



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»

ООП Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа УДК 681.5:621.644.058

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	Профессор ОСГН, д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	-		

Нормоконтроль

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-6	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления

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

Код компетенции	Наименование компетенции
	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 исредства 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,

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



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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: подогреватель сырьевого газа. Цель работы: разработка модернизированной автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа. Режим работы: непрерывный.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводок; Разработка алгоритмов управления АС; Разработка экранной формы АС.
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; Структурная схема; Схема соединения внешних проводок; Схема информационных потоков; Экранная форма.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы, профессор ОСГН, д.э.н.
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ООД

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н.		03.02.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич		03.02.2023

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>17.05.2023 г.</i>	<i>Основная часть ВКР</i>	<i>60</i>
<i>15.05.2023 г.</i>	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	<i>20</i>
<i>12.05.2023 г.</i>	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	<i>20</i>

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н.		03.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич		03.02.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 98 страниц, 15 рисунков, 31 таблицу, 27 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: алгоритмы управления АС, средства реализации, функциональная схема автоматизации, подогреватель газа.

Объектом исследования является подогреватель сырьевого газа.

Цель работы – разработка модернизированной автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа.

В процессе исследования проводились: анализ технологического процесса и технического (пускового) регламента, выбор средств реализации, разработка функциональной, структурной схем автоматизации, схемы общих проводок и информационных потоков, главного экрана мнемосхемы, моделирование работы контура регулирования.

В результате исследования разработаны схемы автоматизации: функциональная, структурная и информационных потоков. Создана схема общих проводок и составлен главный экран мнемосхемы. Подобраны коэффициенты ПИД-регулятора для контура регулирования, смоделирована реакция на воздействие и возмущение.

Степень внедрения: система планируется к применению в качестве учебного материала для работников, эксплуатирующих объект исследования.

Область применения: применение результатов на практике позволит обеспечивать дистанционное управление критическими значениями производственного процесса для подогревателя сырьевого газа на действующем производстве нефтегазовой отрасли. Система может стать одним из эксплуатируемых технических решений на Амурском газоперерабатывающем заводе.

Экономическая эффективность/значимость работы: При оценке эффективности исследования было выявлено, что представленная АСУ подогревателя сырьевого газа показывает большую экономическую

эффективность по сравнению с конкурентными решениями компаний «ООО СРЕСС» и «ООО Газпром Переработка Благовещенск».

Введение

Актуальность работы обосновывается большим влиянием распространения автоматизированных систем на современный производственный процесс.

Последние обеспечивают удаленное управление процессами предприятий, позволяя снизить возможные риски от воздействия вредных или опасных факторов на работников.

Системы автоматического управления позволяют снизить частоту и количество аварийных прерываний технологических процессов в процессе работы, что вызывает повышение экономической эффективности производственной деятельности.

Тот же эффект дает увеличение эффективности работы за счет уменьшения количества монотонных физических работ.

Объектом исследования является подогреватель сырьевого газа установки удаления ртути и осушки.

Последняя является частью технологической линии Амурского газоперерабатывающего завода.

Модернизированная автоматизированная система разрабатывается методом моделирования алгоритма управления процессом программными средствами.

Целью работы является разработка модернизированной автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа. Изучение и анализ результатов исследования позволит использовать их в новых разрабатываемых системах управления, а также для обучения специалистов соответствующей специальности.

Применение результатов на практике позволит обеспечивать дистанционное управление критическими значениями производственного процесса подогревателя сырьевого газа на действующем производстве нефтегазовой отрасли.

Система может стать одним из эксплуатируемых технических решений на Амурском газоперерабатывающем заводе.

Определения, обозначения, сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

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

интерфейс: Комплекс визуальных программных форм, направленных на облегчение взаимодействия между пользователем и системой.

мнемосхема: Представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

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

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

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

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

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

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

Содержание

Реферат	9
Введение	11
Определения, обозначения, сокращения	13
Содержание	14
1. Обзор литературы.....	17
2. Техническое задание	18
2.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП	18
2.2 Назначение системы.....	18
2.3 Требования к техническому обеспечению	19
2.4 Требования к метрологическому, математическому обеспечению и надежности	20
3. Предприятие и технологический процесс.....	22
3.1 Описание предприятия.....	22
3.2 Установка Осушки/Удаления и ее назначение	23
3.3 Описание технологического процесса	23
3.3.1 Предварительная подготовка сырьевого газа	23
3.3.2 Работа подогревателя сырьевого газа.....	24
4. Разработка автоматизированной системы	27
4.1 Выбор архитектуры АС.....	27
4.2 Разработка структурной схемы АС	27
4.3 Функциональная схема автоматизации	28
4.4 Разработка схемы информационных потоков.....	29
4.5 Разработка схемы внешних проводок	30
5. Выбор средств реализации	31
5.1 Выбор датчика температуры.....	31
5.2 Выбор уровнемера	33
5.3 Выбор датчика давления	35
5.4 Выбор датчика расхода	37

5.5 Выбор частотного преобразователя	39
5.6 Выбор исполнительных механизмов и контроллерного оборудования.....	40
6. Выбор алгоритмов управления АС	42
6.1 Алгоритм поддержания уровня жидкости	42
6.2 Алгоритм автоматизированного регулирования	42
7. Экранные формы АС.....	46
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	50
8.1 Анализ решения.....	50
8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	50
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений	51
8.1.3 SWOT-анализ	53
8.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	54
8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	54
8.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ	55
8.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	59
8.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	59
8.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование	60
8.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	61
8.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	63
8.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	64
8.3.6 Накладные расходы	65
8.3.7 Определение бюджета затрат.....	65
8.3.8 Потенциальные потребители результатов исследования	66
8.4 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	68
9. Социальная ответственность	72
9.1 Введение социальной ответственности.....	72
9.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	73
9.2.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности	73

9.2.2 Организационные вопросы обеспечения безопасности	73
9.3 Производственная безопасность.....	76
9.3.1 Анализ опасных факторов.....	77
9.3.2 Анализ вредных факторов.....	78
9.3.2.1 Физические статические перегрузки	78
9.3.2.2 Умственное перенапряжение	79
9.3.2.3 Отклонения показателей микроклимата.....	79
9.3.2.4 Искусственное освещение	81
9.4 Экологическая безопасность.....	83
9.4.1 Влияние объекта исследования на селитебную зону.....	83
9.4.2 Влияние объекта исследования на атмосферу	83
9.4.3 Влияние объекта исследования на гидросферу	84
9.4.4 Влияние объекта исследования на литосферу	85
9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
9.5.1 Анализ вероятных ЧС.....	86
9.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	86
9.6 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	87
Заключение	88
Список использованных источников	89
Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации	92
Приложение Б.1 (обязательное) Схема общих проводок (начало).....	93
Приложение Б.2 (обязательное) Схема общих проводок (продолжение)...	94
Приложение В (обязательное) Схема информационных потоков.....	95
Приложение Г (обязательное) Структурная схема автоматизации	96
Приложение Д (обязательное) Алгоритм поддержания уровня жидкости. 97	
Приложение Е (обязательное) Главный экран мнемосхемы	98

1. Обзор литературы

Вопрос обеспечения дистанционной автоматизированной работы подогревателя газа является объектом пристального внимания исследователей и специалистов компаний и производств нефтегазовой отрасли на протяжении долгого времени [2-5].

Еще в 2004 году сотрудниками компании «Трайтек» были разработаны и изготовлены опытные образцы блоков управления автоматизированной системы подогревателей газа. С помощью определения характеристик системы и технологического процесса был разработан набор управляющего оборудования и алгоритмического обеспечения. В течение нескольких производственных циклов решение компании проходило тщательную апробацию. Результат разработки стал базой для дальнейших наработок и модификаций [3].

В 2017 году инженерно-конструкторским коллективом ТСН Электро были показаны возможности совершенствования систем автоматизации с использованием программируемых интеллектуальных реле и ПЛК на примере подогревателей газа [4].

Наработки и исследования отдела автоматизации и программного обеспечения НИОКР ООО Завод «Газпроммаш» стали неотъемлемой частью систем управления предприятий газовой промышленности России, принадлежащих ПАО «Газпром» с 2008 года.

Выполненные решения и проекты применяются в формировании и эксплуатации общезаводских и общеузловых системах контроля производства и обеспечения безопасности. Немалую часть используемого оборудования составляют подогреватели газа в газоперерабатывающих, магистральных и распределительных дочерних компаниях [5].

2. Техническое задание

2.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

Цели создания АСУ ТП перечислены ниже.

1. За счет увеличения эффективности производственных процессов и распределения времени работы персонала достигается эффект уменьшения затрат на выпускаемую продукцию и понижения издержек при его изготовлении и эксплуатации систем.

2. Снижение количества дополнительных приборов, снижение количества следующих за этим пуско-наладочных и эксплуатационных, обслуживающих, ремонтных работ и мероприятий приводит к уменьшению стоимости систем управления и диагностики.

3. Использование АСУ ТП снижает показатели травматизма на производстве за счет уменьшения потребности в проведении работ, непосредственно связанных с нахождением в зоне опасных факторов.

Задачи АСУ ТП перечислены ниже.

1. Взаимодействие с программными пакетами обработки и отображения информации производственного процесса через использование экранных форм в реальном времени.

2. Считывание параметров в каскадном, автоматическом и ручном режимах.

3. Обеспечение безопасного технологического процесса при помощи противоаварийной защиты и сигнализации.

4. Принятие решений о корректировке параметров и настройке уставных значений в целях обеспечения безопасного и стабильного производственного процесса [5].

2.2 Назначение системы

Применение результатов на практике позволит обеспечивать дистанционное управление критическими значениями производственного процесса подогревателя сырьевого газа на действующем производстве

нефтегазовой отрасли. Система может стать одним из эксплуатируемых технических решений на Амурском газоперерабатывающем заводе.

Поддержание стабильной работы систем учета и приема сырьевого газа из узла учета и установки выделения этана и широких фракций легких углеводородов, а равно поддержание оптимального состояния узлов абсорбции и регенерации требует соблюдения температурных норм поступающего газа, что напрямую зависит от работы подогревателя.

Кроме того, процесс абсорбции сырьевого газа на газоперерабатывающих предприятиях должен протекать при строго определенной температуре, и необходимость поддержания ее становится одной из важнейших задач автоматизации и нефтегазовой отрасли.

Для установки осушки/удаления ртути (далее – Установка 30) критически важным является поддержание параметров уровня жидкости в трубном стояке конденсата и давления в системе трубный стояк-подогреватель. Первый обеспечивает регулирование процесса конденсации, что влияет на выходную температуру газа, второй – вывод конденсата из теплообменника.

2.3 Требования к техническому обеспечению

Должно использовать исполнительное оборудование, соответствующее условиям технологического процесса и требованиям безопасности.

Требования к выбору технических средств реализации перечислены ниже.

1. Предпочтение отдается отечественным производителям, либо зарубежным производителям, с которыми были заключены долгосрочные и действующие в краткосрочной перспективе договора на поставку, наладку и обслуживание.

2. Согласно действующим на предприятии нормам и регламентам главным приоритетом является сохранение жизни и здоровья работников, а

поэтому основное внимание уделяется показателям надежности и защищенности.

3. Газоперерабатывающий завод работает в непрерывном режиме, а поэтому к контроллерам предъявляются требования к возможности их замены без останова технологического процесса.

4. Количество изготовителей технических средств должно быть настолько уменьшено, насколько это возможно в рамках требований технологического процесса.

5. Все приборы должны иметь сертификаты Госстандарта и Ростехнадзора России, пройти предварительно все необходимые испытания и поверки.

6. Выходные сигналы должны быть унифицированы.

7. Датчики и первичные преобразователи должны соответствовать климатическому исполнению субарктического климата от минус 42 до плюс 35°C.

2.4 Требования к метрологическому, математическому обеспечению и надежности

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности подогревателя сырьевого газа обоснованы требованиями государственных органов и техническими регламентами предприятий. Это перечень обязательных требований, направленных на установление единообразия проверок, расчетов и измерений, что несет за собой повышение эффективности труда и качества выполняемых работ.

Алгоритмическое и математическое обеспечение представляет собой комплекс методов сбора и обработки информации, алгоритмов взаимодействия с ней, позволяющий АСУ выполнять свои задачи и обеспечивать поддержку необходимых функций за счет использования единого математического аппарата.

Для контроллерного оборудования регламентами производственного процесса предъявляются требования к наработке на отказ. Она не должна превышать 9000 часов работы. Схожие требования представлены к первичным преобразовательным приборам и чувствительным элементам датчиков. Для них оно составляет 45000 часов. ПЛК и их периферия должна иметь возможность замены без прерывания технологического процесса.

