

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация системы управления путевым подогревателем нефти на Урманском месторождении

УДК 004.896:681.586:622.276.8-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Попов Андрей Федорович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью

Код компетенции	Наименование компетенции
	Профессиональные компетенции
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими 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

Код компетенции	Наименование компетенции
	средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления

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

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Воронин А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т71	Попов Андрей Федорович

Тема работы:

Модернизация системы управления путевым подогревателем нефти на Урманском месторождении	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№47-8/с от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: Путевой подогреватель нефти на Урманском месторождении. Цель работы: Модернизация системы управления путем замены старого оборудования на современное. Режим работы: Непрерывный.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования,</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание технологического процесса. 2. Модернизация существующих решений. 3. Разработка структурной схемы автоматизированной системы. 4. Разработка функциональной схемы автоматизации. 5. Выбор средств автоматизации.

<i>конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	6. Разработка схем соединения внешних проводок. 7. Разработка алгоритмов управления. 8. Разработка экранных форм.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Структурная схема автоматизированной системы. 2. Функциональная схема автоматизации. 3. Схема соединений внешних проводок. 4. Блок-схемы алгоритмов управления. 5. Экранные формы. 6. Перечень входных/выходных сигналов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Попов Андрей Федорович		

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

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Принять по действительным ценам
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка НДС – 20 % Ставка социального налога – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Расчет инновационного потенциала НИИ</i>	– SWOT-анализ; – оценка научного уровня исследования.
2. <i>Расчет сметы затрат на выполнение проекта</i>	– расчет материальных затрат; – расчет основной и дополнительной заработной платы; – расчет отчислений во внебюджетные фонды; – расчет бюджета проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT. 2. Диаграмма Ганта.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т71	Попов Андрей Федорович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		Попов Андрей Федорович	
3-8Т71			
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Модернизация системы управления путевым подогревателем нефти на Урманском месторождении	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования:</i> путевой подогреватель нефти <i>Область применения:</i> месторождение нефти и газа <i>Рабочая зона:</i> полевые условия, производственное помещение <i>Размеры помещения:</i> 10*20 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> путевой подогреватель, блок автоматизации. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров путевого подогревателя.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации N 197-ФЗ. (ред. от 09.03.2021). СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». ГОСТ 21889-76 Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p>

	<p>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы».</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.</p> <p>ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты».</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации: Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрический ток (источником является ПК, пульт управления); 2. Повышенная загазованность. <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Электромагнитное излучение; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, перчатки, противогаз, наушники, беруши, защитные очки, защитные ограждения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: шум, вибрация, выбросы опасных веществ.</p> <p>Воздействие на литосферу, гидросферу: происходит в результате аварий с разливом нефти, неправильной утилизации электронных компонентов и люминесцентных ламп.</p> <p>Воздействие на атмосферу: происходит в результате выбросов химических реагентов, связанных с технологическим процессом.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, взрыв.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Попов Андрей Федорович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 91 страницы, 27 использованных источников, 17 рисунков, 26 таблиц, 4 приложения.

Ключевые слова: модернизация системы управления, путевой подогреватель нефти, нефть, датчики электронные, программируемый логический контроллер.

Объект данного исследования – путевой подогреватель нефти.

Цель работы – модернизация системы управления путевым подогревателем нефти Урманского месторождения. Модернизация АСУТП была необходима, так как у оборудования, которое находилось на путевом подогревателе, истек срок эксплуатации и было принято решение заменить на современное. В средствах реализации должен присутствовать протокол HART, для настройки шкалы измерения и наладки оборудования в полевых условиях.

В выпускной квалификационной работе были разработаны: функциональная схема автоматизации, схема внешних проводок, список оборудования, таблица входных/выходных сигналов.

Работа была выполнена в текстовом процессоре Word 2007, в системе автоматизированного проектирования САПР AutoCAD 2007, математического пакета MathCAD.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими обозначениями и сокращениями:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

HART (Highway Addressable Remote Transducer) - магистральный адресуемый удалённый преобразователь;

ПП – путевой подогреватель нефти;

АС – автоматизированная система;

IP – степень защиты;

ПО – программное обеспечение;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ФСА – функциональная схемам автоматизации;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

OPC (Object Protocol Control) – связывание и внедрение данных для управления технологическим процессом;

ПИД – пропорционально – интегрально – дифференцирующий регулятор;

КИС – корпоративная информационная система;

ЛСУ – локальная система управления.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС) – Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса;

интерфейс (RS – 232, RS – 422, RS – 485, CAN) – Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой;

мнемосхема – представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ;

интерфейс оператора – совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой;

протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet) – набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами;

технологический процесс (ТП) – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов);

архитектура АС – набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС;

SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) – инструментальная программа

для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных;

ОРС-сервер – программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC;

программируемый логический контроллер (ПЛК) – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов;

автоматизированное рабочее место (АРМ) – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида;

пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор – устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	18
1 Требования к разрабатываемой системе.....	19
1.1 Основные цели и задачи АСУ ТП	19
1.2 Назначение системы путевого подогревателя нефти.....	19
1.3 Требования к техническому обеспечению	19
1.4 Требования к метрологическому обеспечению	20
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению	21
2 Основная часть	22
2.1 Описание технологического процесса	22
2.2 Выбор архитектуры АС	23
2.3 Разработка структурной схемы АС	25
2.4 Функциональная схема автоматизации	27
2.5 Схема информационных потоков.....	28
2.6 Выбор средств реализации.....	32
2.6.1 Выбор контроллерного оборудования	32
2.6.2 Выбор датчика давления	34
2.6.3 Выбор датчика температуры.....	36
2.6.4 Выбор сигнализатора уровня.....	37
2.6.5 Выбор вычислителя расхода	38
2.6.6 Выбор датчика контроля пламени.....	40
2.7 Выбор исполнительных механизмов	41
2.8 Разработка схемы внешних проводок.....	44
2.9 Разработка алгоритмов управления АС.....	45
2.9.1 Алгоритм сбора данных измерения	45
2.9.2 Алгоритм автоматического управления технологическим параметром	46
2.10 Разработка программного обеспечения для ПЛК.....	50
2.11 Экранные формы АС	50
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	54
3.1 Технология QuaD	54

3.2 SWOT-анализ.....	55
3.4 Определение трудоемкости выполнения работ	59
3.7 Расчет затрат на специальное оборудование	64
3.8 Основная заработная плата исполнителей темы	65
3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	67
3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	68
3.11 Накладные расходы.....	69
3.12 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	70
4. Социальная ответственность	72
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	72
4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	
4.2 Производственная безопасность.....	74
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	75
4.2.1.1 Повышенный уровень шума на рабочем месте	75
4.2.1.2 Электромагнитные и ионизирующие излучения	76
4.2.1.3 Недостаточное освещенность рабочего места	77
4.2.1.4 Электробезопасность	78
4.2.1.5 Повышенная загазованность воздуха	79
4.3 Экологическая безопасность.....	80
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	81
4.4.1 Перечень возможных чрезвычайных ситуаций	81
4.4.2 Пожарная безопасность	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	85
Приложение А	88
Приложение Б	89
Приложение В.....	90
Приложение Г	91

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы важность автоматизации в обрабатывающих производствах резко возросла. В странах с развитой промышленностью автоматизация процессов позволяет повысить качество продукции, освоить весь ассортимент продукции, повысить безопасность процессов и эксплуатационную готовность оборудования, эффективно использовать ресурсы и снизить выбросы. В быстро развивающихся странах массовое производство является основной мотивацией для применения автоматизации процессов. Особое распространение автоматизированные процессы в настоящее время получили в энергетической, нефтегазовой сфере и в химической промышленности [1].

Важность технологий автоматизации продолжает возрастать в обрабатывающих производствах. Традиционные барьеры между информационными, коммуникационными и автоматизированными технологиями в оперативном контексте постепенно исчезают. Новейшие технологии, включая беспроводные сети, системы полевых шин и системы управления активами, повышают эффективность технологических систем.

Автоматизированная система управления (АСУ) – это применение теорий управления для регулирования процессов без непосредственного участия человека, которое используется в различных системах управления рабочим оборудованием, таким как станки, процессы на производстве. АСУТП поддерживает и улучшает функционирование контролируемого объекта с помощью запуска, остановки, мониторинга, настройки и т.д. Преимуществом функции АСУ является экономия рабочей силы, материалов и повышение качества, точности технологического процесса [2].

1 Требования к разрабатываемой системе

1.1 Основные цели и задачи АСУ ТП

Путевой подогреватель нефти (ПП – 1,6) используется для подогрева углеводородного сырья и продуктов в процессе их транспортировки по трубопроводному транспорту.

АСУ ТП выполняет такие функции как:

- анализ состояния технологического процесса, обнаружение и предотвращение аварий;
- стабилизация установленных режимов путем измерения и обработки технологических параметров.

Целями модернизации АСУ ТП являются:

- обеспечение стабильной работы;
- замена устаревшего оборудования на современное;
- удобство и оперативность наладки оборудования;
- автоматическая диагностика оборудования АСУ ТП [2].

1.2 Назначение системы путевого подогревателя нефти

В данной работе системы ПП – 1.6 применены в целях модернизации.

АСУ ТП обеспечивает:

- ведение постоянного контроля и управления работы печи;
- обеспечение бесперебойной работы оборудования;
- повышение эффективности технологических процессов печи;
- обслуживание оборудования КИП и А по HART протоколу.

1.3 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, используемое на открытой площадке, должно выдерживать высокие и низкие температуры в зависимости от места

размещения - от минус 50 до 50 °С. Также требуется соблюдение определенной влажности (не меньше 70 % при 30 °С).

Что касается внешних частей под напряжением, стоит отметить, что нельзя допускать случайных к ним прикосновений. Оборудованию необходимо заземление [2].

Требования для датчиков следующие: наличие тока (4-20) мА и HART протокола с целью осуществления контроля технологических параметров.

Кроме перечисленных требований, следует отметить, что датчики не должны подвергаться риску взрыва. Применяются устройства, имеющие искробезопасные цепи. При производстве датчиков, контактирующих с агрессивной средой (например, с сероводородсодержащей), необходимо использовать материалы с минимальным риском коррозии. Можно задействовать разделители сред с целью обеспечения безопасности. Не меньше IP56 должна составлять степень защиты технических средств от воздействия таких негативных факторов, как пыль и влага. С помощью показателей мирового уровня нужно проводить отбор датчиков, используемых в промышленности. Следует ориентироваться на критерии:

- 1) срок эксплуатации не меньше десяти лет;
- 2) технический параметр «время наработки на отказ» должен быть не меньше 100 000 час.

Нужна модульная архитектура контроллеров. Благодаря ей, возможно свободное расположение каналов ввода и вывода. Не запрещено применять модули, имеющие искробезопасные входные цепи, а также внешние барьеры с целью ввода сигналов с датчиков в условиях взрывоопасной обстановки.

