

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Модернизация системы противоаварийной защиты блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа</b>

УДК 004.896:622.279.8:621.928-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Росляков Виталий Витальевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
	<b>Универсальные компетенции</b>
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать 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
	<b>Общепрофессиональные компетенции</b>
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения

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

Код компетенции	Наименование компетенции
	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

Код компетенции	Наименование компетенции
	обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

<b>Бакалаврская работа</b>
----------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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

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

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

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<b>Бакалаврской работы</b> (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т71	Росляков Виталий Витальевич

Тема работы:

<b>Модернизация системы противоаварийной защиты блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-8/с от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Объект исследования:</b> Автоматизированная система противоаварийной защиты блока факельных сепараторов высокого давления.  <b>Цель работы:</b> Модернизация системы противоаварийной защиты путем замены устаревшего оборудования.  <b>Режим работы:</b> Непрерывный.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание технологического процесса.</li> <li>2. Модернизация существующих решений.</li> <li>3. Разработка структурной схемы автоматизированной системы.</li> <li>4. Разработка функциональной схемы автоматизации.</li> <li>5. Выбор средств автоматизации.</li> <li>6. Разработка схем соединения внешних проводов.</li> </ol>

	7. Разработка алгоритмов управления. 8. Разработка экранных форм.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Общая функциональная схема. 2. План производственного комплекса Пригородное. 3. Трехуровневая структурная схема АС. 4. Функциональная схема автоматизации. 5. Перечень входных/выходных сигналов. 6. Схема соединений внешних проводок. 7. Блок-схемы алгоритмов управления. 8. Экранные формы. 9. Заземление оборудования.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Нет	

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

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Росляков Виталий Витальевич		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

<b>Группа</b> 3-8Т71		<b>ФИО</b> Росляков Виталий Витальевич	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и роботизации
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

Модернизация системы противоаварийной защиты блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа	
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- оклад инженера – 36505 руб. в месяц; - оклад руководителя проекта – 43806 руб. в месяц; - транспортно-заготовительные расходы 12 %.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- накладные расходы 14 %; - северная надбавка 50 %; - районный коэффициент 1,6 (Сахалинская область).
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Расчет инновационного потенциала НТИ	- SWOT-анализ; - Анализ конкурентных технических решений.
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	- расчет материальных затрат; - расчет основной и дополнительной заработной платы; - расчет отчислений во внебюджетные фонды; - расчет бюджета проекта.
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Матрица SWOT. 2. Диаграмма Ганта.	
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Росляков Виталий Витальевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-8Т71		Росляков Виталий Витальевич	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматике и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

Модернизация системы противоаварийной защиты блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа

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

<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации</li> </ul>	<p><b>Объект исследования:</b> Факельный сепаратор высокого давления УКПГ.</p> <p><b>Область применения:</b> нефтедобыча, газодобыча, сжижение природного газа.</p> <p><b>Рабочая зона:</b> Технологическая площадка.</p> <p><b>Размеры (ДхШхВ мм):</b> 600000х400000х8000</p> <p><b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b> Оборудование КИПиА, факельный сепаратор высокого давления.</p> <p><b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</b> Автоматизированное управления и контроль параметров факельной установки высокого давления УКПГ.</p>
--	--

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

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.</p> <p>Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.</p> <p>Инструкция по охране труда по применению и содержанию средств защиты в используемых электроустановках ПЗ-05 И-101725 ЮЛ-769.06.</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021).</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p>Перечень опасных и вредных факторов. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p>
---	---

	<p>Инструкция по охране труда при выполнении работ по прокладке кабельных линий ИОТВ №40-19.</p> <p>Инструкция по охране труда при безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ИОТВ №41-19.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.</p> <p>ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Электрический ток;</li> <li>– Загазованность воздушной среды;</li> <li>– Наличие подвижных частей производственного оборудования;</li> <li>– Расположение рабочего места на значительной высоте относительно уровню земли;</li> </ul> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума;</li> <li>– отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>– Вредные вещества (нефтепродукты, углеводороды, кислоты, технические масла);</li> </ul> <p><b>Средства коллективной защиты:</b> наличие отопления, осветительные приборы, устройства дистанционного управления, знаки безопасности, защитные заземления, устройства автоматического отключения.</p> <p><b>Средства индивидуальной защиты:</b> костюм специальный защитный, ботинки, перчатки, каски защитные, очки защитные, противозумные наушники).</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b></p>	<p><b>Воздействие на атмосферу:</b> выброс углеводородов, связанный с технологическим процессом.</p> <p><b>Воздействие на литосферу:</b> проседание вышележащих горных пород в результате выкачаны полезные ископаемые из недр земли.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> загрязнение водоемов при разливе нефтепродукта.</p> <p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> отсутствует.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b> природные катастрофы (ураган) геологические воздействия (провалы территории), техногенные аварии (отказ систем безопасности, пожар, превышение давления).</p>

		<b>Наиболее типичная ЧС: пожар.</b>		
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>		11.04.2022		
<b>Задание выдал консультант:</b>				
<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д.М.Н.		
<b>Задание принял к исполнению студент:</b>				
<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>	
3-8Т71	Росляков Виталий Витальевич			

## Реферат

Пояснительная записка содержит 117 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 28 рисунков, 25 список использованных источников из 25 наименований, 9 приложений. Объектом исследования является блок факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа.

Цель работы - модернизация противоаварийной системы блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

## Содержание

Обозначения и сокращения .....	17
ВВЕДЕНИЕ .....	18
1 Цели и задачи модернизации.....	19
1.1 Назначение системы .....	19
1.2 Цели создания системы .....	19
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	20
1.4 Требования к метрологическому обеспечению.....	20
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению.....	21
2 Основная часть .....	22
2.1 Описание технологического процесса.....	22
2.2 Выбор архитектуры АС .....	26
2.3 Разработка структурной схемы АС .....	27
2.4 Разработка функциональной схемы АС .....	28
2.5 Разработка схемы информационных потоков .....	28
2.6 Разработка схемы противоаварийной защиты .....	31
2.7 Описание функций противоаварийной защиты факельного сепаратора высокого давления УКПГ .....	31
2.8 Выбор средств реализации .....	33
2.8.1 Выбор контроллерного оборудования.....	34
2.8.2 Выбор приборов измерения .....	36
2.8.2.1 Выбор расходомера .....	37
2.8.2.2 Выбор датчика температуры .....	41
2.8.2.3 Выбор датчика давления .....	46
2.8.2.4 Выбор датчика уровня .....	48

2.8.2.5	Выбор исполнительных механизмов .....	50
2.9	Разработка схемы внешних проводок.....	53
2.10	Описание алгоритмов .....	55
2.11	Алгоритм сбора данных измерений .....	55
2.12	Алгоритм регулирования технологического параметра .....	56
2.13	Экранные формы автоматизированной системы .....	59
2.13.1	Разработка экранной формы автоматизированной системы .....	59
2.13.2	Область видеокadra.....	60
3.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	62
3.1	Технология QuaD .....	62
3.2	SWOT-анализ.....	63
3.3	Структура работ в рамках научного исследования .....	66
3.4	Определение трудоемкости выполнения работ .....	68
3.6	Расчет материальных затрат НТИ .....	71
3.6.1	Расчет амортизации оборудования .....	73
3.6.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	73
3.6.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	75
3.6.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ...	76
3.6.5	Накладные расходы .....	77
3.7.1	Определение финансовой эффективности исследования .....	77
3.7.2	Определение ресурсоэффективности исследования .....	79
3.7.3	Определение ресурсоэффективности исследования .....	80
4	Социальная ответственность .....	82
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	82

4.2 Производственная безопасность .....	83
4.3 Анализ вредных производственных факторов .....	84
4.3.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны.....	85
4.3.2 Повышенный уровень шума .....	87
4.3.3 Вредные и опасные вещества .....	88
4.4 Анализ опасных производственных факторов .....	89
4.4.1 Поражения электрическим током.....	89
4.4.2 Подвижные части производственного оборудования .....	91
4.5 Экологическая безопасность .....	92
4.5.1 Повышенная загазованность воздуха.....	93
4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	98
Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации.....	101
Приложение Б (обязательное) Структурная схема автоматизации .....	103
Приложение В (справочное) Трехуровневая структура АС .....	105
Приложение Г (справочное) Перечень входных/выходных сигналов.....	107
Приложение Д (обязательное) Схема ПАЗ факельных сепараторов.....	109
Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводок.....	111
Приложение Ж (справочное) Алгоритм сбора данных уровня.....	113
Приложение З (справочное) САР уровня в сепараторе .....	115
Приложение И (обязательное) Мнемосхема факельных сепараторов .....	117



## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

УКПГ – установка комплексной подготовки газа;

СПГ – сжиженный природный газ;

ШФЛУ – широкая фракция лёгких углеводородов;

АС – автоматизированная система;

БД – база данных;

ОС – операционная система;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

САУ – система автоматизированного управления;

ФСВД – факельный сепаратор высокого давления;

ПАЗ – противоаварийная защита.

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация - это преобразование рабочего процесса, процедуры или оборудования в автоматическую, а не в человеческую деятельность эксплуатации или контроля. Автоматизация заключается не только в передаче человеческих функций машинам, но и требует глубокую реорганизацию рабочего процесса, в ходе которой функции человека и машины predetermined. Ранняя автоматизация основывалась на механических и электромеханических устройствах управления в течение последних 70 лет, однако, компьютер постепенно стал ведущим средством автоматизации. Современная автоматика обычно связана с компьютеризацией.

Как известно, автоматизация отображает направления научно-технического прогресса, использование саморегулирующихся технических средств, экономико-математических методов и систем управления, исключает участие человека в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации.

Автоматизация позволяет повысить производительность труда, улучшить качество продукции, оптимизировать процессы управления, исключение ручного труда с производства, опасного для здоровья. То, как правительство подходит к этическим и юридическим последствиям таких технологий, как автономные транспортные средства, также будет влиять на то, насколько широко будет внедрение технологий и автоматизации, а также на скорость их внедрения.

В выпускной квалификационной работе стоит задача по модернизации противоаварийной защиты блока факельного сепаратора высокого давления установки комплексной подготовке газа.

## **1 Цели и задачи модернизации**

### **1.1 Назначение системы**

Факелы в основном используются для сжигания горючих газов, выпускаемых предохранительными клапанами во время любого сценария избыточного давления в технологической установке / оборудовании предприятия, из-за нарушения процесса или во время пусков и остановов, а также для планового сжигания газов в течение относительно коротких периодов времени. АСУ ТП данной системы должна обеспечивать:

- контроль и управление технологическим процессом по приему и очистке газа от капельной жидкости;
- безопасность данного технологического процесса;
- контроль уровня факельного сепаратора в рабочих диапазонах и перевод установки в безопасное состояние при достижении критичных значений уровня;
- контроль параметров насоса газожидкостной смеси;
- управление насосом газожидкостной смеси;

### **1.2 Цели создания системы**

Целью создания системы АСУ ТП является:

- качественно повысить безопасность технологического процесса;
- повысить уровень достоверных данных технологического процесса для обеспечения улучшения оперативности технического и технологического персонала;
- Автоматическая защита объектов управления в аварийных ситуациях за счёт соблюдения технологического регламента работы установок с помощью автоматических систем регулирования и управления,

предотвращения аварийных ситуаций и последующего анализа их происхождения;

– Уменьшение трудозатрат оперативного эксплуатационного персонала в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

Приборы и оборудование должно быть подобрано таким образом, чтобы оно соответствовало тем температурным диапазонам конкретного региона где будет использоваться данное оборудование.

Автоматизированная система обязана иметь запас на то, чтобы в дальнейшем можно было улучшать и модернизировать данную систему.

Оборудование должно отвечать всем требованиям взрывобезопасности. Также необходимо применять искробезопасные цепи для данного оборудования.

Уровень защиты от влаги и пыли должен быть не ниже IP56.

### **1.4 Требования к метрологическому обеспечению**

Для измерения расхода газожидкостной смеси и газа будем использовать ультразвуковой расходомер факельных и попутных газов. Погрешность измерения должна быть не более 3 %.

Для измерения температуры будем использовать преобразователь температуры и резистивный элемент. Погрешность измерений не должно превышать 2 %.

Для измерения давления будем использовать датчик избыточного давления. Погрешность измерений не должна превышать 4 %.

Для измерения уровня в факельном сепараторе будем использовать датчик дифференциального давления. Погрешность измерения не должна превышать 3 %.

### **1.5 Требования к программному и информационному обеспечению**

При выборе программного обеспечения АСУ ТП необходимо подобрать его таким образом, чтобы оно могло реализовать все имеющиеся функции данной системы с применением средств вычислительной техники. Также программное обеспечение должно производить обработку данных для того, чтобы выполнять необходимые автоматизированные функции в режимах функционирования АСУ ТП.

Программное обеспечение обязана включать в себя:

- общее прикладное ПО;
- инструментальное ПО;
- специальное ПО;
- системное ПО (операционная система).

Функции программного и информационного обеспечения включают в себя:

- демонстрацию мнемосхем, которые представляют графическое изображения технологического процесса и отображают структуру управления и защиты;
- изменение параметров технологического процесса;
- обрабатывать и хранить данные, поступающих в результате опроса датчиков.

## 2 Основная часть

### 2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема факельного сепаратора высокого давления представлена в приложении А.

Факельный сепаратор применяется для очистки газа от жидкости (конденсата), примесей, которые образуются в технологическом трубопроводе. Факельный сепаратор является частью факельной системы, которая входит в систему подготовки газа. Схема блока факельных сепараторов высокого давления УКПГ изображена на рисунке 1.

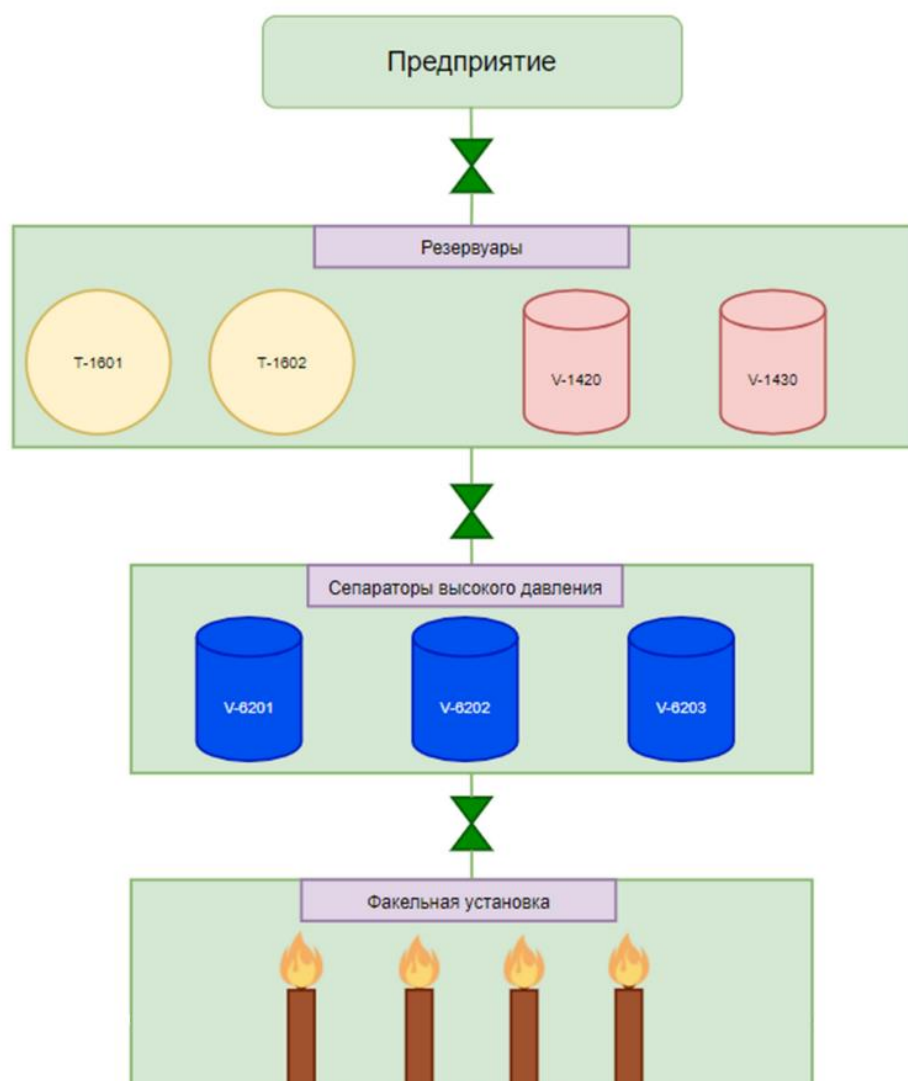


Рисунок 1 – Схема факельных сепараторов высокого давления

Факельная система обычно состоит из системы трубопроводов, выбивных барабанов с жидким паром и факела, который включает в себя воспламенители пламени, пилоты и факельные наконечники. Факельная система также служит системой утилизации избыточного выброса углеводородных паров из клапанов регулирования давления вовремя вне конструкционной работы. Факельные системы в первую очередь предназначены для удаления паров, но также способны обрабатывать жидкости, которые могут присутствовать во время сбоев агрегата. Жидкости могут образовываться в факельном коллекторе из-за конденсации тяжелых углеводородов. Жидкое содержимое должно быть отделено от пара в факельном выбивном барабане и обработано в мусоросжигательных установках и ожоговых ямах. Мусоросжигательный завод является предпочтительным вариантом для удаления жидких отходов, а не сжигательной ямой из-за его более низких выбросов. Альтернативой факелу является установка системы рекуперации паров, которая позволяет извлекать ценные углеводороды; однако это не уменьшит размер факела, поскольку факельная система должна работать, когда система рекуперации паров не работает.

Из-за широкого диапазона рабочих давлений и температур различных технологических установок на заводе по производству СПГ факельные и разгрузочные системы обычно оснащаются, по меньшей мере, двумя независимыми факельными системами: теплой/влажной V-6201 и холодной/сухой V-6202. Теплая/влажная факельная установка предназначена для выпуска пара из передних секций установки, включая конденсатную установку, установку удаления кислых газов, установку обезвоживания, установку фракционирования ШФЛУ и различные коммунальные системы. Холодный/сухой факел предназначен для установки сжижения и холодильных установок, установки рекуперации ШФЛУ и резервуаров для хранения криогенной жидкости.

