый вход ПЛК Siemens SIMATIC S7-1500: $\pm 0,5$ %.

Далее была выполнена оценка допустимых среднеквадратических отклонений (СКО) погрешности измерительного канала с учетом приборов, входящих в состав ИК.

СКО погрешностей компонентов ИК, для нормального закона распределения случайных составляющих погрешности в % от нормирующего значения определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2}}{\sqrt{3}}, \quad (2.1)$$

где: σ – СКО погрешностей компонентов ИК, Y_i – пределы основной приведенной погрешности соответствующего прибора, n – количество приборов.

Пределы основной приведенной погрешности приборов входящих в состав ИК, были взяты из руководств по эксплуатации соответствующих приборов и было рассчитано СКО погрешностей компонентов ИК по формуле:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{0,5^2+0,1^2+0,2^2+0,5^2+0,5^2}}{\sqrt{3}} = 0,52 \%, \quad (2.2)$$

После этого согласно РМГ 62-2003. «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации» был рассчитаны погрешность канала устройства связи с объектом АСУ ТП и погрешность, вносимая электромагнитным расходомером. А также следующие дополнительные погрешности, вызываемые внешними влияющими факторами: напряжение питания, температура окружающего воздуха, сопротивление нагрузки, линия связи с датчиком, температура измеряемой среды и электропроводность измеряемой среды.

Погрешность канала УСО АСУ ТП была рассчитана следующим образом:

$$\delta_2 = \frac{0,05 \cdot 15\%}{100\%} = 0,0075\% . \quad (2.3)$$

Погрешность, вносимая электромагнитным расходомером:

$$\delta_3 = \frac{0,05 \cdot 85\%}{100\%} = 0,0425\% . \quad (2.4)$$

Дополнительная погрешность, вызванная напряжением питания:

$$\delta_4 = \frac{0,05 \cdot 1\%}{100\%} = 0,0005\% . \quad (2.5)$$

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха:

$$\delta_5 = \frac{0,05 \cdot 27\%}{100\%} = 0,0135\% . \quad (2.6)$$

Дополнительная погрешность, вызванная сопротивлением нагрузки:

$$\delta_6 = \frac{0,05 \cdot 1\%}{100\%} = 0,0005\% . \quad (2.7)$$

Дополнительная погрешность, вызванная линией связи с датчиком:

$$\delta_7 = \frac{0,05 \cdot 1\%}{100\%} = 0,0005\% \quad (2.8)$$

Дополнительная погрешность, вызванная температурой измеряемой среды:

$$\delta_8 = \frac{0,05 \cdot 27\%}{100\%} = 0,0135\% \quad (2.9)$$

Дополнительная погрешность, вызванная электропроводностью измеряемой среды:

$$\delta_9 = \frac{0,05 \cdot 8\%}{100\%} = 0,004\% \quad (2.10)$$

В итоге общая погрешность канала измерений учитывая все факторы составляет:

$$\delta_{\text{доп}} \leq \sqrt{\frac{\delta^2 + (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_7^2 + \delta_8^2 + \delta_9^2)}{9}} = 0,24\% \quad (2.11)$$

Общая погрешность тогда будет равной:

$$\sigma_{\text{общая}} = 0,52 + 0,24 = 0,76\% \quad (2.12)$$

3 Определение показателей надежности

Надежность является внутренним свойством системы, которое закладывается при ее проектировании и проявляется вовремя ее эксплуатации.

Для проведения расчетов и последующей оценки результатов была составлена спецификация элементов проектируемой системы (таблица 10).

Таблица 2 – Спецификация элементов проектируемой системы

№	Параметр	Тип датчика	Количество	Описание
1		Siemens S7-300	1	ПЛК
2		Siemens SM 1231	1	Модуль аналоговых каналов входов ПЛК
3		Siemens SM 1232	1	Модуль аналоговых каналов выходов ПЛК
4	Избыточное давление нефтяной эмульсии	Метран-150TG	1	Датчик избыточного давления
5	Уровень раздела фаз	ДУУ2М	1	Уровнемер
6	Расход поступающего и отводящегося газа	Rosemount 8700	2	Электромагнитный расходомер
7	Расход отводящегося конденсата	Rosemount 8700	1	Электромагнитный расходомер
8	Температура внутри сепаратора	WIKA R10-F	1	Термометр
9	Температура подшипников насосов	ТСП Pt100	2	Термометр

В проектируемой системе не предусматривается резервирования элементов системы, соответственно отказ какого-либо элемента системы приведет к нарушению работоспособности всей системы. С учетом этого, структурная схема надежности, проектируемой САУ имеет вид последовательно соединённых элементов системы, структурная схема отображена на рисунке 12.

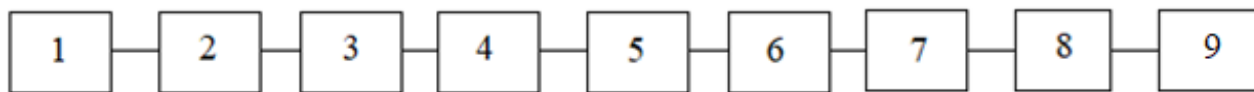


Рисунок 12 – Структурная схема надежности аппаратной части проектируемой системы

Система спроектирована с использованием высоконадежных элементов, которые имеют интенсивность отказов порядка 10^{-5} ч⁻¹, поэтому в модели надежности был использован пуассоновский поток. В этом случае распределение времени наработки до отказа подчиняется экспоненциальному закону, соответственно будет определяться по следующей формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.1)$$

В качестве показателя надежности используется среднее время наработки на отказ, которое связано с интенсивностью отказов элементов системы $\lambda_i(t)$ следующим соотношением:

$$\lambda_i(t) = \frac{1}{T_i} \text{ 1/час.} \quad (3.2)$$

Далее по этой формуле были рассчитаны значения интенсивности отказов элементов системы и записаны в таблицу 3. Время наработки на отказ элементов системы были взяты из технических характеристик элементов, источники которых также приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Спецификация элементов проектируемой системы с указанием интенсивности отказов

№	Тип датчика	Количество	$T_i \cdot 10^5, ч$	$\lambda_i \cdot 10^{-5}, ч^{-1}$	$\sum \lambda_i \cdot 10^{-5}, ч^{-1}$
1	Siemens S7-1500	1	1,5	0,6670	0,6670
2	Siemens SM 1231	1	1	1,0000	1,0000
3	Siemens SM 1232	1	1	1,0000	1,0000
4	Метран-150TG	1	2,5	0,4000	0,4000
5	ДУУ2М	1	1,0000	1,0000	1,0000
6	Rosemount 8700	3	1,0000	1,0000	3,0000
7	WIKA R10-F	1	0,345	2,8990	2,8990
8	ТСП Pt100	2	0,7600	1,3160	2,6320

После расчета значений интенсивности отказов элементов проектируемой системы было рассчитано распределение времени наработки на отказ для каждого элемента системы по экспоненциальному закону:

$$P_1(t) = e^{-0,6670 \cdot t}; \quad (3.3)$$

$$P_2(t) = e^{-1,0000 \cdot t}; \quad (3.4)$$

$$P_3(t) = e^{-1,0000 \cdot t}; \quad (3.5)$$

$$P_4(t) = e^{-0,4000 \cdot t}; \quad (3.6)$$

$$P_5(t) = e^{-1,0000 \cdot t}; \quad (3.7)$$

$$P_6(t) = e^{-3,0000 \cdot t}; \quad (3.8)$$

$$P_7(t) = e^{-2,8990 \cdot t}; \quad (3.9)$$

$$P_8(t) = e^{-2,6320 \cdot t}. \quad (3.10)$$

Для последовательного соединения вероятность безотказной работы всей системы равна произведению вероятностей безотказной работы каждого элемента, функция надежности САУ:

$$P_{CAУ} = \prod_{i=1}^k P_i(t). \quad (3.11)$$

Подставляя в формулу (3) ранее определенные значения интенсивности отказов элементов, получим:

$$P_{CAУ} = \prod_{i=1}^k P_i(t) = e^{-12,598 \cdot 10^{-5} \cdot t}. \quad (3.12)$$

Чтобы определить время надежной работы $T_{НР}$, соответствующее времени, когда вероятность безотказной работы системы $\geq 0,8$ был построен график зависимостей $P(t)$, график представлен на рисунке 13.

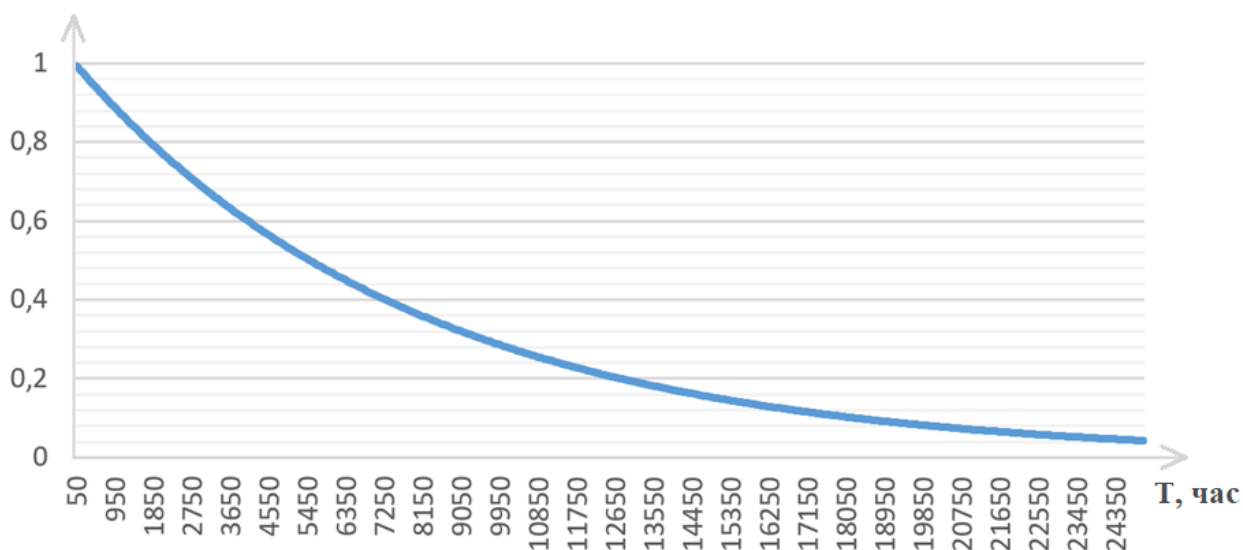


Рисунок 13 – График зависимости $P(t)$ для проектируемой САУ

С помощью подбора параметра в Excel (Рисунок 14) был получено примерное значение времени надежной работы $T_{НР}$ САУ:

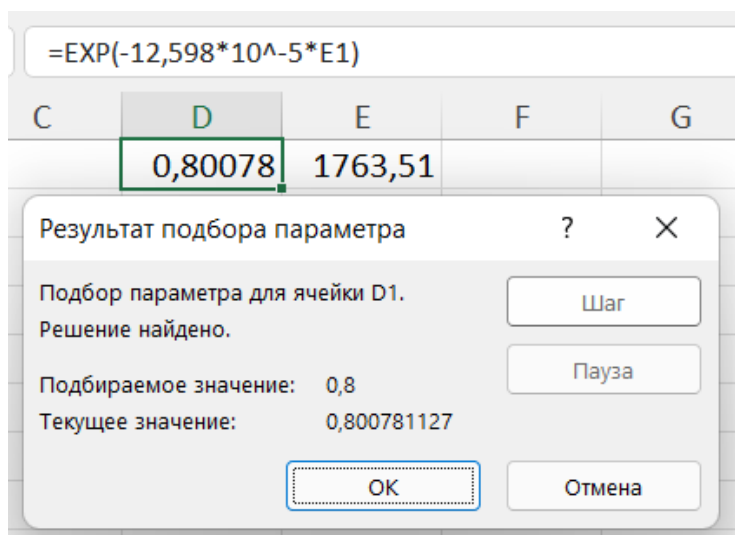


Рисунок 14 – Подбор значения в Excel

$$T_{НР} = 1763 \text{ часа.}$$

Среднее время наработки на отказ САУ было определено по формуле:

$$T_{CP} = \frac{1}{\sum \lambda_{ACU}} = 7\,938 \text{ (часов)}. \quad (3.13)$$

Среднее время наработки на отказ САУ удовлетворяет требованиям техническим требованиям. Поэтому в дополнительном резервировании элементов системы необходимости нет.

Так как проектируемая САУ является ремонтируемой и восстанавливаемой в процессе эксплуатации, то необходимо определить показатель ремонтпригодности.

Согласно требованиям технического задания, проектируемая система комплектуется ЗИП в необходимом объеме, а также стоит отметить, что в условиях реального производства ЗИП комплектуется в расчете на несколько однотипных элементов. Так как в проектируемой системе используются однотипные элементы это сокращает среднее время восстановления работоспособности с использованием комплекта ЗИП до 2-х часов.

Коэффициент готовности K_G является одним из основных показателей ремонтпригодности. Он характеризует надежность восстанавливаемой системы. Коэффициент готовности K_G был найден по следующей формуле:

$$K_G = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + T_B} = \frac{7\,938}{7\,938 + 2} = 0,99975. \quad (3.14)$$

В итоге были оценены такие показатели надежности АС как интенсивность отказов элементов проектируемой системы, среднее время наработки на отказ, а также время надежной работы системы и оно составляет 1763 часа.

Также были определены среднее время наработки на отказ САУ и коэффициент готовности, первый равен 7 938 часов, а второй равен 0,99975.

4 Разработка СПАЗ

Согласно ФЗ-116 от 21.07.1997 г. (ред. 11.06.21 г.) “О промышленной безопасности опасных производственных объектов”, сепаратор факельной системы на установке комплексной подготовки газа является ОПО. Поэтому для обеспечения необходимого уровня безопасности и снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций необходимо разработать СПАЗ.

4.1 Идентификация опасности. Дерево отказов

Выполняем идентификацию опасности. В соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 51901.11-2005 для анализа причин возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации факельного сепаратора построим «дерево» отказов.