1.4 Требования к метрологическому обеспечению

Необходимо, чтобы с допустимой точностью измерительные каналы (ИК) системы отражали итоги измерения. Под допустимыми метрологическими характеристиками понимается предел допускаемой

погрешности измерительных каналов системы в условиях отсутствия препятствий к реализации функций оборудования [2].

Метрологическое обеспечение осуществляется для качественного использования оборудования и результатов измерения, что позволяет:

- эффективно вести технологический процесс;
- исключить риск принятия неверных решений при эксплуатации оборудования;
- контролировать безопасность персонала и окружающей среды.

Пределы допускаемой погрешности датчиков давления $\pm 1,6$ %. Пределы допускаемой погрешности датчиков температуры $\pm 1,6$ %. Пределы допускаемой погрешности датчиков уровня $\pm 1,1$ %. Пределы допускаемой погрешности датчиков расхода ± 2 %.

1.5 Требования к программному и информационному обеспечению

Программное обеспечение должно быть построено на универсальных и технологических языках, соответствующих стандарту IEC 61131-3.

Программное обеспечение состоит из системного, инструментального, базового и специального прикладного обеспечения.

Базовое должно включать в себя следующие функции:

- опрос;
- измерение;
- визуализацию;
- сигнализацию;
- регистрацию.

Специальное обеспечение призвано осуществлять нестандартные функции:

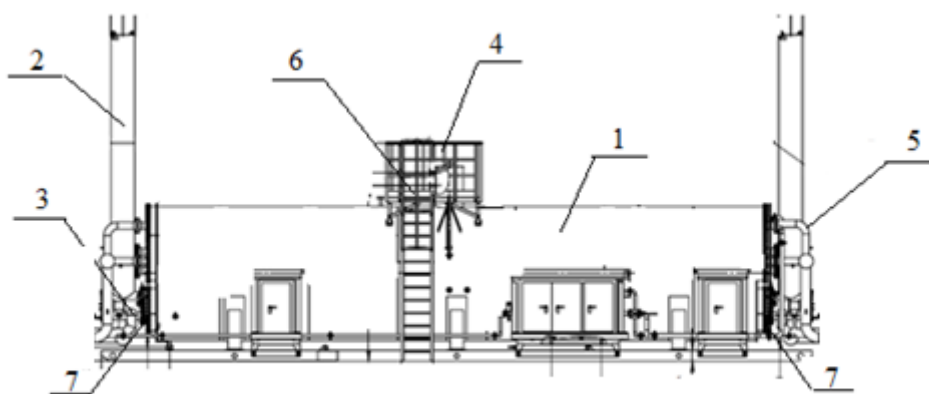
- специальные алгоритмы управления;
- расчеты.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Путевой подогреватель используется для подогрева углеводородного сырья и продуктов в процессе их транспортировки.

Путевой подогреватель нефти ПП (путевой подогреватель нефти) представляет собой специальное оборудование в виде сосуда, используемое в нефтегазовой сфере, схема ПП представлена на рисунке 1 [3].



1 – корпус; 2 – труба дымовая; 3 – горелка; 4 – площадка; 5 – змеевик; 6 – расширительный бачок; 7 – продувка

Рисунок 1 – Принципиальная схема путевого подогревателя:

Принцип работы ПП заключается в следующем:

- в начале топливо поступает в газовую горелку, а затем в П – образную топку, диаметр которой составляет 630 мм, где нагревает промежуточный теплоноситель;
- нагреваемая нефтяная эмульсия поступает в змеевик, змеевик в свою очередь нагревается от теплоносителя, который занимает весь сосуд, и затем нефтяная эмульсия выходит из емкости в трубопровод;
- отработанные и охлажденные газы из подогревателя выводятся через дымовые трубы [3].

2.2 Выбор архитектуры АС

Прежде всего необходимо дать определение понятия «профиль» в привязке к разработке архитектуры пользовательского интерфейса проекта автоматизированной системы, потому что указанная категория является неотъемлемой частью [2].

В качестве главных целей использования профилей выделяют следующие:

- масштабируемость автоматизированной системы по набору прикладных функций;
- возможность объединения задач АС;
- усовершенствование исправности АС;
- минимизация трудоемкости проектов АС.

Все вышеперечисленное реализуется за счет применения открытых систем. Чтобы задействовать такие системы, нужно использовать определенные стандарты. В качестве главных иерархий взаимосвязанных протоколов для обработки и передачи данных применительно к автоматизированным системам нужно выделить следующие профили:

- среды автоматизированной системы;
- прикладного ПО;
- инструментальных средств в АС;
- защиты информации в автоматизированной системе.

Windows 7 станет основой профиля среды автоматизированной системы. Профиль ПО АС представлен SCADA Trace Mode. Это открытая распределенная система, имеющая архитектуру клиент-сервер. Раскрывая третий пункт в приведенной выше классификации профилей, необходимо отметить, что среда OpenPCS сыграет роль основы профиля инструментальных средств в автоматизированной системе. Что касается последнего пункта, профиль защиты информации содержит стандартные средства защиты Windows. Необходимо использовать модель Open System

Environment/Reference Model, чтобы понять, какое место занимают и какое значение имеют базовые стандарты в профиле [2]. Рисунок 2 помогает понять схему концептуальной модели OSE/RM.

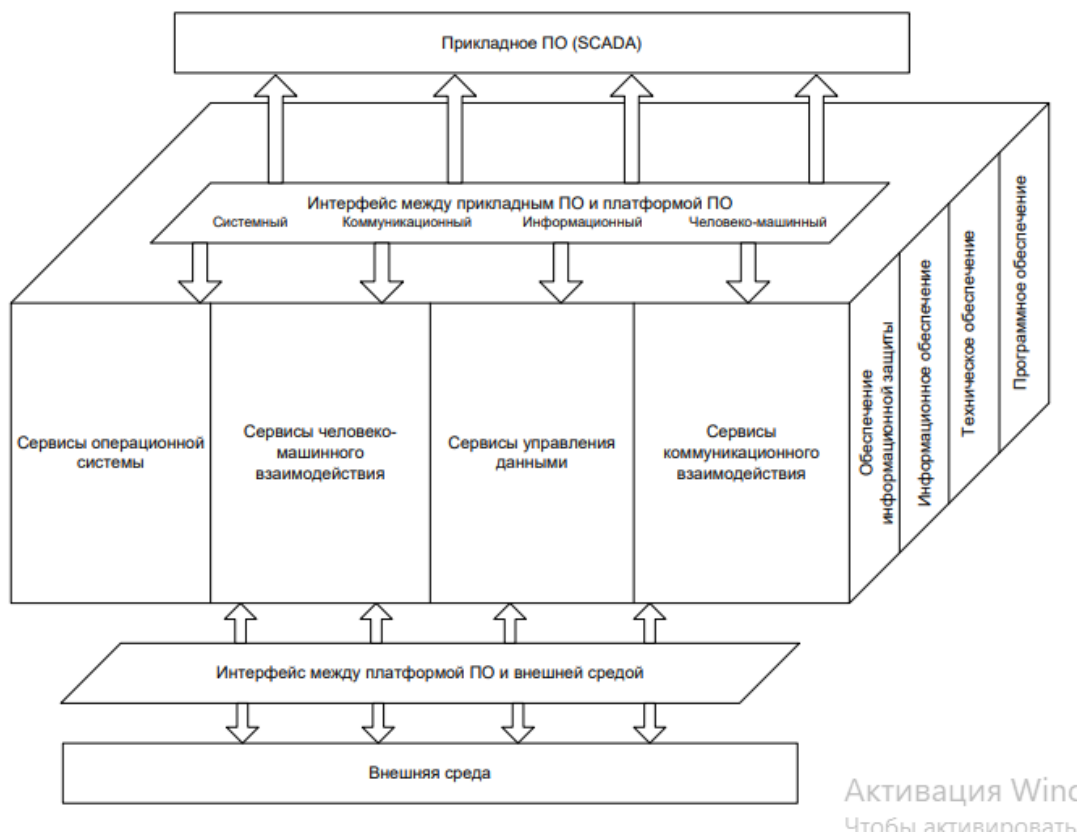


Рисунок 2 – Концептуальная архитектурная модель OSE/RM

Таким образом, из представленного выше рисунка, видно, что концептуальная модель OSE/RM предусматривает разбиение ПО на 3 уровня:

- полевой уровень;
- платформа сервисов;
- прикладное ПО (SCADA – системы, СУБД и HMI).

Особую актуальность в настоящее время приобрели открытые программы – распределение АС с архитектурой клиент-сервер. Взаимодействие пользователей с сервером осуществляется по стандарту 28 OPC. Основной принцип данного стандарта заключается в предоставлении разработчикам универсального интерфейса [4].

2.3 Разработка структурной схемы АС

Управление направлено на печь, подогревающую сырую нефть. Осуществим разработку АСУ, исходя из ТЗ. Итак, всякий параметр системы, который измеряется и управляется, отправляется в SCADA – систему. Благодаря ей происходит автоматическое дистанционное наблюдение и управление функциями целого комплекса распределенных устройств, при котором вырабатываются дискретные управляющие воздействия. В трубопроводах измеряются такие же параметры, как и в печи, кроме уровня, но вместе с расходом, то есть температура, расход и давление. Клапаны с электроприводами и задвижки играют роль исполнительных устройств.

Рассмотрим трехуровневую архитектуру автоматизированной системы. Управление технологическим процессом осуществляется на всех трех уровнях. Системы управления имеют определенные отличительные черты.

Нижний уровень (полевой). В него входят следующие элементы: первичные датчики, собирающие сведения о технологическом процессе; приводы; исполнительные устройства; нормирующие преобразователи; клеммники; кабельные соединения.

Средний уровень (контроллерный). В качестве составляющих следует назвать контроллеры и иные устройства различных видов преобразования (импульсного, аналого-цифрового и пр.); устройства, используемые с целью сопряжения с полевым уровнем. Стоит отметить, что некоторые контроллеры порой соединены с другими контроллерами контроллерными сетями, созданными на базе RS – 485м вместе с OPC и SCADA-системами.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) включает: компьютеры, гибкий цифровой кабель из меди либо оптоволокна. Набор соглашений интерфейса уровня, определяющий обмен данными, – для удаленного доступа TCP/IP [2].

Обмен данными происходит следующим образом: датчики с полевого уровня передают информацию контроллерному. Контроллеры (PLC) могут, например:

- обмениваться данными с пунктами управления;
- реализовать анализ функционирования ПО и состояния контроллера;
- исполнить команды с пункта управления;
- осуществить автоматическое регулирование и управление, базирующееся на истинности и ложности различных предпосылок.
- собрать информацию, обеспечить ее первичную обработку и сохранить (имеется ввиду информация, позволяющая судить о состоянии оборудования и характеристиках совокупности действий от появления исходных данных до получения результата).

На рисунке 3 изображена разработанная трехуровневая архитектура автоматизированной системы.