Для холодного факела он может быть разделен в соответствии с условиями эксплуатации:

- Сброс низкого давления из колонн фракционирования ШФЛУ, сброс со стороны оболочки основного теплообменника сжижения и разгерметизация при опрокидывании установки.

- Факел высокого давления для холодильных компрессоров, заблокированных разгрузочных корпусов и других сценариев сброса высокого давления.

- Жидкостная факельная установка для утилизации жидкостей во время запуска или остановки установки. Для влажных и теплых систем он также может быть разделен в зависимости от рабочего давления:

- Факел низкого давления для оборудования низкого давления, такого как регенератор амина, установка рекуперации серы и установка хвостового газа.

- Факел высокого давления для оборудования ввода питательного газа, включая установку обезвоживания.

Жидкости, которые высвобождаются во время запуска, остановки или других переходных периодов, направляются в факельные выбивные барабаны жидкостными продувочными коллекторами отдельно от основных факельных коллекторов. Жидкости утилизируются в яме для сжигания жидкости или в мусоросжигательных установках, специально предназначенных для сжигания жидкости.

Сосуды в факельном коллекторе, предназначены для удаления и хранения конденсированных и унесенных жидкостей из сбросных газов. На рисунке 2 изображена схема факельных сепараторов высокого давления.



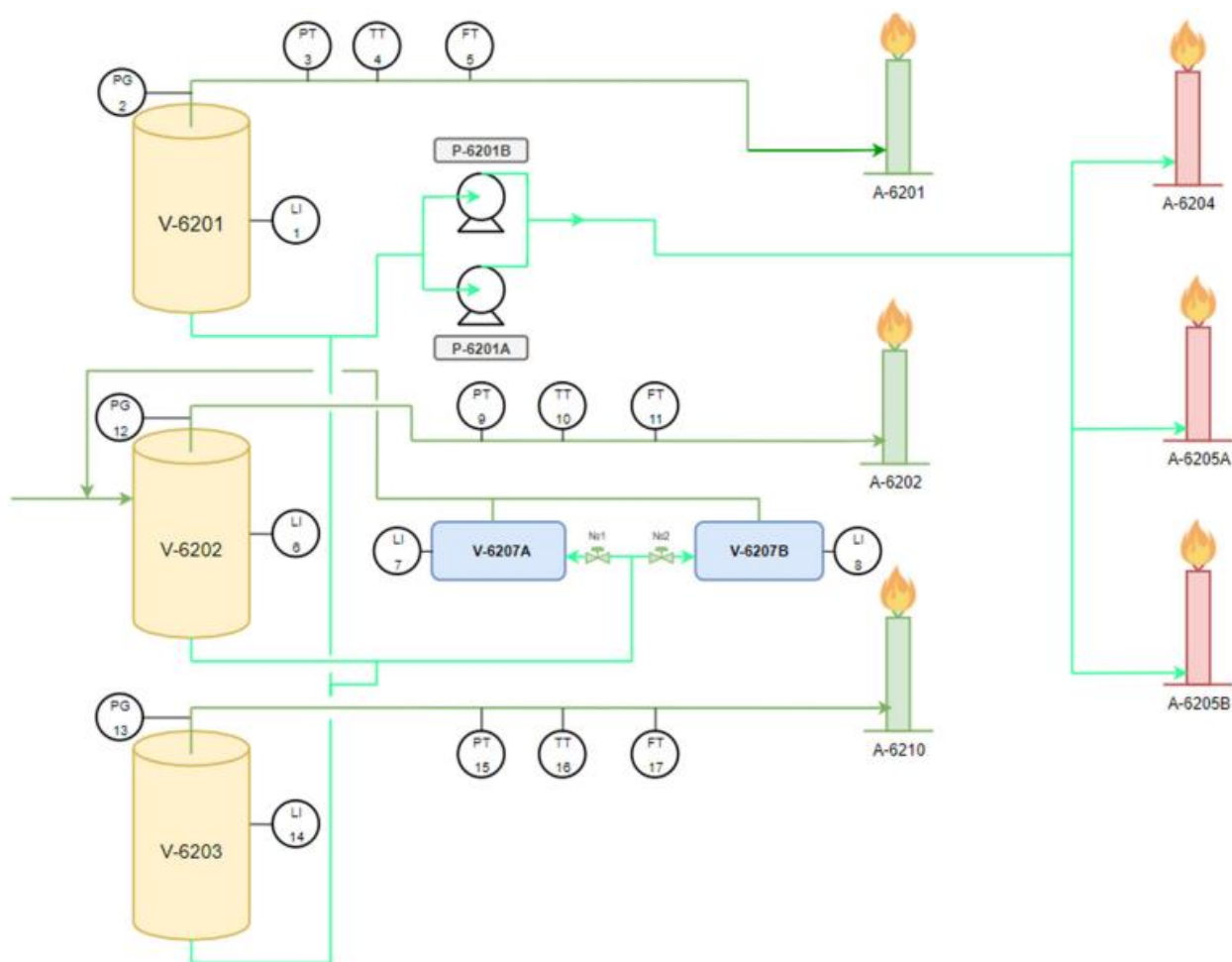


Рисунок 2 – Схема технологического процесса факельных сепараторов  
высокого давления

На данной схеме газовые фракции из сепараторов высокого давления V-6201, V-6202, V-6203 направляются в факельные установки A-6201, A-6202, A-6210 для сжигания. Для контроля давления, температуры и расхода на данных трубопроводах используются датчики контроля 3,4,5,9,10,11,15,16,17. Также для контроля давления используются локальные датчики 2,12,13. Жидкостная фракция собирается с трёх сепараторов 17 высокого давления и с помощью насосов P-6201A/B подаётся на факельные установки A-6204, A-6205A/B для сжигания. Также жидкостная фракция поступает в резервуары V-6207A/B для хранения и использования на собственные нужды. Уровень на данных резервуарах контролируется датчиками 7,8. Для контроля уровня на сепараторах высокого давления используются датчики 1,6,14.

На рисунке 3 представлены факельные сепараторы высокого давления завода СПГ.



Рисунок 3 – Факельные сепараторы высокого давления

## 2.2 Выбор архитектуры АС

При разработке архитектуры АС нужно помнить, что в основе ее лежит профиль. Профиль подразумевает под собой определённые стандарты, которые ориентированы на выполнение определённых задач. К главным целям профиля относятся:

- развить автоматизированную систему путём улучшения качества использованного оборудования;
- добиться уменьшения трудоёмкости автоматизированной системы;
- данная автоматизированная система должна иметь возможность масштабирования;
- достичь возможности функциональной интеграции задач в информационные системы.

Основные группы, которые включает в себя профиль:

- прикладное программное обеспечение;
- среда АС;
- защита информации АС
- инструментальные средства АС.

Для нашей автоматизированной системы управления будем применять:

- в качестве среды разработки: ОС Windows 10;
- в качестве защиты будем использовать: стандартные средства Windows 10;
- в качестве прикладного ПО: SCASA система.

### **2.3 Разработка структурной схемы АС**

Объектом управления будет являться сепаратор высокого давления. Разработаем систему автоматического управления для факельного сепаратора. Для контроля технологического процесса внутри сепаратора осуществляется замер параметров, таких как уровень, давление, температуры. Также в свою очередь контролируются параметры давления в трубопроводе. Клапаны с электроприводом применяются как исполнительные устройства. Структурная схема факельного сепаратора приведена в приложении Б. Нижний уровень включает в себя датчики контроля уровня, датчики контроля температуры, датчики контроля давления, датчики контроля расхода и клапаны с электроприводом. Средний уровень включает в себя локальный контроллер. Верхний уровень включает в себя коммуникационный контроллер, компьютеры и сервера БД, которые в свою очередь объединены в локальную сеть Ethernet. На компьютерах установлена ОС Windows 10 и программное обеспечение CodeSys. Полевые датчики, которые расположены в нижнем уровне, передают информацию на контроллер ПЛК. Обработанная информация с ПЛК передаётся диспетчерскую посредством контроллера. Операторская включает в себя

несколько станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. У оператора на экранах отображаются технологические процессы и оперативное управление данным процессом. Трехуровневая структура автоматизированного процесса представлена в приложении В.

## **2.4 Разработка функциональной схемы АС**

Схема автоматизации при разработке АСУ ТП представляет собой своеобразную унифицированную функциональную схему объекта технологического управления, охватывающую так называемое «промышленное оборудование» нижнего уровня системы и показывающую его связь с приборами, аппаратурой компьютерного управления и точки контроля и управления более высокого уровня.

Схема автоматизации разрабатывается в целом для объекта технологического управления АСУ ТП ТООУ или для отдельной технической системы (электроснабжения, теплоснабжения, вентиляции и т.п.) или части технологической/технической системы, процесса и эксплуатации: линии, секция, блок, установка, блок.

Функциональная схема является основным техническим документом, определяющим структуру и характер автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащения его приборами и средствами автоматизации.

На функциональной схеме условно изображают технологическое оборудование, средства связи, управления, приборы и средства автоматизации, а также связи между ними.

## **2.5 Разработка схемы информационных потоков**

Схема информационных потоков представлена в приложении Г. Данные с приборов передаются в локальную сеть и включают в себя:

- уровень в факельном сепараторе, %;
- температуру в факельном сепараторе, °С;
- давления газа в трубопроводе на выходе, кПа;
- температуру газа в трубопроводе на выходе, °С;
- объём газа в трубопроводе на выходе, тонн/день;
- объём газожидкостной смеси в трубопроводе на выходе, тонн/день;

К элементам контроля и управления присваивается определённая сигнатура, включающая в себя символьную строку:

AAAA\_BBVV\_CCCCC\_DDDDD,

где

- 1) AAAA – данный параметр не должен включать более 4 символов, имеет следующие значения:
  - PRSH – давление;
  - TEMP – температура;
  - LVL – уровень;
  - FLOW – расход;
  - CONT – управляющий сигнал;
- 2) BBVV – данный параметр технологического объекта который не должен включать более 4 символов:
  - INPUT – входной трубопровод в сепаратор;
  - OUTPT – выходной трубопровод с сепаратора;
  - SEPR – сепаратор;
  - REGL – регулятор уровня в сепараторе;
  - REGF – регулятор объёма газожидкостной смеси;
- 3) CCCCC – данный параметр технологической установки, который включает не более 5 символов:
  - GAS – газ;
  - GASLQ – газожидкостная смесь;
- 4) DDDDD – данный параметр технологической установки, который включает в себя не более 5 символов:

- REGUL – регулирование;
- HALR – верхнее пороговое значение аварийной сигнализации;
- LALR – нижнее пороговое значение аварийной сигнализации;

Символ «\_\_» используется в качестве разделения частей сигнатуры.

В таблице 1 представлена кодировки сигналов, которые применяются в SCADA – системе.

Таблица 1 – Кодировка сигналов

<b>Кодировка сигнала</b>	<b>Расшифровка</b>
LVL__SEPR	Уровень факельного сепаратора.
TEMP__SEPR__GASLQ	Температура газожидкостной смеси факельного сепаратора.
LVL__SEPR__GASLQ__HALR	Верхнее пороговое значение уровня в факельном сепараторе.
LVL__SEPR__GASLQ__LALR	Нижнее пороговое значение уровня в факельном сепараторе.
TEMP__SEPR__GASLQ__LALR	Нижнее пороговое значение температуры в факельном сепараторе.
PRSH__OUTPT__GAS	Давление газа в выходном трубопроводе.
TEMP__OUTPT__GAS	Температура газа в выходном трубопроводе.
FLOW__OUTPT__GAS	Расход газа в выходном трубопроводе.
FLOW__OUTPT__GASLQ	Расход газожидкостной смеси выходного трубопровода.
CONT__REGL__REGUL	Управление клапаном уровня факельного сепаратора на входном трубопроводе.
CONT__REGF__REGUL	Управление клапаном расхода газожидкостной смеси на выходном трубопроводе.

## **2.6 Разработка схемы противоаварийной защиты**

Основная задача ПАЗ (противоаварийная защита) – это обеспечение перевода технологического процесса в безопасное состояние в случае аварийных нарушений параметров функций технологических режимов. Приборный контур защиты является одним из слоев комплекса, отвечающего за безопасность технологического процесса.

Это логическая контрольно-измерительная система, которая обнаруживает ненормальные события в технологическом процессе (АС) и инициирует автоматические действия по размыканию энергии, срабатыванию клапанов и останову технологического объекта для приведения нарушения технологического режима к безопасному уровню.

Средства противоаварийной защиты должны быть сертифицированы согласно МЭК — 61508 (IEC — 61508) и МЭК — 61511 (IEC — 61511). Также сертификацией различных продуктов и сервисов, в том числе и средств автоматизации, занимается независимая немецкая организация TUV (Technischer Uberwachungs — Verein, Служба Технического Контроля).

Схема противоаварийной защиты представлена в приложении Д.

Для более детальной проработки ПАЗ для факельных сепараторов высокого давления УКПГ завода СПГ Пригородное рассмотрим один сепаратор (V-6201) в комплексе с насосом и датчиками контроля уровня, температуры и расхода.

## **2.7 Описание функций противоаварийной защиты факельного сепаратора высокого давления УКПГ**

Система стравливания давления и ликвидации жидкости (Установка 6200) предусматривает безопасный метод сбора и утилизации потоков парообразных или жидких углеводородов, образующихся в результате нарушений нормального режима работы эксплуатации и аварийных

ситуаций. Установка 6200 обрабатывает две технологические линии, что позволяет проводить утилизацию потоков углеводородов при запуске, отключении, продувке, сливе, отдувке газом, нагреве и охлаждении оборудования или трубной обвязки.

Функции ПАЗ предусматривают аварийную сигнализацию, переключение и аварийное отключение для предотвращения или амортизации ситуаций, способных к опасному развитию. Такие ситуации могут привести к травматизму рабочего персонала, ущербу для производства или оборудования, а также могут нанести вред окружающей среде.

Методы создания систем ПАЗ должны определяться на стадии формирования требований при проектировании АСУ ТП на основании анализа опасности и работоспособности контуров безопасности с учетом риска, возникающего при отказе контура безопасности. Рациональный выбор средств для систем ПАЗ осуществляется с учетом их надежности, быстродействия в соответствии с их техническими характеристиками.

1) Защита насоса для откачки тёплой жидкости осуществляется с помощью контроллера, который обозначен на схеме как UZ-003 в приложении Д.

Назначение UZ-003 заключается в следующем:

- ❖ Предотвратить попадание холодной жидкости в насос для откачки тёплой жидкости P-6201A;
- ❖ Предотвратить попадания жидкости на горелку при погашенном запальнике.

Для активации защиты контроллеру UZ-003 необходимы следующие условия:

- ❖ Низкая температура жидкости в сепараторе тёплого факела V-6201 (TRZA);
- ❖ Если HZ-001 выбирает режим «работы с тёплой жидкостью», то защита горелки тёплой жидкости A-6204 отключается.



При активации защиты контроллер UZ-003 производится останов насоса откачки тёплой жидкости P-6201A.

Переключатель сброса ручного управления HS-002 предусмотрен на центральном пульте управления (ЦПУ) для переустановки UZ-003, при повторной подачи сигналов на отключение. Насос для откачки тёплой жидкости P-6201A может запускаться вручную и останавливаться переключателем включение/отключение на ЦПУ (HS-005).

2) Защита горелки факела тёплой жидкости A-6204 осуществляется с помощью контроллера, который обозначается как UZ-004.

Назначение UZ-004 заключается в следующем:

- ❖ Предотвратить нагнетания жидкости на горелку при погашенном запальнике;
- ❖ Предотвратить разлив несгоревшей жидкости на факельную стойку.

Для активации защиты контроллеру UZ-004 необходимо, чтобы была низкая температура пламени на горелке тёплой жидкости A-6204.

При активации защиты контроллер UZ-004 производит следующие действия:

- ❖ Закрывается впускной клапан горелки через соленоидный клапан;
- ❖ Активируется UZ-003 для остановки насосов откачки тёплой жидкости P-6201A.

Также контроллер UZ-004 активирует аварийную сигнализацию низкой температуры пламени в операторной, если одно из условий аварийно-низкого уровня длится непрерывно на протяжении 15 минут.

## **2.8 Выбор средств реализации**

При выборе средств реализации необходимо учитывать то, чтобы выбранное нами оборудование имело коммутационную совместимость.

Автоматизированная система включает в себя: первичные приборы, механизмы исполнения, контроллер, сигнализирующую систему.

### 2.8.1 Выбор контроллерного оборудования

При выборе контроллерного оборудования для управления факельным сепаратором были рассмотрены контроллеры: STARDOM FCJ, БАЗИС-100, Siemens SEMATIC S7-300.

В связи с обстановкой в мире на сегодняшний день целесообразнее установить контроллер российского производства. Для нашей модернизации противоаварийной защиты факельного сепаратора высокого давления будем использовать контроллер БАЗИС-100. ПЛК реализует специальные функции ПАЗ такие как:

- ❖ Разрешение пуска;
- ❖ Блокировки;
- ❖ Первопричина срабатывания и другое.

Данный ПЛК реализован таким образом, чтобы замену любых модулей можно было производить без прекращения работы («горячая» замена). Также ценовой диапазон данного контроллера более подходящий для нас, что не маловажно на сегодняшний день. Цена данного контроллера составляет 35600 рублей. Характеристики сравнения данных контроллеров приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики сравнения данных контроллеров

Характеристика	STARDOM FCJ	БАЗИС-100	Siemens SEMATIC S7-300
ПЛК	FCJ		
Модульное расширение	Да	Нет	Да
Тип интерфейсов	RS-485, Ethernet	Ethernet, RS-232/485	MPI/PROFIBUS/ Ethernet/PROFINET/Modbus

Продолжение таблицы 2 – Характеристики сравнения данных контроллеров

Характеристика	STARDOM FCJ	БАЗИС-100	Siemens SEMATIC S7-300
ПЛК			
Время цикла, мс	50	100	80
Стоимость в рублях	82500	35600	76900

Данный контроллер имеет достаточно большое количество входов и выходов и относительно небольшую цену на рынке. На рисунке 4 представлен ПЛК БАЗИС-100.