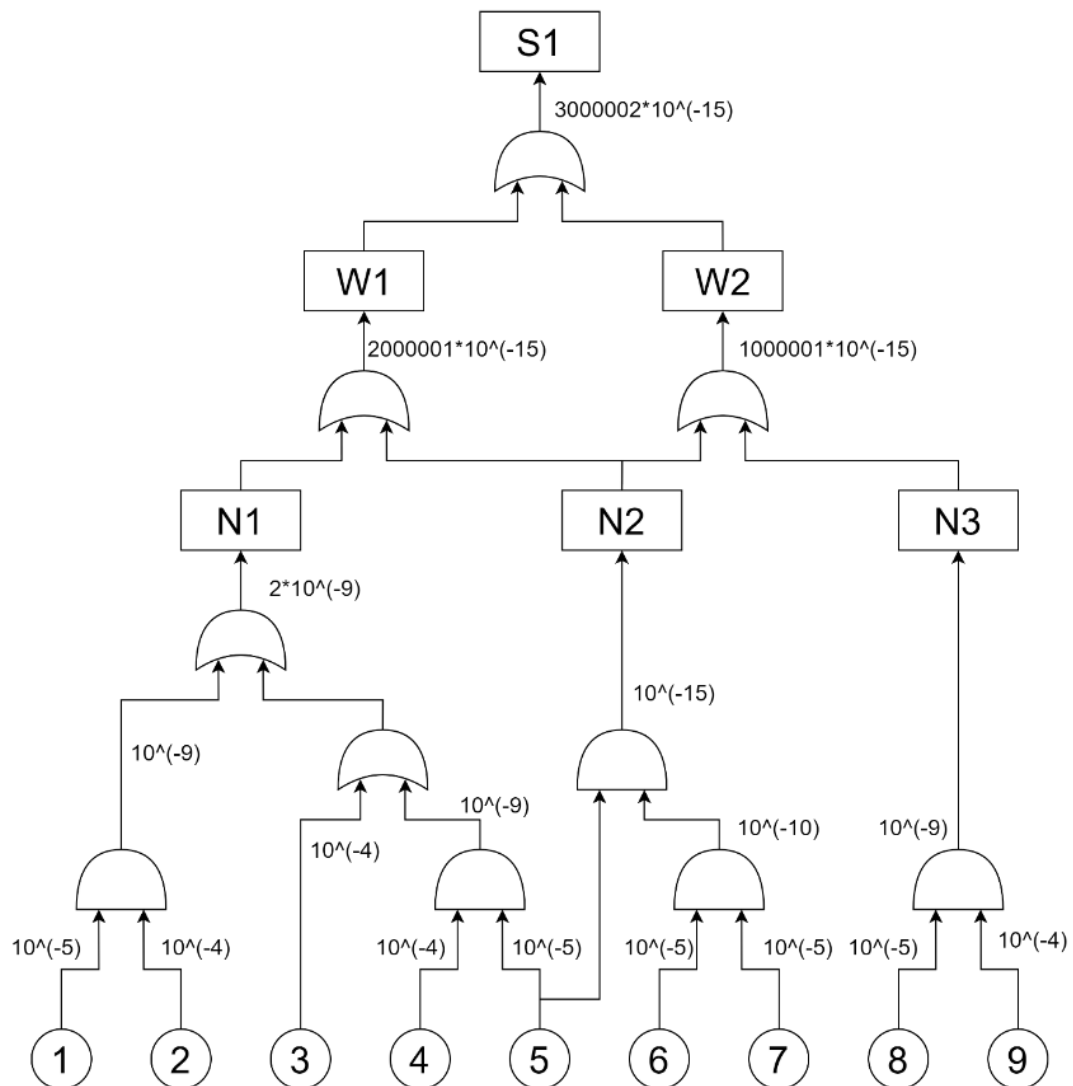


Рисунок 15 – Дерево отказов

Структура «дерева» отказа включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих событий (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи. Для связи между событиями в узлах «деревьев» используются знаки «И» и «ИЛИ».

Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий.

Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

Дерево отказов представлено на рисунке 15.

Проведем описание элементов диаграммы:

- C1 – Утечка в системе сброса;
- C2 – Ложные значения датчика расхода;
- C3 – Ложные значения датчика температуры подшипников двигателя;
- C4 – Отказ датчиков температуры подшипников двигателей;
- C5 – Несвоевременная реакция диспетчера;
- C6 – Отказ системы автоматического закрытия задвижки на входной трубе;
- C7 – Аварийные значения уровня/температуры/давления в сепараторе;
- C8 – Утечка газа во фланцевых соединениях;
- C9 – Ложные значения датчика загазованности;
- N1 – Поломка насосов;
- N2 – Нарушение технологического процесса;
- N3 – Нарушение ПДК по концентрации газа;
- W1 – Отказ системы сброса конденсата;
- W2 – Разрыв сепаратора;
- S1 – Авария сепаратора.

Построенная диаграмма на рисунке 15 указывает на то, что основными источниками аварий (отказов) факельного сепаратора могут быть:

1. Ошибочные действия диспетчеров при слежении за технологическим процессом;
2. Ложные показания контрольно-измерительных приборов;
3. Отказ задвижек;
4. Утечки во фланцевых соединениях;
5. Возникновение аварийного уровня значений параметров среды в сепараторе;

Все эти источники аварий наблюдаемы и могут быть предотвращены, если есть соответствующие средства мониторинга, побуждающие оператора к принятию по их устранению.

По материалам анализа аварийной ситуации разрабатывается таблица 4 мероприятий противоаварийной защиты.

Таблица 4 – Анализ аварийного состояния

Уровень аварийной ситуации	Наименование аварийной ситуации	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварийной ситуации, последствия	Реальное состояние системы (средств) противоаварийной защиты (ПАЗ) и локализации аварийных ситуаций	Мероприятия по дооснащению системы ПАЗ и средств для локализации аварийных ситуаций
1	2	3	4	5	6
С	Авария сепаратора	Ошибки производственного персонала при выполнении технологического процесса Утечка воздушных фракций. Отказ насосов.	Розлив конденсата; взрыв; пожар; разрушение технологического оборудования; поражение производственного персонала.	Отсутствуют средства ПАЗ (SIS). Имеет место ручное управление технологическим оборудованием при возникновении аварийного режима.)	Оснастить технологическую схему средствами контроля и аварийной защиты от утечек.

Выделяем цепочки опасных событий, которые могут быть устранены с использованием программно-аппаратных средств (E/E/PE) и слоев защиты

Действия оператора, Системы автоматического реагирования, СПАЗ. (рисунок 16).

Критическое значение уровня конденсата	Оповещение оператора о критическом значении	Снижение давления на трубопроводе входного газа сепаратора	Система автоматического перекрытия потока газа	СПАЗ	Вероятность появления	Последствия			
Р	Р1	(1-P1)	(1-P1)(1-P2)(1-P3)	(1-P1)(1-P2)(1-P3)(1-P4)	0,6561	Небольшая остановка процесса. Очистка сбросовых путей			
				(1-P1)(1-P2)(1-P3)P4	0,0729	Остановка процесса. Работа насосов на износ. Требуется диагностика			
				(1-P1)(1-P2)	(1-P1)(1-P2)P3	(1-P1)(1-P2)P3P4	0,0081	Небольшая утечка нестабильного газа в факельный газопровод. Длительная остановка процесса, очистка путей, диагностика насосов.	
						(1-P1)P2(1-P3)(1-P4)	0,0729	Высокое давление в газопроводе на вход. Разгерметизация системы.	
				(1-P1)P2	(1-P1)P2(1-P3)	(1-P1)P2(1-P3)P4	0,0081	Высокое давление в газопроводе на вход. Разгерметизация системы.	
						(1-P1)P2P3	(1-P1)P2P3(1-P4)	0,0081	Высокое давление на факельном газопроводе, поток нестабильного газа.
				(1-P1)P2	(1-P1)P2P3	(1-P1)P2P3P4	0,0009	Высокое давление на факельном газопроводе, поток нестабильного газа.	
						P1(1-P2)(1-P3)(1-P4)	0,0729	Непредвиденная временная остановка процесса.	
				P1	P1(1-P2)	P1(1-P2)P3	P1(1-P2)(1-P3)P4	0,0081	Непредвиденная остановка процесса. Вывод из строя насосов.
							P1(1-P2)P3P4	0,0009	Скрытая утечка нестабильного газа в факельный газопровод. Длительная остановка процесса, очистка путей, диагностика насосов.
				P1P2	P1P2(1-P3)	P1P2(1-P3)P4	P1P2(1-P3)(1-P4)	0,0081	Высокое давление в газопроводе на вход. Разгерметизация системы.
							P1P2(1-P3)P4	0,0009	Высокое давление в газопроводе на вход. Разгерметизация системы.
				P1P2P3	P1P2P3	P1P2P3(1-P4)	P1P2P3(1-P4)	0,0009	Высокое давление на факельном газопроводе, поток нестабильного газа.
							P1P2P3P4	0,0001	Высокое давление на факельном газопроводе, поток нестабильного газа.

Рисунок 16 – Частота и последствия событий в результате аварии

4.2 Выбор архитектуры и разработка структурных схем АС регулирования АРС типа и СПАЗ

Основными техническими компонентами, входящими в состав любой системы ПАЗ, являются не только соответствующий управляющий программно-логический контроллер (ПЛК), но и такие изделия, как датчики и исполнительные механизмы, необходимые для выполнения функций системы.

В ходе создания и применения систем ПАЗ необходимо иметь в виду, что их функционирование не только эффективно повышает безопасность работы

соответствующих технологических объектов, но и само может способствовать появлению опасных событий и ситуаций (например, в случае такого отказа системы ПАЗ, который приводит к неблагоприятному воздействию на объект).

Согласно п.п. 1.3 настоящего ТЗ автоматизированная система управления и система противоаварийной защиты АС регулирования факельного сепаратора построена по принципу открытой трехуровневой иерархии, которая включает в себя полевой уровень (нижний), контроллерный уровень (средний) и верхний уровень.

Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств АСУ ТП АСУ ТП/PCY/ПАЗ представлена на рисунке 17.

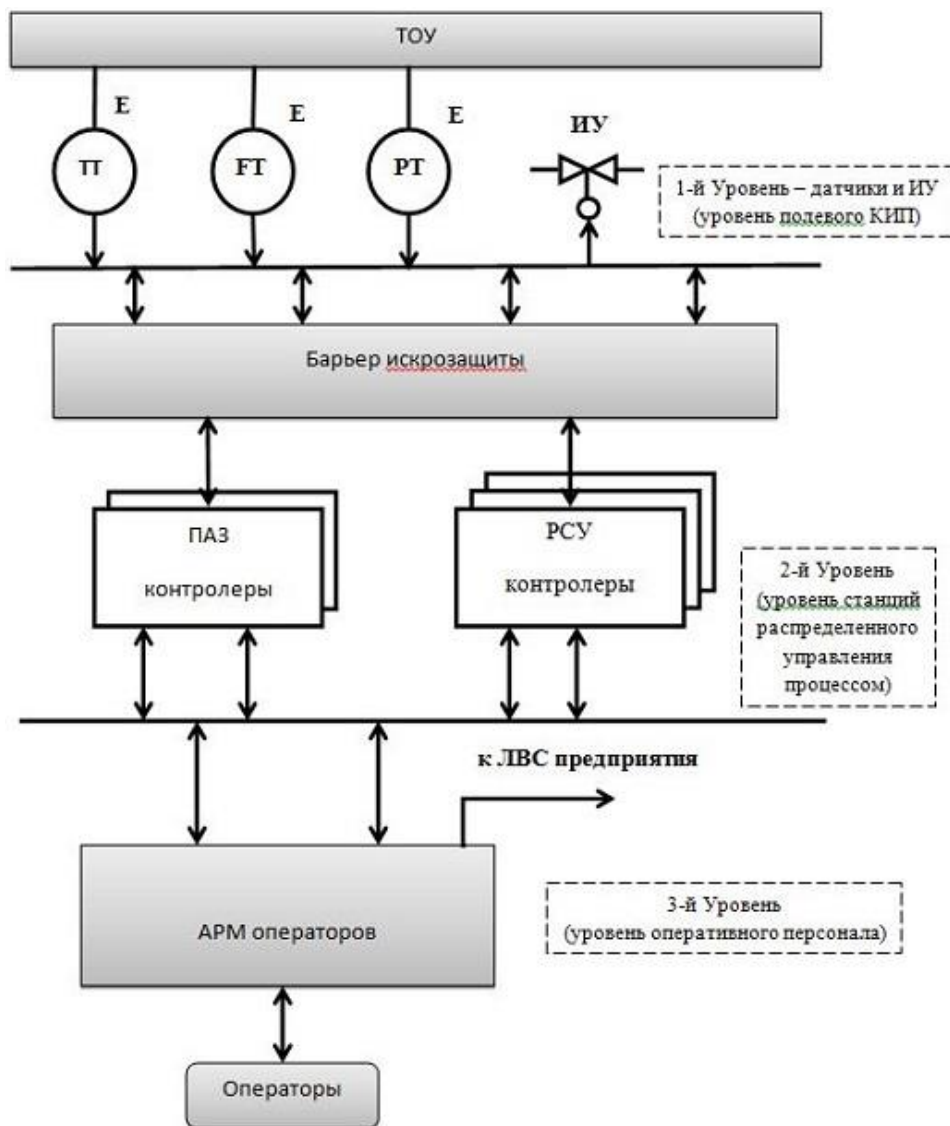


Рисунок 17 – Архитектура средств АСУ ТП/PCY/ПАЗ

4.3 Разработка объема автоматизации СПАЗ

Объем автоматизации СПАЗ для АС регулирования факельного сепаратора был разработан согласно ТЗ и представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Объем автоматизации СПАЗ

№	Наименование технологических параметров	Обозначение прибора	Функции АСУ ТП
1	Сигнализатор газа	AISA	Ид, З, С
2	Сигнализатор уровня жидкости в сепараторе	LISA	Ид, З, С
3	Давление в ветке стока конденсата	PISA	Ид, З, С
4	Ток 3-ех фазной цепи питания	EISA	Ид, З, С

После, тогда как была составлена таблица объема автоматизации СПАЗ, была разработана ФСА со СПАЗ факельного сепаратора, которая отображена в приложении А.

4.4 Оценить требуемую SIL для установки в целом

Рассмотрим базовую модель графа рисков и приведем расшифровки SIL:

Таблица 6 – уровень полноты безопасности

SIL4	Самый высокий уровень безопасности, предусматривающий защиту от серьезной аварии при отказе.
SIL3	Уровень, обеспечивающий защиту персонала и населения в случае отказа; именно этот уровень является рекомендованным для опасных производственных объектов.
SIL2	Уровень, позволяющий не допустить травматизм, порчу оборудования и продукции.
SIL1	Уровень, позволяющий не допустить травматизм, порчу оборудования и продукции.

Рассмотрим диаграмму рисков:

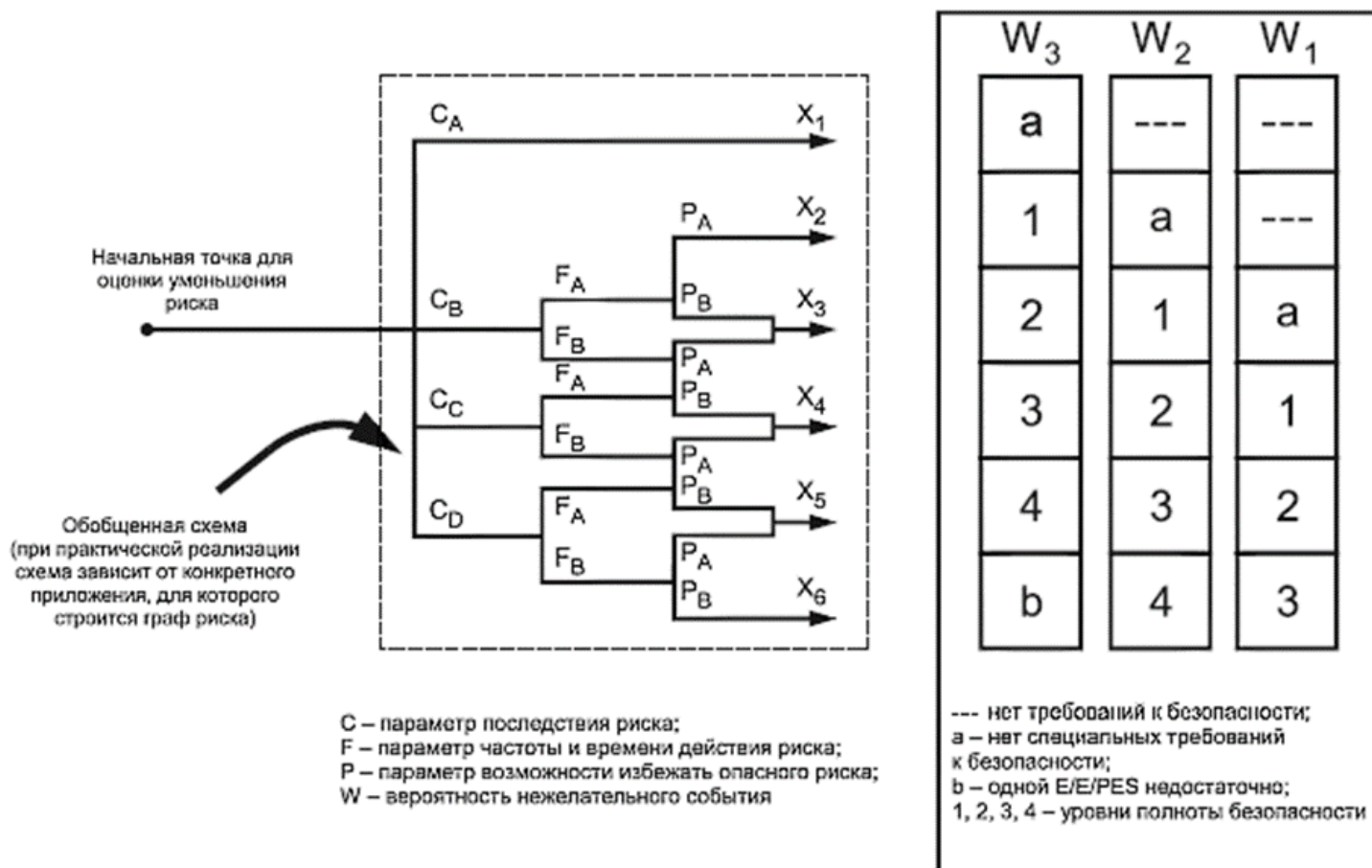


Рисунок 18 – Диаграмма рисков (в общем виде)

По схеме на рисунке 18 можно видеть, что уровень SIL возрастает от приносимого вреда частоты нахождения срабатывания защит АСДУ и SIS. SIL4 необходим в тех местах где в случае аварии произойдет смерть 1 и более людей. Присутствие человека достаточно долгое. И нет защит оповещения оператора об отказе приборной системы безопасности и частоты возникновения опасного события при отсутствии ПСБ.