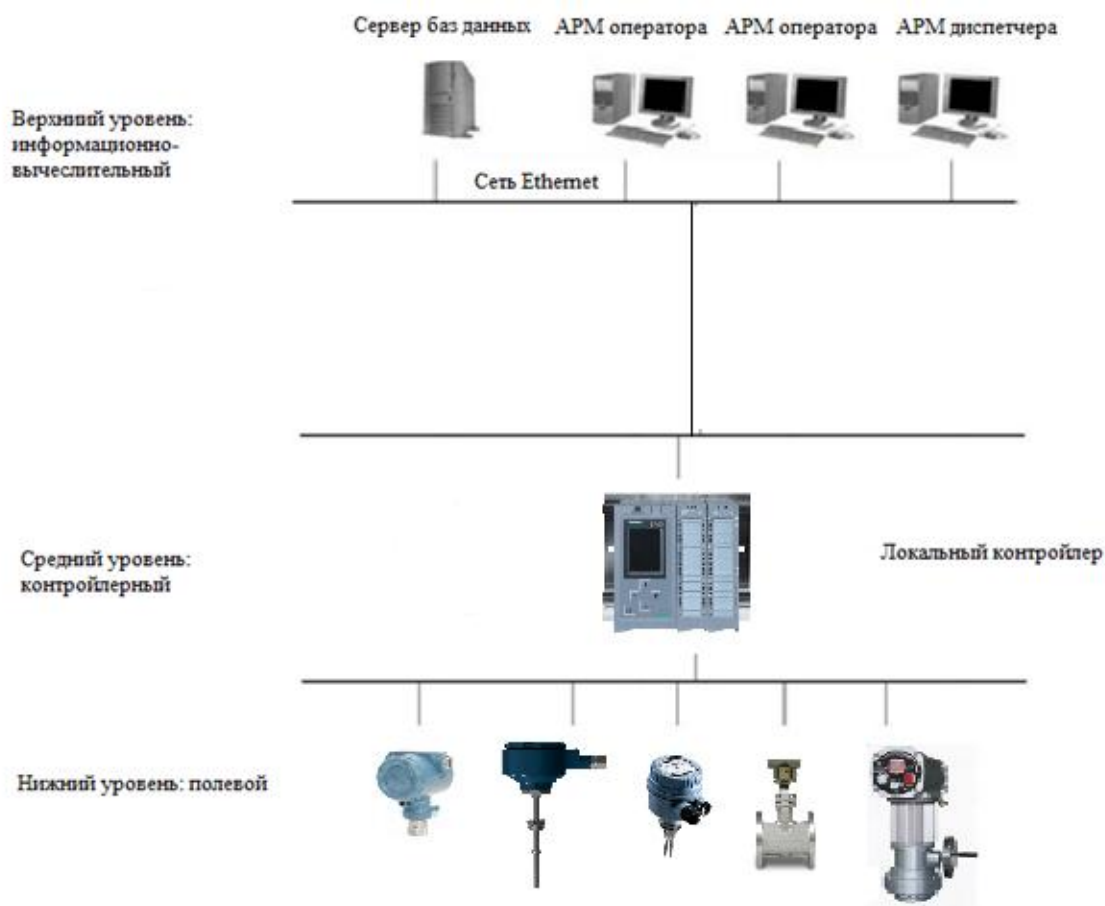


Рисунок 3 – Структурная схема АС

2.4 Функциональная схема автоматизации

Чтобы отобразить главные технические решения, которые принимаются в процессе разработки автоматизированных систем ТП, используется функциональная схема автоматизации (ФСА). Ее управление направлено на комплекс оборудования (как основного, так и вспомогательного) и встроенные органы (регулирующие и запорные).

ФСА — документ, используемый в процессе разработки промышленного объекта и предназначенный для выявления алгоритма выполнения программы, описанного в виде схемы, применительно к конкретным узлам автоматического контроля, управления и регулирования комплекса действий от появления исходных данных до получения результата и оснащения того, на что направлено управление средствами автоматизации.

Различные системы (автоматического регулирования; контроля; сигнализации; дистанционного управления; блокировок; защиты) входят в ФСА.

Через специфические изображения на ФСА отражаются системы управления. Линии функциональной связи соединяют данные системы. ФСА служит инструментом упрощенного изображения технологической схемы автоматизации [2].

ФСА печи подогрева сырой нефти отвечает требованиям ГОСТ 21.208–2013 [5]. Данная схема содержится в приложении А.

2.5 Схема информационных потоков

Схема информационных потоков (рисунок 4) состоит из 3-х уровней [2]:

- нижний уровень (сбор и обработка данных);
- средний уровень (хранение данных);
- верхний уровень (архивирование и КИС хранение).

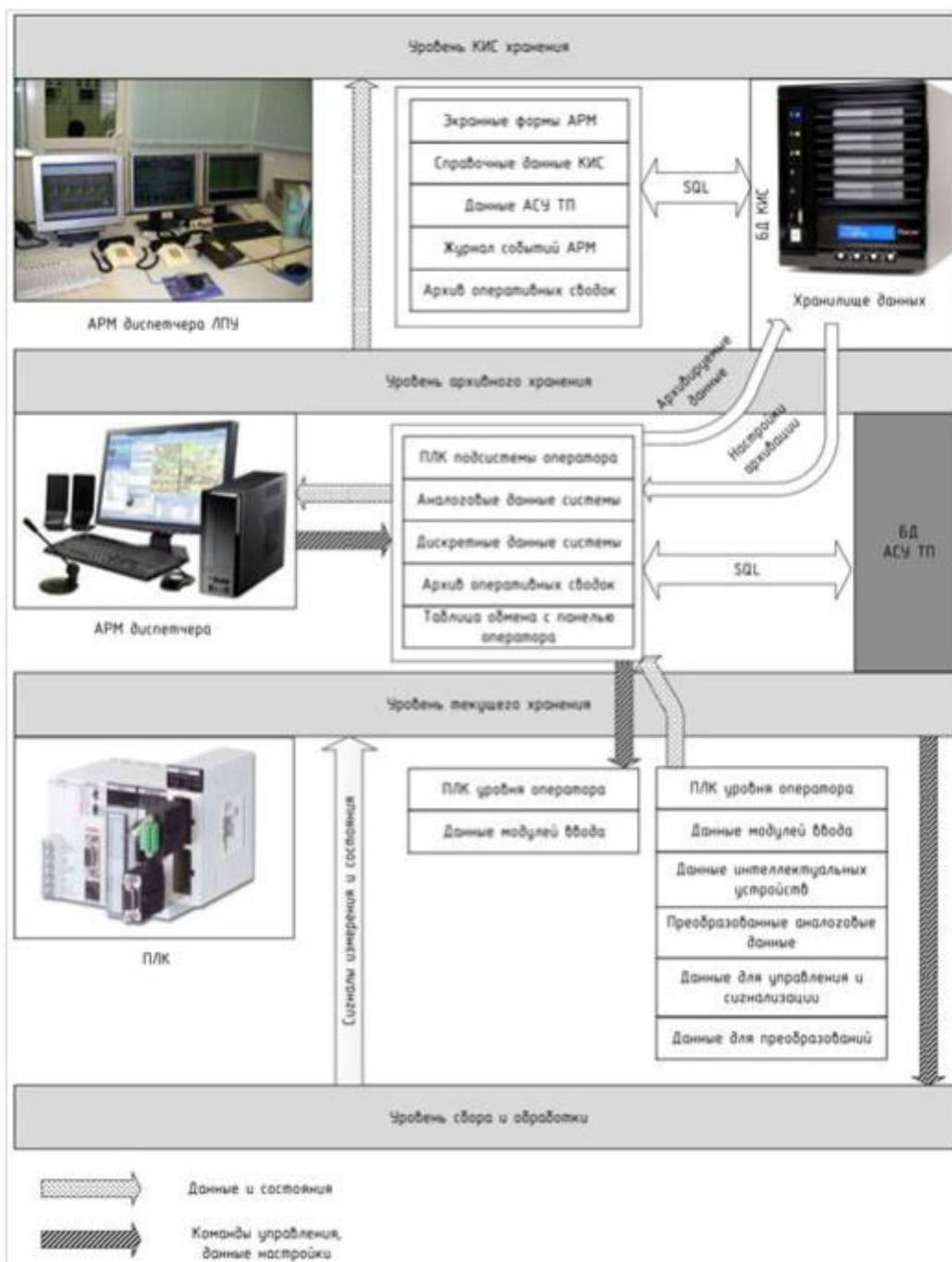


Рисунок 4 – Схема информационных потоков

У нижнего уровня имеются данные устройств ввода и вывода.

В качестве буферной БД используется средний уровень. Указанная база отправляет сведения от автоматических и телемеханических систем к экранным формам с графическим элементом АРМ – приложений. Программируемый логический контроллер, получив сведения, создает

пакетные потоки информации. Сигналы перемещаются между контроллерами с помощью интернет – сети [2].

Параметры, передаваемые в локальную сеть следующие:

- температура нефти на входе в печь подогрева, °С;
- температура нефти на выходе из печи подогрева, °С;
- давление нефти на входе в печь подогрева, МПа;
- давление нефти на выходе из печи подогрева, МПа;
- расход нефти на входе в печь подогрева, м³/ч;
- температура дымовых газов, °С;
- температура теплоносителя, °С;
- давление газа в коллекторе, МПа;
- давление воздуха в коллекторе, МПа;
- температура воздуха в коллекторе, °С;
- высокий уровень теплоносителя;
- низкий уровень теплоносителя;
- управление исполнительными механизмами.

Каждый элемент контроля имеет свой идентификатор (ТЕГ).

Структура шифра представлена следующим образом:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где AAA – параметр, 3 символа. Значения могут быть следующими:

- TEM – температура;
- PRS – давление;
- LVL – уровень;
- FLW – расход;
- REG – регулирование;
- STS - состояние.

BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- PPI – входной трубопровод;
- PPO – выходной трубопровод;

- FGS – отвод дымовых газов;
 - CLT – теплоноситель;
 - GCR – газ в коллекторе;
 - ACR – воздух в коллекторе;
 - LT – задвижка с электроприводом;
 - KL – клапан с электроприводом;
 - KLP – клапан отсекающий;
 - CCCC – уточнение, не более 4 символов:
 - OPN - открыть;
 - CLS - закрыть;
 - OPND – процент открытия;
 - STRT – пуск;
 - STP – стоп;
 - ALRM – авария;
 - POPN – открывается;
 - PCLS – закрывается;
 - REMT – дистанционный режим;
 - WORK – в работе;
 - H – верхнее предельное значение;
 - L – нижнее предельное значение;
 - HH - аварийное верхнее значение;
 - LL – аварийное нижнее значение;
- DDDDD – примечание, не более 5 символов:
- BRNR1– горелка 1;
 - BRNR2 – горелка 2;
 - GASLN – линия подачи газа.

Перечень сигналов АСУТП приведен в Приложении В.

2.6 Выбор средств реализации

В качестве задачи выбора средств осуществления проекта автоматизированной системы (имеются в виду программно-технические средства) можно выделить:

- анализ вариантов,
- выбор компонентов системы.

Управление реализуется, исходя из заданной системы действий.

Контроллерное оборудование вычисляет и осуществляет логические операции.