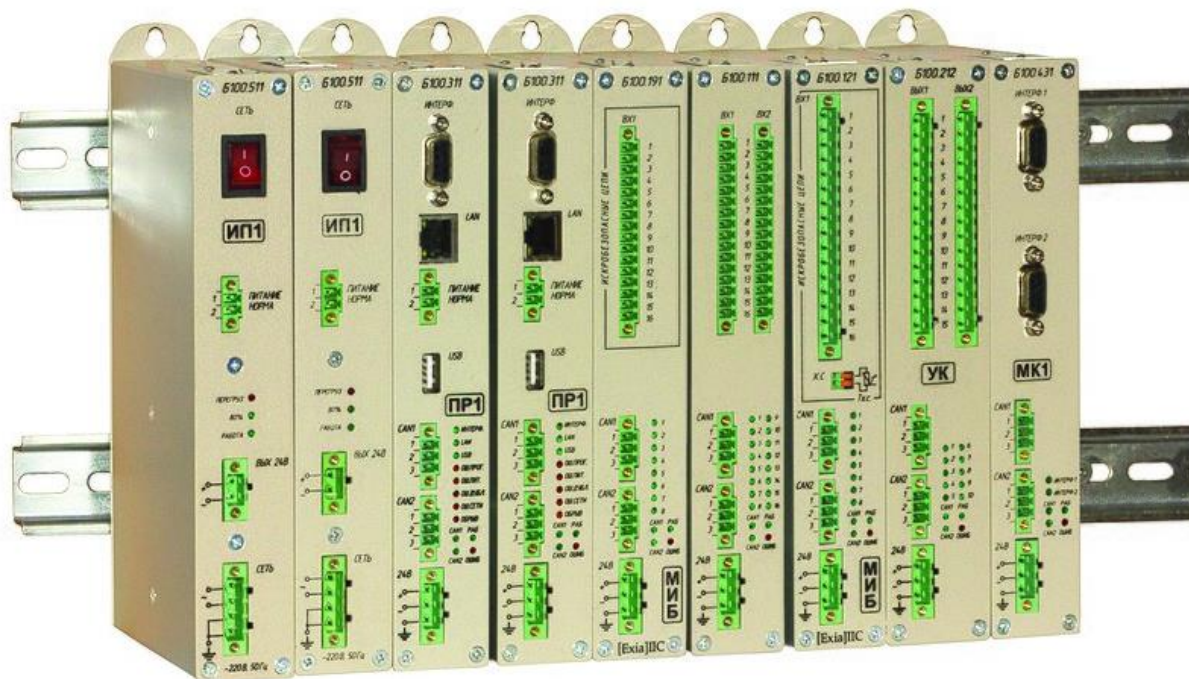


Рисунок 4 – Контроллер БАЗИС-100

Технические характеристики ПЛК БАЗИС-100 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики ПЛК БАЗИС-100

Наименования характеристики	Значение характеристики
Максимальное количество модулей, шт.	31

Продолжение таблицы 3 – Технические характеристики ПЛК БАЗИС-100

Наименования характеристики	Значение характеристики
Максимальное количество аналоговых входных/выходных каналов, шт.	8
Максимальное количество дискретных выходных каналов, шт.	10
Максимальное количество контроллеров с которыми можно установить соединение по Ethernet.	4
Количество портов RS-485.	2
Максимальное количество устройств по одному порту RS-485 (протокол БАЗИС / MODBUS).	31/128
Максимальное количество аналоговых / дискретных каналов по одному порту RS-485.	64/128
Длительность цикла работы, мс.	100

### 2.8.2 Выбор приборов измерения

При выборе датчиков для автоматизированной системы необходимо акцентировать внимание на то, чтобы датчики были с унифицированным сигналом от 4 до 20 мА и имели возможность подключения по протоколу

HART. Так же необходимо, чтобы выбранные датчики имели взрывозащищённое исполнение. Необходимо использовать искробезопасные цепи питания.

### 2.8.2.1 Выбор расходомера

В таблице 4 представлено сравнение характеристик расходомеров.

Таблица 4 – Сравнение характеристик расходомеров

<b>Характеристики датчиков</b>	<b>GF868</b>	<b>Rosemount 8700E</b>	<b>Yokogawa ADMAG AXF</b>
Измеряемая среда	Жидкость, газ.	Жидкость	Жидкость
Выходной сигнал	от 4 до 20мА HART, FF.	от 4 до 20мА HART, FF.	от 4 до 20мА HART.
Пылевлагозащита	IP65	IP66	IP65
Напряжение питания, В.	(9 – 30)	(12 – 42)	(24) В
Температура измеряемой среды	от минус 70 °С до плюс 170 °С	от минус 50 °С до плюс 190 °С	от минус 40 °С до плюс 180 °С
Температура окружающей среды	от минус 40 °С до плюс 60 °С	от минус 50 °С до плюс 60 °С	от минус 40 °С до плюс 60 °С
Стоимость в рублях	52000	60000	72000

В результате выбора датчика-преобразователя расхода будем использовать ультразвуковой расходомер факельных и попутных газов

GF868 серии DigitalFlow, который представлен на рисунке 5. Данный прибор подходит по параметру измерения окружающей среды для контроля технологического процесса.



Рисунок 5 – GF868 серии DigitalFlow

Расходомер GF868 серии DigitalFlow – ультразвуковая система измерения расхода газов, предназначенная для применения:

Факельные газы:

- ❖ Отслеживание и предотвращение потерь от протечек с одновременной идентификацией вещества.
- ❖ Расчет общего материального баланса предприятия.
- ❖ Снижение стоимости затрат на использование пара с соответствующим его регулированием.
- ❖ Экономия энергии за счёт исключения излишнего сжигания газов.
- ❖ Контроль выброса в окружающую среду в соответствии с государственными законами.

Отходящие газы.

Расходомер GF868 использует запатентованный метод для расчета средней молекулярной массы углеводородные смеси. Этот фирменный алгоритм расширяет диапазон измерения среднего молекулярного веса, повышая точность и компенсируя неуглеводородные газы лучше, чем когда-либо прежде. Более точные данные массового расхода и более точное знание

состава факельного газа может улучшить эффективность работы установки, обеспечивая правильное дозирование впрыска пара на факельном оголовке, оперативное устранение утечек в факельный поток, раннее обнаружение процесса проблем с управлением и точный баланс установки.

Ультразвуковое измерение расхода – идеальная технология для применения факельного газа, не зависит от свойств газа, и никак не мешает течению. Цельнометаллический ультразвуковые преобразователи, установленные в трубе, посылают звуковые импульсы вверх и вниз по потоку. Из-за разницы прохождения сигнала между датчиками, по ходу и против потока, DigitalFlow GF868 использует расширенный сигнал обработки и обнаружение корреляции для расчета скорости, объемный и массовый расход. Температура и входное давления позволяют счетчику рассчитывать стандартный объемный поток. Для максимальной точности используется два канала и измерение по двум различным путям в том же месте. Двухканальный измеритель также может измерить расход в двух отдельных трубах. На рисунке 6 продемонстрирована типичная конфигурация расходомера для стандартного объемного или массового расхода углеводородов.

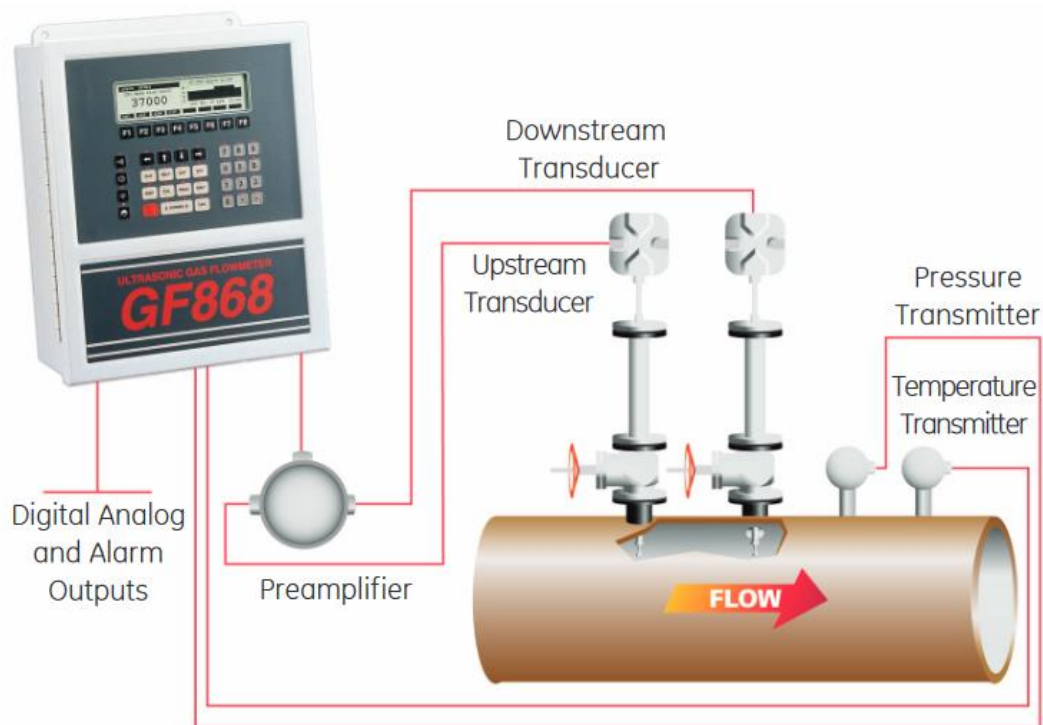


Рисунок 6 – конфигурация расходомера для стандартного объемного или массового расхода углеводородов

Система расходомера состоит из пары преобразователей для каждого канала, предусилителя и электронного пульта. Датчики могут быть установлены как часть проточной ячейки или непосредственно в трубу с помощью горячей или холодной врезки. Электронная консоль DigitalFlow GF868 может быть расположен на расстоянии до 300 метров от преобразователя. На рисунке 7 показано как устанавливается DigitalFlow GF868.



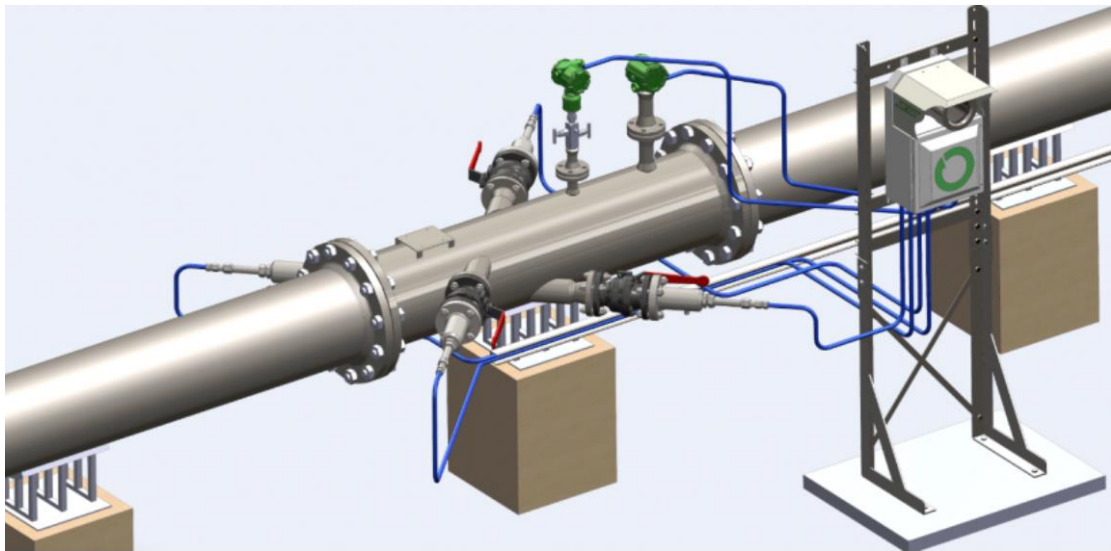


Рисунок 7 – конфигурация установки DigitalFlow GF868

### 2.8.2.2 Выбор датчика температуры

В таблице 5 представлено сравнение характеристик датчиков температуры.

Таблица 5 – Сравнение характеристик датчиков температуры

<b>Характеристики датчиков</b>	<b>Yokogawa YTA310</b>	<b>Rosemount 214C</b>	<b>Метран-281</b>
Измеряемая среда	Жидкость, газ.	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные
Выходной сигнал	от 4 до 20 мА HART, FF.	от 4 до 20 мА HART.	от 4 до 20 мА HART.
Пылевлагозащита	IP66, IP67	IP65	IP66
Напряжение питания, В.	(10 – 42)	(12 – 42)	(18 – 42)
Температура измеряемой среды	от минус 200 °С до плюс 50 °С	от минус 196 °С до плюс 600 °С	от минус 40 °С до плюс 400 °С

Продолжение таблицы 5 – Сравнение характеристик датчиков температуры

Характеристики датчиков	Yokogawa YTA310	Rosemount 214C	Метран-281
Температура окружающей среды	от минус 40 °С до плюс 85 °С, от минус 30 °С до плюс 80 °С (с ЖК дисплеем)	от минус 40 °С до плюс 85 °С	от минус 50 °С до плюс 85 °С
Стоимость в рублях	48000	61000	55000

В результате выбора датчика-преобразователя температуры будем использовать YOKOGAWA YTA310, который представлен на рисунке 8. Данный датчик подходит по параметру температуры измеряемой среды технологического процесса.



Рисунок 8 – YOKOGAWA YTA310

Интеллектуальный нормирующий преобразователь YTA310 предназначен для преобразования сигнала низкого уровня в унифицированный выходной сигнал. Преобразователь отличается высокими метрологическими характеристиками.

Также нам потребуется использовать измерительный элемент.

Будем использовать резистивный элемент Pt100, который представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – резистивный элемент Pt100

Резистивный датчик температуры – это датчик температуры, который включает в себя резистор для изменения значения сопротивления при изменении его температуры.

УТА310 – это преобразователь температуры полевого монтажа, который принимает один вход датчика. Этот вход может быть от термосопротивления, термопары. Эта модель поддерживают протокол связи BRAIN. Функции двойного входа включают резервное копирование неисправного датчика, усреднение температуры и дифференциальную температуру.

Прочный двухсекционный корпус с герметичными клеммами, который представлен на рисунке 10, защищает электронику от проникновения влаги и устраняет необходимость подвергать электронику воздействию окружающей среды. Это обеспечивает долгий срок службы при одновременном снижении затрат на техническое обслуживание и владение. Надежность и долговечность гарантируются соответствием стандартом NEMA 4x и IP67.

Прочная эпоксидная краска обеспечивает максимальную химическую стойкость; однако для максимальной защиты в морской среде, где обычны соляной туман и полупогружение, доступен корпус из нержавеющей стали.

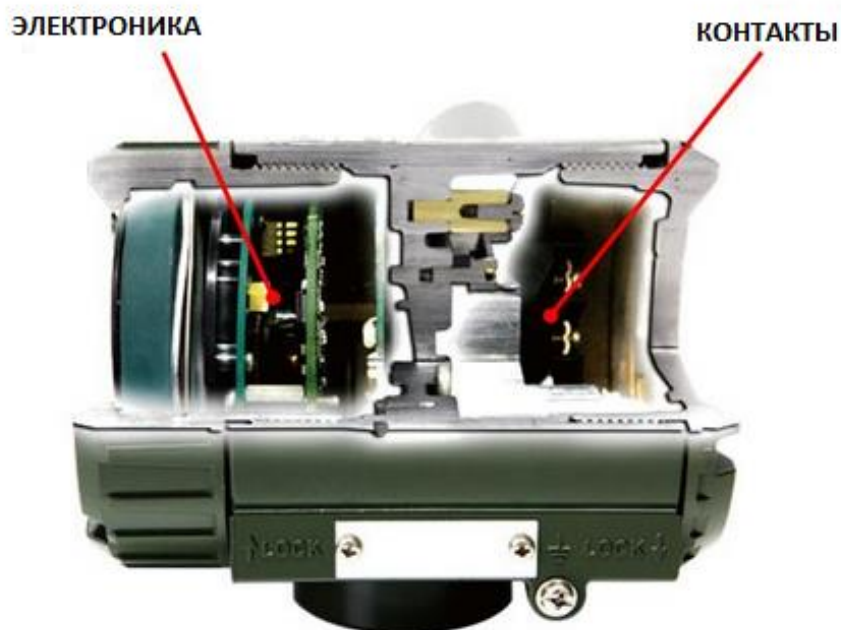


Рисунок 10 – корпус YTA310

YTA310 имеет функцию автоматического резервного копирования отказавшего датчика, которая при необходимости плавно переключается на резервный датчик, что показано на рисунке 11. При выходе из строя основного датчика преобразователь автоматически переключается на резервный вторичный датчик. На локальном индикаторе отображается сообщение об ошибке, а для хост-системы и диспетчера активов генерируется аварийное сообщение. После этого неисправный датчик можно заменить без потери жизненно важной информации о процессе. Это позволяет заменить датчик в ближайший удобный период технического обслуживания, избегая ненужных выездов в поле и возможной незапланированной остановки предприятия.