Используя калибровку опасностей по диаграмме, определяют риск. При выборе табличных значений параметров риска следует связывать их с возможными слоями защиты. Таким образом 1-ым слоем защиты является регулярность мер по технике безопасности. Другим вариантом первого слоя защиты может быть АСДУ. Продолжительность нахождения в опасной зоне может быть снижена дистанционным выполнением работ по управлению и

обслуживанию ТУ. Это киберфизический слой защиты. Предотвращение опасности связано с правильно спроектированными слоями СПАЗ и АСДУ.

Приведем характеристики опасности для последующей калибровки диаграммы рисков при использовании АСДУ в качестве слоя защиты:

Таблица 7 – Характеристики опасности

Параметр риска	Классификация		Комментарий
Последствие	С		Система основана на травмах и смерти людей.
	Ca	Минимальный ущерб	
	Cb	Серьезная постоянная травма у работника	
	Cc	Смерть работника	
	Cd	Смерть работника и персонала	
Нахождение в опасной зоне	F		Определяется как доля времени пребывания людей в области, подвергающейся опасности, по отношению к величине периода работы.
	Fa	От редкого до более частого нахождения в опасной зоне.	
	Fb	От частого до постоянного пребывания в опасной зоне	
Вероятность избежать опасного события	Pa	Pa если выполняются условия графа.	Pa следует выбирать, только если справедливы следующие условия: - предусмотрены средства оповещения оператора об отказе ПСБ; (АСДУ) - предусмотрены независимые средства останова процесса так, чтобы избежать опасности или позволить персоналу эвакуироваться в безопасную зону; (SIS)
		Pb	Принимается, если условия не выполняются
Интенсивность (частота) запросов (W).	W		Цель введения фактора - оценить частоту появления опасности без ПСБ.

Количество случаев в год возникновения опасного события при отсутствии ПСБ.	W1	Частота запросов меньше, чем $0,1D$ в год.	D (0,1) – является параметром калибровки, значение которого следует определять, исходя из корпоративного критерия допустимого риска с учетом других источников риска для людей, ему подвергающихся.
	W2	Частота запросов лежит в диапазоне $0,1D$ и D в год.	
	W3	Частота запросов лежит в диапазоне между D и $10D$.	

Оценим возможности снижения риска с помощью технологических слоев защиты.

Анализ возможности применения технологических ограждений, равно как и других средств пассивной защиты показывает, что заданный уровень безопасности не достигается в случае возникновения отказа. Эти средства лишь ограничивают развитие опасности. Слой защиты, связанный с обязательностью выполнения правил технической эксплуатации, не обеспечивает технологическую безопасность при изменении внутренних свойств объекта управления факельным сепаратором. Поэтому для снижения риска такой опасности следует использовать специальный дополнительный приборный контур защиты по уровню. Оценим в соответствии с диаграммой уровень требований к системе аварийной безопасности в метрике уровня рисков аварийного события «превышение уровня конденсата в факельном сепараторе».

Приведем граф риска на рисунке 19:

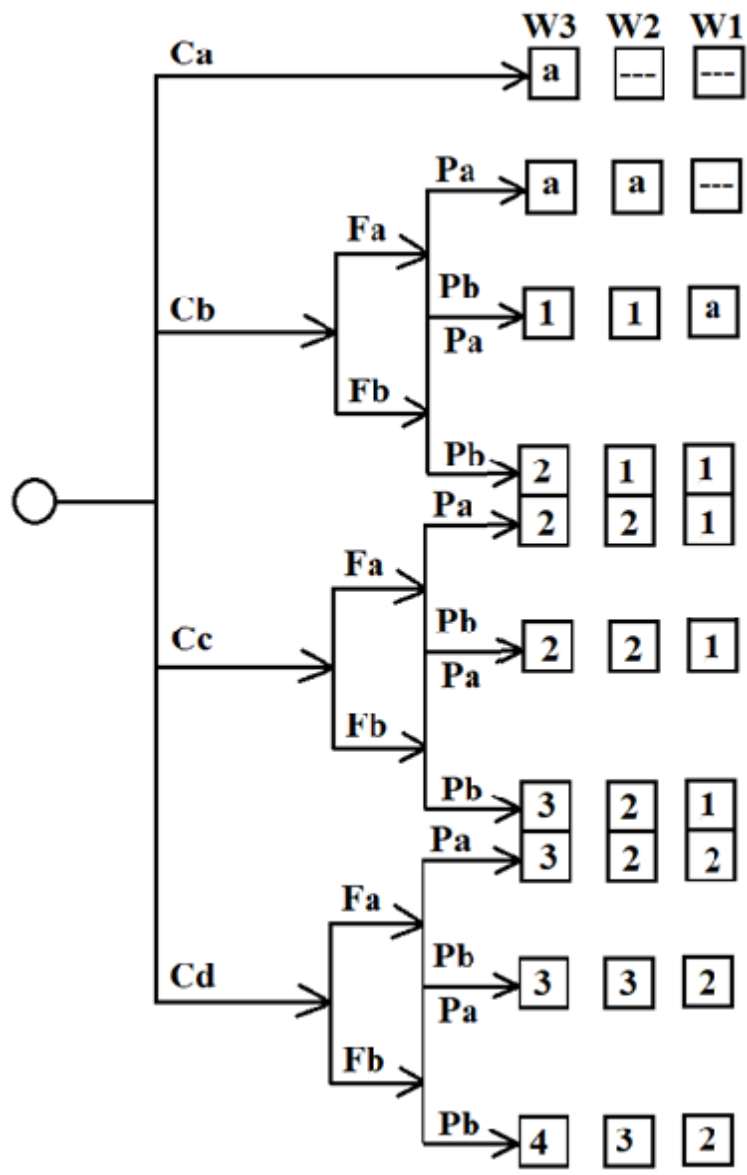


Рисунок 19 – Диаграмма рисков (откалиброванная)

4.5 Определение требуемого уровня SIL согласно стандарту ГОСТ Р МЭК 61508

Приведем последствия в таблице 8.

Таблица 8 – Последствия

Последствия	Уровень серьезности, С
Смерть работника и персонала	4
Смерть работника	3
Серьезная постоянная травма у работника	2
Минимальный ущерб	1

Приведем частоту и продолжительность воздействия опасного события в таблице 9.

Таблица 9 – Частота и продолжительность воздействия

Частота воздействия	Продолжительность F
1 минута	4
>5 минут ...1 час <	3
>1 час ...4 час <	5
>4 час ...7 час <	1

Приведем вероятность опасного события в таблицу 10.

Таблица 10 – Вероятность опасного события

Вероятность опасного события	Уровень вероятности
Высокая	4
Средняя	3
Низкая	2
Очень малая	1

Приведем вероятность избегания или ограничения вреда в таблицу 11.

Таблица 11 – Ограничение вреда

Вероятность ограничения вреда	Уровень серьезности
Отсутствует	4
Малая	3
Средняя	2
Высокая	1

Приведём итоговую таблицу 12:

Таблица 12 – Итоговая таблица

Последствия	Уровень серьезности, С	Уровни SIL			
		4-6	7-9	10-12	13-16
Смерть работника и персонала	4	SIL2	SIL3	SIL4	SIL4
Смерть работника	3	SIL1	SIL2	SIL3	SIL4
Серьезная постоянная травма у работника	2	SIL1	SIL1	SIL2	SIL3
Минимальный ущерб	1	SIL1	SIL1	SIL1	SIL2

Так, при рассмотрении случая, когда у работника случилось тяжелое отравление газом (C2), при нахождении в блоке с факельным сепаратором в течении 40-50 минут (F3), учитывая крайне низкую вероятность этого события (1), а также тот факт, что протечку удаленно устранить не получится, только с вызовом специалистов (уровень серьезности 4), то итоговый SIL будет рассчитан как:

$$SIL = 2 + 3 + 1 + 4 = \underline{10};$$

В данном случае будет присвоен уровень SIL2.

4.6 Выбор компонентов SIS

Рассмотрим выбор компонентов приборной функции безопасности *SIF*, связанной с контролем уровня в дренажной ёмкости.

Пусть проектный контур защиты от превышения величины уровня (*SIF*) реализуется в виде архитектуры *loolD* и включает в себя 5 элементов: измерительное устройство, логическое устройство (контроллер), источник питания, исполнительный механизм (клапан, задвижка) и барьер искробезопасности (рисунок 20). Они образуют приборный контур защиты для выполнения функции обеспечения безопасности работы факельного сепаратора при аварийном изменении уровня. Надежность этого контура зависит от каждого из включенных в него компонентов.

Для оценки рисков такого проектного решения проведены дополнительные расчеты безопасности контуров защиты.

В качестве исходных данных в таблице 13 использованы интенсивность безопасных отказов, интенсивность опасных детектируемых отказов, интенсивность опасных недетектируемых отказов соответственно λ_s , λ_{dd} , λ_{du} , которые можно найти в руководствах по безопасности, предоставляемые производителями конкретных КИПиА.

Примем для расчетов низкую интенсивность запросов технологическим процессом на аварийное отключение контура защиты факельного сепаратора. Другими словами, пусть практика эксплуатации факельного сепаратора

указывает на то, что срабатывание аварийной защиты факельного сепаратора происходит редко.

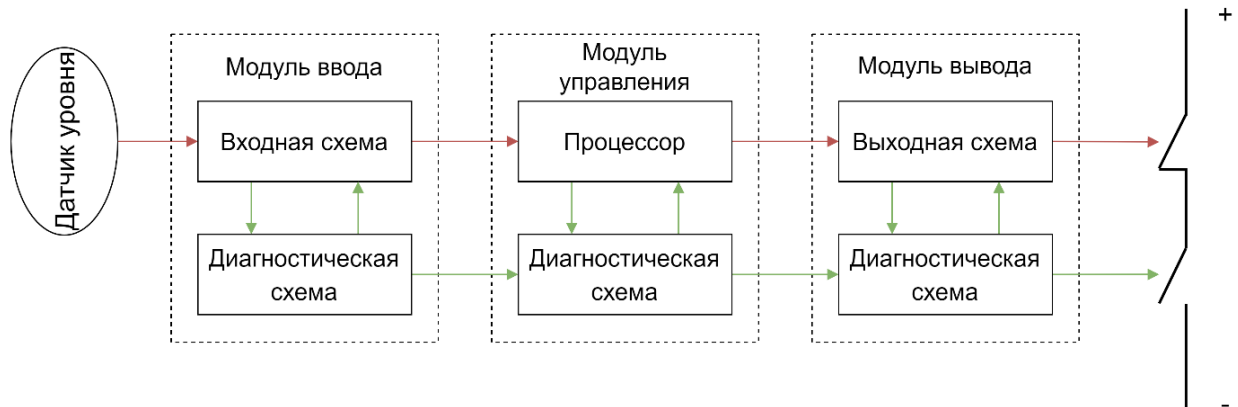


Рисунок 20 – Структура защиты 1oo1D для канала контроля уровня в сепараторе

Исходные и расчетные данные сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчетные данные

Элементы SIF	MTBF (лет)	λ /год	λ_s /год	λ_{dd} /год	λ_{du} /год	$PFD_{avg} 1oo1 = \lambda_{du}/2$	$RRF = 1/PFD_{avg}$	Допустимый SIL
Датчик уровня	105	0,017	0,01	0,0022	0,0008	0,004	250	SIL 2
Барьер ИБ	314	0,0017	0,0001	0,0002	0,00015	0,00125	800	SIL 2
ПЛК	685	0,0017	0,0008	0,00084	0,00001	0,00005	2000	SIL3
Клапан	12	0,087	0,0520	0,0132	0,0218	0,0109	92	SIL 1
Источник питания	167	0,057	0,0215	0,0250	0,007	0,00350	286	SIL 2
Общая (SIF)	10	0,1644	0,1735	0,04324	0,02976	0,0149	67	SIL 1

4.7 Определение соответствие величины $PFD_{avg1oo1D}$ выбранного проектного варианта SIF требованиям безопасности, установленным компанией.

При расчете используются следующие допущения. Пусть для каждого компонента SIF эффективность периодических тестов по выявлению опасных отказов равна 100%. Это позволяет использовать простую формулу для расчета

средней вероятности отказа выполнения требуемой функции безопасности. Для компонентов с архитектурой 1oo1D формула расчета PFD_{avg} имеет вид:

$$PFD_{avg}(TI) = \lambda_{dd} \times MTTR + \lambda_{du} \times TI / 2, \quad (4.7.1)$$

где, $MTTR$ – время восстановления в часах (обычно его принимают равным 8 часам или 0,0009 года);

TI – интервал времени между функциональными проверочными тестами (обычно полгода, год, два года).

Поскольку слагаемое $(\lambda_{dd} \times 0,0009)$ существенно меньше $(\lambda_{du} \times 0,5)$, то формулу можно упростить:

$$PFD_{avg}(TI) = \lambda_{du} \times TI / 2 = \lambda_{du} \times 1 / 2. \quad (4.7.2)$$

Для расчета фактора риска выражение RRF воспользуемся:

$$RRF = \frac{\text{Частота инцидентов без принятия мер защиты}}{\text{Допустимая частота инцидентов}} = \frac{1}{PFD_{avg}}. \quad (4.7.3)$$

Сопоставим значения SIL по опасным отказам PFD_{avg} и RRF отдельных элементов SIF с табличными (таблица 14). Расчеты показывают, что контур защиты позволяет снизить риск в 67 раз. Этого согласно диаграмме риска (рисунок 19) недостаточно, т.к. необходимо чтобы риск снижался не менее чем в сто раз ($SIL 2$).