Решение о применении тех или иных приборов и датчиков принималось, исходя из требования к защите от взрывов в процессе эксплуатации. Степень защиты — «взрывонепроницаемая оболочка» или «искробезопасная электрическая цепь». Последняя обеспечивается тем же видом защиты входных блоков контроллера от взрывов [2].

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

Для автоматизации путевого подогревателя были рассмотрены следующие варианты ПЛК: DirectLogic205 компании Koyo, Siemens S7-1500 компании Siemens, Modicon M238 компании Schneider Electric и ПЛК 150 компании ОВЕН. В таблице 1 отображены сравнительные характеристики.

Таблица 1 – Технические характеристики контроллеров

Характеристики	DirectLogic2 05	Siemens S7- 1500	Modicon M238	ОВЕН ПЛК150
Количество точек	256	256	256	16
Подключение дополнительных модулей	До 8192	До 2048	До 2048	До 512
Интерфейсы связи	RS232/RS485 /Ethernet	RS-232/ Ethernet/RS-485	RS232/RS485 /Ethernet	RS232/RS 485 /Ethernet
Протоколы связи	IEC/MODBUS S/U-NET	MODBUS/TCP- IP/PROFIBUS DP	MODBUS/IEC /TREINET/SNTP	MODBUS
Поддержка функций ПИД регулирования	да	да	да	да
Резервное питание	нет	нет	да	нет
Язык программирования	RLL, RLLplus	FBD, LD, ST	FBD, LD, CFC, ST	FBD, LD, ST
Время наработки на отказ	100 000 часов	140 000 часов	90 000 часов	50 000 часов
Стоимость (рубли)	110 000	146 480	339 000	78 000

В системе ЛСУ будем использовать ПЛК Siemens S7-1500 (рисунок 5)



Рисунок 5 – Siemens S7-1500

Стоит отметить, что Siemens S7-1500 является новинкой среди контроллеров Siemens. В числе его преимуществ очень хорошие характеристики, совокупность функций и оперативность действий. У данной модели контроллеров небольшой временной промежуток, отведенный на реакции на внешние действия, и хорошая производительность. S7-1500 под силу решить задачи как среднего, так и высокого уровня сложности.

Положительной характеристикой указанных контроллеров является модульность, удобная конструкция. За счет этого S7-1500 приспособливается к заданным требованиям, чтобы решить задачу. Вместе с тем у контроллеров Siemens S7-1500 есть естественное охлаждение. Их возможности увеличиваются, когда происходит модернизация системы. Еще большая защищенность обеспечивается благодаря высокой степени защиты программы и информации.

Подключения к существующей сети связи реализуется через центральный процессор контроллера S7 – 1500 [6].

2.6.2 Выбор датчика давления

Выбор оборудования для измерения давления: Метран – 75, Овен ПД – 200, YOKOGAWA EJX – 530A. Характеристики датчиков давления отображены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики оборудования измерения давления

Параметры	Метран – 75	Овен ПД – 200	EJX – 530A
Среда измерения	жидкость любой консистенции, газ, пар	воздух, газ, пар, жидкость	жидкость любой консистенции, газ, пар
Температура среды	минус 40...85 °С	минус 40...70 °С	минус 40...85 °С
Температура измеряемой среды	минус 40...121 °С	минус 40...100 °С	минус 40...110 °С
Погрешность измерений	±0,1 %	±0,3 %	±0,1 %
Диапазон измеряемых величин	(0 – 1000) кПа	(0,00057 – 1000) кПа	(0 – 5000) кПа
Выходные сигналы	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА, HART протокол
Цена в рублях	35000	37300	86321

Исходя из характеристик, цены, качества данного оборудования, наиболее подходящим считается Метран – 75, внешний вид которого представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Метран 75

Датчик давления Метран 75 предназначен для постоянного преобразования токового выходного сигнала или сигнала на базе HART – протокола выходных измерительных величин (избыточное, абсолютное давление).

Датчик может использоваться как во взрывобезопасных, так и взрывоопасных условиях.

Взрывозащищенные датчики имеют исполнения: «взрывонепроницаемая оболочка» (Exd); «искробезопасная электрическая цепь» (Exia); взрывонепроницаемая оболочка «искробезопасная электрическая цепь» (Exd и Exia) [7].

2.6.3 Выбор датчика температуры

Выбор оборудования для измерения температуры: ОВЕН ДТСхх5Е, Smart Technology WNK6T, Rosemount 648. Характеристика датчиков давления отображены в таблице 3

Таблица 3 – Характеристики оборудования измерения давления

Параметры	ОВЕН ДТСхх5Е	Smart Technology WNK6T	Rosemount 648
Среда измерения	жидкость любой консистенции	жидкость любой консистенции	жидкость любой консистенции
Температура окружающей среды	минус 40...85 °С	минус 40...70 °С	минус 40...+70 °С
Температура измеряемой среды	минус 50...+150 °С	минус 40...+100 °С	минус 40...+150 °С
Основная погрешность измерений	±0,25 %	±0,3 %	± 0,29 %
Выходные сигналы	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА, HART протокол
Цена в рублях	16 000	24 000	86 321

Датчик ОВЕН ДТСхх5Е (рисунок 7) считается наиболее подходящей моделью как по цене, так и по погрешности измерения. Фирма ОВЕН является Российским производителем данного оборудования, а это хороший способ поддержать отечественного производителя.

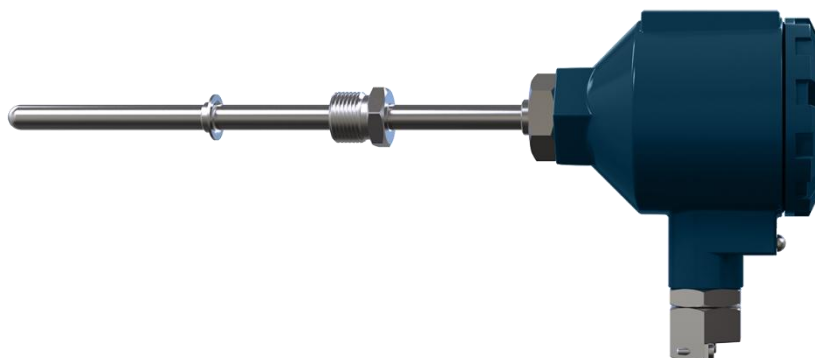


Рисунок 7 – ОВЕН ДТСхх5Е

Термометр сопротивления с выходным сигналом в (4...20) мА ДТСхх5Е имеет искробезопасную взрывозащиту и предназначен для установки во взрывоопасных помещениях и наружных участках согласно главе 7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, где применяют электрооборудования во взрывоопасных условиях [8].

Область применения ДТСхх5Е:

- системы контроля;
- автоматического регулирования и учета;
- жилищно-коммунальном хозяйстве;
- нефтегазовая отрасль.

2.6.4 Выбор сигнализатора уровня

Выбор оборудования для измерения предельного уровня: Rosemount 2120, ДПУ – 10, РИЗУР – 900. Характеристика датчиков предельного уровня приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики оборудования измерения предельного уровня

Параметры	Rosemount 2120	ДПУ – 10	РИЗУР – 900
Среда измерения	жидкость, нефть	жидкость, нефть	жидкость, нефть
Температура окружающей среды	минус 40...85 °С	минус 40...70 °С	минус 40...70 °С
Температура измеряемой среды	минус 50...150 °С	минус 40...100 °С	минус 40...140 °С
Степень защиты	IP68	IP66	IP67
Выходные сигналы	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Цена в рублях	30 000	28 000	23 000

Исходя из данных таблицы, наиболее подходящим является Rosemount 2120 (рисунок 8), так как он не восприимчив к окружающим факторам и поддерживает HART – протокол.



Рисунок 8 – Rosemount 2120

Сигнализатор уровня 2120 предназначен для контроля предельных уровней, создан на основе принципа камертона. За изменениями частоты тока ведется постоянный контроль. Если Rosemount 2120 используется как нижний предельный уровень, то изменение частоты происходит, когда жидкость опускается ниже уровня вилки. Это изменение фиксируется протоколом HART. Если Rosemount 2120 используется как верхний предельный уровень, жидкость поднимается и контактирует с вилкой сигнализатора [9].

2.6.5 Выбор вычислителя расхода

Выбор оборудования для измерения расхода: DigitalYEWFLO DY, Rosemount 8800D, Метран300ПР. Характеристика датчиков вычислителей расхода приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики оборудования измерения расхода

Параметры	DigitalYEWFLO DY	Rosemount 8800D	Метран300ПР
Среда измерения	газ, пар, жидкость	газ, жидкость	жидкость
Тип устройства	вихревой	вихревой	вихревой
Абсолютная погрешность измерения	$\pm 0,75 \%$	$\pm 0,91 \%$	$\pm 1 \%$
Рабочая температура	минус 40...250 °С	минус 30...210 °С	минус 20...140 °С
Выходные сигнала	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА, HART протокол	(4 – 20) мА, HART протокол
Цена в рублях	62 000	196 000	59 000

Исходя из данных таблицы, наиболее подходящим является DigitalYEWFLO DY (рисунок 9) за счет его цены и точности измерения.



Рисунок 9 – DigitalYEWFLO DY

Вихревые счетчики серии DigitalYEWFLO — это интеллектуальные датчики расхода, осуществляющие измерение объемного расхода жидкости, пара и газа. Применяемая в данной серии уникальная технология позволяет обрабатывать сигнал SSP. На основе полученных данных происходит

автоматическая обработка сигнала и своевременно информирует о нештатных режимах потока и вибрации.

Принцип действия DigitalYEWFL0 DY основан на измерении частоты вихрей с помощью вихреобразователя, внутри которого расположены пьезодатчики, а они в свою очередь преобразуют вибрацию в электрический частотный сигнал [10].

2.6.6 Выбор датчика контроля пламени

Выбор оборудования для контроля пламени: ПАРУС-002УФ-1Е, Л-90-1/24, ДПЗ – 01А. Характеристика датчиков контроля пламени приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики оборудования контроля пламени

Параметры	ПАРУС-002УФ-1Е	СЛ-90-1/24	ДПЗ – 01А
Питание	24В	24В	24В
Степень защиты	IP65	IP65	IP65
Время срабатывания	2 сек	1 сек	2 сек
Температура окружающей среды	минус 60...60 °С	минус 40...90 °С	минус 40...60 °С
Выходные сигналы	группа контактов реле	две группы контактов реле	две группы контактов реле
Цена в рублях	18 420	13 900	14 000

Исходя из характеристик, наиболее подходящим является СЛ-90-1/24 (рисунок 10), за счет цены и возможности работать в суровых условиях климата.



Рисунок 10 – СЛ-90-1/24

СЛ-90-1/24 предназначен для определения наличия или отсутствия пламени самой горелки, после чего сигнал поступает в систему автоматики промышленного энергетического оборудования.

В датчике СЛ-90-1/24 используется полупроводниковый инфракрасный фотодиод, который регистрирует частоту и амплитуда пульсации пламени с фиксированной полосой пропускания [11].