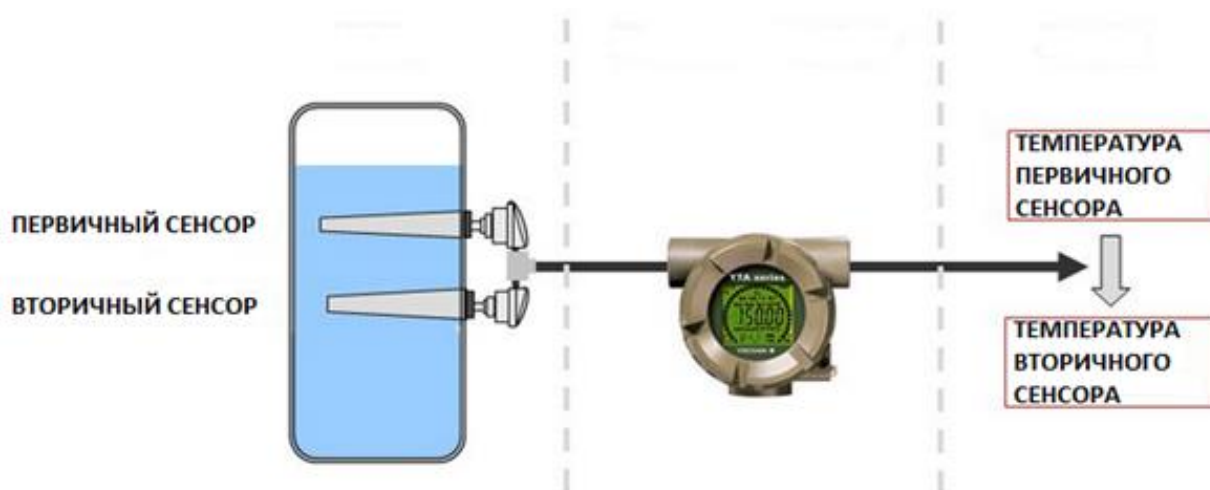


Рисунок 11 – переключение на резервный сенсор

Большой информативный индикатор YTA310 четко отображает текущее состояние и информацию о процессе. Круглая гистограмма из 32 сегментов обеспечивает четкую графическую обратную связь измерения процесса, в то время как само значение измерения отображается в центре вместе с правильными единицами измерения. Ниже значения измерения индикатор информирует вас о диагностической информации, такой как состояние измерения и тревоги. На рисунке 12 продемонстрирован цифровой дисплей YTA310.



Рисунок 12 – цифровой дисплей YTA310

### 2.8.2.3 Выбор датчика давления

В таблице 6 представлено сравнение характеристик датчиков давления.

Таблица 6 – Сравнение характеристик датчиков давления

Характеристики датчиков	Yokogawa EJA 430A	Yokogawa EJA 118E	Rosemount 3051S
Измеряемая среда	Жидкость, газ, пар.	Газ, жидкость, пар.	Газ, жидкость, пар.
Выходной сигнал	от 4 до 20 мА HART, FF.	от 4 до 20 мА HART, FF(Profibus).	от 4 до 20 мА HART, FF(Profibus)
Пылевлагозащита	IP67	IP66	IP66
Напряжение питания, В.	(10 – 42)	(10,5 – 42)	(12 – 42)
Диапазон измерения	от минус 0,1МПа до плюс 14МПа	от минус 1 бар до плюс 2 бар	от 0 бар до плюс 689 бар
Температура окружающей среды	от минус 45 °С до плюс 85 °С (без ЖК дисплея),	от минус 60 °С до плюс 85 °С	от минус 51 °С до плюс 85 °С
Стоимость в рублях	44000	53000	65000

В результате выбора датчика-преобразователя давления будем использовать YOKOGAWA EJA430A, который представлен на рисунке 13. Данный датчик подходит по параметру измерения давления измеряемой среды технологического процесса. Ценовой диапазон также важен при выборе приборов, цена данного прибора составляет 44000 рублей.



Рисунок 13 – YOKOGAWA EJA430A

Преобразователь избыточного давления Yokogawa с цифровым датчиком DPhar обеспечивает производительность и интеллектуальное устройство, необходимые для более глубокого понимания процесса. Цифровой датчик DPhar показан на рисунке 14.

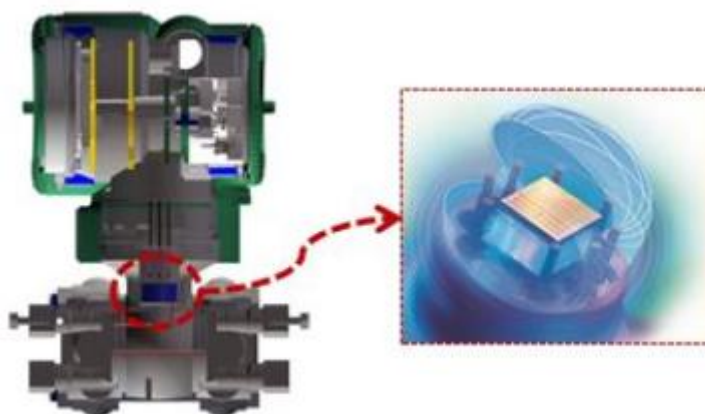


Рисунок 14 – цифровой датчик DPhar

Цифровой датчик DPhar использует два монокристаллических кремния как показано на рисунке 15. Резонаторы вибрируют на своих

собственных частотах. При возникновении давления один из резонаторов переходит в напряжения, а другой переходит в режим сжатия. Центральный процессор напрямую подсчитывает выходные частоты датчика без дополнительного аналого-цифрового преобразования. Отличные эластичные свойства силиконового материала, DPharp датчик демонстрирует большую линейность и воспроизводимость с отсутствием внутреннего гистерезиса.

Резонансный датчик также обеспечивает большой выходной сигнал, что приводит к большей чувствительности и более высокому динамическому диапазону.

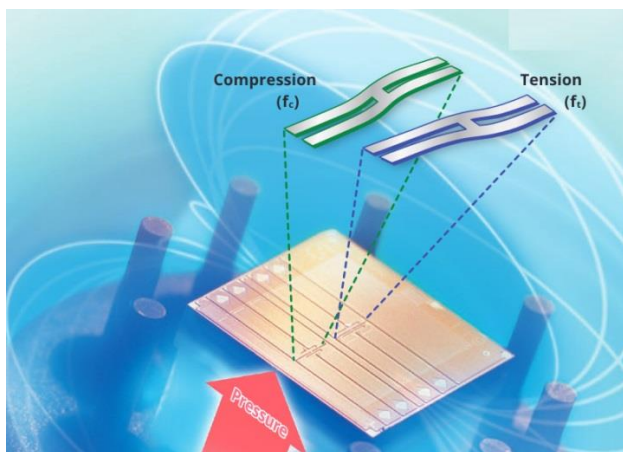


Рисунок 15 – монокристаллические кремнии DPharp

#### 2.8.2.4 Выбор датчика уровня

В таблице 7 представлено сравнение характеристик датчиков уровня.

Таблица 7 – Сравнение характеристик датчиков уровня

Характеристики датчиков	Yokogawa 110E	EJA	Rosemount 3051S	Rosemount 3051S ERS
Измеряемая среда	Жидкость, пар.	газ,	Газ, пар.	Жидкость.



Продолжение таблицы 7 – Сравнение характеристик датчиков уровня

<b>Характеристики датчиков</b>	<b>Yokogawa EJA 110E</b>	<b>Rosemount 3051S</b>	<b>Rosemount 3051S ERS</b>
Выходной сигнал	от 4 до 20 мА HART, Foundation Fieldbus.	от 4 до 20 мА с цифровым сигналом на базе HART протокола, Foundation Fieldbus	от 4 до 20 мА с цифровым сигналом на базе HART протокола, Foundation Fieldbus
Пылевлагозащита	IP67	IP66	IP66
Напряжение питания, В.	(10 – 42)	(10,5 – 42,4)	(10,5 – 42,4)
Диапазон измерения	от минус 5 бар до плюс 140 бар.	от 0 бар до плюс 689 бар.	от 0 бар до плюс 689 бар.
Температура окружающей среды	от минус 40 °С до плюс 75 °С.	от минус 51 °С до плюс 85 °С.	от минус 51 °С до плюс 85 °С
Стоимость в рублях	43000	52000	54000

В результате выбора датчика-преобразователя уровня будем использовать YOKOGAWA EJA110E, который представлен на рисунке 16.

Данный датчик подходит по параметру выходного сигнала так как он поддерживает 4-20мА/HART. Цена также важна при выборе приборов, цена данного прибора составляет 43000 рублей.



Рисунок 16 – YOKOGAWA EJA110E

Серия EJA-A – самая успешная линия датчика давления Yokogawa. Впервые был выпущенный в 1991 году и по-прежнему предлагает высокую производительность и высокую надёжность для любого применения.

Датчик дифференциального давления модели EJA110E предназначен для измерения расхода жидкости, газа или пара, а также может быть использован для измерения уровня, плотности и давления.

Цифровой датчик DPharp от Yokogawa обеспечивает вдвое большую производительность и стабильность, чем аналоговые датчики конкурентов. В DPharp используются новейшие технологии проектирования и производства микросхем. Аналоговые датчики основаны на более старой технологии проектирования. Передатчик Yokogawa с цифровым датчиком DPharp обеспечит необходимые последовательные, надежные и точные измерения.

#### **2.8.2.5 Выбор исполнительных механизмов**

Исполнительное устройство – это устройство, которое применяется для непосредственного регулирующего управления со стороны регулятора на

объект управления путём механического перемещения регулирующего органа.

В результате выбора регулирующего клапана будем использовать PIBIVIESSE E3, который представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – PIBIVIESSE E3

В результате выбора привода для управления клапана будем использовать BIFFI ALGAS 1.5S-1100-485-CL, который представлен на рисунке 18.

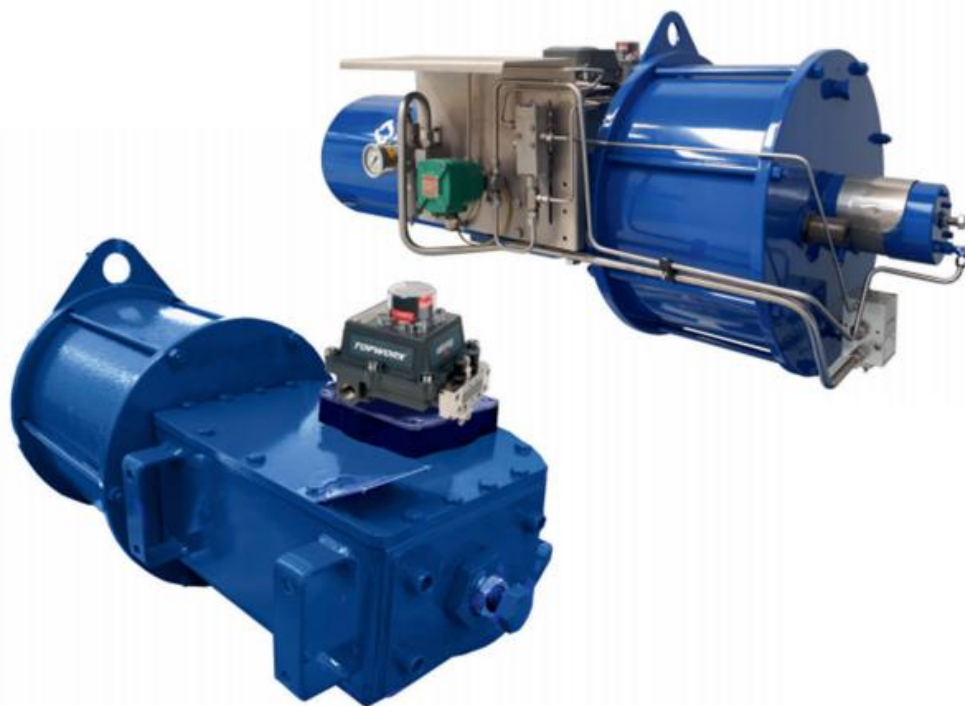


Рисунок 18 – BIFFI ALGAS 1.5S-1100-485-CL

Пневматические приводы данной серии предназначены для включения/выключения или модулирующего управления четверть-оборотными шаровыми, дроссельными, штекерными или демпферными клапанами.

Для распознавания положения клапана будем использовать концевой выключатель SENS-105 LJ12A3-4-Z, представленный на рисунке 19.



Рисунок 19 – концевой выключатель SENS-105 LJ12A3-4-Z

## 2.9 Разработка схемы внешних проводов

Разработанная схема внешних проводов представлена в приложении Е.

В датчике расхода GF868 серии DigitalFlow имеется преобразователь, который преобразовывает показания массового расхода в токовый выходной сигнал 4-20 мА.

В датчиках температуры YOKOGAWA YTA310 имеется преобразователь, который преобразовывает изменение показаний температуры технологического процесса в токовый выходной сигнал 4-20 мА.

Датчик давления YOKOGAWA EJA430A имеет преобразователь, с помощью которого преобразовываются показания датчика в токовый выходной сигнал 4-20 мА.

В уровнемере YOKOGAWA EJA110E имеется преобразователь, который преобразовывает показания уровнемера в токовый выходной сигнал 4-20 мА.

Для реализации схемы проводов выбран кабель КВВГ нг 10 х 2,5, представленный на рисунке 20.



Рисунок 20 – КВВГ нг 10 х 2,5

Маркировка кабеля:

К - контрольный кабель;

В - изоляция жил из поливинилхлоридного пластиката;

В - оболочка из поливинилхлоридного пластиката;

Г - гибкий, класс жилы 1;

нг - негорючая оболочка;

10 - количество медных изолируемых сердечников;

2,5 - поперечное сечение в квадратных миллиметрах;

Контрольный кабель КВВГ прокладывается от датчиков и исполнительных механизмов до распределительных коробок, а после данный кабель прокладывается до шкафов АСУ ТП установки комплексной подготовки газа.

Применение кабеля:

- ❖ прокладываться в кабельных траншеях под землёй;
- ❖ используется в условиях агрессивных сред.

В таблице 8 приведены характеристики данного кабеля.

Таблица 8 – Характеристики кабеля КВВГ

Номинальное переменное напряжение	0,66 кВ
Номинальная частота	100 Гц
Строительная длина, м.	(150 – 400)
Класс пожарной безопасности	П16.8.2.5.4
Срок службы	15 лет
Срок службы при прокладывании в помещениях, туннелях, каналах	25 лет
Температура окружающей среды при эксплуатации кабеля	От минус 50 °С до плюс 50 °С
Стойкость к воздействию повышенной относительной влажности воздуха при температуре окружающей среды до 35 °С	98 %
Минимальная температура прокладки кабеля без предварительного подогрева	Минус 15 °С

## Продолжение таблицы 8 – Характеристики кабеля КВВГ

Допустимые температуры нагрева токопроводящих жил кабеля	70 °С
Сопротивление изоляции, МОм.	(6 – 10)

### 2.10 Описание алгоритмов

Блокировки подразделяются на следующие виды:

- ❖ Индивидуальные.
- ❖ Внешние.
- ❖ Общие.

Индивидуальные блокировки включают в себя противоаварийную защиту определённого прибора или оборудования, действующую по заданному алгоритму. Задача индивидуальной блокировки заключается в том, чтобы вовремя вывести конкретное оборудование в безопасный режим и тем самым предотвратить аварию.

Внешние блокировки включают в себя противоаварийную защиту для определённого технологического процесса. Задача внешних блокировок заключается в предотвращении аварии для определённого технологического процесса.

Общие блокировки включают в себя противоаварийную защиту всего оборудования, которые действуют по определённому алгоритму. Задача общей блокировки заключается в предотвращении аварии. Общие блокировки стоят на первом месте по приоритету нежели индивидуальные или внешние.

### 2.11 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня газожидкостной смеси факельного сепаратора высокого давления УКПГ. Для

данного канала разберем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных уровня в сепараторе представлен в приложении Ж.

Данный алгоритм реализуется в функционале среднего уровня АС (в ПЛК). Последовательность работы АС по данному алгоритму:

- ❖ опрос показания датчика уровня;
- ❖ считывание аналогового сигнала (4-20) мА с модуля ввода-вывода ПЛК;
- ❖ масштабирование в единицы измерения – мм;
- ❖ сравнение с предыдущим значением;
- ❖ в случае изменения значения отправляются новые данные на верхний уровень (SCADA) для отображения на экране;
- ❖ проверка нового значения на нахождения в диапазоне допустимых значений;
- ❖ вывод информации на верхнем уровне (SCADA) о недопустимых значениях уровня.

## **2.12 Алгоритм регулирования технологического параметра**

В процессе подачи газожидкостной смеси с промпредприятия в сепараторе высокого давления необходимо поддерживать уровень, чтобы он не превышал порогового значения. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выберем уровень в сепараторе высокого давления.

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД-регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор - устройство в цепи, используемое в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала.



ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально входному сигналу, второе - интеграл входного сигнала, третье - производная входного сигнала.

При достижении уровня в факельном сепараторе до 1,65 метров, происходит постепенное закрытие входного клапана и производится сброс на факел, а при падении уровня до 1,35 метров входной клапан постепенно открывается для нормализации уровня внутри сепаратора. Данное регулирование уровня в сепараторе происходит за счёт того, что унифицированный сигнал 4-20 мА с датчика уровня YOKOGAWA EJA110E непрерывно поступает в аналоговый входной модуль контроллера ПЛК БАЗИС-100. Далее, благодаря данному сигналу и коэффициентам регулятора, производится выработка сигнала с аналогового выходного модуля данного контроллера, который отвечает за управление исполнительного органа 4-20 мА.

Структурная схема автоматического регулирования уровня факельного сепаратора представлена на рисунке 21.

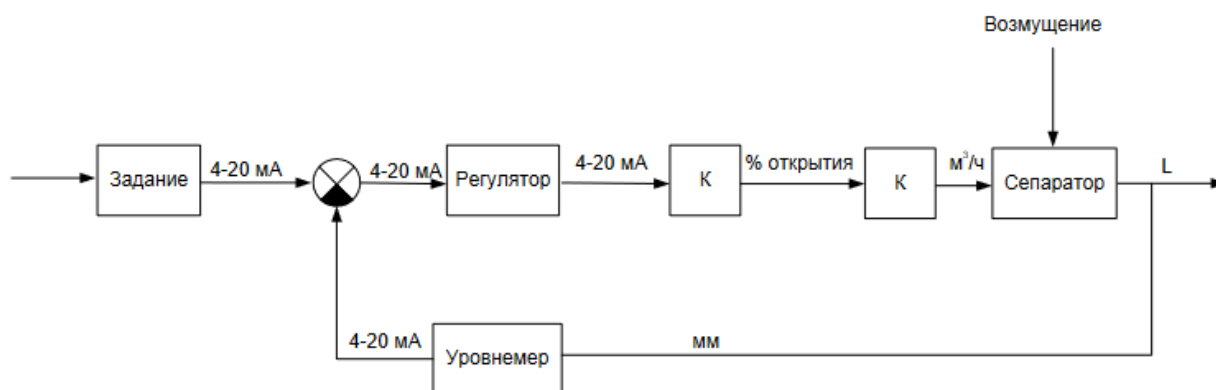


Рисунок 21 – Структурная схема автоматического регулирования уровня факельного сепаратора

Задание – уставка;

Регулятор – ПИД-регулятор;

К – привод клапана (усилитель мощности);

К – исполнительный механизм (клапан);

Сепаратор – объект управления;

Возмущение – возмущающее воздействие;

Уровнемер – датчик уровня.