3. Предприятие и технологический процесс

3.1 Описание предприятия

Амурский газоперерабатывающий завод (АГПЗ) расположен в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации, в районе города Свободный Амурской области. По завершении объекта завод будет перерабатывать до 42 млрд. куб. м природного газа в год, производительность каждой технологической линии 7 млрд. куб. м природного газа в год. Завод введен в эксплуатацию в 2022 году (с первыми двумя технологическими линиями).

АГПЗ включает лицензионные и нелицензионные технологические установки, а также вспомогательные инженерно-технические системы общезаводского хозяйства и внезаводские объекты. Фрагмент из Общей блок-схемы АГПЗ показан ниже на рисунке 1. Установка 30 получает сырьевой газ от узла замера газа и направляет природный сухой газ в установку выделения ШФЛУ/Удаления азота и производства гелиевого концентрата (Установка 40) [6].

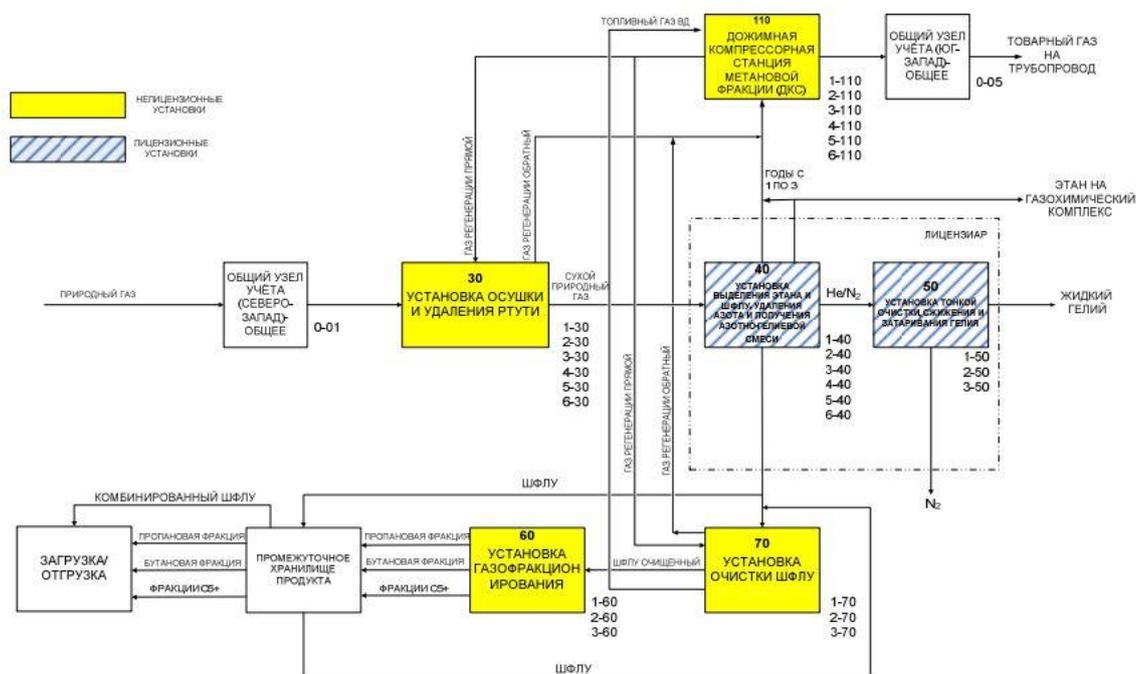


Рисунок 1 – Фрагмент комплексной заводской блок-схемы АГПЗ

3.2 Установка Осушки/Удаления и ее назначение

Имеются шесть идентичных, параллельных установок Осушки/Удаления ртути (1-30, 2-30, 3-30, 4-30, 5-30 и 6-30). Учитывая график поэтапного строительства, две технологические линии будут установлены в течение первого года строительства с добавлением очередной технологической линии в каждый последующий год.

Установка 30 предназначена для удаления метанола, воды и ртути из сырьевого газа, поступающего с узла замера газа и для подачи сухого природного газа на установку выделения ШФЛУ/Удаления азота и производства гелиевого концентрата (установка 40). Установка 30 имеет соединение с Дожимной компрессорной станцией фракции метана (ДКС) (установка 110) вследствие газа регенерации прямого, поступающего с компрессора №1 установки 110 и газа регенерации обратного, поступающего на компрессор №2 установки 110. Установка 30 сконструирована для переработки 875 000 куб. м в час сырьевого газа в одной технологической линии при проектной мощности 100 %.

Установка 30 должна обеспечивать полную стабильную работу и удовлетворять технические условия продукции от 70 до 110 % номинальной мощности, установка также должна работать при минимально допустимой нагрузке в половину номинальной мощности.

Непрерывная эксплуатация 8000 часов в год. Проектный срок службы – 20 лет. Останов на проведение капитального ремонта только один раз в 4 года.

Стандартные условия определены при температуре 20°C и давлении 101,325 кПа.

3.3 Описание технологического процесса

3.3.1 Предварительная подготовка сырьевого газа

Сырьевой газ, входя в границы установки 30, подается на фильтр-сепаратор сырьевого газа при контроле расхода. Регулятор расхода

настраивает выходной клапан для достижения заданного значения. Заданное значение определяется оператором установки. Для устойчивой работы, индивидуальные регуляторы расхода 1/2/3/4/5/6-30-31 технологической линии установки 30 имеют верхний предел, установленный на десятипроцентное превышение номинального расхода технологической линии.

Когда соответствующий адсорбер находится в режиме адсорбции, а не в режиме регенерации и не переключается между режимами, сигнализация предельно низкого уровня расхода от одного из, вызывает понижение заданного значения расхода до половины номинальной производительности. Это предоставляет возможность персоналу эксплуатации принять решение о самопроизвольно закрытом клапане или выполнить контролируемый останов до того, как потенциальная вода-метанол, выше требуемых нормативов на выходе из установки 30, будет направлена на криогенную установку (установка 40), расположенную ниже по потоку.

Если давление в коллекторе сырьевого газа индивидуальной установки 30 падает слишком низко, датчик давления общей линии посылает сигнал выбора низкого уровня на регулятор расхода для ограничения сырьевого газа и поддержания давления в коллекторе. Дополнительно, если давление в отдельном коллекторе сырьевого газа достигнет 7,6 МПа изб., то блокировка СПАЗ закроет аварийный клапан на этот коллектор.

Фильтр-сепаратор сырьевого газа удаляет твердые частицы, которые, в основном являются продуктами коррозии трубопровода. Фильтр-сепаратор работает в рабочем и резервном режиме.

3.3.2 Работа подогревателя сырьевого газа

Сырьевой газ из фильтра-сепаратора сырьевого газа нагревается с применением пара НД в подогревателе сырьевого газа (1-30-31 ES-001). Предполагается, что подогреватель будет использоваться в зимнее время, когда температура сырьевого газа на входе может составлять минус 5 °С,

чтобы достигнуть температуры 15°C на выходе из теплообменника. Во время нормальной эксплуатации в летнее время, 1-30-31 ES-001 не предполагается использовать.

Однако, при эксплуатации сырьевой газ поступает при температуре точки насыщения и, следовательно, во время пуска при низком расходе, независимо от времени года, 1-30-31 ES-001 используется для перегрева газа (35°C) на 5°C. Это снижает уровень конденсации, достигающей слоев адсорбента.

Подогреватель сырьевого газа работает в затопленном состоянии. После подогревателя сырьевого газа расположен трубный стояк конденсата, который используется для регулирования уровня конденсата в теплообменнике. Емкость имеет два назначения:

а) изменение степени затопления подогревателя сырьевого газа, площадь поверхности теплообмена может изменяться для удовлетворения требованиям по поддержанию температуры,

б) поддерживается достаточное давление (движущая сила) для вытеснения конденсата в коллектор конденсата во время работы с пониженной нагрузкой.

Чтобы добиться температуры 15°C на выходе из подогревателя сырьевого газа, используется первичный регулятор для регулирования регулирующего клапана, и таким образом, изменения уровня пароконденсата в стояке конденсатоприёмника.

При низком уровне регулятор уровня переключает управление на себя и поддерживает уровень. Регулятор расхода пара непрерывно регулирует регулирующей клапан для регулирования расхода пара к подогревателю сырьевого газа.

Регулятор давления емкости сбора конденсата корректирует регулятор расхода пара на линии пара НД к подогревателю сырьевого газа таким образом, чтобы поддерживалось достаточное давление (движущая сила) для

вытеснения конденсата в коллектор конденсата во время работы с пониженной нагрузкой.

В любой момент при нормальной эксплуатации два адсорбера осушки сырьевого газа находятся в режиме адсорбции, работая параллельно. Третий адсорбер в режиме регенерации и четвертый адсорбер в режиме охлаждения, работают в последовательности один за другим. Каждый адсорбер чередуется между тремя рабочими режимами, что достигается за счет последовательности открытия и закрытия клапанов-переключателей вокруг адсорбера через регулярные промежутки времени.

4. Разработка автоматизированной системы

4.1 Выбор архитектуры АС

В основании разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит ее профиль. Под профилем понимаются стандарты, ориентированные на выполнение определённой задачи.

Главными целями применения профилей являются:

- 1) снижение трудовых затрат в процессе эксплуатации АС;
- 2) увеличение показателей качества технических средств АС;
- 3) изменение масштаба проектируемой АС;
- 4) функциональная интеграция.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- 1) профиль прикладного ПО;
- 2) профиль среды АС;
- 3) профиль защиты;
- 4) профиль инструментальных средств АС.

Для разработки автоматизированной системы управления будем использовать следующее:

- 1) прикладное программное обеспечение: Yokogawa Centum VP (SCADA система);
- 2) среда разработки: ОС Windows 7/10;
3. защита информации: стандартные средства Windows [1].

4.2 Разработка структурной схемы АС

Спецификация каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой [1].

Нижний (полевой) уровень системы, состоит из распределённых первичных устройств автоматизации:

- 1) датчик давления;
- 2) датчик температуры;
- 3) расходомер;

- 4) датчик уровня;
- 5) исполнительные механизмы.

На данном уровне должны выполняться следующие функции АС:

- 1) сбор и передача сигналов состояния и положения запорной арматуры;
- 2) измерение параметров технологического процесса (температуры, давления, уровня жидкости, расхода пара).

Средний уровень представляет собой локальные контроллеры. ПЛК предназначен для:

- 1) сбора, первичной обработки, а также хранения информации;
- 2) формирования управляющего воздействия на исполнительные устройства, связь с АРМ.

Верхний уровень, как правило, объединяет автоматизированные рабочие места операторов, а также базу данных.

Верхний уровень предназначен для решения задач:

- 1) сбор и обработка данных с контроллера;
- 2) формирование отчетов, журналов событий;
- 3) формирование технологической базы данных;
- 4) отображение, управление в реальном времени технологическими процессами.

Схема представлена в Приложении Г.

4.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации является одним из главных проектных документов. Выполняется в виде чертежа и определяет объем и структуру автоматизации технологического процесса на производственных установках и отдельных агрегатах и узлах промышленного объекта. Представлена в приложении А.

Функциональная схема автоматизации выполнена по ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах», а также по ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с поправками)» [7-8].

На схеме используются следующие обозначения:

FE – чувствительный элемент расходомера;

FT – дистанционная передача расхода (4-20) мА;

NS – включение/отключение исполнительного механизма;

PE – чувствительный элемент датчика давления;

PT – дистанционная передача давления (4-20) мА;

TE – чувствительный элемент датчика температуры;

TT – дистанционная передача температуры (4-20) мА;

LE – чувствительный элемент уровнемера;

LT – дистанционная передача уровня (4-20) мА.

4.4 Разработка схемы информационных потоков

Сбор и обработка информации происходит на нижнем (полевом) уровне. На нем расположены датчики технологических параметров, измерительные приборы.

Средний уровень (иначе называемый контроллерным) обеспечивает связь между другими уровнями, накапливает и преобразует информацию с полевого, обеспечивает отведение на него команд и указаний с инженерных станций верхнего уровня.

Верхний уровень представляет собой систему отображения и связи через инженерные станции и АРМ. На нем происходит задание команд, сбор и отображение информации, формирования ее в исторический журнал событий. Схема состоит из трех уровней и представлена в Приложении В.

Все элементы контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), который состоит из символьной строки.