Таблица 14 – Интегрированные уровни безопасности

<i>SIL</i> Интегральный уровень безопасности	<i>PFD_{avg}</i> Средняя вероятность отказа на запрос (низкая интенсивность запросов)	<i>(1-PFD_{avg})</i> Готовность безопасности	<i>RRF</i> Фактор снижения риска
<i>SIL4</i>	$\geq 10^{-5}$ и 10^{-4}	От 99,99 до 99,999%	От 100000 до 10000
<i>SIL3</i>	$\geq 10^{-4}$ и 10^{-3}	От 99,9 до 99,99%	От 10000 до 1000
<i>SIL2</i>	$\geq 10^{-3}$ и 10^{-2}	От 99 до 99,9%	От 1000 до 100
<i>SIL1</i>	$\geq 10^{-2}$ и 10^{-1}	От 90 до 99%	От 100 до 10

Паспортные данные датчика уровня указывают на то, что уровень его безопасности соответствует $SIL2$, так как расчетная средняя вероятность отказа при выполнении заданной функции безопасности $PFD_{avg1oo1D}$ оказалась равной

0,0008 отказов/год. Аналогично ПЛК тоже соответствует *SIL3*. Барьер и источник питания соответствуют *SIL 2*. Однако клапан (задвижка) имеет $PFD_{avg} = 0,0109$, что соответствует только *SIL1*. Это недостаточно для обеспечения приборной безопасности, соответствующей *SIL2*.

4.8 Оценим возможность применения диагностики ПАЗ

Так как класс требований к системе аварийной безопасности, установленный компанией (подтвержден диаграммой риска) должен соответствовать *SIL2*, то делаем заключение, что контур аварийной защиты не может обеспечить требуемый уровень безопасности.

Поэтому необходимо либо использовать другие КИПиА с меньшей вероятностью отказа при выполнении заданной функции безопасности, либо осуществлять его резервирование, либо уменьшить период его техобслуживания *TI*. Наихудшей надежностью (уровнем интегрированной безопасности, *SIL*) обладает клапан ($\lambda_{du} = 0,0218$).

Так как тесты не выявляют, по крайней мере, 99 % λ_{du} (это, тем более, справедливо из-за того, что эффективность проверочных тестов никогда не может достигать 100%), то формула расчета PFD_{avg} в зависимости от периода технического обслуживания ПАЗ для *1ool*-архитектуры компоненты ПАЗ принимает следующий вид:

$$PFD_{avg}(TI) = E_t \times \lambda_{du} \times \frac{TI}{2} + (1 - E_t) \times \lambda_{du} \times \frac{SL}{2}, \quad (4.7.4)$$

где: E_t – эффективность проверочного теста (0-100 %);

А SL – может быть:

- 1) Время между двумя проверочными тестами.
- 2) Время между двумя заменами компонента.
- 3) Срок службы компонента (если не производятся проверочные тесты или его замены).

Примем вероятность выявления и устранения опасных отказов контактора в течение года эксплуатации 90 % с заменой его через 2 года эксплуатации (заменой всего контура защиты), тогда

$$PFD_{avg_{1001D}} = 0,9 \times 0,0218 \times 0,5 + (1-0,9) \times 0,0218 \times 1 = 0,00981 + 0,00218 = 0,01199. \quad (4.7.5)$$

Из этого расчета $PFD_{avg_{1001}}$ следует, что в результате технического обслуживания, хотя и с высокой эффективностью проверочного теста, но не 100% гарантией выявления и устранения опасных отказов средняя вероятность отказа клапана на запрос выполнения требуемой функции безопасности улучшается (было 0,0109, стало 0,01199), но недостаточно.

$$PFD_{avg_{1001D}} = 0,9 \times 0,0218 \times 0,0416 + (1-0,9) \times 0,0218 \times 1 = 0,0004553 + 0,00218 = 0,00263. \quad (4.7.6)$$

Если интервал тестирования установить ежемесячный, то в этом случае вероятность его опасного отказа $PFD_{avg_{1001D}}$ может быть снижена до 0,00263 и он будет соответствовать приемлемой величине уровня безопасности – SIL2.

5 Выбор технических средств

5.1 Выбор датчика давления

Для измерения рабочего давления в сепараторе, необходимо установить датчик давления. Для того, чтобы обеспечивать требуемые показатели, прибор должен обладать минимальным диапазоном измерения 0...0,45 Мпа и минимальной точностью 0,5%. Выбор датчика давления остановлен на Метран-150TG (выбор происходил среди – ОВЕН ПД200-ДИ, Сапфир-22, Метран-150TG). Так как Метран-150TG по всем характеристикам превосходит традиционные датчики давления; имея стандартные присоединительные размеры, Метран-150TG (рисунок 21) полностью заменяет их.

Таблица 15 – Сравнение датчиков давления

Датчики давления	ОВЕН ПД200-ДИ	Сапфир-22	Метран-150TG	Rosemount 3051
Диапазон измерений	0,004...7 МПа	0...2,5 МПа	0...1 МПа	0...13,7 МПа
Погрешность измерений	±0,1 %	±0,5 %	±0,075 %	±0,04 %
Диапазон температур измеряемой среды	-40...+100°C	-30...+50°C	-40...+85°C	-40...+150°C
Выходной сигнал постоянного тока	4...20 мА	0...5 мА 0...20 мА 4...20 мА	4-20 мА с HART-протоколом, 0-5 мА	4-20 мА с HART-протоколом
Средний срок службы	12 лет	15 лет	15 лет	10 лет
Степень защиты	IP65	IP65	IP66	IP68
Цена	от 34 220	от 22 560р	от 35 000р	от 44 990р



Рисунок 21 – Датчик давления Метран-150TG

Датчик давления Метран-150TG измеряет как избыточное, так и абсолютное давление в зависимости от условий и необходимости. Осуществляет измерения непрерывно, преобразуя измерения величины в токовый сигнал 4-

20мА. Поддерживает протокол HART для настройки и передачи цифрового сигнала. Отлично подходит для систем автоматического регулирования процессов. Цифровой протокол HART способен обеспечивать обмен информацией между полевым устройством и логическим контроллером или же панелью управления. Цифровая передача ведущий/ведомый в сочетании с аналоговым сигналом 4-20 мА очень распространена. В этом режиме, пока основной параметр стабильно передает 4-20 мА по аналоговой сети для организации контроля и управления процессом, информация о дополнительных параметрах обновляется параллельно два раза в секунду.

В закладной укажем отборное устройство давления для подключения импульсной линии. Отборное устройство давления по ЗК14-2-5-02.

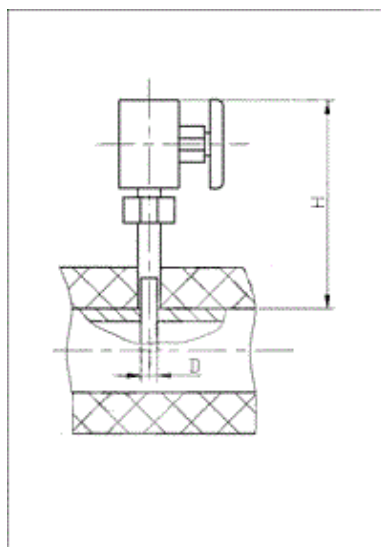


Рисунок 22 – Закладная конструкция ЗК14-2-5-02

5.2 Выбор уровнемера

Для контроля уровней конденсата в сепараторе необходимо установить уровнемер. Для того, чтобы обеспечивать требуемые показатели, прибор должен обладать минимальным диапазоном измерения 0...4 м и минимальной точностью 1%. Выбор происходил из следующих уровнемеров – ОВЕН ПДУ-И, ДУУ2М, Rosemount 5300 и VEGACAL 62. Самым привлекательным в плане характеристик уровнемеров оказался – ДУУ2М (рисунок 23).

Таблица 16 – Сравнение уровнемеров

Уровнемеры	ОВЕН ПДУ-И	ДУУ2М	Rosemount 5300	VEGACAL 62
Длина	3000 мм	4000 мм	50 000 мм	6000 мм
Погрешность измерений	$\pm(10 + 0,01 \cdot L)$	± 3 мм	± 2 мм	± 2 мм
Диапазон температур измеряемой среды	-60...+125°C	-55...+75°C	-60...+75°C	-50...+200°C
Температура окружающей среды	-40...+85°C	-50...+75°C	-40...+80°C	-40...+80°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА	4...20 мА 0...20 мА	4-20 мА	4-20 мА
Давление измеряемой среды	0...4 МПа	0...2 МПа	0...4 МПа	0...6 МПа
Степень защиты	IP65	IP68	IP67	IP68
Цена	от 19 529р	от 35 260р	от 83 200р	от 107 220р



Рисунок 23 – Уровнемер ДУУ2М

ДУУ2М измеряет уровень среды с помощью специального поплавка с постоянным магнитом и стальной проволоки, на которую намотан дроссель, генерирующий магнитное поле. Принцип действия таков: катушка на проволоке запитывается током, возникает магнитное поле. Силовые линии магнитного поля катушки встречаются с магнитным полем магнита, от чего тот начинает скользить вдоль поверхности проволоки. Такое взаимодействие вызывает продольную деформацию, которую в свою очередь уже считывает специальный пьезоэлемент. Ток по проволоке течет не постоянно, а импульсами, а значит и деформацию пьезоэлемент будет считывать импульсами. В данном случае нас интересует время от подачи тока на катушки до момента фиксирования деформации пьезоэлементом. Чем дольше время, тем ниже уровень, и наоборот.

Датчики состоят из:

1. ЧЭ (чувствительный элемент);
2. поплавок, скользящего вдоль продетого сквозь него ЧЭ;
3. первичного преобразователя, включающего пьезоэлемент.

Закладная конструкция по ЗК4-1-87 предназначена для установки термометров, манометров, термопреобразователей на трубопроводе диаметром больше 76 мм или толстой металлической стенке.

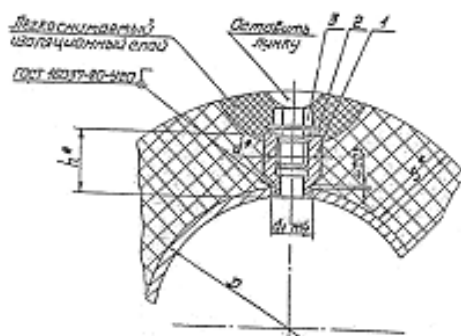


Рисунок 12 – Закладная конструкция (ЗК4-1-87)

5.3 Выбор расходомера

Контроль выхода газа осуществляют расходомеры. Для того, чтобы обеспечивать требуемые показатели, прибор должен обладать минимальным диапазоном измерения $0...600 \text{ м}^3/\text{ч}$ и минимальной точностью 1%. Выбор

состоял из следующих расходомеров – Метран350, Метран-370, Rosemount 8750 и был остановлен на Rosemount 8750 (рисунок 24).

Таблица 17 – Сравнение расходомеров

Расходомер	Метран-350	Метран-370	Rosemount 8750
Давление измеряемой среды	до 25 МПа	до 4 МПа	до 4 МПа
Диапазон измерений	40...1900	12...160	20...805
Температура измеряемой среды	-40...+400°C	-29...+180°C -	-29...+177°C -
Температура окружающей среды	-40...+85°C	-40...+65°C	-50...+74°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА
Погрешность измерений	±0,8 %	±0,5 %	±0,25 %
Степень защиты	IP68	IP68	IP67
Цена	-	-	от 35 580р



Рисунок 24 – Расходомер Rosemount 8750

Расходомер серии Rosemount 8750 – электромагнитный, предназначен для измерения объемного расхода. Преимущества:

1. Точность измерения
2. Измерение расхода агрессивных сред
3. Низкие потери давления
4. Отсутствие движущихся частей

Конструкция Rosemount 8750 представляет собой небольшой участок трубы из нержавеющей стали и специальным патрубком под датчик. К трубе прикреплены пара катушек возбуждения и столько же изолированных электродов. Принцип работы основан на наведении ЭДС на проводниках при движении их перпендикулярно магнитным полям прикрепленных к трубе катушек. Наведенная ЭДС будет пропорциональна скорости движения электродов.

Полученная разность потенциалов считывается преобразователем, затем усиливается и обрабатывается. Таким образом формируется выходной сигнал расходомера.

А также была выбрана закладная конструкция, а именно ЗК4-1-27-95.

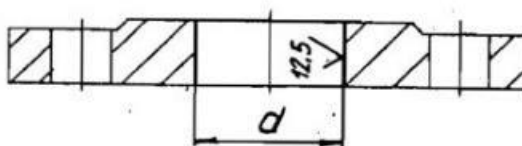


Рисунок 25 – Закладная конструкция (ЗК4-1-27-95)

5.4 Выбор датчика температуры

Для того, чтобы обеспечивать требуемые показатели, прибор должен обладать минимальным диапазоном измерения $-40...200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и минимальной точностью 1%. Для предотвращения появления отложений парафинов, замерзания или образования гидратов должен быть установлен датчик температуры (ТТ 13-1) WIKA TR10-F (рисунок 26). Выбор осуществлялся среди следующих датчиков Rosemount 0065, ТХАУ Метран-271, KOBOLD TTL.

Таблица 18 – Сравнение датчиков температур

Датчик	Rosemount 0065	ТХАУ Метран-271	WIKА R10-F	KOBOLD TTL
Диапазон измерений	-50...+450°C	-40...+600°C	-200...+600	-200...+600
Тип сенсора	Pt100	Pt100	Pt100	Pt100
Температура окружающей среды	-40...+85°C	-40...+65°C	-60...+80°C	-40...+80°C
Выходной сигнал постоянного тока	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА
Погрешность измерений	±0,08°C	±0,5 %	±0,25 %	±1 %
Степень защиты	IP68	IP66	IP68	IP66
Цена	от 21 000р	от 4 000р	от 5 000р	-



Рисунок 26 – WIKА TR10-F

WIKА R10-F – классический термометр сопротивления. Сила выходного тока зависит от сопротивления чувствительного элемента (металлической

проводами), которое изменяется в следствии изменения температуры. Датчик может быть изготовлен в различных исполнениях:

1. Измерительный элемент – Pt100, Pt1000

2. 2-проводный, 3-проводный, 4-проводный

Pt100 – обозначение термометра сопротивления, где 100 – это 100 Ом при температуре 0°C, а Pt – изготовлен из платины.

Закладная конструкция по ЗК4-1-87 предназначена для установки термометров, манометров, термопреобразователей на трубопроводе диаметром больше 76 мм или толстой металлической стенке.

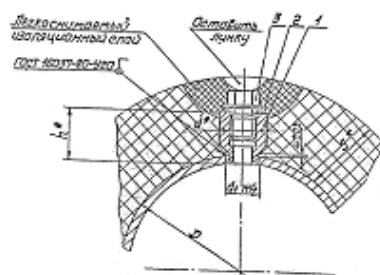


Рисунок 27 – Закладная конструкция (ЗК4-1-87)

5.5 Выбор исполнительных механизмов

Для автоматизированного управления технологическим процессом контуру регулирования необходимы исполняющие устройства. Одним из таких является клапан, контролирующей подачу или останов жидкости или газа по трубопроводу.

В ходе работы был выбран клапан регулирующей, односедельный с ЭИМ (электрический исполнительный механизм) DN150, PN1,6-4,0 МПа:



Рисунок 28 – Клапан регулирующей односедельный с электроприводом

Технические характеристики представлены в таблице 19:

Таблица 19 – Технические характеристики регулирующего клапана

Техническая характеристика	Значение
Корпус	Легированная сталь
Рабочее давление, МПа	До 4 МПа
Температура рабочей среды, °С	-60...150
Температура окружающей среды, °С	-60...50
Присоединение	Фланцевое

Управление клапан осуществляется специальным электрическим двигателем. Для работы с выбранным клапаном был подобран электропривод Regada ST1 из того же каталога. Технические характеристики электропривода представлены в таблице 20:

Таблица 20 – Технические характеристики электропривода

Техническая характеристика	Значение
Рабочий ход, мм	8...80
Скорость управления, мм/мин	8...80
Напряжение питания	220В, 50Гц
Температура окружающей среды, °С	-45...+65
Степень защиты	IP67

Стандартное исполнение ЭИМ:

1. электрическое присоединение реализуется на клеммную колодку;
2. механическое подсоединение – фланец.