Схема автоматизированной системы, построенная в среде Matlab Simulink, представлена в приложении 3.

Заданием будет являться параметр уровня факельного сепаратора равный 1,4 метра. На регулятор поступает токовый сигнал разности заданного значения уровня и измеренное значение датчиком уровня. После этого регулятор согласно заданным параметрам и коэффициентам выдает токовый сигнал на исполнительный механизм.

Параметры блока PID представлены на рисунке 22.

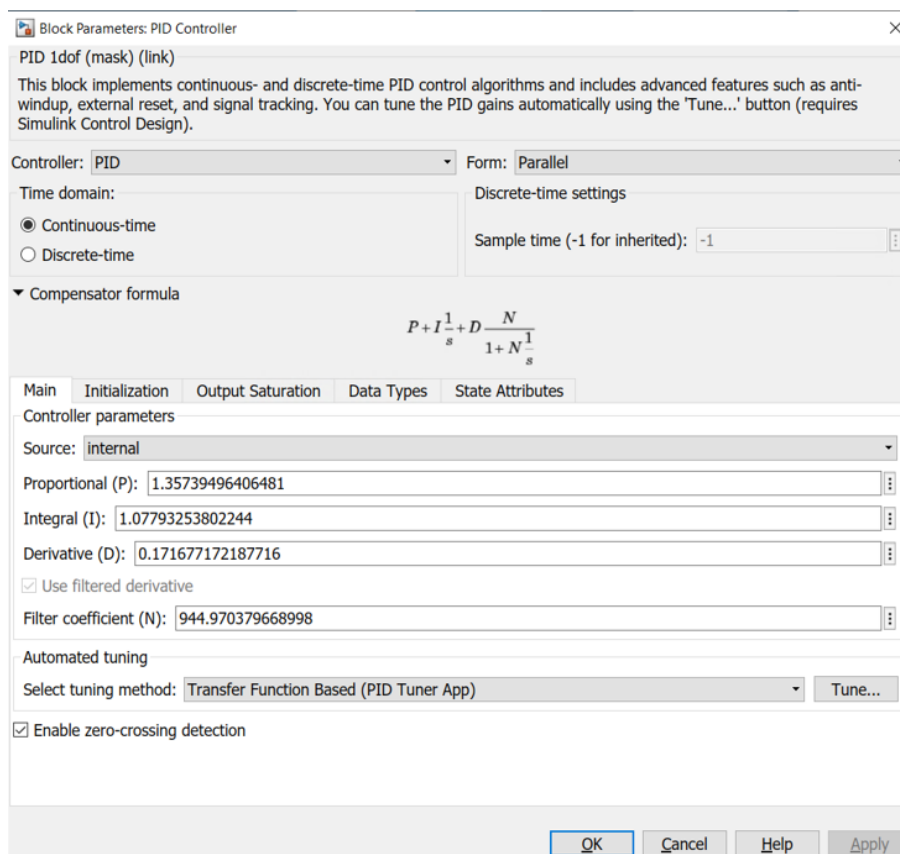


Рисунок 22 – Параметры блока PID

Время переходного процесса составляет 2,2 секунды. Статическая ошибка равна нулю. Перерегулирование составляет 7,5%. Данные показатели соответствуют требованиям, предъявляемым к системе. Система является устойчивой и легко регулирует внесенное на 3 секунде возмущение, что продемонстрировано в приложении 3.

## 2.13 Экранные формы автоматизированной системы

Управления автоматизированной системы на верхнем уровне реализовано через SCADA SIMP light. Данное ПО предназначено для визуального представления, моделирования и мониторинга физических и виртуальных устройств, которые подключены к компьютеру. Это необходимо для того, чтобы обеспечить автоматизацию технологических процессов. SCADA SIMP light имеет высокие показатели надёжности и безопасности. Также немаловажным является то, что данное программное обеспечение гарантирует возможность подключения оборудования различных производителей с использованием OPC-технологии.

SCADA SIMP light даёт возможность выбрать приборы нижнего уровня с аналоговыми и цифровыми выходными сигналами широкого спектра, что позволяет сделать проектируемые системы гибкими.

### 2.13.1 Разработка экранной формы автоматизированной системы

При входе в систему необходимо ввести персональные данные, такие как логин и пароль. Это позволяет исключить доступ посторонних лиц к важным разделам системы. У оператора центрального пульта управления есть кнопки для переключения между различными установками, представленные на рисунке 22.



MAIN	0300	4000	4200	4300	4400	4500
4600	4700	4800	4900	6200	6400	9000

Рисунок 22 – кнопки для переключения между различными установками

Также оператор центрального пульта управления может посмотреть показания приборов за любой период, для этого ему необходимо нажать на

кнопку TREND, представленную на рисунке 23, и произвести выборку за определённый промежуток времени.



Рисунок 23 – кнопки для просмотра показаний приборов за любой промежуток времени

Оператор ЦПУ контролирует показания (рисунок 24) уровня, температуры и давления в факельных сепараторах высокого давления в реальном времени.

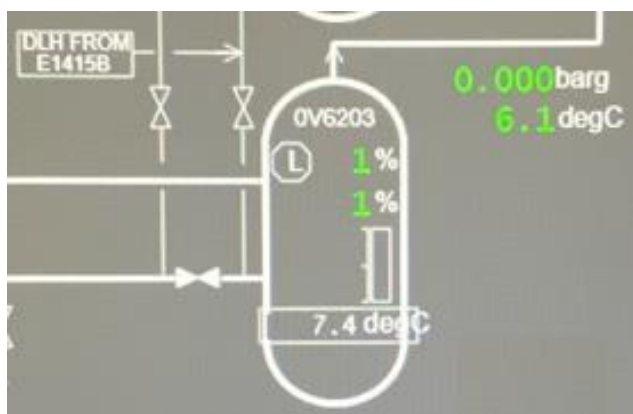


Рисунок 24 – параметры сепаратора высокого давления

### 2.13.2 Область видеокадра

Для того чтобы производить контроль технологического оборудования и управлять им, необходимо использовать видеокадры. Видеокадры включают в себя:

- ❖ Мнемосхемы, где показаны все основные элементы, которые необходимы для управления данной системой.
- ❖ Табличные формы, на которых отображена технологическая информация, не входящая в состав мнемосхем. Также табличные формы позволяют производить ручной ввод информации.
- ❖ Всплывающие окна определённых элементов управления для корректирования настроек режима работы.

На мнемосхемах доступны следующие элементы:

- ❖ Факельные сепараторы.
- ❖ Насосы.
- ❖ Емкости для сброса жидкости.
- ❖ Факела.

На элементе «Факельный сепаратор» отображаются следующие параметры:

- ❖ Измеряемые параметры системы.
- ❖ Измеряемые параметров трубопроводов.
- ❖ Состояние работы задвижек.

На рисунке 25 показан пример контроля параметров факельного сепаратора.

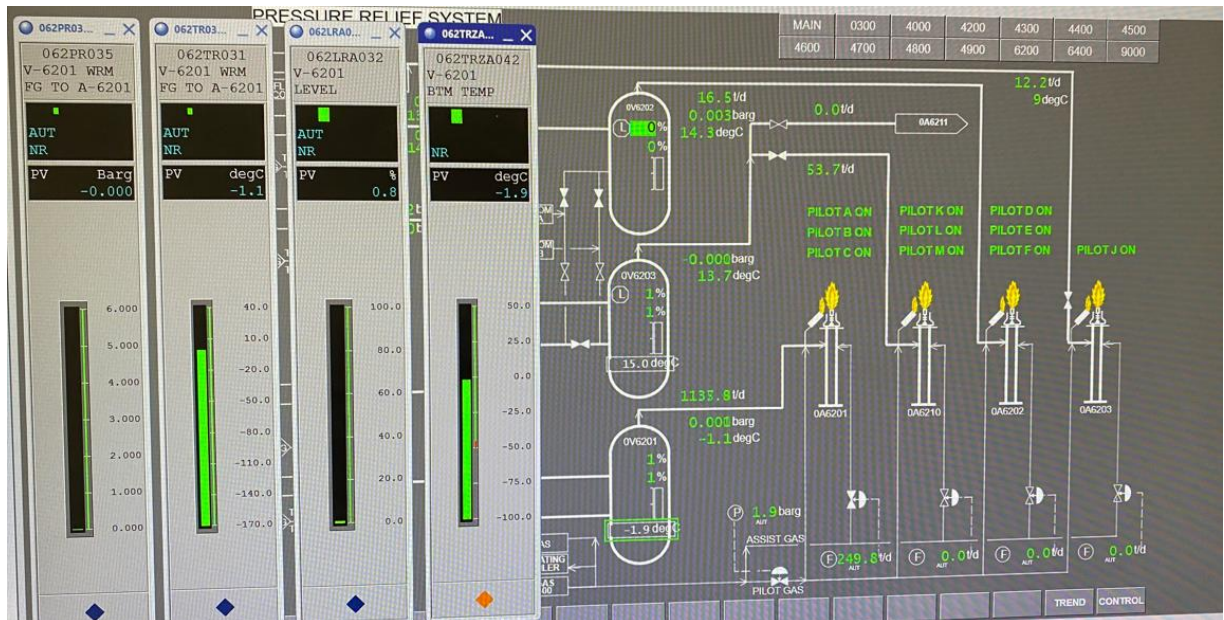


Рисунок 25 – контроль параметров

Мнемосхема факельного сепаратора высокого давления представлена в приложении И.

### 3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality Advisor) – это программный пакет, построенный на базе централизованной базы данных оптимизации и рационализации измерения качественных характеристик разработанного проектного решения для определения перспективности на современном рынке. Это в свою очередь поможет принять решение о целесообразности инвестирования в инженерный проект.

Проведём анализ с помощью технологии QuaD и для упрощения заполним таблицу 9.

Таблица 9 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес	Баллы	Максимальный бал	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Точность	0,1	90	100	0,9	9
Надежность	0,2	100	100	1	20
Отказоустойчивость	0,2	100	100	1	20
Самодиагностика	0,1	90	100	0,9	9
Быстрота реагирования	0,15	100	100	1	15
Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,8	4
Компактность	0,1	80	100	0,8	8
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,1	80	100	0,8	8
Итого	1	720	800	6,2	93

По технологии QuaD показатели рассчитываются экспертным путём по сто бальной шкале, где 100 – наиболее сильная позиция, а 1 – наиболее слабая. Веса всех показателей должны быть равными единице. Оценка качества и эффективности по данной технологии, определяется по следующей формуле:

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

где:

$P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности проекта;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -того показателя.

Средневзвешенное значение измеряется в пределах от 0 до 100 и показывает качество проведенного исследования и перспективы проекта (рисунок 26).

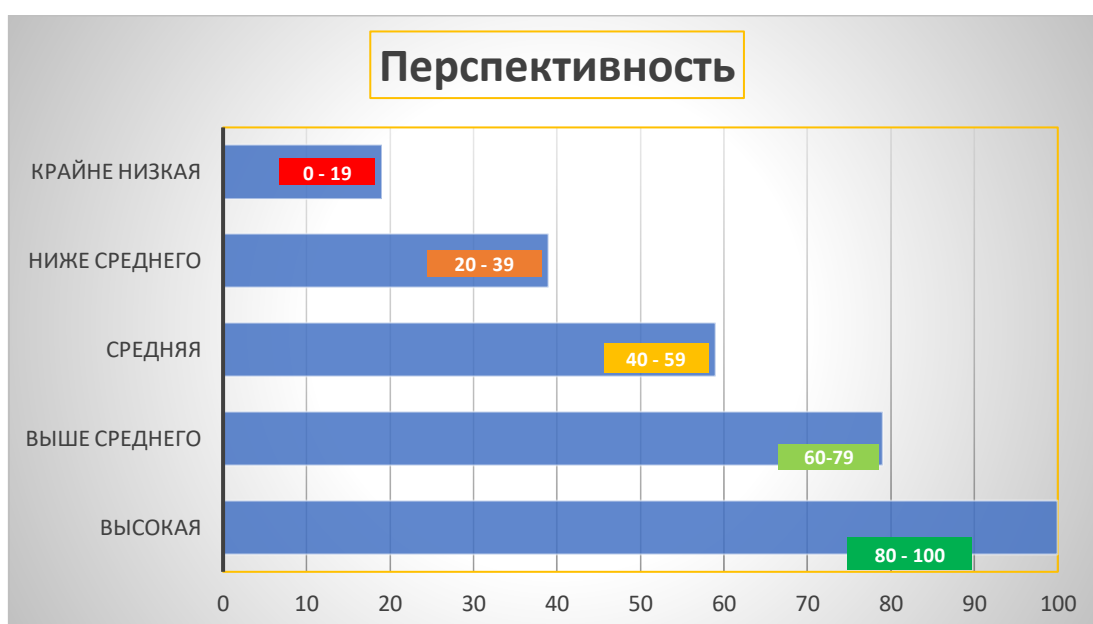


Рисунок 26 – Перспективность проекта

В результате проведенного анализа, средневзвешенное значение получилось равное 93, поэтому можно сделать вывод, что данный проект будет иметь высокие шансы быть лидером на рынке контроллерного оборудования систем противоаварийной защиты.

### 3.2 SWOT-анализ

Далее проведем анализ оценки внешних и внутренних факторов, а также текущий и будущий потенциал с помощью технологии SWOT. Данная

технология разделяет факторы на четыре категории для оценки конкурентной позиции компании и разработки стратегического планирования:

- Strengths – сильные стороны;
- Weaknesses – слабые стороны;
- Opportunities – возможности;
- Threats – угрозы.

Проведем первый этап SWOT-анализа и запишем результаты в таблицу

10.

Таблица 10 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Наличие запасных частей для ремонта и обновлений для системы;  С2. Повышение надёжности;  С3. Низкие затраты на создание.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие аналогов, не позволяющих учесть недостатки систем;  Сл2. Проведение испытаний только на реальном оборудовании;  Сл3. Отсутствие опыта построения таких систем.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Применение данного решения в других нефтегазовых проектах;  В2. Снижение стоимости за счёт использования оборудования предприятия;  В3. Снижение стоимости за счёт использования ПО и лицензий предприятия.</p>		
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Проблемы с поставкой оборудования;  У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции;  У3. Нехватка средств на реализацию проекта.</p>		



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

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

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

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

После того как сформулированы все области SWOT можно переходить к реализации второго этапа, в котором требуется построить интерактивную матрицу проекта. Данная матрица поможет разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT и представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	-	+	-
	B2	-	-	+
	B3	+	-	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	0	+	+
	B3	-	-	+
Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	-	-
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	+	+

Далее приступим к реализации третьего этапа, где должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая представлена в таблице 12.

Таблица 12 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Наличие запасных частей для ремонта и обновлений для системы;  С2. Повышение надёжности;  С3. Низкие затраты на создание.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие аналогов, не позволяющих учесть недостатки систем;  Сл2. Проведение испытаний только на реальном оборудовании;  Сл3. Отсутствие опыта построения таких систем.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Применение данного решения в других нефтегазовых проектах;  В2. Снижение стоимости за счёт использования оборудования предприятия;  В3. Снижение стоимости за счёт использования ПО и лицензий предприятия.</p>	<p>В1(С2);  В2(С2С3);  В3(С1С3).</p>	<p>В1(Сл1Сл3);  В2(Сл2Сл3);  В3(Сл3).</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Проблемы с поставкой оборудования;  У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции;  У3. Нехватка средств на реализацию проекта.</p>		<p>У3(Сл2Сл3).</p>

### 3.3 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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

Данная работа имеет следующий штат исполнителей:

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

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

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Подбор и изучение возможных вариантов модернизации	И
	2	Выбор варианта модернизации	НР, И
	3	Календарное планирование реализации проекта	НР, И
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	НР
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подбор и изучение материалов	И
Разработка технической документации и проектирование	6	Разработка схем автоматизации	НР, И
	7	Разработка алгоритмов работы	НР, И
	8	Оформление пояснительной записки	И
	9	Оформление графического материала	И
Оформление отчета по работе	10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР, И
	11	Подведение итогов	НР, И

### 3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

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 %.

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

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

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

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

### 3.5 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

- что представляют собой различные виды деятельности;
- когда каждое действие начинается и заканчивается;
- как долго будет длиться каждое действие;
- где действия пересекаются между собой и на сколько;
- дата начала и окончания всего проекта.