Таблица 1 – Кодировка сигналов

Кодировка	Расшифровка
PRS_TSK_PD	Давление в системе стояк-подогреватель
TMP_PDГ	Температура сырого газа на выходе из подогревателя
LVL_TSK	Уровень жидкости в трубном стояке конденсата
FRC_PDГ	Объем поступающего в подогреватель пара
STT_VLV_1	Состояние задвижки регулятора подачи пара
STT_VLV_2	Состояние задвижки регулятора отвода конденсата

4.5 Разработка схемы внешних проводок

Первичные полевые приборы включают в себя датчик-уровнемер в трубном стояке конденсата, расходомер, измеряющий расход подаваемого в подогреватель пара, датчик температуры поступающего из теплообменника газа и датчик давления в системе трубный стояк-подогреватель. Все сигналы с приборов поступают в систему в виде (4–20) мА.

Для передачи сигналов на щит КИПиА будет использоваться кабель КВВГ Э НГ. Данный вид кабеля с однопроволочной токопроводящей медной жилой, с ПВХ изоляцией. Выполняется из негорючих материалов, эксплуатируется при температуре от -50 °С до +50 °С [9].

Схема представлена в Приложениях Б.1 и Б.2.

5. Выбор средств реализации

5.1 Выбор датчика температуры

В качестве датчиков температуры были рассмотрены перечисленные ниже варианты.

1. Rosemount 3144P.
2. Метран 274.
3. Метран-286.

Их сравнительные характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение характеристик датчиков температуры

Критерии выбора	Rosemount 3144P	Метран-274	Метран-286
Диапазон измеряемых температур	от минус 30 до плюс 180°С	от минус 40 до плюс 500°С	от минус 50 до плюс 500°С
Предел допускаемой погрешности	0,1 %	0,25 %	0,15 %
Выходной сигнал	от 4 до 20 мА +HART	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА +HART
Среднее время наработки на отказ	40 000 ч	50 000 ч	50 000 ч
Степень защиты от пыли и воды	IP 67	IP 65	IP 65
Цена	25500 р.	8575 р.	16000 р.

Метран-286 был выбран в результате сравнения и анализа по таким ключевым показателям, как рабочий диапазон температур и метрологическим параметрам. Первый представленный вариант является подходящим, хотя он и избыточен относительно выбранного, кроме того имеет более высокую цену. Габаритные и присоединительные размеры Метран-286 изображены на рисунке 3. Его внешний вид изображен на рисунке 2. [10].



Рисунок 2 – Датчик температуры Метран-286

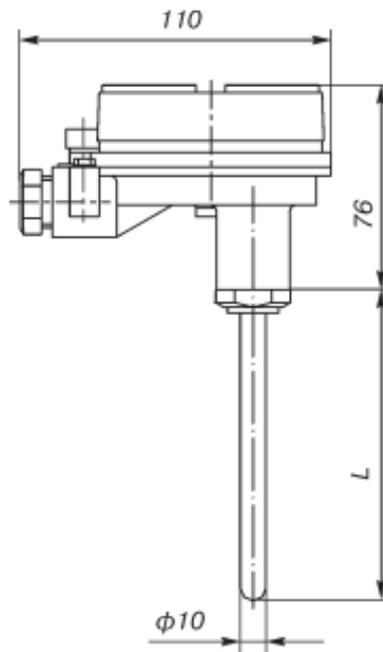


Рисунок 3 – Габаритные и присоединительные размеры Метран-286

5.2 Выбор уровнемера

Важнейшим параметром, который должен находиться под непрерывным контролем, является уровень конденсата в трубном стояке конденсата. Для решения задач измерения уровня капельной жидкости были рассмотрены перечисленные ниже уровнемеры.

1. Kobold NUS-R-4.
2. Rosemount 3300.
3. ОВЕН ПДУ-И.

Их сравнительные характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение характеристик датчиков уровня

Характеристика/ датчик	Kobold NUS-R-4	Rosemount 3300	ОВЕН ПДУ-И
Базовая погрешность	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,2 \%$
Среднее время наработки на отказ	100 000 ч	100 000 ч	40 000 ч
Выходные сигналы	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА, HART	от 4 до 20 мА
Цена	26 000 р.	30 000 р.	8500 р.

В результате сравнения был определен второй вариант, как наиболее отвечающий требованиям технологического процесса и технического задания. Его внешний вид изображен на рисунке 4. Габаритные и присоединительные размеры Rosemount 3300 изображены на рисунке 5 [11].



Рисунок 4 – Уровнемер Rosemount 3300

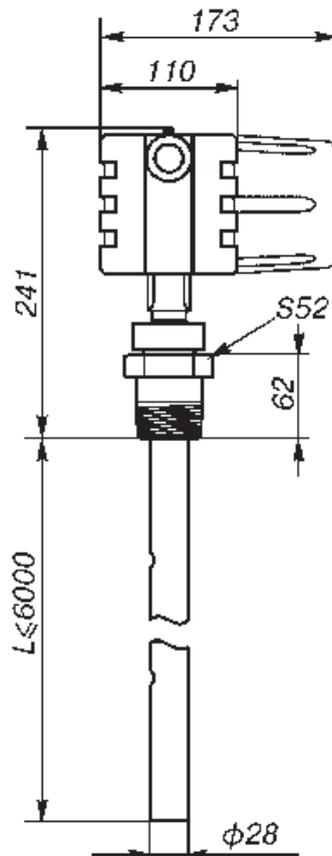


Рисунок 5 – Габаритные и присоединительные размеры Rosemount 3300

5.3 Выбор датчика давления

Одним из параметров, который необходимо контролировать на разных этапах технологического процесса, является давление в системе стояк-подогреватель.

Для выбора датчиков давления был проведен и представлен в таблице 4 сравнительный анализ перечисленных ниже датчиков.

1. Yokogawa EJX-A.
2. Метран-150.
3. ЭЛЕМЕР-АИР-30.
4. Курант ДД.

Таблица 4 – Сравнение характеристик датчиков давления.

Критерии выбора	Yokogawa EJXA	Метран-150	ЭЛЕМЕР АИР-30	Курант ДД
Измеряемая среда	Жидкость, газ	Жидкость, газ, пар	Газ, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазоны измерений	от 0 до 15 МПа	от 0,12 до 6 МПа	от 0 до 10 МПа	от 0 до 10 МПа
Предел допускаемой погрешности	± 0,005 %	± 0,075 %	± 0,1 %	± 0,15 %
Среднее время наработки на отказ	300 000 ч.	270 000 ч.	80 000 ч.	50 000 ч.
Выходной сигнал	от 4 до 20 мА + HART	от 4 до 20 мА + HART	от 4 до 20 мА + HART	от 4 до 20 мА; от 0 до 5 мА.
Взрывозащищенность	Ex0ExiaIICT4 / 1ExdIICT6	ExiaIICT6 X / 1ExdIICT6	ExiaIICT5X	-
Степень защиты от пыли и воды	IP 67	IP 65 / IP 67	IP 65	IP 65, IP 66
Цена	65 000 р.	24900 р.	19 000 р.	12 000 р.

Наилучшим вариантом является датчик давления Метран-150, так как он имеет взрывобезопасное и искробезопасное исполнение, удовлетворяет

метрологическим требованиям и требованиям надежности. Его внешний вид изображен на рисунке 6. Габаритные и присоединительные размеры Метран-150 изображены на рисунке 7.



Рисунок 6 – Датчик избыточного давления Метран-150

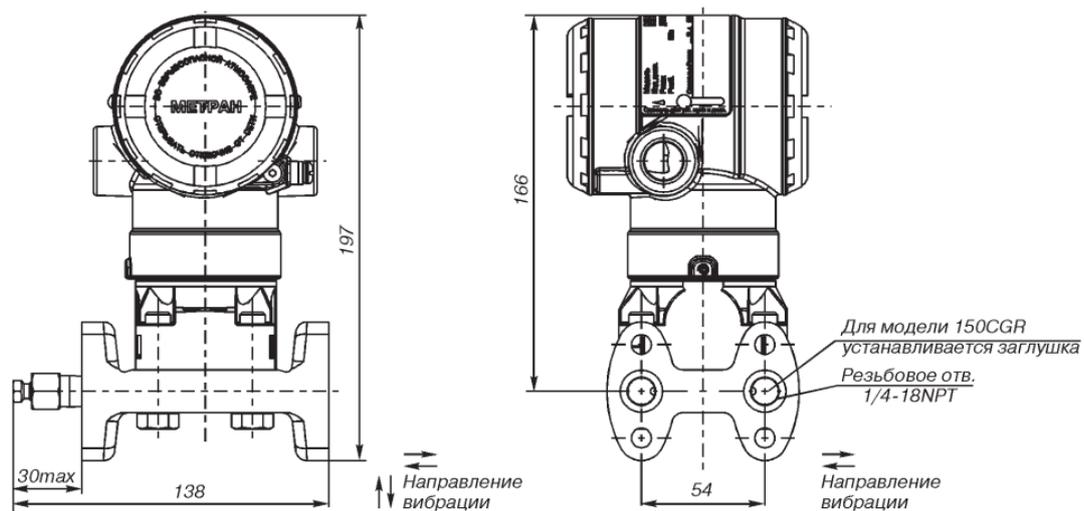


Рисунок 7 – Габаритные и присоединительные размеры Метран-150

5.4 Выбор датчика расхода

Для решения задач автоматизации связанной с измерением расхода были рассмотрены перечисленные ниже расходомеры.

1. KOBOLD TME-R.
2. Yokogawa ADMAG.
3. Метран-350.

Их сравнительные характеристики представлены в таблице 5.

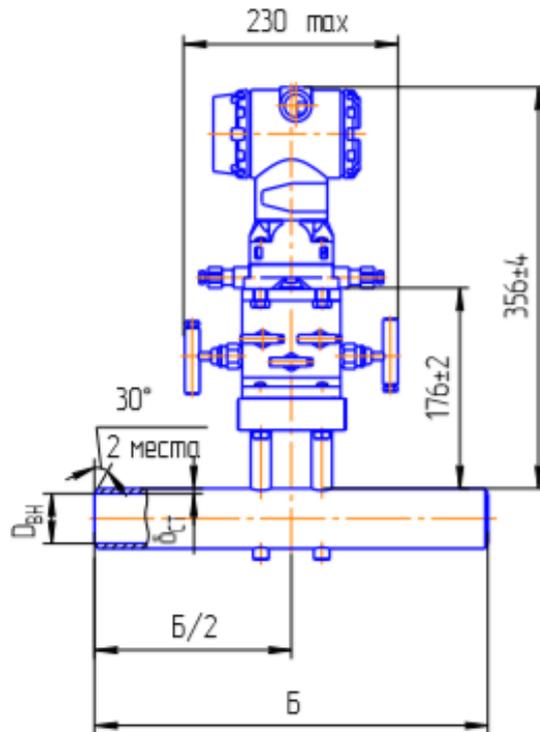
Таблица 5 – Сравнение характеристик расходомеров.

Техническая характеристика	KOBOLD TME-R	Yokogawa ADMAG	Метран-350
Основная относительная погрешность измерений расхода, не более	$\pm 1 \%$	$\pm 0,05 \%$	$\pm 1 \%$
Выходной сигнал	от 4 до 20 мА + HART	от 4 до 20 мА + HART	от 4 до 20 мА + HART
Средняя наработка на отказ	50 000 ч.	150 000 ч.	150 000 ч.
Межповерочный интервал	4 года	4 года	4 года
Цена	127 000 р.	370 000 р.	57000 р.

Был выбран Метран-350. Его внешний вид изображен на рисунке 8. Габаритные и присоединительные размеры Метран-350 изображены на рисунке 9.



Рисунок 8 – Расходомер Метран-350



B – длина участка трубопровода

Рисунок 9 – Габаритные и присоединительные размеры Метран-350

5.5 Выбор частотного преобразователя

Посредством электронных компонентов происходит реализация процесса преобразования напряжения и создания трехфазного напряжения с фиксированной частотой.

Опираясь на ограничения, которые установлены по максимальному значению тока и мощности, были выбраны два преобразователя частоты: РИТМ-Н-7.5 и Веспер Е4-8400-015Н. Их сравнительные характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики преобразователей частоты

Техническая характеристика	РИТМ-Н-7.5	Веспер Е4-8400-015Н
Мощность, кВт	7.5	11
Номинальный ток двигателя, А	24	25
Степень защиты	IP20	IP20
Цифровой интерфейс	Modbus	Modbus
КПД преобразователя, %	92	94
Цена	51000	49000

Выбранные устройства обладают схожими характеристиками, однако Веспер Е4-8400-015Н является более приоритетным из-за своей цены и более высокого КПД.

Кроме того, он практически идентичен по характеристикам преобразователю зарубежного производителя, на момент написания работы эксплуатируемого на Амурском ГПЗ [12].

5.6 Выбор исполнительных механизмов и контроллерного оборудования

Из выбора исключаются исполнительные механизмы и контроллерное оборудование, так как предприятие имеет их необходимые и достаточные, подкрепленные долгосрочными контрактами, запасы.