2.7 Выбор исполнительных механизмов

Необходимо дать определение термина «исполнительное устройство». Под данной категорией понимается устройство, помогающее регулятору управлять объектом через перемещение регулирующего органа.

Чтобы стабилизировать регулируемую величину, необходимо добиться управления регулирующего воздействия от исполнительного устройства.

Далее следует привести трактовку понятия «электрический привод». Речь идет об электромеханической системе, служащей вспомогательным средством для старта движения исполнительных механизмов машин. Данное движение должно подвергаться управляющему воздействию, чтобы реализовался ТП. В настоящее время электроприводы представляют из себя комплекс аппаратов, электромашин, систем управления. Стоит сказать, что электропривод потребляет до 65 % электроэнергии. Однако он играет роль

основного источника механической энергии, используемой в промышленности [14].

Для управления запорно – регулирующей арматурой был выбран малогабаритный электропривод РэмТЭК – 02 компании НПП ТЭК, внешний вид представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Внешний вид РэмТЭК

Данный электропривод предназначен для дистанционного и местного режима управления запорно – регулирующей арматурой различных диаметров и давлений.

Электропривода РэмТЭК специально спроектированы для работы в агрессивных и взрывоопасных условиях окружающей среды и имеют уровень защиты «взрывобезопасное электрооборудование» [12].

Таблица 7 – Основные характеристики

Исполнение приводного органа	вращательный
Крутящий момент	(30 – 15000) Нм
Частота вращения	(0,75 – 450) об/мин

Продолжение таблицы 7 – Основные характеристики

Протокол связи	Modbus RTU, PROFIBUS DP, PROFINET, FF H1
Питание	220В/380В
Температура окружающей среды	минус 60...50°С
Выходные сигналы	(4-20) мА с цифровым сигналом на базе HART протокола

Для подачи газа был выбран электромагнитный клапан СЭНС DN80PN25 – М, представленный на рисунке 12.



Рисунок 12 – СЭНС DN80PN25 – М

СЭНС предназначен для работы в качестве запорного устройства с дистанционным электрическим и локальным ручным регулированием расхода нефтяного топлива (мазута) по ГОСТ 10585-2013 в трубопроводах. Предусмотрена возможность обогрева внешним теплоносителем (вода, пар). Они используются на нефтеперерабатывающих заводах для соблюдения требований безопасности, обеспечивают быстрое аварийное перекрытие трубопроводов с нефтяным топливом (мазутом) в стационарных технологических системах. Они используются в установках для слива/

наполнения железнодорожных и автоцистерн, а также в системах подачи нефтяного топлива к горелкам.

Данный клапан обладает датчиком положения, что позволяет видеть крайнее положение, а именно закрыто/открыто [13]. Технические характеристики клапана СЭНС DN80PN25 – М представлены в таблице 8.

Таблица 8 – основные характеристики СЭНС DN80PN25

Номинальные давления	(25 – 40) кгс/см ²
Перепад давления	(0 – 40) кгс/см ²
Питание	220 В, 24 В(по заказу)
Температура рабочей среды	5...195 °С
Температура окружающей среды	минус 60...60 °С

2.8 Разработка схемы внешних проводок

Электрическая схема внешней проводки представляет собой комбинированную схему, на которой показаны электрические и трубные соединения между устройствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне панелей и на панелях, а также электрические соединения с устройствами и панелями.

Сигналы, поступающие от всех датчиков и исполнительных механизмов, передаются по кабелям управления на клеммные распределительные коробки. Далее сигнал выводится на экран оператора.

Нами были выбраны электронные контакты KSK-8, KSK-14, KSK-28 для 8, 14, 28 контактов.

В качестве управляющих кабелей возьмем кабель КВВГЭнг – LS.

Данный кабель предназначен для использования в кабельных конструкциях и помещениях для стационарного подключения к

электроприборам, аппаратам, с напряжением до 660 В, номинальной частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В.

Схемы подключения внешней проводки путевого нагревателя представлены в приложении Б.

2.9 Разработка алгоритмов управления АС

В рамках данного исследования были разработаны:

- Алгоритм сбора данных измерений;
- Алгоритм автоматического управления технологическим процессом.

В автоматизированной системе (АС) могут использоваться различные алгоритмы:

- Алгоритмы пуска/останова оборудования;
- Алгоритм сбора измерительных сигналов;
- Алгоритм ПАЗ (противоаварийная защита);
- Алгоритмы релейные или ПИД которые регулируют технологические параметры.

2.9.1 Алгоритм сбора данных измерения

Структурная схема алгоритма сбора данных измерения давления отражена в Приложении Г.

Сущность алгоритма можно описать так: создаются сигналы, затем они попадают на локальную панель управления, то есть контроллер их получает; создаются управляющие сигналы (если были превышены установленные значения), исполнительные механизмы получают их, сигнал измерения переходит в SCADA – систему Trace Mode 6, осуществляется проверка оператором. В итоге результаты записываются в архив и используются для создания тенденций.

2.9.2 Алгоритм автоматического управления технологическим параметром

Алгоритм работы осуществляется по следующим этапам:

1. на вход ПИД – регулятора поступает сигнал, определяющий заданное значение температуры масла, а также сигнал непосредственно от датчика температуры масла на выходе линейного нагревателя;
2. на основе ошибки – разности этих сигналов контроллер формирует управляющее воздействие в виде сигнала тока (4-20) мА, подаваемого на вход преобразователя частоты
3. преобразователь частоты (FC), используя информацию от контроллера, выдает сигнал питания на привод. Изменяя частоту
4. напряжения, подаваемого на электропривод, аварийный режим управляет его скоростью вращения;
5. электропривод обеспечивает прямое механическое воздействие на исполнительный орган - клапан, который регулирует подачу газа к горелкам трекового нагревателя.

На рисунке 13 показана разработанная структурная схема системы автоматического регулирования температуры масла в магистральном нагревателе.

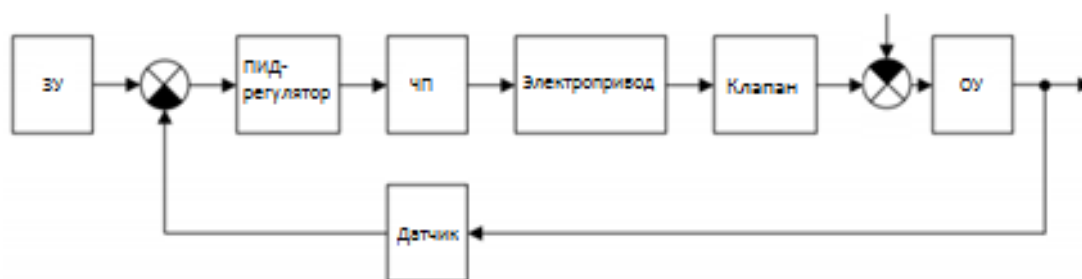


Рисунок 13 – Структурная схема регулирования температуры нефти в путевом подогревателе

Структурная схема составлена из следующих блоков:

- *пропорционально – интегрально – дифференциальный регулятор* (ПИД-регулятор)

$$W_{pid}(s) = k_p + k_i \frac{1}{s} + k_d s, \quad (1)$$

где k_p, k_i, k_d - коэффициенты настройки ПИД – регулятора;

- *частотный преобразователь* описывается апериодическим звеном первого порядка с постоянной времени 0,1 с, в соответствии с технической документацией, и коэффициентом передачи

$$k_{чп} = \frac{f}{I} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ Гц мА}, \quad (2)$$

где f - частота управляющего сигнала, измерения которой составляют от 0 до 50 Гц;

I – управляющий токовый сигнал;

- *асинхронный электропривод* для управления задвижкой представляет собой апериодическое звено первого порядка с постоянной времени электропривода 0,5 с, в соответствии с технической документацией, и коэффициентом передачи

$$k_{ад} = \frac{\omega}{f} = \frac{200}{50} = 4 \text{ рад с Гц}, \quad (3)$$

где ω – скорость вращения асинхронного двигателя, входящего в состав электропривода;

- двигатель с редуктором описываются дифференциальным уравнением:

$$T_{дв} \cdot \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d \mu}{dt} = k_{ад} U_u, \quad (4)$$

- в электроприводе РэмТЭК используется 1/4 оборотный редуктор, для данного редуктора передаточное отношение равно 72 к 1, передаточная функция редуктора примет вид:

$$k_{ред} = \frac{1}{72}; \quad (5)$$

- передаточная функция клапана представляет собой интегратор с нелинейным звеном, ограничивающим процент открытия (перемещения) клапана от 0 до 100%.

$$W_{\text{кл}}(S) = \frac{1}{S}; \quad (6)$$

- в качестве объекта управления выступает печь, описываемая дифференциальным уравнением:

$$T_{oy} \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_{oy}\mu, \quad (7)$$

где θ - температура печи (регулируемая величина);

μ - перемещение клапана в топливном коллекторе.

Тогда запишем передаточную функцию печи:

$$W_{oy}(s) = \frac{k_{oy}}{T_{oy}s+1}, \quad (8)$$

где T_{oy} - постоянная времени печи равная 2 с,

k_{oy} - коэффициент усиления равный 5 °С /мм.

Датчик температуры является передаточной функцией коэффициент, которой равен 1.

Моделирование процесса было выполнено в графической среде Simulink ПО Matlab. Схема представлена на рисунке 14.

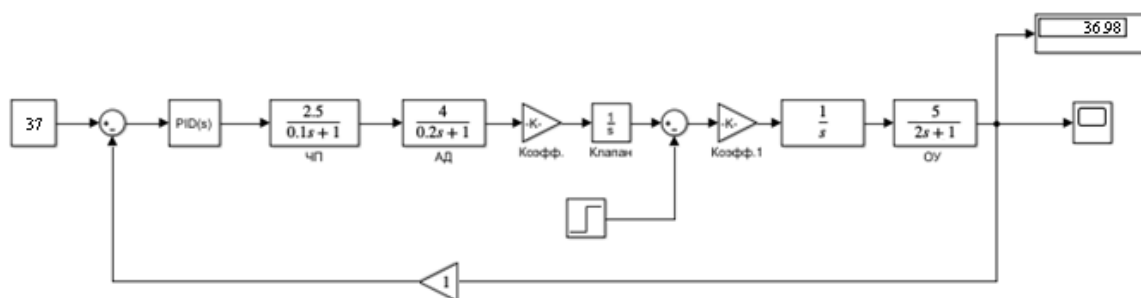


Рисунок 14 – Структурная схема регулирования температуры нефти в
путевом подогревателе

На рисунке 15 представлен переходный процесс изменения температуры на выходе системы управления путевым подогревателем, точнее, контура регулирования температуры нефти. В качестве задающего воздействия была задана температура 37 °С. У регулятора методом автоматической настройки определены коэффициенты ПИД – алгоритма.