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

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

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

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

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведенного исследования

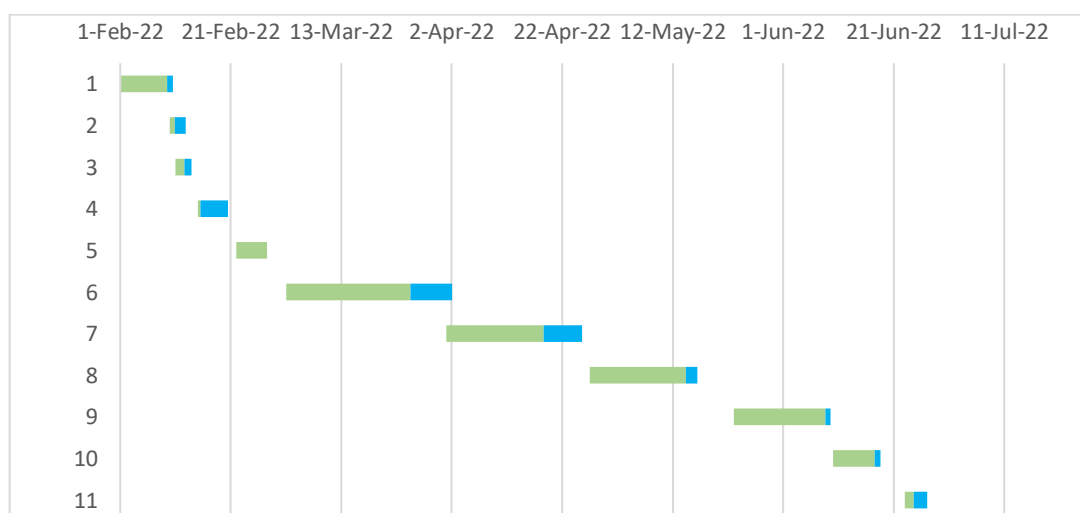
Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям Человеко-дни			
					$T_{pi}$		$T_{ki}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ожцi}$	НР	И	НР	И
1. Подбор и изучение возможных вариантов модернизации	И	7	–	9	–	7,8	1	8,48
2. Выбор варианта модернизации	НР, И	1	1	2	1	1,4	2	0,9
3. Календарное планирование реализации проекта	НР, И	3	1	5	2	3,8	1,3	1,6
4. Составление и утверждение технического задания	НР, И	2	4	2,8	2,8	0,3	5	0,5
5. Подбор и изучение материалов	И	5	–	7	–	5,8	–	5,88
6. Разработка схем автоматизации	НР, И	12	15	13,2	5,81	14,52	7,6	22,49
7. Разработка алгоритмов работы	НР, И	10	12	10,8	4,75	11,88	7,03	17,58
8. Оформление пояснительной записки	И	7	14	9,8	–	11,7	2	17,4
9. Оформление графического материала	И	10	12	10,8	–	11,88	1	16,58

Продолжение таблицы 14 – Временные показатели проведенного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям Человеко-дни			
					$T_{pi}$		$T_{ki}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ожцi}$	НР	И	НР	И
10. Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР, И	12	1	20	1	15,2	1	7,6
11. Подведение итогов	2	3	2	3	2,4	2,4	2,53	1,58
Итого				93,4	19,7	86,6	30,46	100,59

На основе таблицы 6 построим диаграмму Ганта. Диаграмма представляет собой план-график, разбитый по месяцам и декадам с указанием выполненных работ. Диаграмма Ганта – линейный график работы представлена таблице 15.

Таблица 15 – Диаграмма Ганта – линейный график работы



### 3.6 Расчет материальных затрат НТИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых

непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

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

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы ( $Z_m$ ), руб.
Бумага А3, 80 г/кв.м	Пачка (500 листов)	1	450	540
Картридж для цветного принтера	шт.	2	3000	7200
Картридж для чёрно-белого принтера	шт.	2	1500	3600
Ручка шариковая	шт.	5	15	90
Карандаш	шт.	5	7	42
Итого				11472



Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 12 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_m = 1,12 \cdot 11472 = 12848,64 \text{ рубля.}$$

### 3.6.1 Расчет амортизации оборудования

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

Норма амортизации рассчитывается следующим образом:

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

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

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

Таблица 17 – Расчет амортизационных отчислений

	Стоимость, руб.	СПИ, лет	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Ноутбук	60000	3	33,3	19980	1665	8325
МФУ	35000	2	50	17500	1458,3	7291,5
Итого						15616,5

### 3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице № 10.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

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

где  $Z_{окл}$  – оклад, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,6 (для Сахалина).

Северная надбавка – 50%.

Научный руководитель имеет должность начальник отдела КИПиА и АСУ ТП оклад на весну 2021 года составлял 42000 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 43806 руб.

Оклад инженера на весну 2021 года составил 35000 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 36505 руб.

Основная заработная плата представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_T$	$Z_{окл}$ , руб.	$k_{p+}$ северная надбавка	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	–	–	43806	2,1	91992,6	3877,37	20	77547,4
Инженер	–	–	36505		76660,5	3885,05	87	337999,35
Итого $Z_{осн}$								415546,75

### 3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

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

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	К <sub>доп</sub>	З <sub>осн</sub>	З <sub>доп</sub>
Научный руководитель	0,12	77547,4	9305,68
Инженер		337999,35	40559,8
Итого			49865,48

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

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

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

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

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

Сумма страховых взносов представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	77547,4	337999,35
Дополнительная заработная плата, руб.	9305,68	40559,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	26055,92	113579,74
Итого	139635,66	

### 3.6.5 Накладные расходы

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

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

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,14.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (12848,64 + 15616,5 + 415546,75 + 49865,48 + 139635,66) \cdot 0,14 \\ &= 88691,82 \end{aligned}$$

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

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	12848,64
2. Затраты на амортизацию оборудования	15616,5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	415546,75
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	49865,48
5. Отчисления во внебюджетные фонды	139635,66
6. Накладные расходы	88691,82
7. Бюджет затрат НИ	722204,85

## 3.7 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

### 3.7.1 Определение финансовой эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 13). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

В роли исполнителей будет выступать студент-дипломник (инженер) с научным руководителем, ООО СМНМ, ООО СНГТ.

Проведем расчеты интегрального финансового показателя и заполним таблицу 14.

$$I_{\text{финр}}^{\text{студент}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{722204,85}{850000} = 0,85;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{СМНМ}} = \frac{\Phi_2}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{820000}{850000} = 0,96;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{СНГТ}} = \frac{\Phi_3}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{850000}{850000} = 1.$$

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). Расчет интегрального финансового показателя приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	$\Phi_{pi}$	$\Phi_{max}$	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{ООО СМНМ}$	$I_{финр}^{ООО СНГТ}$
Инженер с научным руководителем	722204,85	850000	0,85	0,96	1
ООО СМНМ-Вико	820000				
ООО СНГТ	850000				

### 3.7.2 Определение ресурсоэффективности исследования

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

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

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

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

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Инженер с научным руководителем	Исп.2 ООО СМНМ	Исп.3 ООО СНГТ
Точность	0,2	5	5	5
Надежность	0,1	5	4	5
Быстрота проведения контроля	0,1	5	4	4
Безопасность	0,2	5	4	3
Экологичность	0,1	5	5	3

Продолжение таблицы 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Инженер с научным руководителем	Исп.2 ООО СМНМ	Исп.3 ООО СНГТ
Простота эксплуатации	0,05	4	5	4
Компактность	0,1	5	5	4
ИТОГО	1	34	32	31

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,2$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 3,8$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 3,4$$

### 3.7.3 Определение ресурсоэффективности исследования

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

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

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта, представленную в таблице 25 и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

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

Таблица 25 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1 Инженер с научным руководителем	Исп.2 ООО СМНМ	Исп.3 ООО СНГТ
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	0,96	1



Продолжение таблицы 25 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1 Инженер с научным руководителем	Исп.2 ООО СМНМ	Исп.3 ООО СНГТ
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,9	3,9	3,4
3	Интегральный показатель эффективности	5,1	4,1	3,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,8	0,66

## **4 Социальная ответственность**

Организация и улучшение условий труда на рабочем месте является одним из важнейших резервов производительности труда и экономической эффективности производства. Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

В выпускной квалификационной работе будет рассматриваться модернизация противоаварийной защиты блока факельного сепаратора высокого давления установки комплексной подготовке газа завода СПГ Пригородное. Объект исследования – факельный сепаратор высокого давления. Завод СПГ Пригородное является потенциально опасным объектом для рабочего персонала и окружающей среды. В разделе социальная ответственность производится оценка рабочей зоны. Для снижения воздействия на рабочий персонал и окружающую среду производится анализ вредных и опасных факторов.

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

Основываясь на трудовом кодексе РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [1] необходимо использовать график сменности рабочего персонала т.к. завод СПГ Пригородное работает в режиме непрерывного производства. Для того чтобы обеспечить непрерывное производство рабочий персонал операторов работает посменно по 12 часов в дневное и ночное время благодаря чему достигается непрерывное производство. Применяется график смен из четырёх бригад. Во время перехода из дневной смены в ночную предоставляется один выходной день.

Персонал производящий техническое обслуживание завода СПГ Пригородное работает по графику 5/2. Также от технического персонала имеются дежурные, которые поддерживают производства в выходные, праздничные дни и ночное время. Данный персонал обязан прибыть по требованию на завод СПГ Пригородное в течении часа.

Так как завод СПГ Пригородное территориально расположен на острове Сахалин, то он приравнивается к районам крайнего севера и при расчете заработной платы работника добавляется районный коэффициент равный 1,6 и северная надбавка в размере 50 %.

## **4.2 Производственная безопасность**

Производственная безопасность относится к управлению всеми операциями и событиями в отрасли с целью защиты ее сотрудников и активов путем минимизации опасностей, рисков, несчастных случаев и промахов. Производственная безопасность контролируется федеральными, государственными и местными законами российской федерации.

Производственная безопасность — это комплекс различных мер, направленных на предотвращение или минимизацию последствий аварий на опасном производственном объекте (ОПО).

Производственная безопасность охватывает обширную область безопасности на рабочем месте:

- общая безопасность (вопросы и заботы, которые являются общие для всех отраслей;
- специфичные вопросы безопасности на конкретном рабочем месте;
- безопасность процесса и производства;
- безопасность при работе с материалами;
- электробезопасность;
- пожарная безопасность;

- безопасность зданий и сооружений (включая временные установки);
- экологическая безопасность.

### 4.3 Анализ вредных производственных факторов

Для того, чтобы произвести выбор вредных и опасных производственных факторов необходимо сослаться на ГОСТ 12.0.003-2015 [2] «Опасные вредные и производственные факторы. Классификация». Перечень вредных и опасных производственных факторов представлены в таблице 26.

Таблице 26 – вредные и опасные производственные факторы

<b>Факторы</b>	<b>Нормативные документы</b>
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений / ГОСТ Р от 08 ноября 2013 г. № 55710-2013 [3].
Повышенный уровень шума.	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [4].
Вредные и опасные вещества	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. [5].
Электрический ток.	ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [6].
Наличие подвижных частей производственного оборудования.	ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности [7]

Продолжение таблицы 26 – вредные и опасные производственные факторы

Факторы	Нормативные документы
Расположение рабочего места на значительной высоте относительно уровню земли.	ГОСТ12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные [8].
Повышенная загазованность воздуха.	ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов [9].

#### 4.3.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Требования к освещению рабочей зоны основываясь на ГОСТ Р 55710-2013 [3], перечисленные ниже, обеспечивают визуальный комфорт и предотвращают профессиональные заболевания и несчастные случаи:

- ❖ освещение рабочего места должно соответствовать визуальной задаче (категории);
- ❖ освещение не должно создавать бликов от источника света или окружающих предметов;
- ❖ освещение в рабочей зоне должно быть равномерным и стабильным, чтобы избежать частой переадаптации глаз;
- ❖ на рабочей плоскости не допускаются резкие и глубокие тени;
- ❖ контраст освещенных объектов должен быть достаточным;
- ❖ освещение не должно быть опасным или вредным;
- ❖ освещение должно быть простым, надежным, разумным и эстетичным.

Освещение рабочей зоны может быть выполнено как естественным, так и искусственным.

Естественное освещение может быть организовано как боковое, верхнее и комбинированное освещение. Боковое освещение: использование отверстий для дневного света на стенах зданий для обеспечения дневного света при выполнении задач. Он может быть односторонним и двусторонним. Верхнее освещение: концепции дневного освещения на крыше здания, которые обеспечивают свет сверху для освещения горизонтальных, наклонных или вертикальных рабочих плоскостей.

Общее освещение - это система освещения, в которой светильники устанавливаются в верхнем пространстве помещения (как минимум на высоте 2,5 м над полом) равномерно (общее равномерное освещение) или фокусируются на рабочих плоскостях (общее фокальное освещение).

Рабочее освещение обеспечивает видимость, необходимую для производства, перемещения, транспортировки, и является обязательным для всех рабочих зон. Аварийное освещение предназначено для предотвращения взрыва, пожара, травм, повреждений, когда рабочее освещение периодически отключается. Целью эвакуационного освещения является содействие эвакуации в условиях, когда рабочее освещение выключено. Оно устанавливается в переходах личности, в помещениях с личностью, которые могут насчитывать более 100 человек, присутствующих там одновременно, на лестничных клетках, в профессиональных зонах с личностью более 50 человек.

По периметру охраняемой территории установлено охранное освещение. В сверхурочное время предусмотрено резервное освещение. На всей территории факельных сепараторов высокого давления достаточное естественное освещение так как они находятся на открытой площадке. А в ночное время суток предусмотрено искусственное освещение на всей площадке.

### 4.3.2 Повышенный уровень шума

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

Шум на рабочем месте приводит к необратимым повреждением слуху. Это может быть потеря слуха, которая является постепенной из-за воздействия шума с течением времени, но также повреждения, вызванные внезапными, очень громкими звуками.

Территориально площадка факельных сепараторов высокого давления расположена на удалении от остальных объектов, которые производят высокий уровень шума. Уровень шума на данной площадке низкий.

Рабочий персонал имеет средства защиты органов слуха: защитные наушники и беруши (противошумные вкладыши).

В местах, где уровень шума превышает 80 дБ имеются специальные предписывающие знаки «Работать в защитных наушниках» который показан на рисунке 27.



Рисунок 27 – Работать в защитных наушниках

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 [4].

### 4.3.3 Вредные и опасные вещества

Вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества [5]. Каждый день люди подвергаются воздействию тысяч различных химических веществ. Многие обеспокоены своим здоровьем и пытаются найти ответ на вопросы: какие из них опасны, и могут ли они вызвать рак или другие проблемы. Но мы не должны рассматривать эту проблему только в связи с возможным воздействием вредного производства на окружающую среду, поскольку существуют риски, связанные с неправильным питанием, самолечением и другими поведенческими факторами.

Вредные и опасные вещества подразделяются на следующие группы:

- ❖ **Чрезвычайно опасные вещества первого класса** даже в малом количестве способны вызвать летальный исход. Для человека смертельной станет пероральная доза всего в 15 миллиграмм на 1 кг массы тела. В случае воздействия через кожу летальным станет количество около 100 миллиграмм на 1 кг. Предельно допустимая концентрация таких соединений в воздухе — менее 0,1 миллиграмма на 1 м<sup>3</sup>.
- ❖ **Высоко опасные соединения, относящиеся ко второму классу**, оказывают серьезное действие на организмы живых существ. Показатели опасных для жизни количеств для веществ, входящих во второй класс, несколько ниже, чем у чрезвычайно опасных. Они составляют от 15 до 150 миллиграмм на 1 кг массы тела перорально и



от 100 до 500 миллиграмм на 1 кг при попадании на кожу. Допустимая концентрация в воздухе — от 0,1 до 1 миллиграмма на м<sup>3</sup>.

- ❖ **Третий класс опасности** — вещества, относящиеся к умеренно опасным. Соединения имеют следующие средние значения летальных доз: от 150 до 5 тыс. миллиграмм на 1 кг при попадании в желудок человека, а при нанесении на кожу — от 500 до 2500 миллиграмм на 1 кг массы тела. В воздухе концентрация таких соединений допускается от 1 до 10 миллиграмм на 1 м<sup>3</sup>. Несмотря на то что показатели опасных для жизни концентраций у соединений этого класса довольно низкие, они всё же способны наносить весьма серьёзный вред организму. Соблюдение правил техники безопасности при обращении с любыми опасными соединениями должно быть обязательным.
- ❖ **Четвёртый класс опасности химических веществ** называют малоопасным. Подобные соединения широко применяются в химической промышленности и быту. Тем не менее они тоже способны нанести вред здоровью человека при несоблюдении правил безопасного обращения с химическими соединениями. Средние показатели смертельных доз при введении в желудок и попадании на кожу равны более 5 тыс. миллиграмм на 1 кг и более 2500 миллиграмм на 1 кг массы тела соответственно. Безопасная концентрация в воздухе — 10 и более миллиграмм на м<sup>3</sup>.

## **4.4 Анализ опасных производственных факторов**

### **4.4.1 Поражения электрическим током**

Травмы от поражения электрическим током могут быть очень серьезными и изменить жизнь. Важно, чтобы люди знали, что это такое, каковы причины и симптомы, а также какие методы лечения подходят для пострадавших в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ [6].

Когда человек получает удар током, электрический разряд вызывает у него серьезные, слишком часто изменяющие жизнь травмы, но жертва все еще жива. С другой стороны, поражение электрическим током приводит к летальному исходу. Это происходит, когда электрический разряд убивает жертву. Поражение электрическим током возникает, когда человек подвергается воздействию и вступает в контакт с источником электричества, прямо или косвенно посылающим электрический ток через часть тела человека.

Причины поражения электрическим током:

- ❖ Контакт с линией электропередачи или вспышкой электрической дуги.
- ❖ Случайный контакт с открытыми электрическими источниками.
- ❖ Неисправная электропроводка, монтаж и ремонт.
- ❖ Контакт с металлом, растущей растительностью или другим проводящим материалом, подверженным воздействию электрического тока, таким как металлическая лестница, которая касается линии электропередачи или другого открытого провода.
- ❖ Случайный контакт с оборванной линией электропередачи или с землей вблизи оборванной линии электропередачи.

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токоведущих и нетокведущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). Защитное заземление – это заземление на устройстве, которое необходимо заземлить, поскольку оно имеет проводящую металлическую оболочку и подключено к сети электропитания. Это заземление отводит любую потенциально опасную утечку в сети или ток короткого замыкания и обычно приводит в действие защитное устройство, отключающее элемент от источника питания. При выполнении модернизации в вспомогательном полевом помещении, где

располагаются контроллеры все части оборудования заземляются, а также в свою очередь корпуса всех полевых устройств заземляются для обеспечения класса взрывозащитного исполнения устройства.

#### **4.4.2 Подвижные части производственного оборудования**

Большинство машин имеют движущиеся части, которые могут привести к травмам. Такие движущиеся части могут быть обнаружены в точке эксплуатации, где выполняется работа с материалом, например, где происходит резка, формование, растачивание или деформирование в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 [7] и ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные [8].

Их можно найти в устройстве, которое передает энергию частям машины, выполняющим работу, таким как маховики, шкивы, шатуны, муфты, кулачки, шпиндели, цепи, кривошипы и шестерни. Они могут быть обнаружены в других движущихся частях машины, таких как колеса на мобильном оборудовании, мотор-редукторы, насосы, компрессоры и так далее. Опасные движения машин также могут быть обнаружены среди других видов машин, особенно во вспомогательных частях оборудования, которые обрабатывают и транспортируют такие грузы, как заготовки, материалы, отходы или инструменты.