В качестве исполнительных механизмов используется клапан с электроприводом Masoneilan 90-41425. Он изображен на рисунке 10.

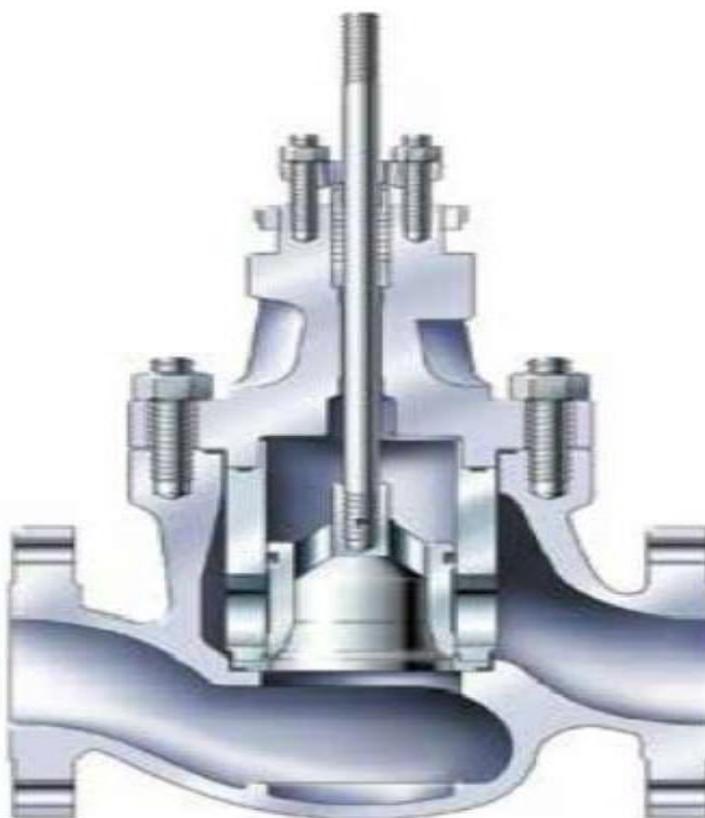


Рисунок 10 – Клапан Masoneilan 90 - 41425

В качестве контроллерного оборудования предполагается использование ПЛК производства фирмы Yokogawa серии FA M3. Он изображен на рисунке 11.



Рисунок 11 – ПЛК Yokogawa FA M3

6. Выбор алгоритмов управления АС

Алгоритмы АС, разработанные в данной работе, перечислены ниже.

1. Алгоритм поддержания уровня жидкости в трубном стояке конденсата.

2. Алгоритм автоматизированного регулирования давления в системе трубный стояк-подогреватель.

6.1 Алгоритм поддержания уровня жидкости

В качестве канала измерения выберем канал измерения уровня в трубном стояке конденсата.

Для этого канала разработаем алгоритм поддержания уровня жидкости в виде блок-схемы согласно ГОСТ 19.701-90, ГОСТ 24.302-80 и ГОСТ 24.302-80. Схема алгоритма поддержания уровня жидкости приведена в Приложении Д.

6.2 Алгоритм автоматизированного регулирования

Необходимо рассчитать передаточную функцию объекта управления. Объектом управления является участок трубопровода, располагающийся между точкой измерения давления и регулирующим органом.

Длина участка трубопровода составляет 4 метра.

Таблица 7 – Характеристики участка трубопровода

Характеристика	Значение
Рабочее давление в трубопроводе, не более, Мпа	1
Удельный вес смеси кг/с;	650
Объемный расход, м ³ /с	0,92
Длина участка трубопровода, м	4
Диаметр трубы, м	0,24
Перепад давления на трубопроводе, кгс/м ²	7120,345

Передаточная функция объекта управления приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка и представлена формулой (1) [1]:

$$W_{mp} = \frac{1}{T \cdot s + 1}, \quad (1)$$

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,24^2}{4} = 0,045, \quad (2)$$

$$c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{p}{2 \cdot \Delta p \cdot g}} = \frac{0,92}{0,045} \cdot \sqrt{\frac{650}{2 \cdot 3120,345 \cdot 9,8}} = 2,1, \quad (3)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{Q} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 0,045 \cdot 2,1^2}{0,92} = 0,173. \quad (4)$$

где T – постоянная времени;

d – диаметр трубы, м;

f – площадь сечения трубы м^2 ;

Q – объемный расход среды, $\text{м}^3/\text{с}$;

ρ – плотность среды $\text{г}/\text{м}^3$;

L – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования, м;

Δp – перепад давления на трубопроводе, $\text{кгс}/\text{м}^2$.

Тогда:

$$W_{mp} = \frac{1}{0,173 \cdot s + 1}. \quad (5)$$

Передаточная функция преобразования скорости в угловое положение интегральным звеном (6):

$$W_z(s) = \frac{1}{s}. \quad (6)$$

Исполнительный электропривод в упрощенном виде может быть представлен с помощью апериодического звена первого порядка (8). Постоянную времени привода примем равной $T_{дв} = 0,03$.

$$K_{дв} = \frac{\omega_H}{f_{max}} = 5,56, \quad (7)$$

$$W_{дв}(s) = \frac{5,56}{0,03 \cdot s + 1}. \quad (8)$$

Как и электропривод, частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка (9). Тогда, в соответствии с его характеристиками:

$$W_{чп}(s) = \frac{K_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1}, \quad (9)$$

$$K_{чп} = \frac{f_H}{I_{вх}}, \quad (10)$$

$$W_{чп} = \frac{2,5}{0,127 \cdot s + 1}. \quad (11)$$

Структурная схема регулирования представлена на рисунке 12, график переходного процесса – на рисунке 13.

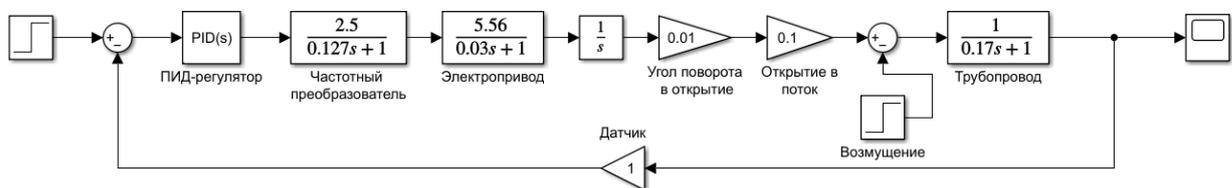
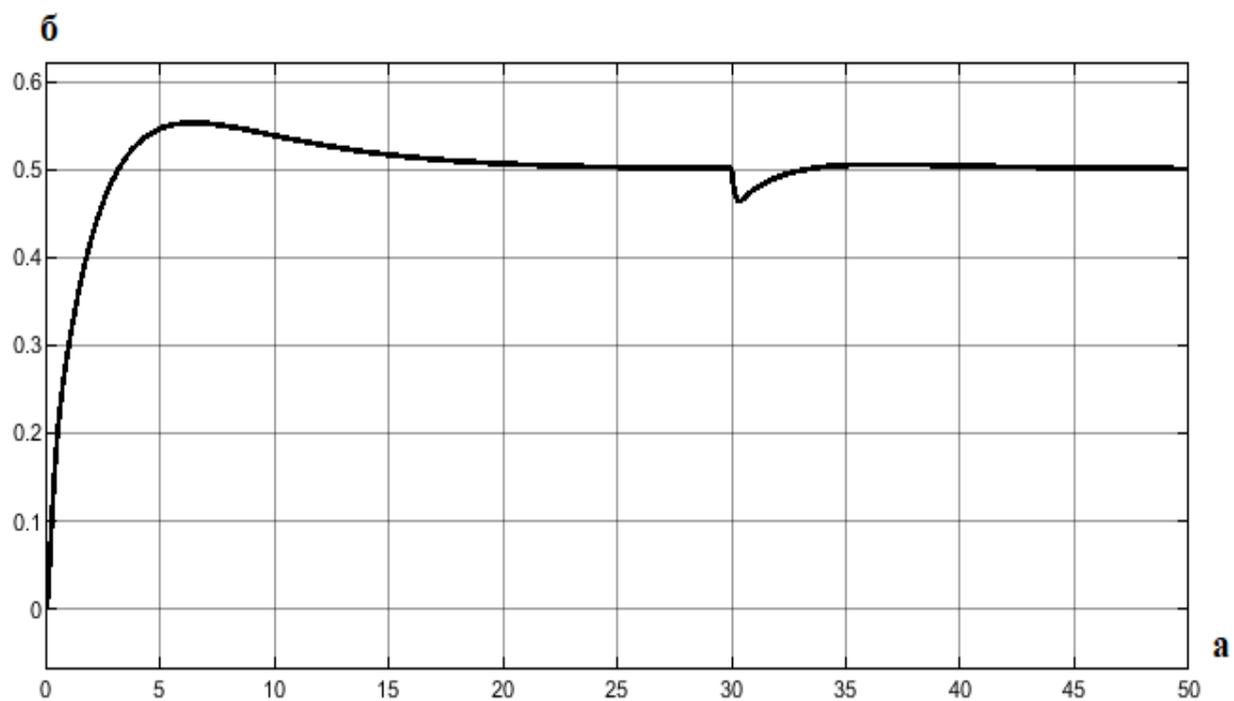


Рисунок 12 – Структурная схема регулирования в среде Matlab



а) ось абсцисс – t , сек.; б) ось ординат – P , МПа
Рисунок 13 – График переходного процесса

7. Экранные формы АС

В данный момент на Амурском газоперерабатывающем заводе используется интегрированная система управления от компании Yokogawa, что предполагает использование определенной системы контроля и визуализации для автоматизированного рабочего места оператора и инженера АСУ ТП. Поэтому в работе будет представлена основная экранная форма, которая станет прототипом и образцом для будущей интеграции в систему. Она представлена в приложении Д.

Критерии, которые необходимо учесть при разработке экранной формы разрабатываемой АС, перечислены ниже.

1. Достаточность. Форма должна в полной мере содержать все, что позволит пользователю реализовывать функции АСУ.

2. Достоверность. Наименования и расположение блоков должны достоверно отображать информацию, обозначения, теги.

При использовании экранной формы пользователю доступны возможности, перечисленные ниже.

1. Визуальная диагностика данных. Все показания полевых приборов представлены в явном виде на экране.

2. Предупреждение об опасных значениях. Все мнемознаки полевых приборов имеют свойство цветовой индикации в случаях достижения или превышения определенных значений.

3. Верификация. Каждый пользователь обладает своей учетной записью с индивидуальным уровнем доступа к инструментарию формы.

4. Корректировка и переключение режимов работы. С помощью нажатия на прибор вызывается лицевая панель, предоставляющая дополнительные функции.

Лицевая панель предоставляет возможность оценки показателя прибора, его входного и выходных значений, текущего статуса, режима работы. Все вышеперечисленные показатели можно изменять в этой панели. Лицевая панель изображена на рисунке 14.

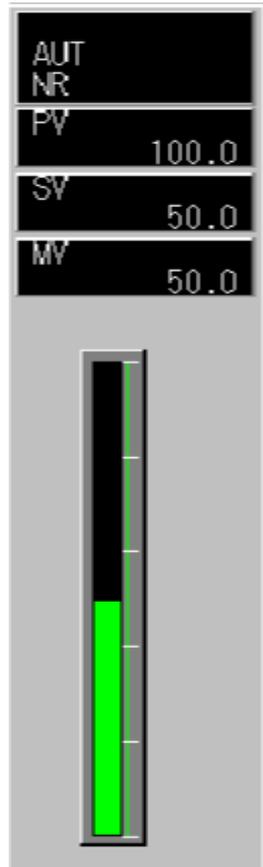


Рисунок 14 – Лицевая панель прибора

Имеется кнопка вызова исторического журнала событий, который в рамках формы содержит информацию об изменениях, вводимых вручную, пользователях, которые выполняли вход. Данный журнал является частью глобального исторического журнала установки 30, и поэтому содержит лишь часть информации. Он изображен на рисунке 15.

```
05.18 11:39:36 PID00    PV=40.0%
```

Рисунок 15 – Журнал событий

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 40000 руб. Оклад инженера - 20000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 16%. Премиальный коэффициент руководителя – 30%. Премиальный коэффициент инженера – 20%. Доплаты и надбавки руководителя – 30%. Доплаты и надбавки инженера – 20%. Районный коэффициент – 1,3, Дополнительная ЗП – 12%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ, составление бюджета НИИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.
Перечень графического материала:	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2023 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	Профессор ОСГН, д.э.н.		27.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич		27.02.2023 г.

8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Анализ решения

8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

К потенциальным потребителям результатов исследования относятся компании, занимающиеся добычей, транспортировкой, переработкой, хранением природного газа, или предприятия, использующие природный газ в рамках технологического процесса.