5.6 Выбор контроллерного оборудования

Для проектирования блока сепарации необходимо выбрать контроллерное оборудование. Выбор осуществлялся между Siemens SIMATIC S7-1500, ОВЕН ПЛК110-MS4, Schneider Electric TM171ODM22R, 080G0037 Danfoss MCX15B. Выбран был Siemens S7-1500.

Таблица 21 – Выбор контроллерного оборудования

Контроллер	Schneider Electric TM171ODM22R	ОВЕН ПЛК110-MS4	Siemens S7- 1500	080G0037 Danfoss MCX15B
Рабочая температура, °С	-20...+55	-40...+55	-40...+70	-10...50
Интерфейсы	RS-485	RS-485, RS-232, Ethernet	PROFINET, Industrial Ethernet и PROFIBUS RS 232C, RS 422, RS 485	RS-485
Протокол передачи данных	Modbus RTU	Modbus RTU, TCP, OPC UA (клиент/сервер) DCON	PPI, Modbus RTU, TCP	Modbus RTU
Дискретный ввод/вывод	6/6	18/12	16/8	18/15
Аналоговый ввод/вывод	5/5	–	8/4	10/6
Наработка на отказ, ч	–	100 000	350 000	–
Цена	27 724	от 32 320	38 067	38 499

6 Выбор средств реализации СПАЗ

6.1 Выбор датчика загазованности

Для того, чтобы обеспечивать требуемые показатели, прибор должен обладать минимальным диапазоном измерения 0...50% НКПР и минимальной точностью 1%. Для контроля предельного и аварийного уровня загазованности был выбран сигнализатор SGYME0V4ND (выбор происходил среди SYMN Seitron, SGYME0V4ND, Газотрон, Алмаз-Спектр) (рисунок 29).

Таблица 22 – Сравнение сигнализаторов загазованности

Сигнализаторы загазованности	SGYME0V4ND	SYMN Seitron	Газотрон	Алмаз-Спектр
Порог срабатывания	0...50% НКПР	0...50% НКПР	0...10% НКПР	0...100% НКПР
Рабочая температура	-10...+50°C	-10...+40°C	-10...+40°C	-60...+65°C
Выходной сигнал	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА
Точность	±0,1 %	±0,5 %	±0,04 %	±0,075 %
Давление измеряемой среды	80...110 кПа	70...109 кПа	84...107 кПа	82...105 кПа
Степень защиты	IP65	IP54	IP65	IP65
Цена	26 435	18370	5 995	81550



Рисунок 29 – Сигнализатор загазованности SGYME0V4ND

SGYME0V4ND – наружный сигнализатор загазованности с чувствительным элементом каталитического действия и выходным сигналом 4-20мА, отлично обнаруживает природный газ. Чувствительный элемент запечатан в прочный взрывозащищенный металлический корпус (EExd) и надежно защищен фильтром, который находится в нижней части прибора.

Сигнализатор SGYME0V4ND практически нечувствителен к температуре внешней среды и влажности, а при загазованности ниже НКПР чувствительный элемент каталитического действия обладает хорошей надежностью и стабильностью.

6.2 Выбор сигнализатора уровня

Выбор сигнализатора уровня проходил из следующих вариантов приборов: РИЗУР-900, VibranivoVN4000 и Rosemount 2120. В таблице 23 отображены характеристики сигнализаторов уровня.

Таблица 23 – Технические характеристики сигнализаторов уровня

Сигнализаторы	РИЗУР-900	Vibranivo VN4000	Rosemount 2120
Давление среды	6 МПа	1,6 МПа	0,1 – 10МПа
Диапазон температур измеряемой среды	-196...+500 °С	-196...+150°С	-40...+150°С
Тип выходного сигнала	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА
Диапазон температур окружающей среды	-60...+75 °С	-40...+50°С	-40...+80°С
Степень защиты	IP67	IP66	IP68
Цена	20 000 руб.	58 630 руб.	71 620 руб.
Погрешность	±0,04 МПа	±0,2 МПа	±0,2 МПа

В результате анализа был выбран сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120 (рисунок 30), невосприимчивый к окружающим факторам (температуре, давлению и т.д.).



Рисунок 30 – Сигнализатор уровня Rosemount 2120

Принцип работы сигнализатора Rosemount 2120 основывается на принципе действия камертона, который делает его подходящим для применения практически в любых жидкостях. Прибор имеет широкий выбор технологических присоединений, материалов корпуса и смачиваемых частей для обеспечения универсальности и превосходной надежности, а также сменных модулей электроники с релейным выходом, возможность удлинения вилки, сертификация на применение в опасных зонах, функция самодиагностики и сертификация на защиту от переливов. Сигнализаторы Rosemount 2120 обеспечивают стабильную работу при температуре до 150°C и давлении до 10 МПа. Благодаря этим характеристикам сигнализатор способен удовлетворить практически любые требования.

А также была выбрана закладная конструкция, а именно ЗК4-1-85 (рисунок 31), которая устанавливается «под приварку» [3].

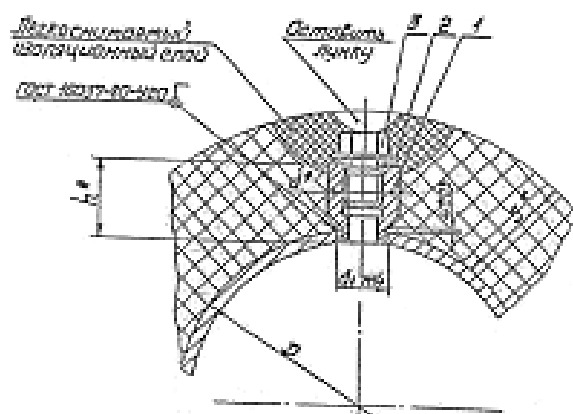


Рисунок 31 – Закладная конструкция (ЗК4-1-85)

6.3 Выбор сигнализатора давления

Были рассмотрены три варианта уровнемеров: СДУ-М, СДКП-КМ, СДТ-1, в таблице 24 представлены технические характеристики уровнемеров.

Таблица 24 – Технические характеристики сигнализаторов давления

Сигнализаторы давления	ЛСИ V	СДКП-КМ	СДТ-1
Диапазон измерений	0,02 – 1,5 МПа	0,125-0,61 МПа	0 – 5 МПа
Диапазон температур измеряемой среды	-10...+110 °С	+5...+100°С	-60...+75°С
Тип выходного сигнала	4-20 мА	4-20 мА	4-20 мА
Диапазон температур окружающей среды	-60...+60 °С	-2...+40°С	-40...+45°С
Степень защиты	IP68	IP67	IP67
Цена	24 000 руб.	32 500 руб.	19 000 руб.
Погрешность	±0,04 МПа	±0,2 МПа	±0,2 МПа

В результате анализа был выбран сигнализатор давления СДТ-1 (рисунок 32), так как он удовлетворяет требованиям настоящего ТЗ.



Рисунок 32 – Сигнализатор давления СДТ-1

СДТ-1 (рисунок 32) состоит из двух капсул (сильфонов), между которыми расположена мембрана. При измерении датчик фиксирует величину прогиба

мембраны, которая деформировалась в следствии действующего перепада давления в этих капсулах: Рд - Рс.

А также была выбрана закладная конструкция, а именно ЗК4-1-85 (рисунок 33), которая устанавливается «под приварку» [3]

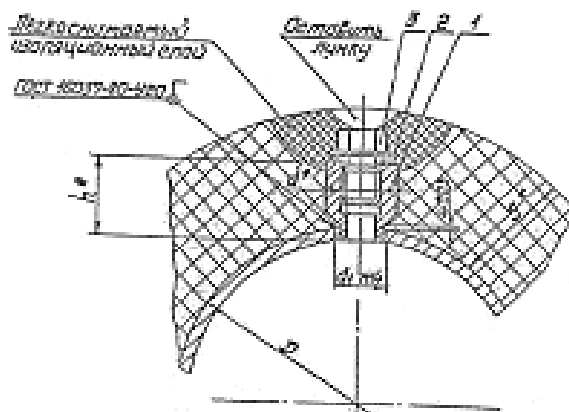


Рисунок 33 – Закладная конструкция (ЗК4-1-85)

6.4 Выбор теплового реле

Для защиты электродвигателя от перекоса фаз, перегрева на затяжных пусках, заклинивании вала или подачи чрезмерной нагрузки используют тепловое реле. Рассмотрим типовое реле РТИ-1321 электротепловое 12-18А ИЕК:

Таблица 25 – Характеристики реле РТИ-1324 12-18А

Реле	РТИ-1321 12-18А ИЕК
Регулируемый диапазон тока	12...18 А
Кол-во вспомогательных норм замкнутых-НЗ контакторов	1
Кол-во вспомогательных норм замкнутых-НО контакторов	1
Класс защиты	10
Номинальное раб напряжение	230; 400; 600 В
Температура эксплуатации	от -45 до +55 °С
Цена	863 руб.

Реле электротепловое серии РТИ является электрическим коммутационным устройством, имеющим собственное потребление энергии. Электротепловое реле серии РТИ предназначено для защиты электродвигателей от перегрузки, асимметрии фаз, затянутого пуска и заклинивания ротора. Устанавливается непосредственно на контакторах серии КТИ и КМИ. Для защиты от короткого замыкания должны быть предусмотрены предохранители или автоматические выключатели на соответствующее значение номинального тока срабатывания.



Рисунок 34 – Реле РТИ-1321 электротепловое 12-18А ИЕК

6.5 Выбор контроллера ПАЗ

Одной из самых главных составляющих разрабатываемой системы противоаварийной защиты объекта является программируемый логический контроллер (ПЛК) для противоаварийной защиты.

В качестве них были рассмотрены такие контроллеры как Siemens Siemens S7-300F и БАЗИС-100.

Выбор ПЛК проводился по следующим техническим характеристикам: количество аналоговых и дискретных каналов ввода/вывода, протоколы связи, интерфейсы связи, диапазон рабочих температур, время выполнения цикла ПЛК, поддерживаемые языки программирования, дополнительная память, цена и страна производитель. Сравнительные технические характеристики ПЛК приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Технические характеристики ПЛК

ПЛК	Siemens S7-300 F	АЗИС-100
Количество аналоговых каналов ввода/вывода	300/300	До 320/320
Количество дискретных каналов ввода/вывода	850/850	До 640/400
Протоколы связи	PROFINET, PROFIBUS	Ethernet
Интерфейсы связи	Industrial Ethernet	RS-485, Ethernet
Диапазон рабочих температур	-20...+60°C	-25...+60°C
Степень защиты	IP20	IP20
Языки программирования	LAD, FBD, SCL	FBD, LD, CFC, ST, IL
Цена	378 000 руб.	350 000 руб.

По итогу проведения сравнительного анализа двух видов ПЛК для противоаварийной защиты был выбран БАЗИС-100 (рисунок 35), так как он удовлетворяет всем требованиям, а также он является отечественным, что в нынешнее время достаточно важный аргумент.



Рисунок 35 – БАЗИС-100

7 Разработка схем внешних соединений АСУ объекта и его СПАЗ

Схема соединений внешних проводок – это комбинированная схема, на которой изображены электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерном оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, воздуховодах и т.д.), вне щитов и на щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов.

Сигналы, приходящие со всех датчиков и исполнительных механизмов, по контрольным кабелям поступают в клеммные соединительные коробки, откуда они попадают на щит оператора. Клеммная соединительная коробка (КСК) предназначена для соединения кабелей при монтаже различного технологического оборудования. Для схемы внешних соединений АСУ факельного сепаратора было использовано четыре клеммные соединительные коробки, а для схемы внешних соединений СПАЗ были использованы две клеммные соединительные коробки.

Кабели должны быть экранированными и негорючими, в связи с этим был выбран КВВГЭнг (рисунок 36136). Кабель применяют для прокладки в условиях агрессивных сред, при необходимости защиты электрических цепей от негативного влияния электрических полей.



Рисунок 361 – КВВГЭнг

Конструкция:

1. токопроводящая жила – медная проволока;
2. изоляция – ПВХ пластикат;
3. оболочка – ПВХ пластикат пониженной горючести;
4. экран – в виде обмотки из медной ленты или медной фольги.

Кабель КВВГЭнг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика. Электротехнический контрольный кабель КВВГЭнг предназначен для присоединения к электроаппаратуре, электроприборам.

8 Разработка принципиальной схемы релейной автоматики пуска/останова ТУ

Цепь питания

На двигатель М1 и М2 поступает трехфазное питание через линии Л1-Л3. Эти линии содержат автомат QF, защищающий цепь от короткого замыкания и обрыва. Тепловое реле КК нужно для того, чтобы обезопасить цепь от высокой нагрузки и перегрева.

Питание на цепь управления идет двухфазное с переменным напряжением 220В. Эта напряжение питает как схему управления двигателями М1-М2, так и в случае необходимости ручное включение/отключение центробежных насосов.

Ручное включение двигателей

Ручное включения двигателей осуществляется с помощью нормально разомкнутых кнопок ВКЛ по месту SB3 и SB4, замыкая цепь которой, мы запитываем катушки МП1 и МП2 соответственно. Контактные реле тут же срабатывают, замыкают цепь нужного двигателя с питающим напряжением, а также организуют самоподхват на управляющей ветке.

Ручной останов двигателя

Ручной останов двигателя осуществляется похожим образом, как и пуск. Для остановки двигателя достаточно нажать на нормально замкнутую кнопку СТОП по месту SB1 или SB2, по этим линиям идет фаза. При обрыве фазы, ток по контурам течь не будет, а значит катушки МП1 и МП2 размагнитятся. Их контакторы разомкнутся, а значит двигатели тут же перестанут быть под напряжением и начнут останавливаться. Самоподхват будет расцеплен, т.к. нет больше поддерживающего магнитного поля от катушек, чтобы держать эти контакты замкнутыми.

Автоматическое включение двигателя

Автоматическое включение осуществляется с помощью ключей АВ1 и АВ2. Ток начинает идти по веткам через МП1 и МП2 (если эта ветка запитана), запуская уже известные механизмы, до ветки N.

Автоматическое выключение двигателя

Автоматическое выключение двигателя осуществляется с нормально замкнутого ключа АВ0. По принципу с кнопкой SB1 и SB2, фаза обрывается, а значит ток в ветках n-3 и n-4 перестает течь. МП1 и МП2 выключаются, выключая с собой и двигатели.

Схема релейного управления представлена в приложении Ж.

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В современных реалиях перспективность любой научной или исследовательской работы определяется, как правило, не масштабом открытия, а его коммерческой ценностью.

Оценка коммерческой ценности проекта является одним из необходимых условий при поиске источников финансирования для проведения исследования и коммерциализации результатов работы.

Исследователям и разработчикам важно представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью этого раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

9.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается модернизация АС блока подготовки газа, а именно сепаратора факельной системы, установки комплексной подготовки газа УКПГ.

В таблице 27 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 27 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение 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.

Таблица 28 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
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 (предоставляемые 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

Продолжение таблицы 28

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУТП сторонней компанией
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

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

9.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ

применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

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.