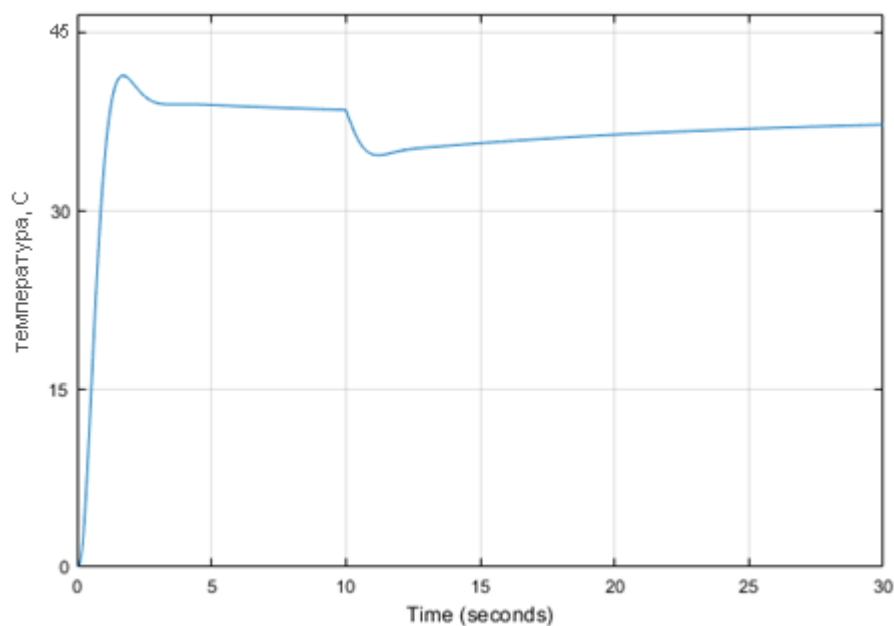


Рисунок 15 – График переходного процесса регулирования температуры нефти в путевом подогревателе

Необходимо провести проверку системы на робастность.

При измерении на 10-ой секунде в систему вводится возмущающее воздействие в виде быстрого падения температуры нефти на 5 °С, с которым система справляется за 10 с.

Коэффициенты настройки ПИД-регулятора: $k_p = 1.272$, $k_i = 0.088$, $k_d = 2.03$. Показатели качества:

- перерегулирование при данных настройках около 5%;
- время переходного процесса составляет порядка 8 секунд.

Таким образом, на основе полученных данных, можно прийти к выводу, что система выходит на значение 37 °С с незначительным перерегулированием. Это означает, что данная система является достаточно устойчивой и работоспособной.

2.10 Разработка программного обеспечения для ПЛК

Для программирования контроллера будет использована программная среда TIA Portal.

Программное обеспечение от компании Siemens представлено двумя видами:

- Basic – оснащено функциями проектирования только для SIMATIC S7-1200 контроллеров и SIMATIC HMI Basic Panels,
- Professional – сочетает в себе функции, относящиеся к каждому контроллеру SIMATIC.

Среда TIA Portal позволяет значительно ускорить работу программиста ПЛК.

2.11 Экранные формы АС

Управление АС ПП – 1,6 реализована с помощью Wonderware InTouch 2017.

Основными функциями, выполняемыми InTouch 2017, являются:

- визуализации технических процессов;
- защита от постороннего доступа в систему;
- сбор информации устройств нижнего уровня;
- архивирование и хранение данных.

Экранная форма (мнемосхема) АС управления путевого подогревателя представлена на рисунке 16.

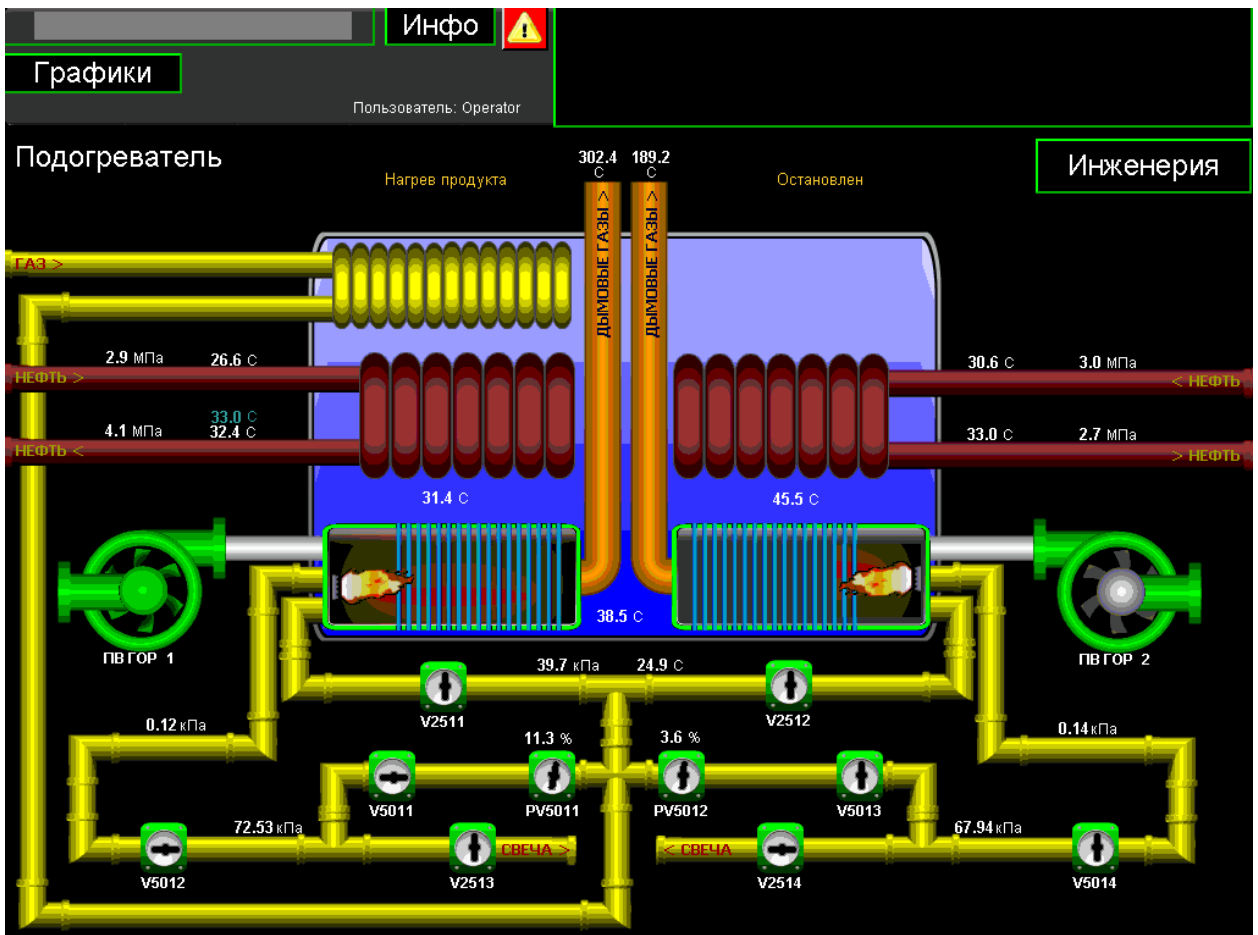


Рисунок 16 – Мнемосхема путевого подогревателя нефти

Вид информации рабочей ПП – 1,6 представлен в виде:

- Изображения мнемосхемы технологического процесса;
- Изменение параметров, графиков во времени;
- Числовых значений;
- Сообщений в виде текстовых форматов об ошибках или состоянии оборудования.

АРМ оператора поддерживает несколько учетных пользователей с разными правами и возможностями. Для входа в нужную учетную запись необходимо ввести пароль и само название записи.

Цветовая гамма в системе для управления клапанов и клапанов с дискретным управлением:

- **Серый** – неизвестное состояние элемента;

- **Красный** – аварийное состояние элемента;
- **Желтый** – запрет управления элементом;
- **Синий** – элемент в ручном режиме управления;
- **Зеленый** – элемент в автоматическом режиме управления.

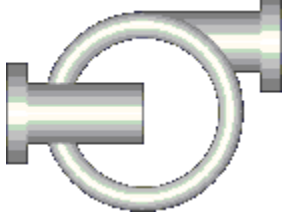

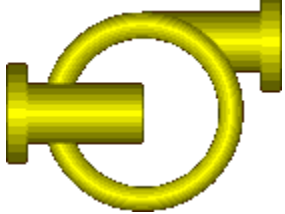


Пример цветовой гаммы клапанов ПП – 1,6 представлен в таблице 9.

Таблица 9 – цветовая гамма клапанов

Режим	Графическое представление	Описание
Неизвестное		Неопределенное состояние клапана (если клапан с местным управлением и без обратной связи)
Авария		Любое аварийное событие клапана из списка.
Блокировка		Запрет на управление клапаном от внешних источников, например при пожаре, загазованности и т.п.
Ручной режим		Управление осуществляется только по командам Закреть/Открыть.
Автоматический режим		Клапан управляется по своему алгоритму.
Открыт		Планка состояния вдоль трубы. Клапан является открытым исходя из способов обнаружения.
Закрывает		Планка состояния поперек трубы. Клапан является закрытым исходя из способов обнаружения.

Также присутствует цветовая гамма состояния вентиляторов, которая представлена в таблице 10.

Таблица 10 – цветовая гамма вентиляторов

Режим	Графическое представление	Описание
Неизвестное		Неопределенное состояние вентилятора
Авария		Любое аварийное событие вентилятора из списка.
Блокировка		Запрет на управление вентилятором от внешних источников, например при пожаре, загазованности и т.п.
Ручной режим		Управление осуществляется только по командам Отключить/Включить.
Автоматический режим		Вентилятор управляется по своему алгоритму.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем оценку оборудования для измерения температуры в таблице 1.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Общий вес показателей, определяемый экспертным путем, в сумме должен составлять 11.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

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

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

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

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

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

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

3.2 SWOT-анализ

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

Результаты проведенного первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12 – результаты SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие запасных частей для ремонта и обновлений для системы; С2. Повышение надёжности; С3. Низкие затраты на создание.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Требуется повышение квалификации специалистов; Сл2. Отсутствие стандартного образца для калибровки оборудования</p>
--	---	--

Продолжение таблицы 12 – результаты SWOT

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

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT в таблице 13.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

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

Продолжение таблицы 13 – Интерактивная матрица проекта

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

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 15.

Таблица 14 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие запасных частей для ремонта и обновлений для системы; С2. Повышение надёжности; С3. Низкие затраты на создание.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие аналогов, не позволяющих учесть недостатки систем; Сл2. Проведение испытаний только на реальном оборудовании; Сл3. Отсутствие опыта построения таких систем.</p>
<p>Возможности: В1. Применение данного решения в других нефтегазовых проектах; В2. Снижение стоимости за счёт использования оборудования предприятия; В3. Снижение стоимости за счёт использования ПО и лицензий предприятия.</p>	<p>В1(С2); В2(С2С3); В3(С1С3).</p>	<p>В1(Сл1); В2(Сл2).</p>

Продолжение таблицы 14 – SWOT-анализ

Угрозы: У1. Проблемы с поставкой оборудования; У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Нехватка средств на реализацию проекта.		У3(Сл2).
---	--	----------

3.3 Структура работ в рамках научного исследования

При разработке научно-технического проекта одним из важных этапов является его технико-экономическое обоснование. Оно позволяет выделить преимущества и недостатки разработки, внедрения и эксплуатации данного программного продукта в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектах.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и исполнитель (инженер). Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации и рабочих чертежей. Исполнитель непосредственно осуществляет разработку проекта.