В таблице 8 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Обозначим компании следующим образом:

«1» – ОАО «СРЕСС»,

«2» – ООО «Газпром Переработка Благовещенск»,

«3» – ООО «НИПИГАЗ».

Таблица 8 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП			
		Разработка АСУ ТП	Инженерные работы	Строительно-монтажные работы	Пуско-наладочные работы
Размер компании	Крупные	1	1,2,3	1,2	1,2,3
	Средние	1	2,3	1,2	2
	Малые	1,2	3	2	2

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, можно сказать, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по разработке АСУ ТП, строительно-монтажных и пуско-наладочных работ у средних и мелких компаний.

Наибольшей же является конкуренция на рынке услуг по разработке АСУ ТП, строительно-монтажных и пуско-наладочных работ у крупных компаний.

8.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный конкурентный анализ разработок, существующих на рынке, проводится систематически в связи с тем, что рынки находятся в постоянном движении. Анализ конкурентных технических решений позволяет сравнить разрабатываемую систему с аналогами и внести в нее правки в соответствии с сильными и слабыми сторонами разработок конкурентов.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, которая представлена в таблице 9. В качестве конкурентных технологических решений выбраны АСУ от компаний ООО «СРЕСС» ($B_{к1}$) и ООО «Газпром Переработка Благовещенск» ($B_{к2}$).

Каждая позиция разработки и конкурентов оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (9):

$$K = \sum B_i + B_i, \quad (9)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 9 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_P	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_P	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
2.Надежность	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
3.Уровень шума	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
4.Безопасность	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4

Продолжение таблицы 9

5.Точность регулирования	0,07	4	3	4	0,28	0,21	0,28
6.Универсальность	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
7.Энергоэкономичность	0,03	4	3	3	0,12	0,09	0,09
8.Возможность модификации	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
9.Интерфейс	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
10. Простота разработки	0,1	4	2	3	0,4	0,2	0,3
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Цена	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
2.Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
3.Послепродажное обслуживание	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
4.Конкурентоспособность продукта	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
Итого	1	57	44	49	3,95	3,01	3,38

Преимуществами разработанной системы являются: удобство, интерфейс, простота и цена.

К недостаткам решения относятся: универсальность и возможность модификации.

8.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта на сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Матрица SWOT

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>C1. Современные датчики и исполнительные механизмы.</p> <p>C2. Передача информации на большие расстояния</p> <p>C3. Низкая стоимость.</p> <p>C4. Использование экранных форм (мнемосхемы).</p>	<p>Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ.</p> <p>Сл2. Сложность конструкции.</p> <p>Сл3. Присутствие импортных компонентов</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Модернизация производств газовой отрасли.</p> <p>V2. Тенденция роста цены кубометра газа.</p> <p>V3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>V4. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.</p>	<p>V3C3. Преимущество системы в цене и спрос на нее будут только возрастать.</p> <p>V4C2. Перспектива легкой интеграции в общую систему управления ТП на предприятии.</p> <p>V1C1C4. Актуальность системы сохранится на протяжении большого промежутка времени</p>	<p>V1V4Cл1. Проведение контурных и функциональных тестирований на предприятии.</p> <p>V4Cл2. Рост штата сотрудников АСУ ТП на производстве</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры).</p> <p>У2. Повышение цен на оборудование.</p> <p>У3. Противодействие со стороны конкурентов.</p>	<p>У1C1C2. Проверка возможности замены импортных компонентов на отечественные</p> <p>У3C3. Низкая цена частично нивелирует противодействие конкурентов</p>	<p>У1Cл3. Проверка компонентов на возможность импортозамещения.</p>

Чтобы уменьшить влияние Сл1, разрабатываемая система детально прорабатывается и подвергается отладке на этапах разработки проекта.

8.2 Планирование научно-исследовательских работ

8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование 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.

Рабочая группа: руководитель и инженер. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Описание технологического процесса	Инженер
	6	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	Инженер
	8	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	9	Выбор средств реализации автоматизированной системы	Инженер
	10	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	Инженер
	11	Разработка мнемосхемы	Инженер
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	Руководитель, Инженер

Исходя из таблицы 4, можно сделать вывод, что разработка технического задания осуществляется руководителем проекта, теоретические и экспериментальные исследования, а также оформление пояснительной

записки – инженером, а выбор направления исследований – руководителем совместно с инженером.

8.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

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

Трудоёмкость 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 трудоёмкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (10)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле 11.

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (11)$$

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.

Для представления графика выполнения научных работ воспользуемся диаграммой Ганта, в котором работы представлены протяженными во времени отрезками.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней требуется перевести в календарные дни, по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (12)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях (округляется до целого);

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 15} = 1,22. \quad (13)$$

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

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

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

Все рассчитанные значения занесены в таблицу 12.

Таблица 12 – Временные показатели научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	$t_{\min i}$ чел-дни		$t_{\max i}$ чел-дни		$t_{ож\ i}$ чел-дни		Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель				
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	1	4	2	2,8	1,4	1,4	0,7	2	1
Выбор направления исследований	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	1	1,4	0,5	0,7	1	1
Описание технологического процесса	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
Разработка структурной схемы автоматизированной системы	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	3	-
Выбор средств реализации автоматизированной системы	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	5	-
Разработка схемы внешних проводок	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	10	-
Разработка мнемосхемы	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	5	-
Составление пояснительной записки	6	2	10	5	7,6	3,2	3,8	1,6	5	2
Итого:							30,6	5,3	40	7

На основе временных показателей проведения исследования строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбиением по месяцам и декадам (10 дней) и представлен в форме диаграммы Ганта (таблица 13).

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИР

№ работ	Исполнители	ki	Продолжительность выполнения работ											
			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Р	2	■											
2	Р/И	1/2	■											
3	Р/И	1/1	■											
4	Р/И	1/1	■											
5	И	2		■										
6	И	3			■									
7	И	3				■								
8	И	5					■							
9	И	3						■						
10	И	10							■					
11	И	5								■				
12	Р/И	2/5									■			

Работа руководителя отражена на диаграмме в виде заштрихованных областей, тогда как работа инженера – закрашенных.

Руководитель совершает работу в начале и конце процесса разработки, так как его зона ответственности связана с постановкой целей и проверке результатов.

8.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

8.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный раздел включает информацию о стоимости всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы ((3 – 5) % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (14)$$

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

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 14 приведены сведения о материальных затратах на научные исследования.

Таблица 14 – Материальные затраты

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
1	Бумага офисная SvetoCopy Classic А4, 500л.	шт.	1	757	757
2	Готовальня Architect Brauberg 9	шт.	1	595	595
3	Печать на бумаге формата А4	листы	500	7	3500
Транспортно-заготовительные расходы					146
Итого					4998

8.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данный раздел включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Расчеты сводятся в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	AutoCAD 2023	2	20000	40000
2	Microsoft Office	2	1 990	3980
3	MATLAB	1	17298	17298
4	Ноутбук Irbis NB282	1	16000	16000
5	Мышь компьютерная Aceline CM-408BU	1	300	300
Итого:				77578

Очевидно, что основной статьёй расхода на специальное оборудование являются технические средства и программные, необходимые для разработки.

8.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данный раздел включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Учитывается основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительная заработная плата:

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

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя предприятия рассчитывается по следующей формуле:

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 60 рабочих дней $M = 10$ месяцев;

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени		
- отпуск	60	30
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени (Фд)	238	268

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m , руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{p,\text{раб.}}$ дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	40000	0,3	0,3	1,3	83200	3495	5,3	18523
Инженер	20000	0,2	0,2	1,3	36400	1494	30,6	45716
Итого:								64239

Инженер получит более высокую заработную плату, несмотря на более низкий, нежели у руководителя, дневной оклад. Это связано с тем, что объем работы инженера составляет 30,6 рабочих дней, тогда как у руководителя 5,3.

8.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы представлен в таблице 18 и ведется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 18 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$,руб	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$,руб
Руководитель	18523	0,12	2222
Инженер	45716	0,12	5485
Итого:			7707

Инженер получит более высокую дополнительную заработную плату, несмотря на более низкий, нежели у руководителя, дневной оклад. Это связано с тем, что основная часть заработной платы у инженера выше.

8.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработанная плата, руб.	Дополнительная заработанная плата, руб.
Руководитель	18523	2222
Инженер	45716	5485
Отчисления во внебюджетные фонды	30 %	
Итого		
Руководитель	6223	
Инженер	15360	
Итого	21583	

Отчисления за инженера ожидаемо выше, чем у руководителя, в силу более высокой рассчитанной заработной платы.

8.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы равный 16%.

8.3.7 Определение бюджета затрат

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведено в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	4998
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	77578
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	64239
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7707
5. Отчисления во внебюджетные фонды	21583
6. Накладные расходы	28177
7. Бюджет затрат НТИ	204282

Наибольшие затраты связаны со специальным оборудованием и начислением основной заработной платы исполнителям.

8.3.8 Потенциальные потребители результатов исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

Φ_{max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достоверно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта в компании ООО «СРЕСС» равняется 330 000 руб., а в компании ООО «Газпром Переработка Благовещенск» – 250 000 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	I
Инженер и руководитель	204282 руб.	330000руб.	0,62
ООО «СРЕСС»	330000руб.		1
ООО «Газпром Переработка Благовещенск»	250000руб.		0,76

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Инженер и руководитель	«СРЕСС»	«Газпром Переработка Благовещенск»
Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации	0,3	5	3	4
Помехоустойчивость	0,05	5	4	4
Энергосбережение	0,05	4	5	4
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	5	4	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Значения интегрального показателя

I_p	$I_{сресс}$	$I_{ГППБ}$
4,8	3,75	4,3

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

$$I_{\text{исп } i} = \frac{I_{p-\text{исп } i}}{I_{\text{финр}}}. \quad (23)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Интегральный показатель эффективности вариантов

I_p	$I_{сресс}$	$I_{ГППБ}$
8	3,75	5,65

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{срi} = \frac{I_{исп i}}{I_p}. \quad (24)$$

В таблице 25 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

Интегральные показатели	Разработанный вариант	ООО «СРЕСС»	ООО «Газпром Переработка Благовещенск»
финансовый	0,6	1	0,76
ресурсоэффективности	4,8	3,75	4,3
эффективности	8	3,75	5,65
сравнительные	1	0,46	0,7

Разработанный вариант показал преимущество по всем рассматриваемым показателям, в связи с чем можно говорить о его финансовой и ресурсоэффективной выгоды.

8.4 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе оценены экономические составляющие разработки исследуемой АСУ подогревателя сырьевого газа. Выводы перечислены ниже.

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка имеет наименьшую конкуренцию на рынке услуг по автоматизации ТП у мелких и средних компаний.

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Среди выявленных конкурентов: ООО «СРЕСС» и ООО «Газпром Переработка Благовещенск». Преимуществами разработанной системы являются: удобство, интерфейс, простота и цена. К недостаткам решения относятся: универсальность и возможность модификации.

3. В ходе SWOT-анализа были выявлены основные угрозы: ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры), повышение цен на оборудование, противодействие со стороны конкурентов. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены при составлении матрицы SWOT.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работ было проделано самостоятельно, однако потребовалась малая помощь преимущественно на начальном этапе и отчасти на завершающем.

Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает четыре декады.

5. В процессе расчёта бюджета НИИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и инженера различны. Это связано с тем, что инженер, имея меньший оклад, имеет большее число рабочих дней.

6. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект АСУ подогревателя сырьевого газа достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «ООО «СРЕСС» и «ООО «Газпром Переработка Благовещенск».

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич

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

Тема ВКР:

Модернизация автоматизированной системы управления подогревателя сырьевого газа

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объектом исследования является автоматизированная система управления подогревателя сырьевого газа.</p> <p>Область применения: автоматизированные информационно-управляющие системы, локальные и распределенные системы управления в нефтегазовой отрасли.</p> <p>Рабочая зона: офис.</p> <p>Размеры помещения: 6*8 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер и периферия, Ethernet-кабель, USB-кабель.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: разработка и наладка дополнительного программного обеспечения, контроль технологических показателей.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2023); ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора; Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (ред. от 28.12.2022); ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 2. Физические статические перегрузки, связанные с рабочей позой; 3. Умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой; 4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной

	<p>среды на местонахождении работника.</p> <p>Опасные факторы: 1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: средства защиты от поражения электрическим током (предохранительные устройства, устройства автоматического отключения, контроля и сигнализации), осветительные приборы и искусственные источники света, устройства для кондиционирования воздуха и отопления, обогрева и охлаждения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: попадание фракций электронных компонентов на территорию жилых и общественных помещений;</p> <p>Воздействие на литосферу: утилизация отходов при производстве аппаратных элементов системы;</p> <p>Воздействие на гидросферу: возможное попадание отходов производства компонентов в сточные воды;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы при производстве компонентов устройства.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.). Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.). Пожар, нарушение контроля и управления технологическим процессом. Наиболее типичная ЧС: Пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Мамонтов Илья Сергеевич		

9. Социальная ответственность

9.1 Введение социальной ответственности

Объектом исследования настоящей работы является подогреватель сырьевого газа установки Осушки/Удаления ртути первой технологической линии Амурского ГПЗ. Цель работы – модернизация системы контроля и управления технологическим процессом. Область применения: автоматизированные информационно-управляющие системы, локальные и распределенные системы управления в нефтегазовой отрасли.