Таблица 29 – SWOT анализ

	<p>Сильные стороны: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки. С5. Высокая безопасность разработки.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынок новой системы. Сл4. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4. Снижение таможенных пошлин на материалы и оборудование. В5. Использование инфраструктуры ТПУ</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему. У4. Введение дополнительных государственных стандартов и требований сертификации. У5. Несвоевременное финансовое обеспечение</p>		

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 30 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта			
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	В1	+	+	+	+	+	0	0	-	-
	В2	+	+	+	+	0	-	-	0	-
	В3	+	0	+	+	0	-	-	-	-
	В4	-	-	+	0	-	+	+	0	-
	В5	0	+	+	+	0	0	+	+	-
Угрозы проекта	У1	+	-	+	+	0	-	-	+	-
	У2	+	0	+	+	0	-	-	+	-
	У3	0	-	0	+	+	-	-	-	-
	У4	-	-	-	0	+	-	-	-	-
	У5	-	-	0	0	-	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида: В1С1С2С5; В4С1С4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе.

Учитывая изложенную выше информацию, составим итоговую матрицу SWOT-анализа:

Таблица 31 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки. С5. Высокая безопасность разработки.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынок новой системы. Сл4. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок В4. Снижение таможенных пошлин на материалы и оборудование. В5. Использование инфраструктуры ТПУ</p>	<p>В1С1-С5: Такая отличная корреляция обусловлена введением новой системы управления, мало распространенной на территории РФ. В2В3В5С1-С4: Рассмотренные возможности позволяют проекту быть конкурентноспособным, позволяя вести более продуктивную маркетинговую стратегию. В4С3: Снижение себестоимости проекта приведет к снижению итоговой стоимости, что в свою очередь ведет к увеличению спроса.</p>	<p>В4Сл1Сл2: Снижение таможенных пошлин способствует ускорению процесса поставок оборудования, что также позволяет приступить к разработке бюджетного прототипа. В5Сл2Сл3: Налаженные отношения с партнерами ТПУ позволят заметно снизить трудозатраты на логистику и продвижение товара на рынке.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему. У4. Введение дополнительных государственных стандартов и требований сертификации. У5. Несвоевременное финансовое обеспечение</p>	<p>У1У2С1С3С4: Указанные угрозы проекта можно использовать в качестве возможностей, если вести стратегию экономичности и энергоэффективности. У4У5С4С5: Патентование новой системы управления может привести к пересмотру стандартов и требований, а актуальность разработки к ускорению этого процесса и привлечения новых инвесторов.</p>	<p>У1У2Сл3: Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.</p>

Данный анализ позволяет выстраивать маркетинговые и управленческие стратегии. В нашем случае можно сделать вывод, что на данный момент преимущества преобладают над недостатками.

9.3 Планирование научно-исследовательской работы

9.3.1 Структура работы в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В реализации данного проекта участвуют два исполнителя – руководитель темы и инженер. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 32.

Таблица 32 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель темы
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение математических моделей и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы, инженер

Продолжение таблицы 32

Основные этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации со СПАЗ	Инженер
	11	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	12	Разработка схемы релейной автоматики	Инженер
	13	Разработка блок-схемы алгоритма управления насосами	Инженер
	14	Разработка трехуровневой структурной схемы	Инженер
	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
	17	Разработка схемы по ISA 5.4	Инженер
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Инженер

9.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (9.1)$$

где $t_{ожі}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (9.2)$$

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.

9.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9.3)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (9.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году 365;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году 52 (при 6-дневки);

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году 14;

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

Все рассчитанные значения сведем в таблицу (табл. 33).

Таблица 33 – Временные показатели проведения работ

Наименование работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	3	10	5,8	1	5,8	8
Подбор и изучение материалов по теме	7	20	12,2	1	12,2	15
Изучение существующих объектов проектирования	3	7	4,6	1	4,6	6
Календарное планирование работ	3	7	4,6	2	2,3	3
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	15	10,2	1	10,2	13
Построение математических моделей и проведение экспериментов	5	10	7	1	7	9
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2	5	3,2	1	3,2	4
Оценка эффективности полученных результатов	2	5	3,2	2	1,6	2

Продолжение таблицы 33

Наименование работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Определение целесообразности проведения ОКР	2	5	3,2	2	1,6	2
Разработка функциональной схемы автоматизации со СПАЗ	3	7	4,6	1	4,6	6
Разработка схемы внешних проводок	2	5	3,2	1	3,2	4
Разработка схемы релейной автоматики	2	5	3,2	1	3,2	4
Разработка блок-схемы алгоритма управления насосами	3	7	4,6	1	4,6	6
Разработка трехуровневой структурной схемы	2	5	3,2	1	3,2	4
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	3	7	4,6	1	4,6	6
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	3	7	4,6	1	4,6	6
Разработка схемы по ISA 5.4	2	5	3,2	1	3,2	4
Составление пояснительной записки	3	7	4,6	1	4,6	6
Итого	Руководитель				11,3	15
	Инженер				73	97

На основе таблицы 33 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 34 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 34 – Диаграмма Ганта

Вид работы	Исполнители	Продолжительность выполнения работ														
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	■														
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	■	■													
Изучение существующих объектов проектирования	Инженер		■	■												
Календарное планирование работ	Руководитель темы				■											
	Инженер				■											
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер				■	■										
Построение математических моделей и проведение экспериментов	Инженер					■	■									
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер							■								
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы, инженер								■							
	Инженер								■							
Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы, инженер									■						
	Инженер									■						
Разработка функциональной схемы автоматизации со СПАЗ	Инженер										■					
Разработка схемы внешних проводок	Инженер										■					
Разработка схемы релейной автоматики	Инженер										■					
Разработка блок-схемы алгоритма управления насосами	Инженер											■				

Продолжение Таблицы 34

Вид работы	Исполнители	Продолжительность выполнения работ												
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Разработка трехуровневой структурной схемы	Инженер													
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер													
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер													
Разработка схемы по ISA 5.4	Инженер													
Составление пояснительной записки	Инженер													

9.3.4 Бюджет научно-технического исследования

Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 35 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 35 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, руб.
Контроллер "Siemens SIMATIC S7-1500"	шт.	1	38 067	38 067
Расходомер "Rosemount 8750"	шт.	3	35 580	106 740
Датчик давления "МЕТРАН-150TG"	шт.	2	35 000	70 000
Датчик температуры " WIKA TR10-F "	шт.	3	5 000	15 000
Уровнемер "ДУУМ 2М"	шт.	1	35 260	35 260

Продолжение таблицы 35

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, руб.
Сигнализатор уровня " Rosemount 2120"	шт.	1	71 620	71 620
Клапан регулирующий DN150	шт.	1	52250	52250
Электропривод Regada ST1	шт.	1	109112	109112
Датчик загазованности SGYME0V4ND	шт.	1	26 435	26 435
Итого:				524 484

Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования контроллера фирмы Codesys. В таблице 36 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 36 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Стоимость, руб.
Codesys	1	14000	14000
Итого:			14000

Основная заработная плата исполнителей

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 37.

Таблица 37 – Основная заработная плата

Исполнители	Оклад, Руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м, руб}$	$Z_{дн, руб.}$	$T_{р, раб. дн.}$	$Z_{осн, руб.}$
Руководитель	37 700	0,3	0,2	1,3	76 455,6	3 822,8	11,3	45 874
Инженер	19 200	0,3	0,5	1,3	48 672	2 433,6	73	177 653
Итого:								223 527

Дополнительная заработная плата исполнителей

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:

$$Z_{допP} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 45874 = 6881; \quad (9.5)$$

$$Z_{допИ} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 192254 = 26648; \quad (9.6)$$

Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 38.

Таблица 38 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	45 874	6 881
Инженер	177 653	26 648
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30
Итого:	67 058	10 059

Накладные расходы

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

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр}; \quad (9.7)$$

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

Произведем расчет приняв величину коэффициента накладных расходов равным 16%.

$$Z_{накл} = (524484 + 14000 + 223527 + 33529 + 77117) \cdot 0,16 = 139 625; \quad (9.8)$$

Формирование бюджета затрат проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 39:

Таблица 39 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты НТИ	524 484
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	14 000
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	223 527
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	33 529
5	Отчисления во внебюджетные фонды	77 117
6	Накладные расходы	139 625
7	Бюджет затрат НТИ	1 012 282

9.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (9.9)$$

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).

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

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией АО «Роснефть». Система АСУ ТП разработана на базе контролера Siemens S7-300 и датчиков Метран;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «Автоматизация производств». Система АСУ ТП разработана на базе контроллеров Allen-Bradley и датчиков Rosemount.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов приведена в таблице 40

Таблица 40 – Смета бюджетов для рассмотренных аналогов

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб	1 012 282	~ 1 400 000	~ 1 250 000

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1012282}{1400000} = 0,72; \quad (9.10)$$

Для аналогов соответственно:

$$I_{\text{финал}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1400000}{1400000} = 1; \quad (9.11)$$

$$I_{\text{финал}}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1250000}{1400000} = 0,89; \quad (9.12)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (9.13)$$

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.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 41.

Таблица 41 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	4	5
3. Надёжность	0,2	4	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,05	4	5	5
Итого:	1	4,75	4,05	4,55

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{III} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 = 4,75; \quad (9.14)$$

$$Аналог1 = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 = 4,05; \quad (9.15)$$

$$Аналог2 = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,05 = 4,55; \quad (9.16)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad (9.17)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}, \quad (9.18)$$

В результате:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{I_T^{a1}}{I_{фина1}^{a1}} = \frac{4,05}{1} = 4,05; \quad (9.19)$$

$$I_{фина2}^{a2} = \frac{I_T^{a2}}{I_{фина2}^{a2}} = \frac{4,55}{0,89} = 5,11; \quad (9.20)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_T^p}{I_{финр}^p} = \frac{4,75}{0,72} = 6,6; \quad (9.21)$$

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}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}, \quad (9.22)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 42.

Таблица 42 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	1	0,89
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4,05	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	6,6	4,05	5,11
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,63	1	1,26

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами и по финансовой эффективности, и по ресурсной эффективности.

Вывод по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В ходе выполнения работы был использован широкий спектр аналитических инструментов и расчетов. Примененный комплекс инструментов и расчеты позволили решить ряд задач, возлагаемые на раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

В данном разделе были решены следующие задачи:

- оценили коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований, определили потенциальных потребителей и выявили следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации;

- определили возможные альтернативы проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, выполнили SWOT – анализ, где определили стратегии поведения по использованию возможностей и нивелированию угроз и слабых сторон проекта;

- провели планирование научно-исследовательских работ, провели расчет трудозатрат и по полученным данным составили календарный план-график проекта;

- определили ресурсную, финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективности исследования.

С учетом решенных задач можно сделать вывод, что проект является конкурентноспособным, а также более ресурсоэффективным по сравнению с текущими аналогами.

10 Социальная ответственность

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 модельное исследование автоматизированной системы управления факельным сепаратором на УКПГ. Как правило, такие объекты находятся в специально отведенных под это помещениях, размерами 25х30 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.

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

10.1.1 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 [15]. 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 факельной 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.

Специальная оценка условий труда определяется согласно [16].

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 [15].

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, описанные в [17].

Основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и общие принципы обеспечения пожарной безопасности приведены в [18].

10.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Работа по проектированию осуществляется с использованием персонального компьютера.

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 [16]. Стул (кресло) должен быть подобран согласно нормам [17].

При проведении установки составных частей в корпус автомата работа проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [19]. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования». Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для женщин и мужчин должна соответствовать требованиям [18].

10.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для производственной среды представлен в таблице 43. 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 43 – 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 [20].
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 [21]. СанПиН 1.2.3685-21 [20].
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 [24].
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [22].
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП23-05-95 [23].

10.2.1 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.

10.2.2 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 [20]. 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.

10.2.3 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.

10.2.4 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.

10.2.5 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 [21].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

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

В таблице 44 приведены гигиенические нормы вибрации.

Таблица 44 – 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	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.

10.2.6 Опасные и вредные 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 [20]. Они представлены в таблице 45.

Таблица 45 – 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

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

10.2.7 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума

Источником возникновения фактора являются исполнительные механизмы. Шум ухудшает условия труда и работоспособность человека. Длительное шумовое воздействие оказывает негативное влияние на организм – появление головных болей, раздражительности, повышенная утомляемость, боли в ушах и т.д. Интенсивный шум (более 80 дБ) при длительном воздействии может привести к полной или частичной потере слуха. Допустимые значения звукового давления согласно санитарным нормам [20] раздела «Предельно допустимые уровни звука и звукового давления в октавных полосах частот на рабочих местах и местах размещения обслуживающего персонала специального подвижного состава» указаны в таблице 46.

Таблица 46 – 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

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.

10.2.8 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. В таблице 5 представлены допустимые значения освещенности рабочих мест согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение 4.1 Требования к освещению помещений промышленных предприятий [23].

Таблица 47 – 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

10.3 Экологическая безопасность

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.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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:

1) Наличие в сепараторе значительного количества взрывопожароопасного вещества создает опасность аварийного выброса при разгерметизации оборудования.

2) Эксплуатация данного факельного сепаратора под давлением 0,10 МПа, создает дополнительную опасность разгерметизации.

3) Физический износ оборудования может привести к его разгерметизации и разрушению.

4) Воздействие статического и атмосферного электричества создают опасность возникновения источников зажигания и, как следствие, возникновению взрывов и пожаров.

5) 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 взрывопожароопасности к категории А;
- по классификации взрывоопасных зон к классу В-1г.

Таблица 48 - Характеристика взрывопожароопасности рабочих веществ

Наименование вещества	Класс опасности	Температура, °С		Концентрированный предел воспламенения % объемн.	
		Вспышки	Самовоспламенения	Нижний предел	Верхний предел
Нефтяной газ (метан)	4	-	537	5	15

Полевые датчики КИП предусматриваются во взрывозащищенном исполнении с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» Ex(i), в обоснованных случаях – «взрывонепроницаемая оболочка» Ex(d). Приборы, не имеющие соответствующей степени защиты установлены во взрывозащищенных коробках со степенью защиты «взрывонепроницаемая оболочка» Ex(d).

Для того чтобы избежать охлаждения сепаратора ниже -20°С предусмотрен обогрев с помощью теплоносителя. При низких температурах образуются парафины на стенках ФС.

Сепаратор оборудован приборами контроля технологических параметров:

- измерение давление в сепараторе;
- измерение и регулирование температуры;
- измерение уровня в сепараторе, контроль и регулирование предельных значений.

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).

Вывод по разделу Социальная ответственность

В результате работы над данным разделом были определены меры обеспечения безопасности, которые снизят риски для работника и повысят его работоспособность. Определили, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Согласно ПУЭ, помещение рабочей зоны относится закрытым помещениям второй категории (помещения с повышенной опасностью).

Согласно СП 12.13130.2009, помещение рабочей зоны также относится к категории А (повышенная взрывопожароопасность) из-за газа и легковоспламеняющейся жидкости обращающихся в помещении.

Специалисты, контролирующие процесс сепарации газа, могут иметь группу I по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 определена IIa категория тяжести труда, это работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения, диапазон температуры воздуха ниже оптимальных величин – 18-19,9°C, выше оптимальных величин – 22,1-27°C.

Согласно постановлению правительства РФ от 31 декабря 2020 года N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» был выбран объект II категории – объекты, оказывающие умеренное НВОС (негативное воздействие на окружающую среду).

Заключение

В ходе работы была рассмотрена система факельной сепарации газа. Изучен принцип ее работы и функционирование. Разработали алгоритм работы насосов для откачки конденсата из аппарата, расписаны основные состояния. Разработанные схемы автоматизации позволили определить состав и количество оборудования, необходимого для исполнения данной установки, а также средства и методы передачи данных.

Разработаны структурная схема АС, объем автоматизации, а также был разработан алгоритм управления регулируемой переменной.