Все части машины, которые перемещаются в процессе выполнения работ, могут способствовать несчастным случаям, приводящим к травмам и повреждениям. Как вращательные, так и линейные движения машин, а также их источники энергии могут быть опасными.

Даже гладкие вращающиеся валы могут захватить предмет одежды и привести к травме работника. Опасность во вращающемся валу возрастает, если он имеет выступающие части или неровные, острые поверхности, такие как регулировочные винты, болты, прорези, зазубрины или режущие кромки.

Вращающиеся детали машины создают “точки зажима” тремя различными способами:

- ❖ Есть точки между двумя вращающимися частями, которые вращаются в противоположных направлениях и имеют параллельные оси, такие как шестерни или зубчатые колеса, ролики каретки или шарниры.
- ❖ Существуют точки соприкосновения между вращающимися деталями и деталями, находящимися в линейном движении, например, между приводным ремнем и его шкивом, цепью и звездочкой или реечной передачей.
- ❖ Вращающиеся движения станка могут привести к риску порезов и травм при раздавливании, когда они происходят в непосредственной близости от неподвижных объектов, такого рода условия существуют между червячным конвейером и его корпусом, между спицами колеса и станиной станка или между шлифовальным кругом и приспособлением для инструмента.

Для того чтобы избежать травм работников от подвижных частей производственного оборудования необходимо грамотно и чётко проводить инструктаж перед началом проведения работы. Производить оценку рисков перед проведением работы.

#### **4.5 Экологическая безопасность**

Неконтролируемые выбросы вредных материалов для окружающей среды возможны при выходе из строя оборудования или в случае происшествия в ходе выполнения работ по периодическому техническому обслуживанию. Выпуск избыточного давления из резервуаров на факельные установки в большинстве случаев можно предупредить. В случае если этого избежать нельзя из-за экстренных ситуаций на объекте, воздействие на окружающую среду будет минимальными.

Стоимость потерянного нефтепродукта в этом случае является более

значимым в сравнении с воздействием на окружающую среду. Все выбросы в атмосферу контролируются согласно ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов [9].

Большая часть сжиженного природного газа включает в себя метан. Газообразный метан легче воздуха и поднимается вверх, рассеиваясь в атмосфере в случае утечки СПГ. Остальные компоненты, содержащиеся в СПГ, при этом, тяжелее воздуха и могут скапливаться в низко расположенных зонах.

Рассмотрено воздействие по следующим пунктам:

- селитебная зона – расположение комплекса от ближайшего населенного пункта находится в отдалении на 7 километров;
- воздействие на литосферу – все демонтируемое оборудование утилизируется надлежащим образом в соответствии с ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП) [10];
- воздействие на гидросферу – при контакте с водой СПГ моментально переходит в газообразное состояние. В процессе быстрого фазового перехода высвобождается большое количество энергии, которая может вызвать взрыв, не сопровождающийся горением или химической реакцией. Контроль качества воды основывается в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07-82 [11];
- воздействие на атмосферу – в случае неконтролируемого выброса воздействие незначительное.

#### **4.5.1 Повышенная загазованность воздуха**

В соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 [9] повышенная загазованность воздуха является опасным производственным фактором для здоровья человека. Степень поражения организма при наличии такого производственного фактора, как загрязненность и загазованность воздуха

зависит от типа и концентрации вредных веществ.

Средства коллективной защиты от повышенной загазованности:

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

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

#### **4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 [12] производственный комплекс является опасным производственным объектом. Перечислим возможные аварийные ситуации, которые могут возникнуть на территории факельных сепараторов высокого давления:

- пожар;
- взрыв;
- переполнение резервуара;
- критически высокое/низкое давление внутри резервуара;
- разрушение резервуара.

К наиболее типичным можно отнести, пожар и взрыв. Во время проектирования комплекса, территория была разделена на взрывоопасные

зоны присутствия углеводородов, к которым подбиралось оборудование во взрывозащищенном исполнении. В процессе эксплуатации проводятся инспекции по проверки взрывозащитных оболочек, а также инспекции по коррозионному контролю.

В качестве профилактики, мер контроля, снижения рисков и ликвидации чрезвычайных происшествий можно отнести следующее:

- система обнаружения и сигнализации пожара, газа, задымления и высокой температуры, работающая в автоматическом режиме;
- система обнаружения утечки в резервуаре;
- оборудование аварийного сброса давления из резервуара;
- предусмотрена система оповещения персонала о ЧС. Система проверяется каждую неделю по всему объекту.
- проведение учебных тренировок по эвакуации персонала с объекта, в соответствии с планом эвакуации показано на рисунке 28;
- автоматизированная система пожаротушения;
- пожарный расчет из числа сотрудников объекта.



Рисунок 28 – Места сбора во время эвакуации

На объекте существует утвержденная и подписана декларация промышленной безопасности, в которой описаны все вредные и опасные факторы, а также все возможные аварийные и чрезвычайные ситуации и порядок их ликвидации. Модернизация системы противоаварийной защиты не повлияла на возможные опасности возникновения ЧС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной выпускной квалификационной работы была модернизирована система противоаварийной защиты блоков факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа. Был изучен технологический процесс, разработана структурная и функциональная схема блоков факельных сепараторов. Произведена модернизация системы противоаварийной защиты блока факельных сепараторов.

В части социальная ответственность были рассмотрены вредные и производственные факторы, влияющие здоровье рабочего персонала во время работы на территории факельных сепараторов высокого давления и нормативные документы, которые регулируют их воздействие на работника.

Автоматизированная система на объекте обеспечивает безопасный и надежный режим работы. Полевому оператору не требуется постоянно находиться на территории для мониторинга технологических параметров, так как контроль происходит дистанционно оператором с центрального пульта управления. В обязанности полевого оператора входит периодический обход территории и поддержка персоналу, который производит техническое обслуживание. Это снижает риски воздействия чрезвычайных ситуаций на персонал.

Анализ выявил, что самым вероятным происшествием на территории факельного сепаратора высокого давления является пожар и взрыв. Поэтому предусмотрен комплекс мер для профилактики, снижения рисков и ликвидации пожара.

В части финансовый менеджмент можно сделать следующий вывод:

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



101 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 27;

2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 722204,85руб;

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

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

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

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,1, по сравнению с 4,1 и 3,4, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
- 2) ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- 3) ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений / ГОСТ Р от 08 ноября 2013 г. № 55710-2013.
- 4) ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 5) ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества.
- 6) ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 7) ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- 8) ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные.
- 9) ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
- 10) ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
- 11) ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков
- 12) ГОСТ Р 22.0.02-2016 Национальный стандарт российской федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
- 13) Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
- 14) Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации

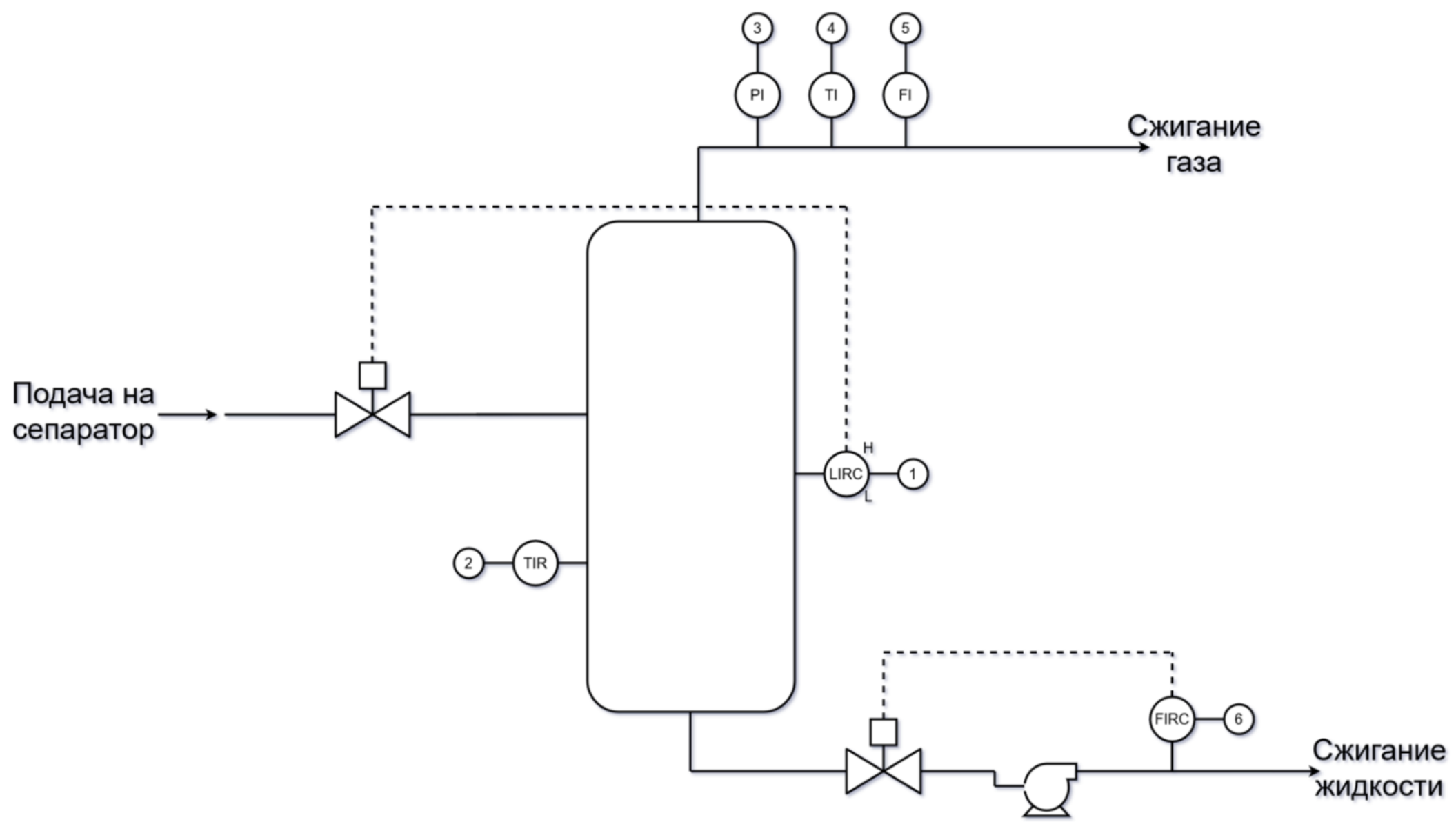
- технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
- 15) Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с. 4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
  - 16) Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
  - 17) Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
  - 18) Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
  - 19) СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
  - 20) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
  - 21) СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение. 104 11. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
  - 22) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
  - 23) Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. –

- 671с. 14. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 24) ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. 16. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.
- 25) ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ

**Приложение А  
(обязательное)  
Функциональная схема автоматизации**



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



Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Росляков В.		
Пров.	Семёнов Н.М.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

**ФЮРА. 425280.001.ЭС.02**

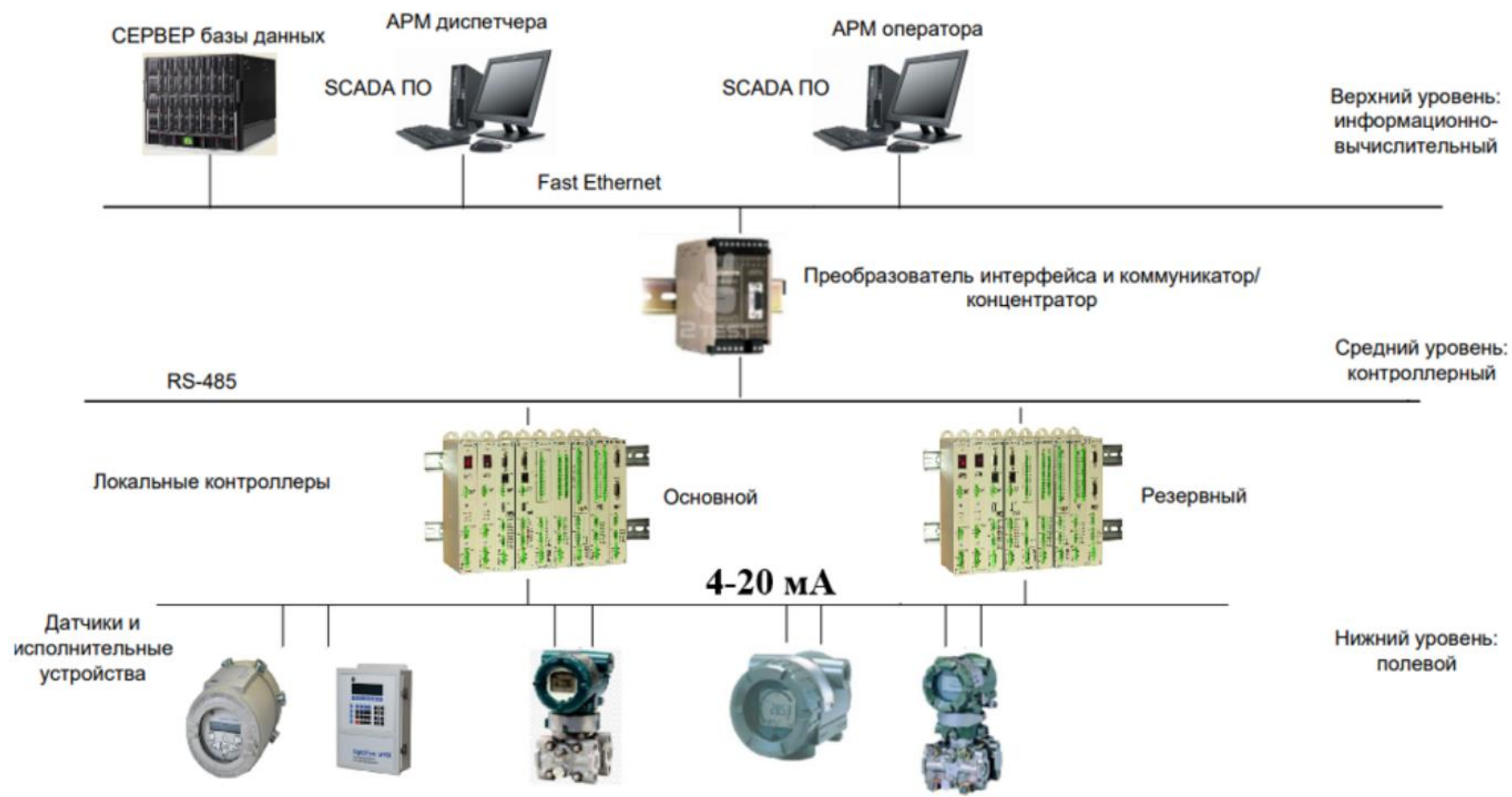
Структурная схема  
автоматизации АС

Лит.	Масса	Масштаб
у		

ТПУ ОАР ИШИТР  
Группа 3-8Т71



**Приложение В**  
**(справочное)**  
**Трёхуровневая структура АС**



Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Росляков В.		
Проез.	Семёнов Н.М.		
И.контр.			
Утв.			

ФЮРА. 425280.001.ЭС.03

Трехуровневая структура АС

Лит.	Масса	Масштаб
у		

ТПУ ОАР ИШИТР  
Группа 3-8Т71

**Приложение Г**  
**(справочное)**  
**Перечень входных/выходных сигналов**

Наименования сигнала	Кодировка сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Тип сигнала	Технологические уставки			
					Предупредительные		Аварийные	
					min	max	min	max
Температура газожидкостной смеси факельного сепаратора.	TEMP_SEPR_GASLQ	от -200 до 50	°C	от 4 до 20 мА	+	-	+	-
Верхнее пороговое значение уровня в факельном сепараторе.	LVL_SEPR_GASLQ_HALR	-	-	DI	-	-	-	+
Нижнее пороговое значение уровня в факельном сепараторе.	LVL_SEPR_GASLQ_LALR	-	-	DI	-	-	+	-
Уровень факельного сепаратора.	LVL_SEPR	от 0 до 100	%	от 4 до 20 мА	-	-	-	-
Нижнее пороговое значение температуры в факельном сепараторе.	TEMP_SEPR_GASLQ_LALR	-	-	DI	-	-	+	-
Давление газа в выходном трубопроводе.	PRSH_OUTPT_GAS	от 0 до 250	кПа	от 4 до 20 мА	-	-	-	-
Температура газа в выходном трубопроводе.	TEMP_OUTPT_GAS	от -200 до 50	°C	от 4 до 20 мА	-	-	-	-
Расход газа в выходном трубопроводе.	FLOW_OUTPT_GAS	от 0 до 2000	тонны/день	от 4 до 20 мА	-	-	-	-
Расход газожидкостной смеси выходного трубопровода.	FLOW_OUTPT_GASLQ	от 0 до 2000	тонны/день	от 4 до 20 мА	-	-	-	-
Управление клапаном уровня факельного сепаратора на входном трубопроводе.	CONT_REGL_REGUL	от 0 до 100	%	от 4 до 20 мА	-	-	-	-
Управление клапаном расхода газожидкостной смеси на выходном трубопроводе.	CONT_REGF_REGUL	от 0 до 100	%	от 4 до 20 мА	-	-	-	-

Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Росляков В.		
Пров.	Семенов Н.М.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