Рабочим местом является офис 6*8 м, внутри которого расположены 4 рабочих стола и стула (частично пластиковые) с находящимися на них ПК и периферией. Кроме того, на отдельном столе имеется копировальное оборудование и средство связи. Рабочие процессы, связанные с АСУ подогревателя сырьевого газа включают в себя мониторинг и контроль над технологическим процессом посредством инженерных станций (ПК), диагностика неполадок и проверка целостности каналов связи между полевым и верхним уровнем автоматизации.

Результаты данной работы служат снижению монотонного физического труда работников нефтегазовой отрасли и повышают безопасность их труда, так как автоматизированная система позволяет минимизировать время нахождения в потенциально вредных/опасных зонах. Актуальность работы не подлежит сомнению, так как она найдет применение среди проектируемых и/или эксплуатируемых решений на газоперерабатывающем заводе (АГПЗ).

9.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

9.2.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

В условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику согласно ст. 103 ТК РФ.

На объекте применяется график сменности стремя бригадами. При этом ежедневно работают две бригады, каждая в свою смену, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК РФ о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов и положение ст. 372 ТК РФ об учете мнения представительного органа работников [13].

9.2.2 Организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно п. 3 ст. 14 Федерального закона от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» условия труда диспетчера технологического процесса относятся к допустимым условиям труда (2 класс) [14].

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [15]. Так, согласно п. 1.2 раздела 1 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Согласно п. 2.1

раздела 2 конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Общие эргономические требования к креслу человека-оператора[16]:

1) кресло должно обеспечивать человеку-оператору соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу;

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

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

4) кресло должно создавать условия для поддержания корпуса человека в физиологически рациональном положении с сохранением естественных изгибов позвоночника;

5) конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений;

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

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

Общие требования к взаимному расположению элементов рабочего места оператора [17]:

1) при взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;

- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором;

2) взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. При этом должны учитываться ограничения, налагаемые спецодеждой и снаряжением человека-оператора;

3) взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

9.3 Производственная безопасность

В пункте «Производственная безопасность» представлен анализ потенциально возможных вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать на рабочем месте при эксплуатации проектируемого решения. Факторы перечислены в таблице 26.

Для идентификации факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [18].

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные факторы в офисе АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [18]	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [19] ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» [24]
2. Физические статические перегрузки, связанные с рабочей позой	МР 2.2.9.2128-06 Комплексная профилактика развития перенапряжения и профессиональных заболеваний спины у работников физического труда [20]
3. Умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой	МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности [21]
4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работника.	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [22]

Продолжение таблицы 26

5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [23]
--	--

9.3.1 Анализ опасных факторов

Опасные факторы в рамках эксплуатации автоматизированной системы управления подогревателя – это производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.

При соприкосновении с проводами, частями установки, компьютерным оборудованием, а также стенами и полом, которые могут находиться под напряжением, существует опасность поражения электрическим током. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие.

Наиболее типичной травмой, которую может получить работник в результате воздействия фактора является электрический ожог. Кроме того, в зависимости от силы воздействия и его обстоятельств может иметь место электрический удар, сопровождающийся повреждением внутренних органов, нарушением ритма сердца и остановкой дыхания.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [19] определяются предельно допустимые значения силы переменного и постоянного тока и напряжения. Они перечислены в таблице 27

Таблица 27 – Предельно допустимые значения силы тока

	Переменный ток при частоте, Гц		Постоянный ток
	50	400	
Напряжение, В	2	2	8
Сила тока, мА	0,3	0,4	1

Согласно п. 1.13 раздела 1 Приложения справочного ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» [24] к средствам защиты от поражения электрическим током относятся: оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и зануления, устройства автоматического отключения, устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения, устройства дистанционного управления, предохранительные устройства, молниеотводы и разрядники, знаки безопасности.

9.3.2 Анализ вредных факторов

9.3.2.1 Физические статические перегрузки

Данный фактор вызван длительным специфическим расположением работника относительно объекта исследования. Длительное положение в одной рабочей позе со временем приводит к развитию заболеваний опорно-двигательного аппарата (остеохондроз, радикулит, фиброзы и т.д.) и сердечно-сосудистой системы (гипертония, атеросклероз).

Факт возможных физических статических перегрузок ввиду поддержания рабочей позы в соответствии с МР 2.2.9.2128-06 [20] подтверждает количество времени, проводимое в специфической позе – работник более 25 % рабочего времени проводит в поддержании рабочей позы (в данном случае – сидя за рабочим столом и персональным компьютером).

В качестве профилактики развития профессиональных заболеваний, вызванных длительным поддержанием рабочей позы, рекомендуется во время установленных в течение рабочего дня перерывов менять положение тела, а также уделять 5-10 минут суставной разминке шеи и плечевого пояса.

9.3.2.2 Умственное перенапряжение

Умственное перенапряжение связано с необходимостью обеспечения непрерывного контроля над технологическим процессом, принятием решений и выполнением операций по его стабилизации.

Длительное умственное перенапряжение приводит к стрессовым проявлениям (неврозы, нарушения концентрации и сна). В качестве профилактики подобных проявлений в соответствии с МР 2.2.9.2311-07 [21] работнику рекомендуется иметь ранее упомянутые перерывы в работе со сменой деятельности и суставной разминкой.

9.3.2.3 Отклонения показателей микроклимата

Одним из важных параметров рабочей зоны является окружающая среда. Температура, давление и влажность влияют на условия электробезопасности. Кроме того, состояние микроклимата в помещении, используемом для разработки, оказывает существенное влияние на качество работы и производительность труда, а также на здоровье работников.

Наиболее типичными профессиональными заболеваниями и травмами, которые может получить работник в результате воздействия фактора являются общесоматическая патология органов дыхания и системы кровообращения (простуды в разных формах), кожи (чрезмерное высыхание), зрительного и слухового анализаторов для пониженной температуры.

Для повышенной температуры характерны утомление, нарушение водно-солевого баланса, обмороки. При длительном или интенсивном воздействии имеют место быть (включая вышеперечисленные) поражения центральной нервной системы, увеличение нагрузки на сердце, вплоть до острой сердечно-сосудистой недостаточности.

Влияние микроклимата на самочувствие человека значимо и существенно, а переносимость температуры во многом зависит от скорости движения и влажности окружающего воздуха – чем выше показатель

относительной влажности, тем быстрее наступает перегрев или охлаждение организма. Допустимые величины приведены в таблице 28.

При недостаточном движении воздуха имеется риск возникновения нехватки кислорода для дыхания, а как следствие: головной боли, нарушения сердцебиения (вплоть для потери сознания и комы).

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПК и не сопровождается физическим напряжением [22].

Таблица 28 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [22] и приведен в таблице 29.

Таблица 29 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30 м ³
20...40 м ³ на человека	Не менее 20 м ³

Показатели расхода свежего воздуха в рабочей зоне соответствуют нормам.

9.3.2.4 Искусственное освещение

По санитарно-гигиеническим нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

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

Работа оператора АСУ относится к IV разряду зрительной работы (средней точности). В таблицах 30 и 31 приведены нормы освещённости для данного разряда [23].

Таблица 30 – Нормирование освещённости для работы за ПК

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Таблица 31 – Требования к освещению на местах, оборудованных ПК

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа	от 300 до 500 лк
Освещенность на поверхности экрана ПК	не более 300 лк
Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения	не более 200 кд/м ²
Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях	не более 20

Продолжение таблицы 31

Показатель дискомфорта в дошкольных и учебных помещениях	не более 15
Соотношения яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%
Яркость бликов на экране ПК	не более 40 кд/м ²

Показатели освещенности на рабочих местах и в помещении рабочей зоны соответствуют нормам.

9.4 Экологическая безопасность

Раздел «Экологическая безопасность» включает в себя данные о характере воздействия проектируемого решения на окружающую среду в процессе эксплуатации. В данном разделе подробно описывается, как проектируемое решение и используемые для его создания вещества и материалы влияют на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу, а также предлагаются природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

9.4.1 Влияние объекта исследования на селитебную зону

При эксплуатации проектного решения возможна неправильная утилизация неисправных компонентов персонального компьютера и радиоэлектронных компонентов, в результате чего компоненты, содержащие токсичные вещества (конденсаторы и пр.), а также физические фракции (корпуса, оболочки компонентов) могут попасть на жилые территории.

Утилизация должна проводиться в соответствии с ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» [25]

9.4.2 Влияние объекта исследования на атмосферу

Загрязнение атмосферы происходит за счет выбросов углекислого газа и прочих продуктов горения во время производства электроэнергии для питания персонального компьютера, использующегося для эксплуатации АСУ подогревателя сырьевого газа.

В соответствии с таблицей 2.1 главы II СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22] законодательно установлены ограничения на предельно допустимую концентрацию CO₂: 27000/9000 мг/м³ за среднесуточный промежуток времени. На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных

показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны резервуаров, сепараторов, адсорберах.

Также загрязнение атмосферы происходит за счет выбросов углекислого газа и прочих продуктов горения во время производства электроэнергии для питания системы. Электроснабжение помещения рабочей зоны осуществляется ТЭЦ с мощностью 100 МВт. Согласно п.2 раздела 2 постановления Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года, N2398 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»[26] (с изменениями на 7 октября 2021 года) объект относится ко II категории.

9.4.3 Влияние объекта исследования на гидросферу

Негативное влияние АСУ подогревателя сырьевого газа на гидросферу может произойти при неправильной утилизации компонентов персонального компьютера или радиоэлектронных компонентов измерительных устройств. При неправильной утилизации (захоронении или утилизации вместе с бытовыми отходами) компоненты могут попасть в сточные, речные и грунтовые воды.

Кроме того, вследствие неисправной работы АСУ подогревателя сырьевого газа существует риск аварии, следствием которой может стать загрязнение подземных вод.

Согласно п.6 ГОСТ 17.1.3.06-82 «Общие требования к охране подземных вод» при авариях и повреждениях, которые могут вызвать загрязнение подземных вод, необходимо оградить место аварии и обеспечить его охрану, покрыть адсорбционными материалами разлитые или рассыпанные вещества. Затем прекратить отбор подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения в зоне аварии, собрать, нейтрализовать или уничтожить разлитые или рассыпанные вещества и ликвидировать последствия аварии и повреждения.

Для снижения вредоносного влияния объекта исследования на гидросферу необходимо сдавать вышедшие из строя компоненты в специализированные приемные пункты, из которых утилизированный продукт пойдет либо на переработку, либо на вторичное использование.

9.4.4 Влияние объекта исследования на литосферу

При неправильной утилизации компоненты электрооборудования, содержащие токсичные вещества или представляющие собой крупную фракцию отходов, могут попасть в почву.

Необходимо сдавать электронные компоненты в специализированные пункты приема, откуда компоненты либо пойдут на вторичное использование, либо на переработку методом пиролиза, биометаллургии, электростатической сепарации и т.д.

9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

9.5.1 Анализ вероятных ЧС

При эксплуатации АСУ подогревателя сырьевого газа с использованием персонального компьютера и периферии в офисе может произойти чрезвычайная ситуация: пожар вследствие короткого замыкания или контакта легковоспламеняющегося материала с выходами компонентов, находящимися под напряжением. Возникновение приведенных ЧС природного характера крайне маловероятно.

9.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Возможный пожар определен классом Е, поскольку возможно возгорание находящейся под напряжением цепи питания персонального компьютера.

При возникновении пожара вследствие короткого замыкания или другой неисправности электрооборудования необходимо воспользоваться углекислотными огнетушителями ОУ-5, ОУ-10 или порошковым ОП-10 в зависимости от того, каким огнетушителем оборудовано помещение. Также для предотвращения пожара необходимо соблюдение корректного обращения с оборудованием и проведения уборки на рабочем месте после окончания рабочего дня. Помещение должно быть оборудовано планом эвакуации из здания. Путь эвакуации должен быть свободен.