Посчитана математическая модель. Передаточная функция проверена в программе Matlab Simulink. Проведена проверка корректной работы системы при воздействии на нее возмущений, имитирующих процесс конденсации жидкости в сепараторе. Проведена настройка – ПИД-регулятора с помощью автотюна.

После чего была рассчитаны показатели надежности, проектируемой АС и разработана принципиальная схема релейной автоматики пуска/останова насосов факельного сепаратора.

Была спроектирована СПАЗ АС регулирования факельным сепаратором. Разработаны структурная схема АСДУ и СПАЗ, объем автоматизации СПАЗ, для аналогового и цифрового канала была разработана схема измерительно-вычислительного комплекса согласно ANSI S 5.4, а также был разработан алгоритм управления регулируемой переменной.

Осуществили HAZID анализ, ETA, SIL, а также была выполнены оценку отказоустойчивости и отказобезопасности контура SIF.

Был осуществлен выбор средств реализации АС, а именно контрольно-измерительных приборов с закладными конструкциями, а также исполнительного устройства и была оценена погрешность измерительного канала.

Были осуществлены выбор средств реализации СПАЗ, а именно сигнализаторов с опросными листами и закладными конструкциями, а также ПЛК для СПАЗ.

Были разработаны схемы внешних соединений АСДУ факельного сепаратора и его СПАЗ.

Была разработана мнемосхема.

Таким образом, спроектированная АСУ ТП не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

Список использованных источников и литературы

1 САРРЗ. Факельный Сепаратор. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://sarrz.ru/produkcija/separatory_otstojniki/fakelnaja_ustanovka.html, свободный. – Загл. с экрана.

2 Свободная энциклопедия Wikipedia. Факел газовый. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%84%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D0%BB, свободный. – Загл. с экрана.

3 Документ из ИПС "Кодекс". ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ ПРИКАЗ от 26 декабря 2012 г. N 779 «Об утверждении Руководства по безопасности факельных систем». [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.safework.ru/law?print&nd=33309137&nh=0&spack=110listid%3D010000000100%26listpos%3D10%26lsz%3D81%26nd%3D33301709%26nh%3D1%26>, свободный. – Загл. с экрана.

4 Руководство по безопасности факельных систем. Серия 03. Выпуск 68. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/acts/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F%2003%20%D0%92%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%2068.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

5 RZMASH. Факельный сепаратор. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rzmash.ru/separatory/separator-fakelnogo-gaza-fs/>, свободный. – Загл. с экрана.

6 Ani-studio Narod. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://ani-studio.narod.ru/BOX/Flash/Study/Automation/HTML-Themes/Theme8.htm>, свободный. – Загл. с экрана.

7 Studopedia. Структурная схема систем автоматизации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://studopedia.org/12-34172.html>, свободный. – Загл. с экрана.

8. Автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам. Положение компании. – М., 2014. – 167 с.

9. Кудлак, Б. Система дистанционного контроля скважин и управления установкой комплексной подготовки газа / Б. Кудлак, П. Дехтярчук, Ю. Федорович, Ф. Кулик. – Текст: непосредственный // Современные технологии автоматизации. – 2014. – №2. – С. 58-65.

10. Михайлов, М. Особенности внедрения системы измерения количества и качества нефти / М. Михайлов, Е. Иванов, Д. Милешин. – Текст: непосредственный // Современные технологии автоматизации. – 2015. – №3. – С. 42-44.

11. Промысловый сбор и подготовка нефти, газа и воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/booty/332242-promyslovyu-sbor-i-podgotovka-nefti-gaza-i-vody/>, свободный. – Загл. с экрана.

12. Нефтегазовый сепаратор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/pererabotka-nefti-i-gaza/552296-neftegazovyy-separator/>, свободный. – Загл. с экрана.

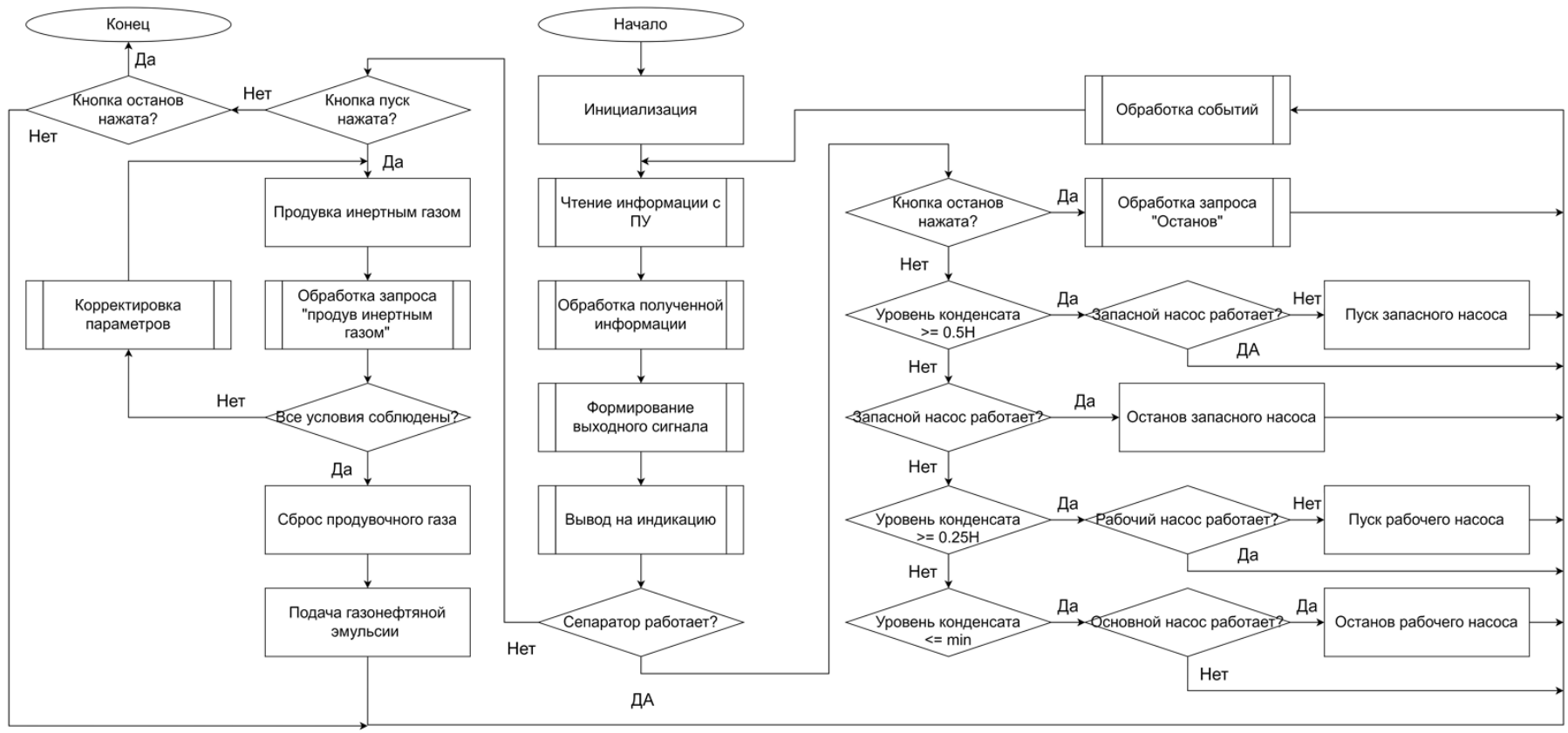
13. Метран™ 150 Датчики Давления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru>, свободный. – Загл. с экрана.

14. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. –М.: ИПК Изд-во стандартов, 2014. – 33 с.

15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002

16. Федеральный закон N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда". – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 28 с.
17. Приказ Ростехнадзора N 531 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 53 с.
18. Федеральный закон №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 152 с.
19. СанПиН 1.2.3685-21 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с
20. 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.
21. ГОСТ 31192.2-2005 Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2007. – 37 с.
22. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2015. – 45 с.
23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.
24. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 71 с.

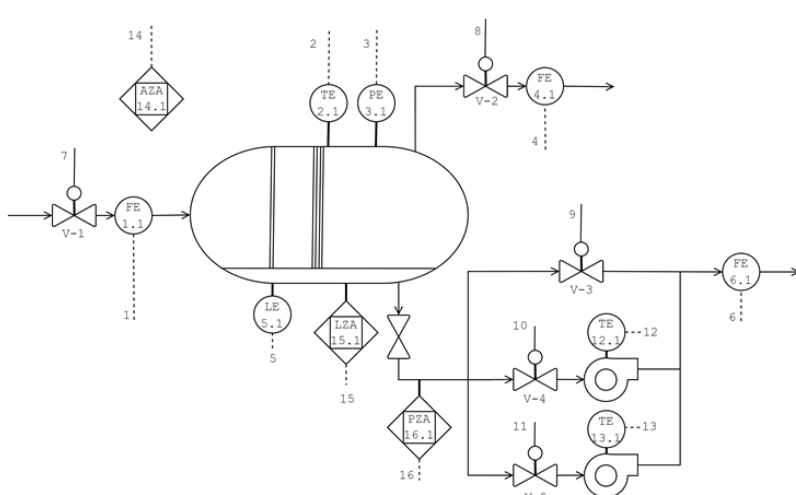
Приложение А (Обязательное) Блок-схема управления



Согласовано					
Имя И.И.И.					
Подп. и дата					
Взам. инв. №					

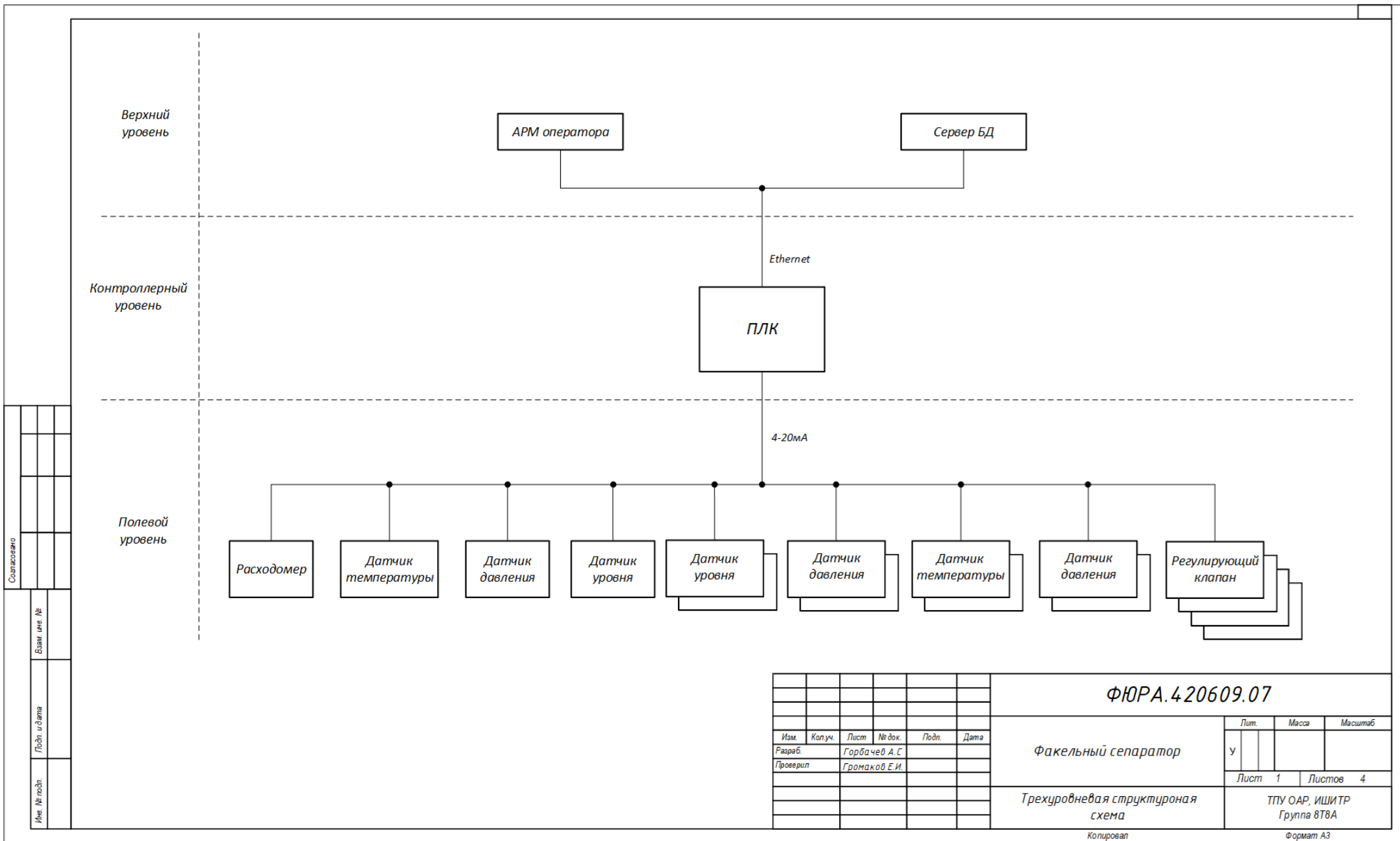
						ФЮРА.4.20609.07		
						Факельный сепаратор		
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Горбачев А.С.				у		
Проверил		Громаков Е.И.						
						Лист	2	Листов
						4		
						ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т8А		
						Блок-схема алгоритма		
						Копировал		
						Формат А3		

Приложение Б
(Обязательное)
ФСА со СПАЗ

Перв. примен.	Справ. №	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">ФЮРА.425280.07</div> 																																																																																																	
Подп. и дата	Инв. № дубл.	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:10%; text-align: center;">По месту</td> <td style="width:10%; text-align: center;">2.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">3.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">1.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">7.3</td> <td style="width:10%; text-align: center;">4.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">8.1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">6.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">5.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">9.1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">10.1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">11.1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">12.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">13.2</td> <td style="width:10%; text-align: center;">14.1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">15.1</td> <td style="width:10%; text-align: center;">16.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Шкаф управления</td> <td colspan="12"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width:20%;">AI</td><td style="width:20%;">AO</td><td style="width:20%;">DI</td><td style="width:20%;">DO</td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td></tr> </table> </td> <td style="width:10%; text-align: center;">Шкаф ПАЗ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Операторский щит</td> <td colspan="12"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">TA 2.2</td> <td style="width:20%;">PA 3.2</td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> </tr> </table> </td> <td style="width:10%; text-align: center;">Щит ПАЗ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SCADA</td> <td colspan="12"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%;">Мониторинг</td> <td style="width:33%;">Управление</td> <td style="width:33%;">Конфигурация</td> </tr> </table> </td> <td style="width:10%;"></td> </tr> </table>	По месту	2.2	3.2	1.2	7.3	4.2	8.1	6.2	5.2	9.1	10.1	11.1	12.2	13.2	14.1	15.1	16.1	Шкаф управления	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width:20%;">AI</td><td style="width:20%;">AO</td><td style="width:20%;">DI</td><td style="width:20%;">DO</td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td></tr> </table>												AI	AO	DI	DO														Шкаф ПАЗ	Операторский щит	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">TA 2.2</td> <td style="width:20%;">PA 3.2</td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> </tr> </table>												TA 2.2	PA 3.2																	Щит ПАЗ	SCADA	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%;">Мониторинг</td> <td style="width:33%;">Управление</td> <td style="width:33%;">Конфигурация</td> </tr> </table>												Мониторинг	Управление	Конфигурация	
По месту	2.2	3.2	1.2	7.3	4.2	8.1	6.2	5.2	9.1	10.1	11.1	12.2	13.2	14.1	15.1	16.1																																																																																			
Шкаф управления	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width:20%;">AI</td><td style="width:20%;">AO</td><td style="width:20%;">DI</td><td style="width:20%;">DO</td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td><td style="width:20%;"> </td></tr> </table>												AI	AO	DI	DO														Шкаф ПАЗ																																																																					
AI	AO	DI	DO																																																																																																
Операторский щит	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:20%;">TA 2.2</td> <td style="width:20%;">PA 3.2</td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> <td style="width:20%;"> </td> </tr> </table>												TA 2.2	PA 3.2																	Щит ПАЗ																																																																				
TA 2.2	PA 3.2																																																																																																		
SCADA	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:33%;">Мониторинг</td> <td style="width:33%;">Управление</td> <td style="width:33%;">Конфигурация</td> </tr> </table>												Мониторинг	Управление	Конфигурация																																																																																				
Мониторинг	Управление	Конфигурация																																																																																																	
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № подл.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">ФЮРА.425280.07</div>																																																																																																
Инв. № подл.	Н. контр.	Т. контр.	Пров.	Разраб.	Изм.	Дата	Подп.	№ докум.	Лист	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Факельный сепаратор</div>						Масштаб	Масса	Лит.																																																																																	
Утв.	Нач.отд.			Горбачев А.С.						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">ФСА с ПАЗ</div>						1																																																																																			
										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Группа 8Т8А</div>						1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">ТПУ ИШИТР</div>																																																																																		
										<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Формат А4</div>						<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Копировал</div>																																																																																			