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения определим события и составим таблицу 15.

Таблица 15 – Перечень работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100 %
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100 % И – 10 %
Выбор оборудования	НР, И	НР – 30 % И – 100 %
Разработка структурной схемы	НР, И	НР – 100 % ИП – 70 %
Разработка функциональной схемы	НР, И	НР – 100 % И – 80 %
Оформление пояснительной записки	И	И – 100 %
Выбор оборудования	И	И – 100 %
Оформление графического материала	И	И – 100 %
Подведение итогов	НР, И	НР – 60 % И – 100 %

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5}, \quad (8)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (9)$$

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

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

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

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта [15].

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (10)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (11)$$

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

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

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

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

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 16.

Таблица 16 – Временные показатели проведенного исследования

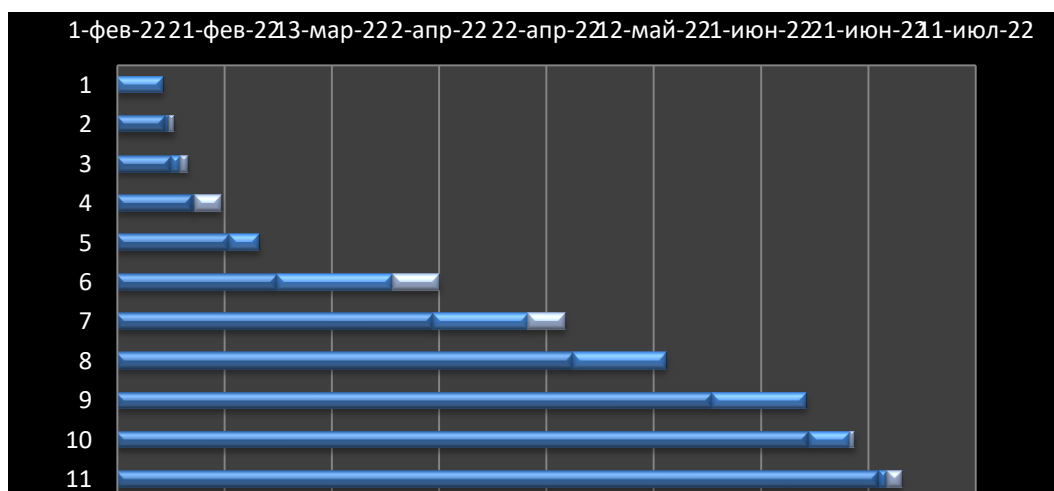
Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям			
					Человеко-дни			
		t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}i$	T_{pi}		T_{ki}	
			НР	И	НР	И		
1. Подбор и изучение возможных вариантов модернизации	И	7	–	9	–	7,8	–	8,58
2. Выбор варианта модернизации	НР, И	1	1	2	1	1,4	1	0,7

Продолжение таблицы 16 – Временные показатели проведенного исследования

3. Календарное планирование реализации проекта	НР, И	3	1	5	2	3,8	1,4	1,9
4. Составление и утверждение технического задания	НР, И	2	4	2,8	2,8	0,3	5	0,5
5. Подбор и изучение материалов	И	5	–	7	–	5,8	–	5,8
6. Разработка схем автоматизации	НР, И	12	15	13,2	5,81	14,52	8,6	21,49
7. Разработка алгоритмов работы	НР, И	10	12	10,8	4,75	11,88	7,03	17,58
8. Оформление пояснительной записки	И	7	14	9,8	–	11,7	–	17,4
9. Оформление графического материала	И	10	12	10,8	–	11,88	–	17,58
10. Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР, И	12	1	20	1	15,2	1	7,6
11. Подведение итогов	2	3	2	3	2,4	2,4	2,64	1,58
Итого				93,4	19,7	86,6	26,6	100,7

На основе таблицы 6 построим диаграмму Ганта. Диаграмма представляет собой план-график, разбитый по месяцам и декадам с указанием выполненных работ. Диаграмма Ганта – линейный график работы представлена таблице 17.

Таблица 17 – Диаграмма Ганта – линейный график работы



3.6 Расчет материальных затрат НИИ

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и при необходимости – доставку [15].

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (11):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (12)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортно-заготовительные расходы примем 5% от стоимости материалов.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 18.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
Датчик давления Метран – 75	шт.	8	35000	280000
Датчик температуры ОВЕН ДТСxx5E	шт.	10	16000	160000
Датчик предельного уровня Rosemount 2120	шт.	2	30000	60000
Датчик контроля пламени СЛ-90-1/24	шт.	2	13900	27800
Лицензионное ПО SCADA intouch 2017	шт.	1	30000	30000
Электромагнитный клапан СЭНС DN80PN25 – М	шт.	4	35000	140000
МФУ	шт.	1	35000	35000
Итого			732800	

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 13 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_M = 1,13 \cdot 732800 = 828064 \text{ руб.}$$

3.7 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Siemens и SCADA intouch 2017. В таблице 19 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения только для выполнения данного проекта и дальнейшего обслуживания разработанной системы АСУТП.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретение ПО

Наименование	Ед. изм.	Количество	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
Лицензионное ПО Siemens	шт.	1	40000	40000
Электропривод РэмТЭК	шт.	5	80000	400000
Датчик расхода газа DigitalYEWFLOW DY	шт.	2	62000	124000
ПЛК Siemens S7-1500	шт.	1	146000	146000
Итого			710000	

3.8 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 21.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (13)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (14)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (15)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Баланс рабочего времени представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot k_p, \quad (16)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – оклад, руб.;

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

Северная надбавка – 50%.

Научный руководитель имеет должность начальник отдела КИПиА и АСУ ТП оклад на весну 2021 года составлял 45000 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 46935 руб.

Оклад инженера на весну 2021 года составил 39000 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 40677 руб.

Основная заработная плата представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_T	$Z_{\text{окл}}$, руб.	k_{p+} северная надбавка	Z_M , руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	–	–	46935	1,8	84483	3560,85	20	71217
Инженер	–	–	40677		73218,6	3710,62	87	322823,94
Итого $Z_{\text{осн}}$								394040,94

3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (17)$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,12	71217	8546,04
Инженер		322823,94	38738,8
Итого			47284,84

3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (18)$$

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

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

Сумма страховых взносов представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	71217	322823,94
Дополнительная заработная плата, руб.	8546,04	38738,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	23928,9	108468,82
Итого	132397,72	

3.11 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (19)$$

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

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	828064
2. Затраты на специальное оборудование	710000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	394040,94
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	47284,84
5. Отчисления во внебюджетные фонды	132397,72
6. Накладные расходы	301761,25
7. Бюджет затрат НИИ	2413548,75

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем точными данными примем прибыль в размере 20% от расходов на разработку проекта. В нашем случае это 482709,75 руб.

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае:

$$(2413548,75+482709,75) \cdot 0,2 = 579251,7 \text{ руб.}$$

Цена разработки НИИ равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{НИИ}} = 2413548,75 + 482709,75 + 579251,7 = 3475510,2 \text{ руб.}$$

3.12 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Провести оценку экономической эффективности проекта в данный момент не представляется возможным, так как нет точных данных по внедрению материалов работы.

Практическая значимость данного проекта заключается в применении материалов работы компаниями, ориентированными на нефтегазовый сектор. Модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом путевого подогревателя позволит добиться экономического эффекта благодаря сокращению затрат на содержание и эксплуатацию оборудования, путем оптимизации обслуживающего персонала. Также повысится надежность и безопасность производства, что положительно повлияет на экономическую составляющую, так как различного рода нештатные ситуации приводят к материальным затратам.

4. Социальная ответственность

Объектом исследования является путевой подогреватель. Данная установка применяется для подогрева сырой нефти. Разрабатываемая АСУТП является унифицированной и может применяться для различных типов путевых подогревателей.

Целью данной работы является модернизация системы управления путевого подогревателя для предприятий нефтегазового комплекса. Конечным пользователем разрабатываемой АСУТП установки будут операторы технологической установки (ТУ).

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Ведение сменной работы в организации должно быть предусмотрено коллективным договором или правилами внутреннего трудового распорядка (ст. 100 ТК РФ). Любой из упомянутых документов при этом должен содержать указания на принятую в организации продолжительность рабочей недели (без выходных, пятидневная с двумя выходными днями, шестидневная с одним выходным днем, рабочая неделя с предоставлением выходных дней по скользящему графику), продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки (две, три, четыре), чередование рабочих и нерабочих дней [16].

4.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

При организации рабочего места необходимо выполнять требования эргономики, то есть учитывать все факторы, влияющие на эффективность действий человека при обеспечении безопасных приемов его работы, которые регламентируются ГОСТ 12.2.032-78.ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [19].

Рабочие места проектируются с учетом антропометрических данных человека усредненных размеров человеческого организма, так как если размещение органов управления не соответствуют возможностям оператора, то выполняемая работа будет тяжелой и утомительной.

Комфортной рабочей средой рабочего места называется такое состояние внешней среды, которое обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья [19]. Параметры рабочего места приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Параметры рабочего места

Параметр	Допустимые значения	Действительные значения
Высота сидения	(400 – 500) мм	420 мм
Высота клавиатуры	(600 – 750) мм	750 мм
Удалённость клавиатуры	< 80 мм	80 мм
Высота от стола до клавиатуры	20 мм	20 мм
Удалённость экрана	(500 – 700) мм	550 мм
Высота рабочей поверхности	> 600 мм	740мм

4.2 Производственная безопасность

Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на работающих вредных и опасных производственных факторов. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность.

Элементы условий труда, выступающих в роли опасных и вредных производственных факторов, можно разделить на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Перечень опасных и вредных факторов, действующих на оператора ТУ, регламентируемый ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов, приведен в таблице 26 [23].

Таблица 26 – Опасные и вредные факторы при работе оператора ТУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Эксплуатация	Нормативные документы
Электрический ток (источником является ПК, пульт управления)	+	ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [21].
Повышенная загазованность	+	ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы [22].
Недостаточное освещенность рабочей зоны	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [18].

Продолжение таблицы 26 – Опасные и вредные факторы при работе оператора ТУ

Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [24].
Электромагнитное излучение	+	ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты» [25].

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

4.2.1.1 Повышенный уровень шума на рабочем месте

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

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

Нормирование уровней шума в производственных условиях

осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 [26]. Согласно документу СН 2.2.4/2.1.8.562-96 при выполнении основной работы на ЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [27].

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя: изменение направленности излучения шума, рациональную планировку производственных помещений, применение звукоизоляции.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

4.2.1.2 Электромагнитные и ионизирующие излучения

Источниками электромагнитных полей являются любые электрические приборы. Большая часть электромагнитного излучения ЭВМ происходит не от экрана монитора, а от видеокабеля и системного блока.