Поскольку в офисе присутствуют ПК и мебель, выполненные из пластика, а также присутствуют электроприборы, то в соответствии с СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [27] данное помещение определяется категорией «Г» (умеренная пожароопасность).

9.6 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения данного раздела ВКР приведены основные нормативы, регламентирующие воздействие вредных и опасных факторов при разработке проектного решения. По итогам анализа выявлено, что при нормальных условиях параметры рабочей зоны соответствуют установленным нормативам. Дополнительных средств индивидуальной защиты не требуется.

Согласно п.3 ст.14 Федерального закона от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» условия труда диспетчера технологического процесса относится к допустимым условиям труда (2 класс) [14].

Согласно ПУЭ определена категория помещения по электробезопасности – I категория. Группа персонала по электробезопасности определена аналогично – I группа.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПК и не сопровождается физическим напряжением [22].

В соответствии с СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [27] помещение рабочей зоны определяется категорией «Г» (умеренная пожароопасность).

Согласно п.2 раздела 2 постановления Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года, N2398 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» [26] (с изменениями на 7 октября 2021 года) объект относится ко II категории.

Заключение

В результате выполнения ВКР была разработана модернизированная автоматизированная система управления подогревателя сырьевого газа установки Осушки/Очистки от ртути технологической линии Амурского газоперерабатывающего завода.

Произведен сбор и анализ информации о регламенте и порядке работы объекта исследования, проанализирован и приведен актуальный технологический процесс, произведен выбор исполнительных устройств.

Кроме того, были представлены: структурная схема автоматизации, схема общих проводок, схема информационных потоков для разработанной САУ. Разработано алгоритмическое обеспечение для критически важных технологических параметров.

Для повышения удобства интегрирования в общезаводскую систему управления и повышения комфорта эксплуатации была разработана главная экранная форма.

Список использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Шерстобитова Т.В., Орехов М.С. Разработка системы управления подогревом природного газа на газораспределительной станции // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2017. №4
3. Ефимов Р. П., Ефентьев Ефимов, Директор По Промышленной Автоматизации, Малкин О. Э. Системы управления подогревателями газа, нефти, воды // Территория Нефтегаз. 2007. №4.
4. Агабабян В.Е., Опыт производства и модернизации современного автоматизированного оборудования для газораспределительных станций и объектов газового хозяйства // Территория Нефтегаз. 2010. №11.
5. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
6. Амурский ГПЗ [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/projects/amur-gpp/>
7. ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Стандартинформ, 2014. – 32 с
8. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с
9. КВВГ. Описание и технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: <https://cable.ru/cable/group-kvvg.php>
10. Метран – 286 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://priborsk.ru/katalog_oborudovaniya/temperatura/preobrazovatel_i_temperatury_metran/me tran-286/](http://priborsk.ru/katalog_oborudovaniya/temperatura/preobrazovatel_i_temperatury_metran/me%20tran-286/)

11. Rossenmount 3300. Практическое руководство. [Электронный ресурс]. URL: [http://www2.emersonprocess.com/ru – ru/brands/rosemount/level/guided-wave-radar/3300-series/pages/index.aspx](http://www2.emersonprocess.com/ru-ru/brands/rosemount/level/guided-wave-radar/3300-series/pages/index.aspx)
12. Веспер E4-8400-015Н. Практическое руководство. [Электронный ресурс]. URL: https://www.vesper.ru/catalog/invertors/e4_8400/chastotnyy-preobrazovatel-vesper-e4-8400-015n-11kvt-380v/
13. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)
14. Федеральный закон о специальной оценке условий труда (с изменениями на 28 декабря 2022 года)
15. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.
16. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования
17. ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.
18. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
19. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
20. МР 2.2.9.2128-06 Комплексная профилактика развития перенапряжения и профессиональных заболеваний спины у работников физического труда
21. МР 2.2.9.2311-07. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности

22. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

23. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95

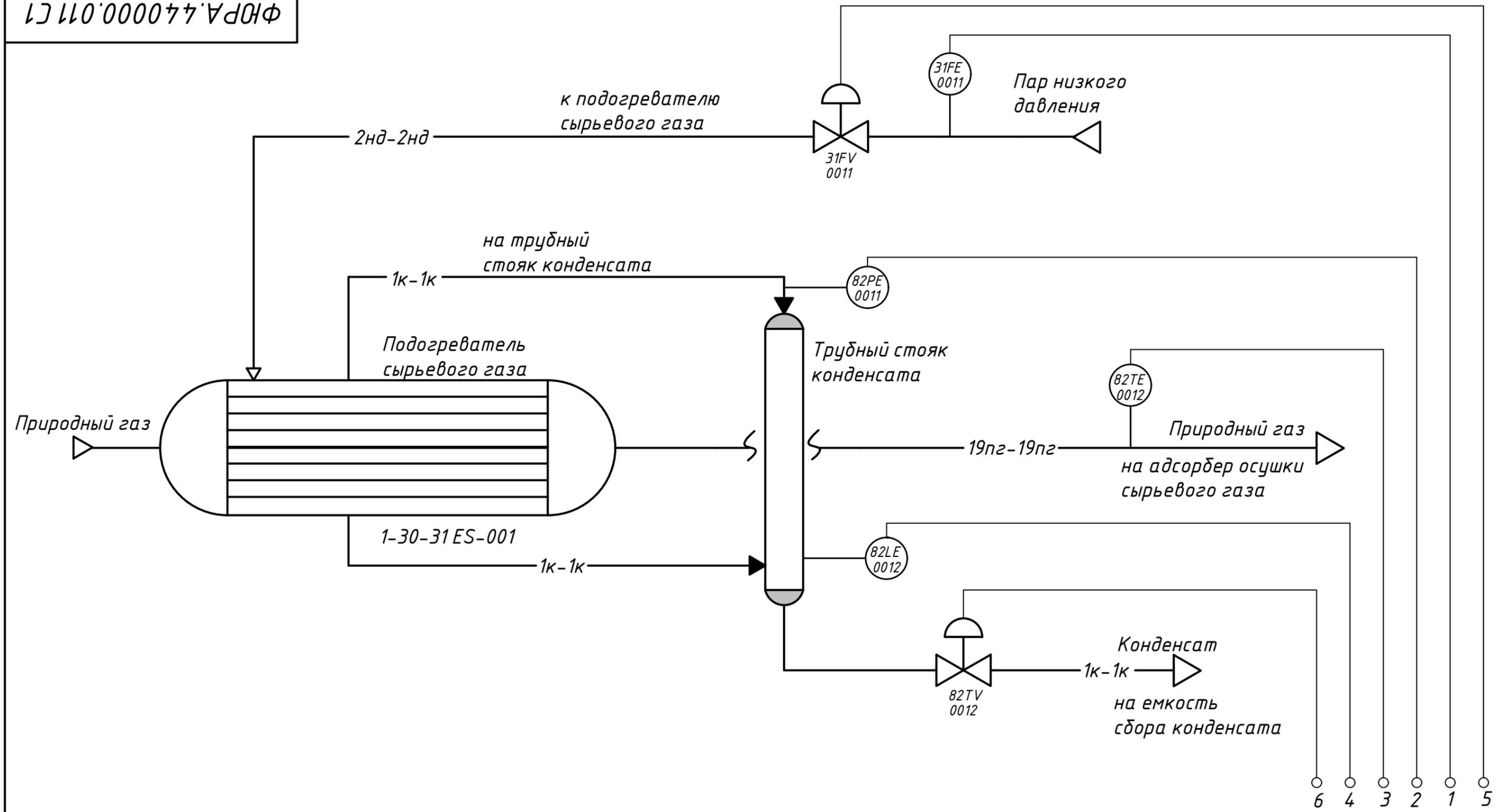
24. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»

25. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов»

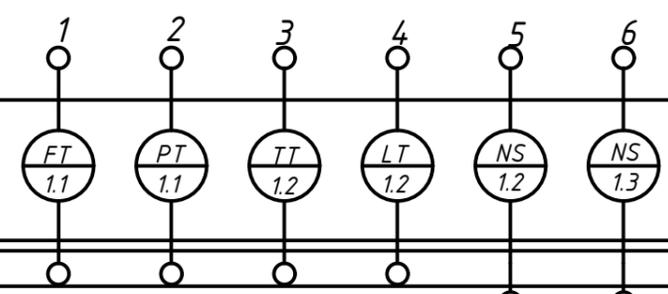
26. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года, N2398 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»

27. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

Приложение А
(обязательное)
Функциональная схема автоматизации



6 4 3 2 1 5



Приборы по месту						
Шкаф управления	AI					
	AO					
	DI					
	DO					
	Ethernet					
SCADA						Мониторинг
						Управление
						Сигнализация

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Мамонтов И.С.			
Пров.	Громаков Е.И.			

ФЮРА.440000.011 С1

Приложение А
Функциональная схема
автоматизации

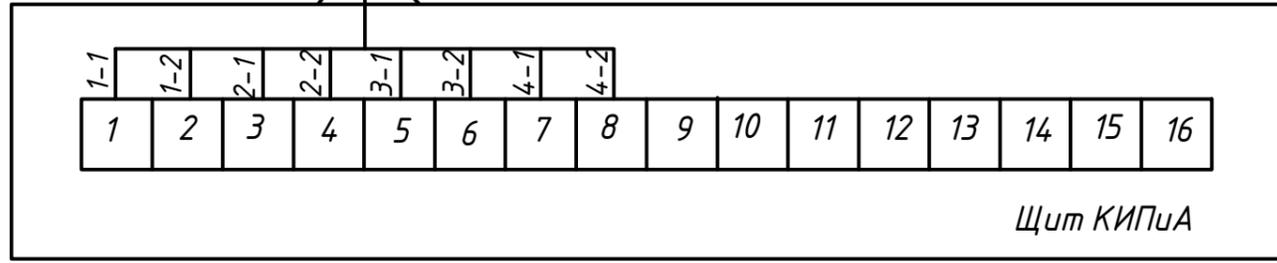
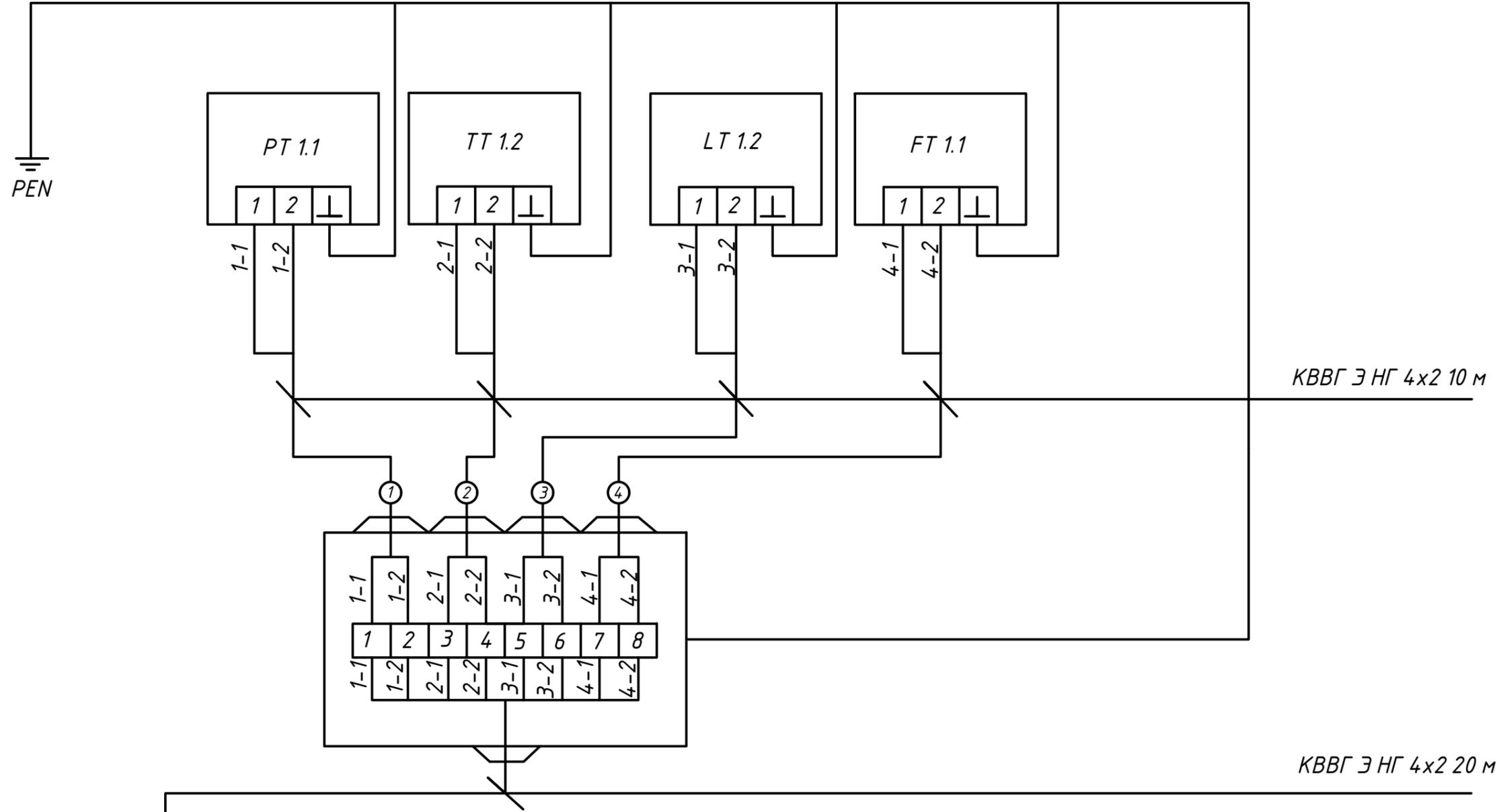
Лит	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т92