Приложение В (Обязательное)

Трехуровневая структурная схема



Согласовано			
Име. № годн.	Подп. и дата	Взак. и №	

						ФЮРА.420609.07		
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Факельный сепаратор		
Разраб.			Горбачев А.С.					
Проверил			Громаков Е.И.					
						Лит.	Масса	Масштаб
						у		
						Лист	1	Листов 4
						Трехуровневая структурная схема		
						ТПУ ОАР, ИЩИТР Группа ВТВА		

Приложение Г (Обязательное)

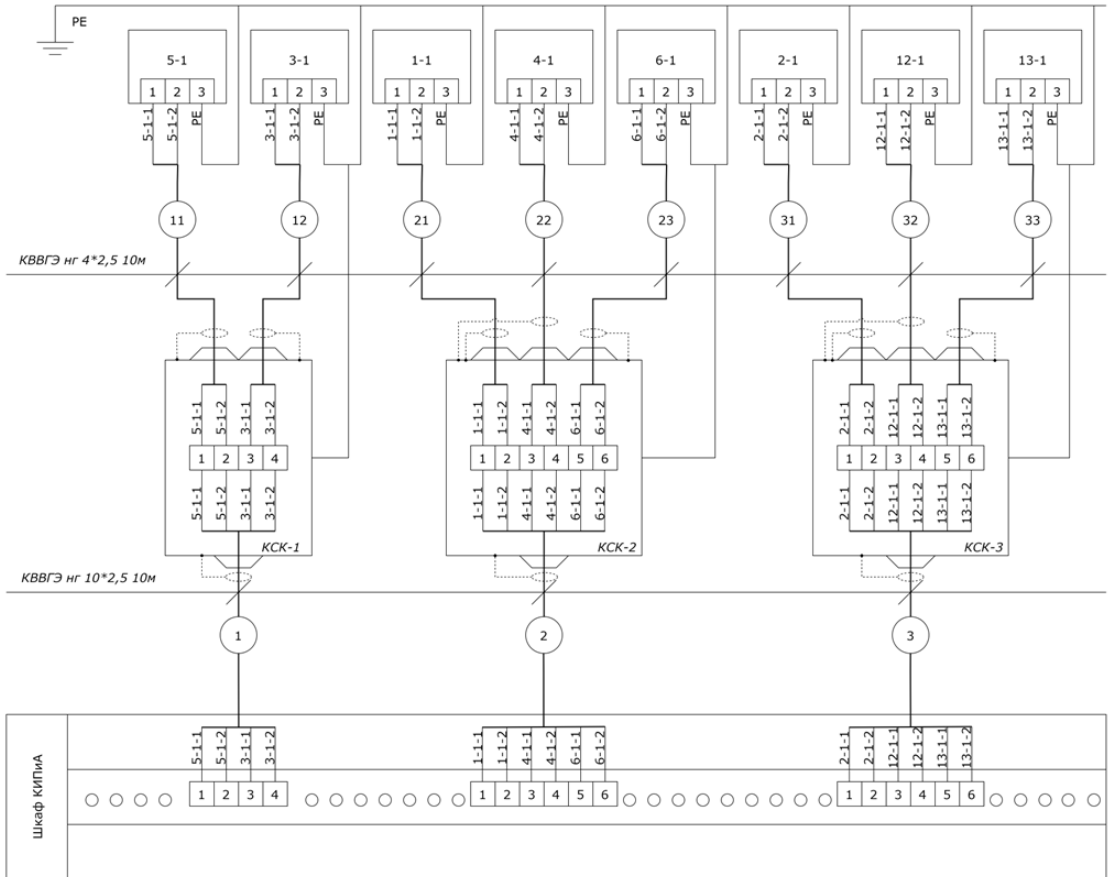
Схема внешней проводки АСУ ТП

ФЮРА.425280.07

Перв. примен.

Справ. №

Наименование параметра	Уровень	Давление	Расход			Температура		
Место отбора	Сепаратор	Сепаратор	Газ на входе	Газ на выходе	Конденсат на выходе	Сепаратор	Температура подшипников РН	Температура подшипников ЭН
Датчик	ДУУМ-2	Метран 150TG	Rosemount 8750	Rosemount 8750	Rosemount 8750	WIKA TR10-F	ADB series Pt100	ADB series Pt100
Позиция	5-1	3-1	1-1	4-1	6-1	2-1	12-1	13-1



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.	Горбачев А.С.								
Пров.	Грамаков Е.И.								
Т. контр.									
Нач.отд.									
Н. контр.									
Утв.									

ФЮРА.425280.07

Факельный сепаратор

Схема внешней проводки
АСУ ТП

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т8А

Копировал

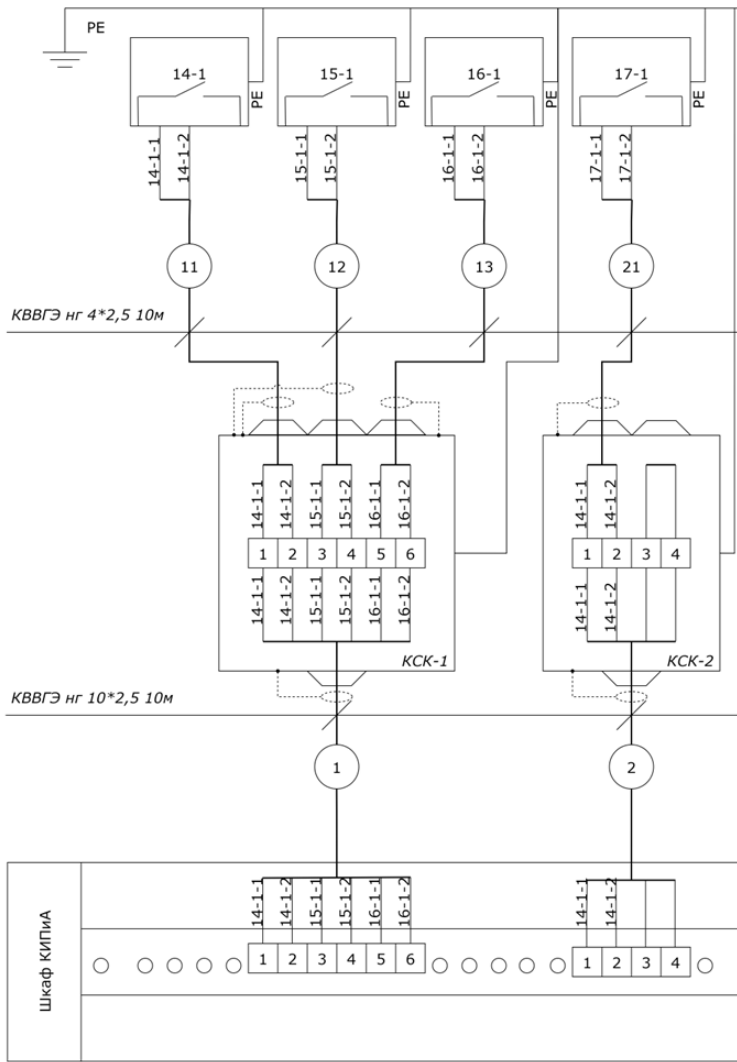
Формат А4

Приложение Д (Обязательное)

Схема внешней проводки СПАЗ

ФЮРА.425280.07

Наименование параметра	Загазованность	Уровень	Давление	Ток
Место отбора	Площадка сепаратора	Сепаратор	Трубопровод	Щит питания
Датчик	SGYMEOV4ND	Rosemount 2120	СДТ-1	РТИ-1321 12-18А
Позиция	14-1	15-1	16-1	17-1



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Горбачев А.С.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач. отд.				
Н. контр.				
Утв.				

ФЮРА.425280.07

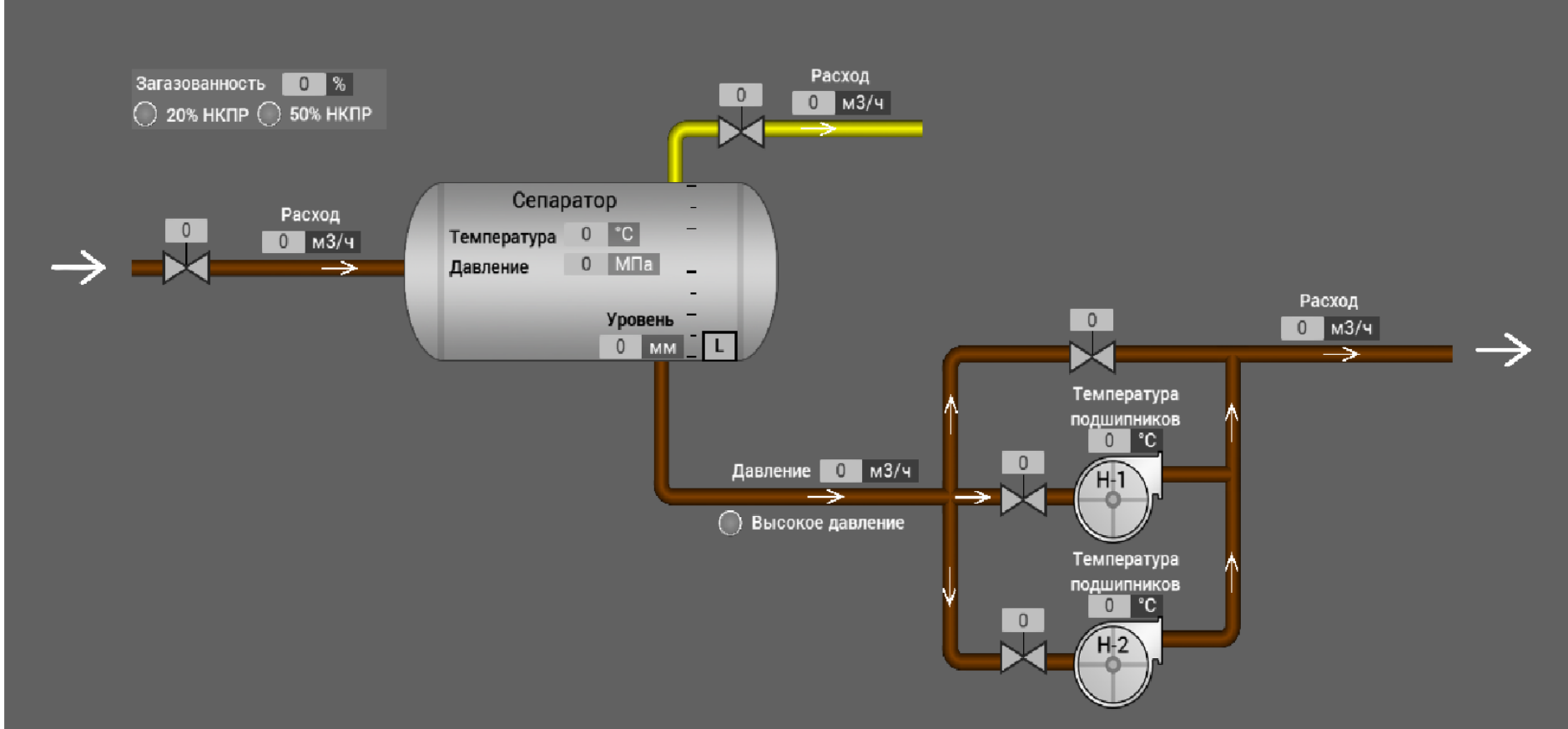
Факельный сепаратор

Схема внешней проводки
ПАЗ

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т8А

Приложение Е
(Обязательное)
Мнемосхема



Согласовано

Взаим. use №

Лист № докум.

Изм. № модиф.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.			Горбачев А.С.		
Проверил			Громаков Е.И.		

ФЮРА.4.20609.07

Факельный сепаратор

Мнемосхема

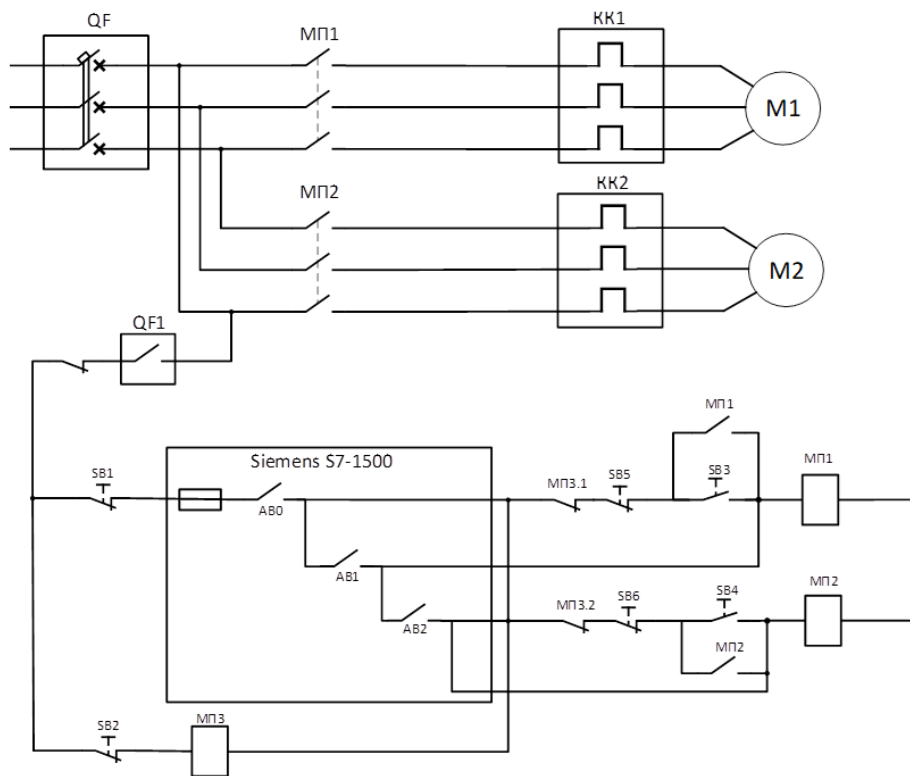
Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 2		Листов 4

ТПУ ОАР, ИШИТР
Группа 8Т8А

Копировал

Формат А3

Приложение Ж (Обязательное) Схема релейной автоматики



Составлено			
Имя № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	

ФЮРА.420609.07					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Горбачев А.С.				
Проверил	Грамаков Е.И.				
Факельный сепаратор					
		Лит. у	Масса	Масштаб	
		Лист 2	Листов 4		
Схема релейной автоматики					
ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т8А					