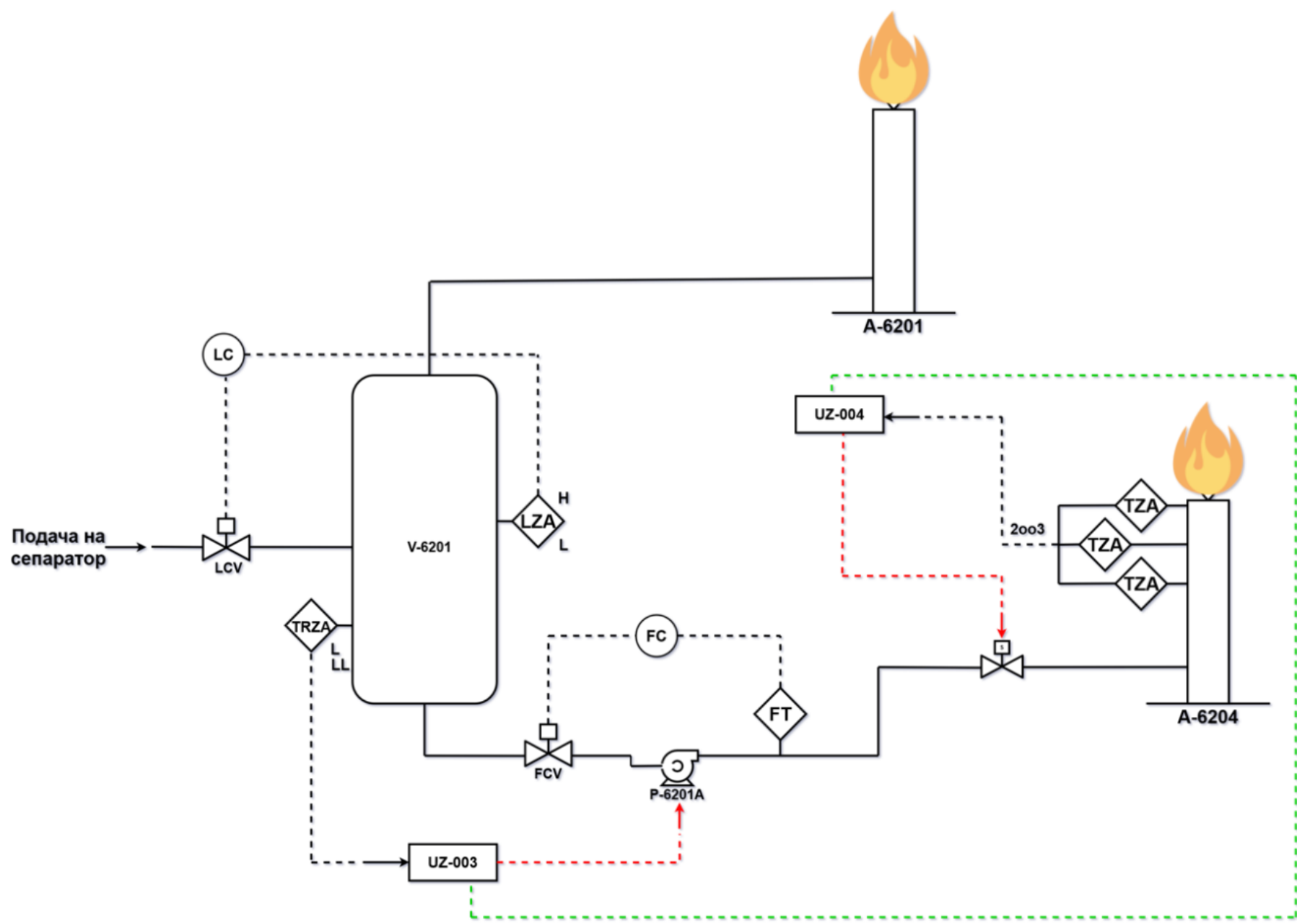
**ФЮРА. 425280.001.ЭС.04**

Перечень входных/выходных сигналов

Лит.	Масса	Масштаб
У		

ТПУ ОАР ИШИТР  
Группа 3-8Т71

**Приложение Д  
(обязательное)  
Схема противоаварийной защиты факельного сепаратора**



Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Росляков В.		
Пров.	Семенов Н.М.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

ФЮРА. 425280.001.ЭС.05

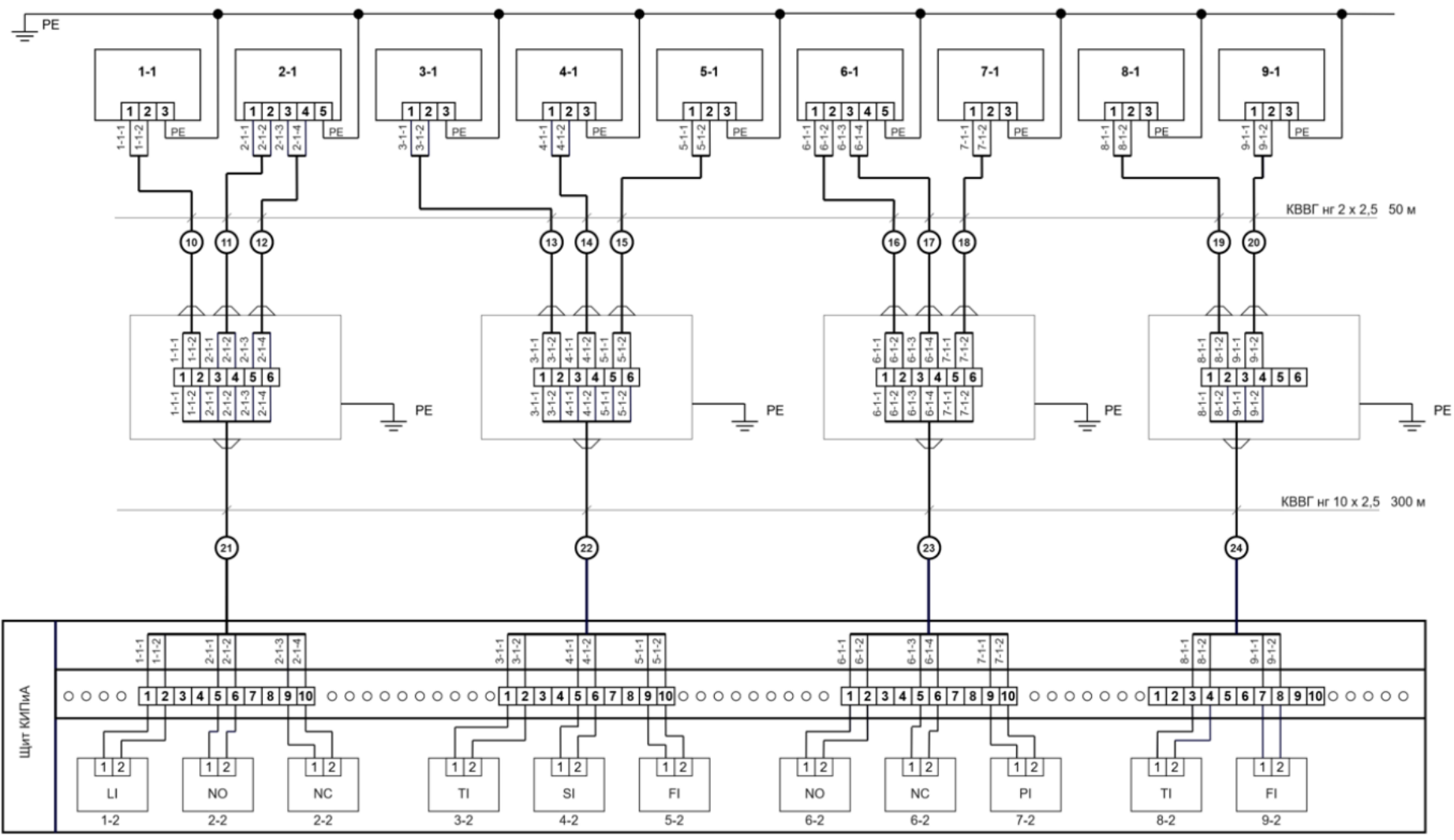
Схема противоаварийной защиты факельного сепаратора

Лит.	Масса	Масштаб
у		

ТПУ ОАР ИШИТР  
Группа 3-8Т71

**Приложение Е  
(обязательное)  
Схема внешних проводок**

Наименование параметра	Уровень газожидкостной смеси	Положение задвижки	Температура газожидкостной смеси	Вибрация	Расход	Положение задвижки	Давление	Температура газа	Расход
Место отбора измерения	Сепаратор	Подача в сепаратр	Сепаратор	Насос	Расход жидкости на выходе из сепаратора	Выход с сепаратра	Давление газа на выходе из сепаратра	Температура газа на выходе из сепаратра	Расход газа на выходе из сепаратора
Тип датчика	YOKOGAWA EJA110E	SENS-105 LJ12A3-4-Z	YOKOGAWA YTA310	1C201HA-10	GF868 серии DigitalFlow	SENS-105 LJ12A3-4-Z	YOKOGAWA EJA430A	YOKOGAWA YTA310	GF868 серии DigitalFlow
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1



Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Росляков В		
Пров.	Семёнов Н.М		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

**ФЮРА. 425280.001.ЭС.06**

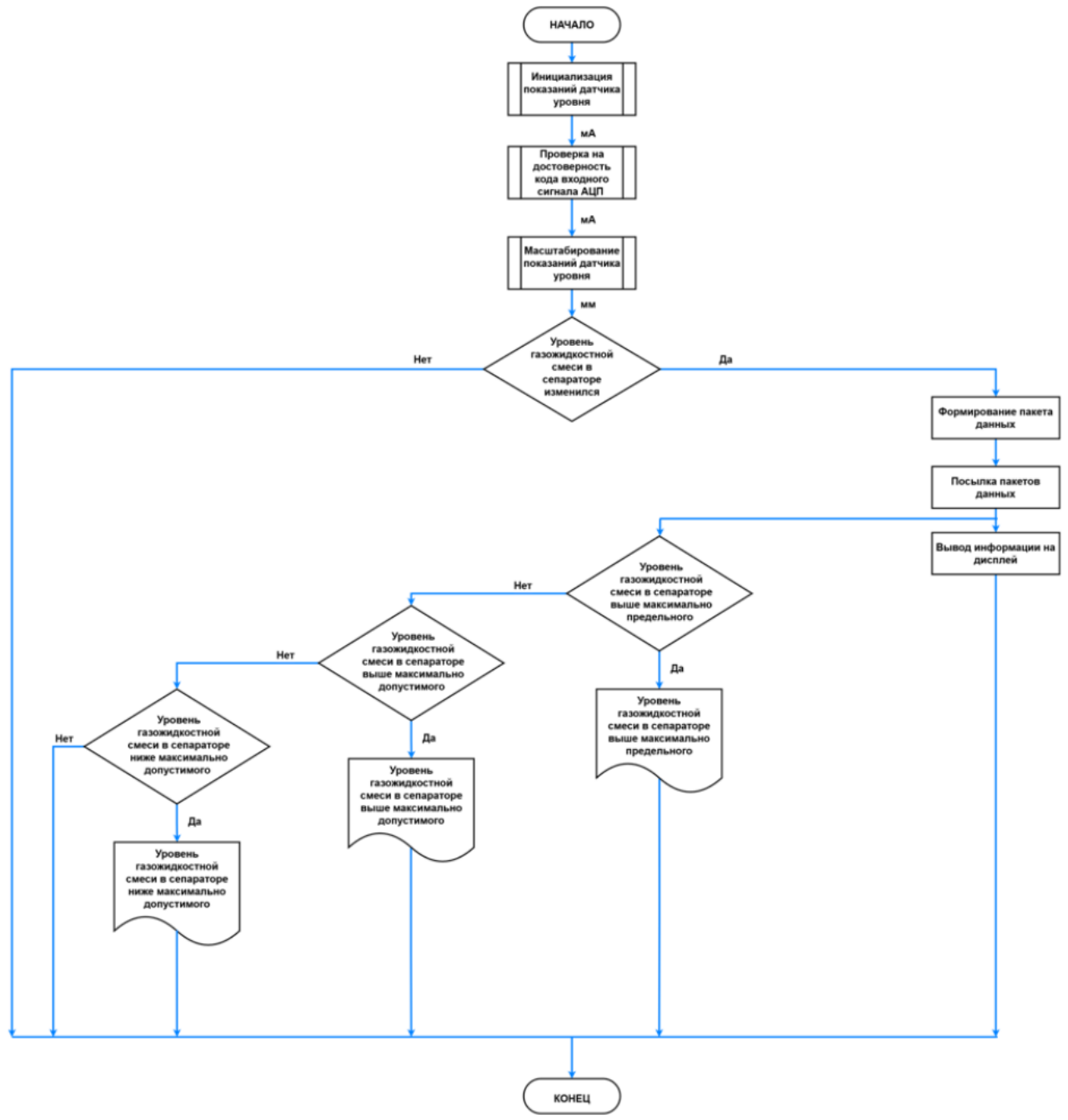
Схема внешних проводок

Лит.	Масса	Масштаб
у		

ТТУ ОАР ИШИТР  
Группа 3-8Т71



**Приложение Ж**  
**(справочное)**  
**Алгоритм сбора данных уровня в сепараторе**

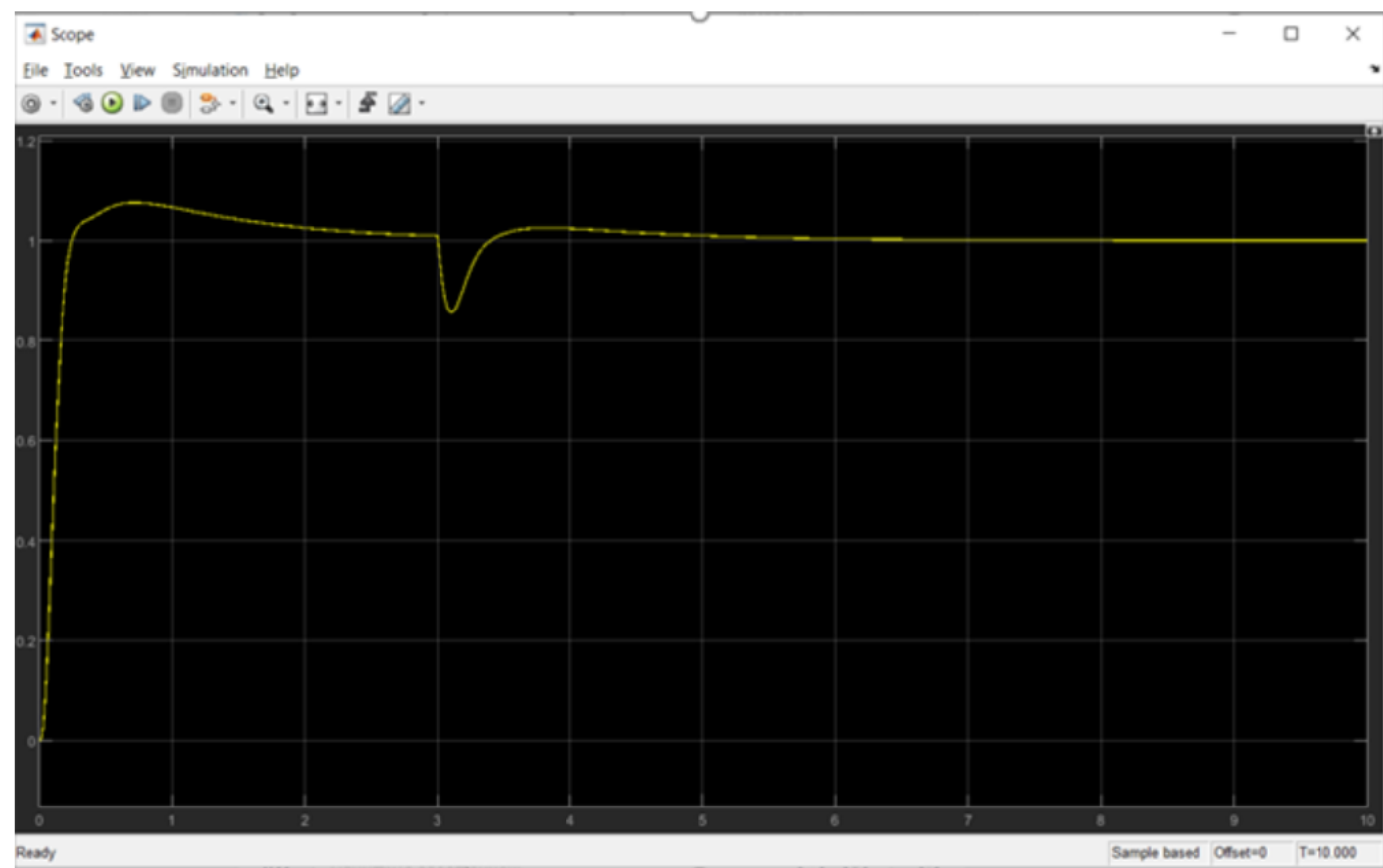
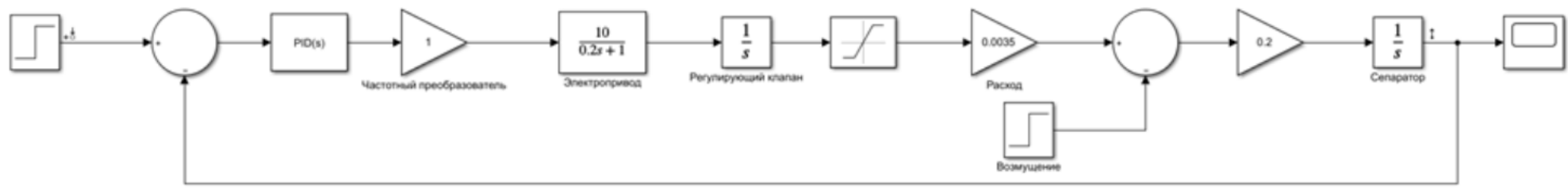


Писп.	№ док.	Подп.	Дата	
Разраб.	Росляков В			
Пров.	Семёнов Н.М			
Т.контр				
Н.контр				
Утв.				

ФЮРА. 425280.001.ЭС.07

Алгоритм сбора данных уровня в сепараторе	Лит.	Масса	Масштаб
	у		
ТПУ ОАР ИШИТР Группа 3-8Т71			

**Приложение 3**  
**(справочное)**  
**Система автоматического регулирования уровня факельного сепаратора**



Писл	№ док.	Подп	Дата
Разраб.	Росляков В		
Пров.	Семенов Н.М		
Т.контр			
Н.контр			
Утв.			

ФЮРА. 425280.001.ЭС.08

САР факельного сепаратора

Лит.	Масса	Масштаб
у		

ТПУ ОАР ИШИТР  
Группа 3-8Т71

**Приложение И  
(обязательное)  
Мнемосхема факельных сепараторов**

# PRESSURE RELIEF SYSTEM

MAIN	0300	4000	4200	4300	4400	4500	
	4600	4700	4800	4900	6200	6400	9000