Приложение Б.1
(обязательное)
Схема общих проводок (начало)

ФЮРА.440000.011

Наименование параметра	НТС			
Наименование и место отбора импульса	Давление в системе стояк-подогреватель	Температура сырьевого газа на выходе	Уровень конденсата в стояке	Расход пара низкого давления
Позиция	РТ 1.1	ТТ 1.2	ЛТ 1.2	ФТ 1.1



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

ФЮРА.440000.011

Приложение Б (начало)
Схема внешних проводов

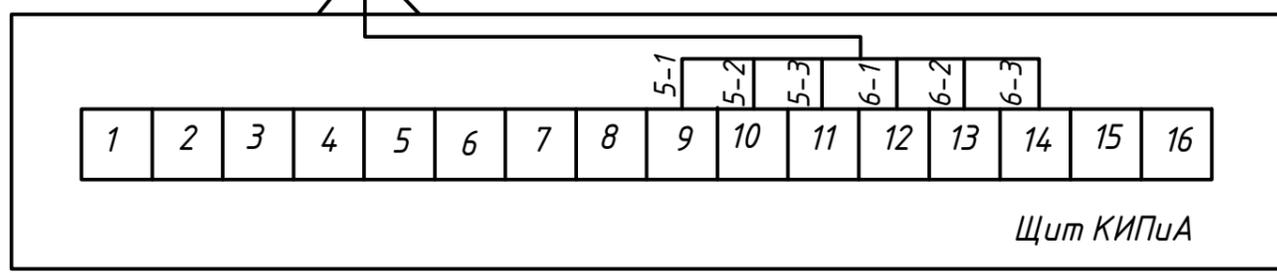
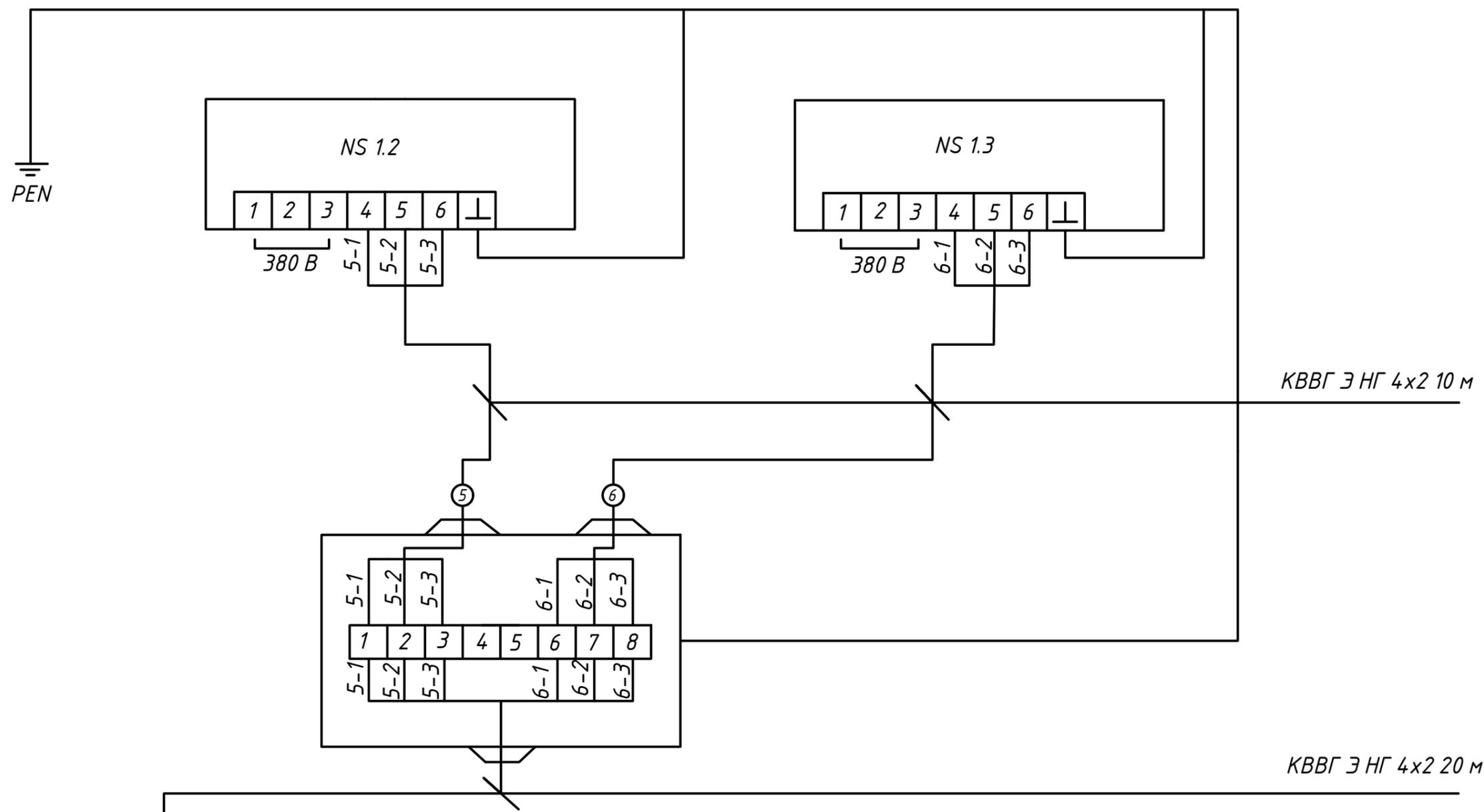
Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 2	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		

Перв. примен.
Справ. №
А
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Приложение Б.2
(обязательное)
Схема внешних проводок (продолжение)

ФЮРА.440000.011

Наименование параметра	НТС		
Наименование и место отбора импульса	Положение клапана подачи пара НД	Положение клапана отвода конденсата	
Позиция	NS 1.2	NS 1.3	



ФЮРА.440000.011						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Мамонтов И.С.					
Пров.	Громаков Е.И.					
Т. контр.						
Нач.отд.						
Н. контр.						
Утв.						
Приложение Б (продолжение) Схема внешних проводок				Лит.	Масса	Масштаб
				У		
				Лист 2	Листов 2	
				ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		

Перв. примен.
Справ. №
А
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Приложение В
(обязательное)
Схема информационных потоков

ФЮРА.440000.011

Перв. примен.

Справ. №

Операторская станция

Информация с объекта

Запросы и команды

Программируемые логические контроллеры

Информация с датчиков

Чтение/установка входов/выходов

Датчики и исполнительные механизмы

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.440000.011

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

Приложение В
Схема информационных потоков

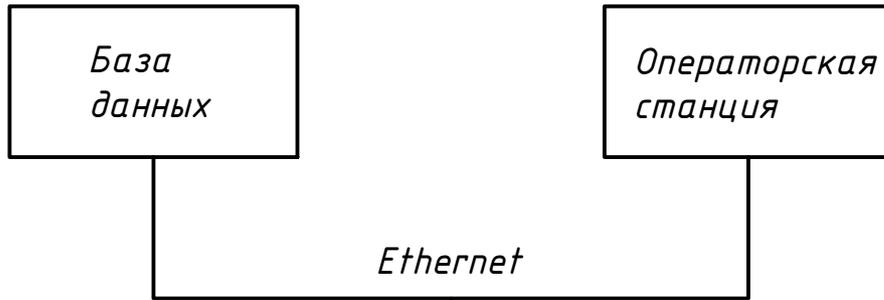
Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 1	

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т92

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

ФЮРА.440000.011

Верхний уровень
(информационно-вычислительный)



Средний уровень
(контроллерный)



4-20 мА

4-20 мА



Нижний
уровень
(полевой)

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

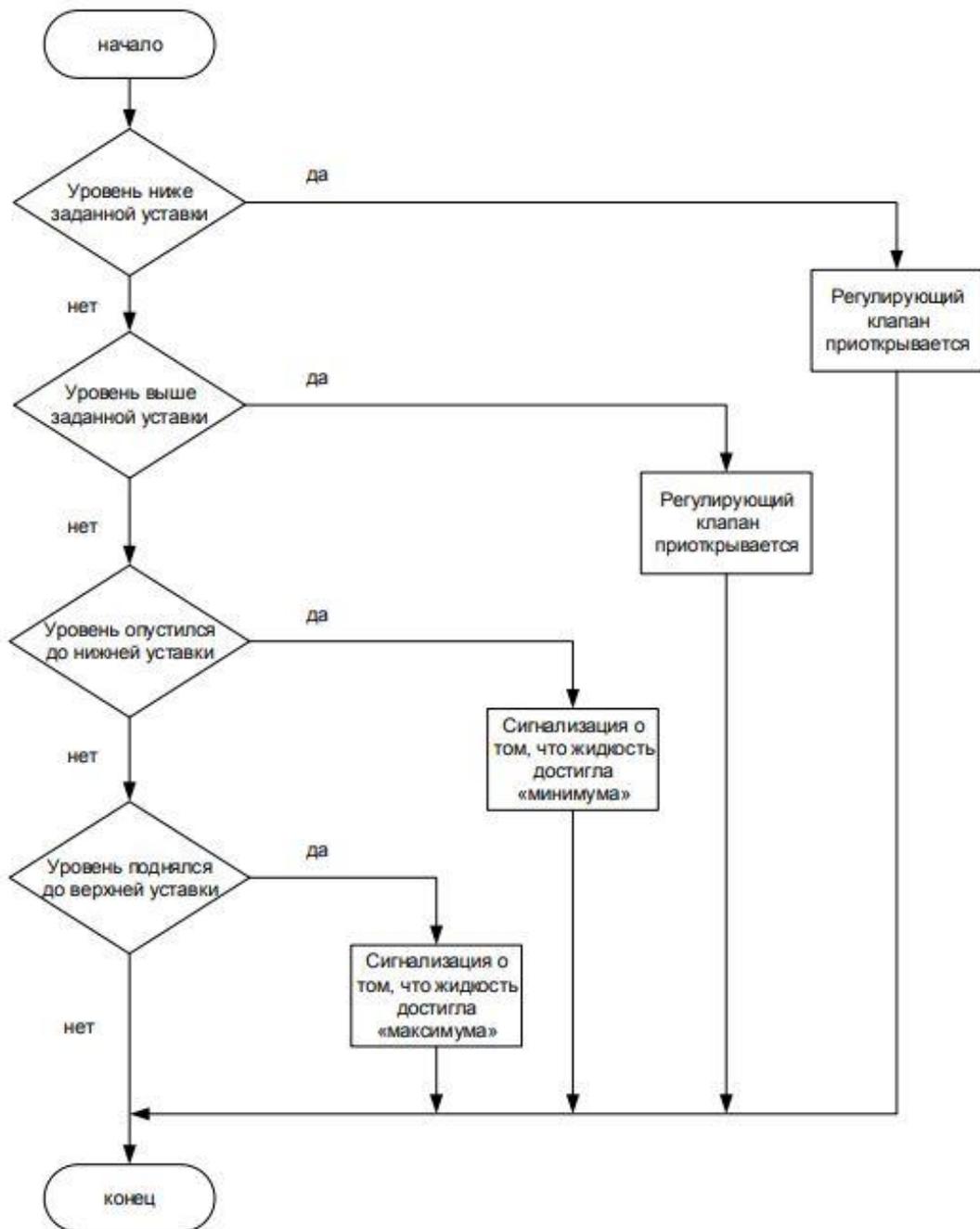
ФЮРА.440000.011

Приложение Г
Структурная
схема
автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 1	Листов 1	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		

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

Приложение Д
(обязательное)
Алгоритм поддержания уровня жидкости



**Приложение Е
(обязательное)
Главный экран мнемосхемы**