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжений электрического и магнитного полей, потока энергии, диапазона частот, продолжительности облучения, характера излучения, режима облучения, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма [25].

При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

Нормы электромагнитного излучения радиочастотного диапазона устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений в диапазоне частот от 30 кГц до 300 ГГц.

Способы защиты от ЭМП на путях распространения [17]:

- применение поглотителей мощности;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания под воздействием излучения;
- подъем излучателей и диаграмм направленности излучения;
- блокировочные излучения;
- экранирование излучений.

4.2.1.3 Недостаточное освещение рабочего места

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неправильная эксплуатация и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок.

Ввиду недостаточности естественного освещения в рабочем помещении используется комбинированное освещение, при котором в светлое время суток используется одновременно естественный и искусственный свет.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Нормы освещенности приведены в СП 52.13330.2016 освещенность рабочего места оператора ТУ должна составлять от 300 до 500 Лк при общем освещении [18].

4.2.1.4 Электробезопасность

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности.

В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть электроприборы.

При работе с ЭВМ и принтером существует опасность поражения электрическим током:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ).

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Все помещения делят на помещения с повышенной опасностью; особо опасные и помещения без повышенной опасности.

Помещение операторной относится к помещению без повышенной опасности, так как в нем отсутствуют следующие условия: повышенная влажность (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %); высокая температура (более 30 °С).

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлен. Заземление выполняется изолированным медным проводом сечением 1.5 мм, который присоединяется к общей шине

заземления с общим сечением 48 м при помощи сварки. Общая шина присоединяется к заземлению, сопротивление которого не должно превышать 4 Ом. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

Для снижения величины возникающих зарядов статического электричества покрытие технологических полов выполнено из однослойного поливинилхлоридного антистатического линолеума [21].

4.2.1.5 Повышенная загазованность воздуха

Повышенная загазованность воздуха является опасным производственным фактором для здоровья человека. Степень поражения организма при наличии такого производственного фактора, как загрязненность и загазованность воздуха зависит от типа и концентрации вредных веществ.

Средства коллективной защиты от повышенной загазованности:

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

При недостаточной эффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ): респираторы

противогазного типа, противогазы со специальными нейтрализующими газ насадками [17].

4.3 Экологическая безопасность

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу.

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства [17].

Основными загрязнителями атмосферы при работе с сырой нефтью являются углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, химреагенты и т.д.

В гигиенических нормативах СанПиН 1.2.3685 – 21[17] приведены ПДК для предельных алифатических углеводородов $C_2 - C_{10}$ (в пересчете на углерод) в воздухе рабочей зоны, которые составляют 300 мг/м³ – среднесменная, 900 мг/м³ – максимальная разовая (ПДК метана - 7000 мг/м³).

Мероприятия по охране селитебной зоны:

- техосмотр автотранспорта и организация движения машин по территории без простоев и работы двигателей на холостом ходу;
- обеспечения персонала комнатными воздухоочистителями;
- снижение виброактивности машины путем отстройки резонансных частот.

Мероприятия по охране литосферы, гидросферы:

- защита участка от подтоплений, проливов опасных жидкостей и загрязнений отходами;
- централизованная утилизация люминесцентных ламп;
- организация площадок раздельного сбора и хранения мусора.

Мероприятия по охране атмосферы:

- увеличение площади зеленых насаждений;
- благоустройство, озеленение и санитарная очистка территории.
- экологизация технологических процессов;
- очистка газовых смесей от вредных примесей.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Перечень возможных чрезвычайных ситуаций

На основе анализа статистических данных об авариях на площадках нефтегазового комплекса прогнозируются следующие чрезвычайные ситуации: отключение электроэнергии, взрыв газовой смеси или пожар в технологических установках и помещениях. Наиболее опасной для производства и жизни людей чрезвычайной ситуацией является взрыв, а наиболее частой ситуацией является пожар [22].

Поскольку технологические установки и помещения нефтегазового комплекса относятся к категории взрывоопасных, то предусмотрена автоматическая защита при повышенной загазованности и при пожаре. Выбранный современный комплекс технических средств обеспечивает надежность срабатывания защит, а также безопасность производства.

4.4.2 Пожарная безопасность

Пожар представляет особую опасность, так как он грозит уничтожением аппаратуры, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, и возникновением пожара в соседних помещениях. А также может представлять серьезную угрозу жизни и здоровью персонала.

Источниками зажигания на площадке могут быть электронные схемы от электрооборудования, электродвигатели, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате

различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Для данной площадки установлена категория пожарной опасности В – пожароопасные.

В случае обнаружения пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т. д.) немедленно сообщить об этом в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию).

Оценивая свои возможности приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, в случае явной угрозы причинения вреда жизни и здоровью прекратить самостоятельное тушение пожара и покинуть опасную зону.

Соблюдая спокойствие определить в какой части здания возник пожар и проводить эвакуацию по наиболее безопасному маршруту.

Принять меры по организации эвакуации сотрудников и эвакуации материальных ценностей.

Осуществлять эвакуацию помещения нужно строго по плану эвакуации который представлен на рисунке 17.

По завершении эвакуации проверить наличие сотрудников, удостовериться, что здание покинули все работники.

Организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

По прибытии пожарного подразделения по возможности проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений, количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ и материалов [22].

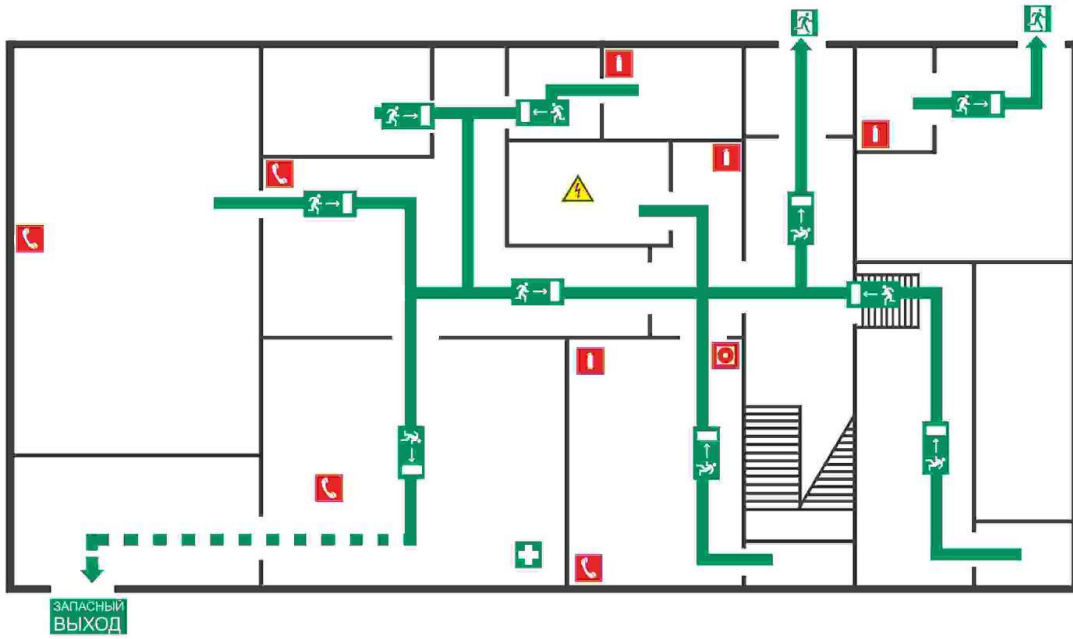


Рисунок 17 – План эвакуации помещения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была выполнена модернизация системы управления путевого подогревателя нефти на Урманском месторождении.

Также был рассмотрен технологический процесс подогрева сырой нефти с помощью путевого подогревателя нефти. Выбраны современные аппаратные средства, характеризующиеся высокой надёжностью и точностью измерений. Были разработаны структурная и функциональная схема автоматизации, чтобы определиться с составом оборудования и количеством каналов передачи данных и сигналов. Были разработаны схемы внешних проводок, чтобы понять систему передачи данных от полевых устройств на АРМ оператора, а также для успешного устранения неисправностей в случае их возникновения.

Для управления техническим процессом и сбора данных были разработаны алгоритмы сбора данных и управления. Также была спроектирована мнемосхема АСУТП путевого подогревателя, который отражен на АРМ оператора.

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей.

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 2413548,75 руб.

В ходе выполнения ВКР были рассмотрены вопросы соблюдения прав персонала на труд, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. Были проработаны проектные решения, исключаящие несчастные случаи на производстве, вопросы по снижению влияния опасных и вредных факторов на работников, а также вопросы, связанные со снижением количества вредных воздействий на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 156 с.
3. Описание технологического процесса путевого подогревателя. [Электронный ресурс]. URL: http://www.mcsys.ru/about_prod/podogrevnefti15062016/, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 16.03.2022 г.
4. Ицкович Э. Л. Классификация микропроцессорных программно-технических комплексов. // Промышленные АСУ. № 10, 1999. – 98 с.
5. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. М.: Стандартинформ, 2014.– 30с.
6. Каталог продукции фирмы Siemens S7-1500. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10204162/info/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.
7. Каталог продукции промышленной группы «Метран». Датчики давления Метран 75 [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/metran-75/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.
8. Каталог продукции промышленной группы «ОВЕН». Датчики Температуры ОВЕН ДТСхх5Е [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/dtshh5exia_termosoprotivleniya_s_vihodnim_signalom_4

20_ma, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

9. Каталог продукции. «Rosemount» сигнализатор уровня [Электронный ресурс]. URL: <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/automation-solutions-ru-ru/measurement-instrumentation-ru-ru/rosemount-2120-switch-vibrating-fork-ru-ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

10. Каталог продукции. Расходомер DigitalYEWFLOW DY. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.logikamarket.ru/catalog/raskhodomery/vikhrevye/digitalyewflow-seriya-dy/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

11. Каталог продукции. Датчик контроля пламени СЛ-90-1/24. [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/datchiki-rele-kontrolya-plameni-sl-90-1e-vh/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

12. Каталог продукции фирмы НПП «ТЭК». Электропривод. [Электронный ресурс]. URL: <https://armtorg.ru/articles/item/5405/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

13. Каталог продукции. Клапан электромагнитный СЕНС. [Электронный ресурс]. URL: <https://sens.nt-rt.ru/price/product/647429>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

14. Описание исполнительного устройства [Электронный ресурс]. URL: <https://poznayka.org/s75221t1.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 23.04.2022 г.

15. Методические указания к технико-экономическому обеспечению ВКР для студентов всех специальностей ГНФ и ЗГНФ / Томский политехнический университет; Сост. В. Е. Кленина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – 20 с.

16. Трудовой кодекс Российской Федерации N 197-ФЗ. (ред. от

09.03.2021).

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

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

19. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

20. ГОСТ 21889-76 Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

21. ГОСТ Р 12.1.019-2017 «ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

22. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования».

23. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы».

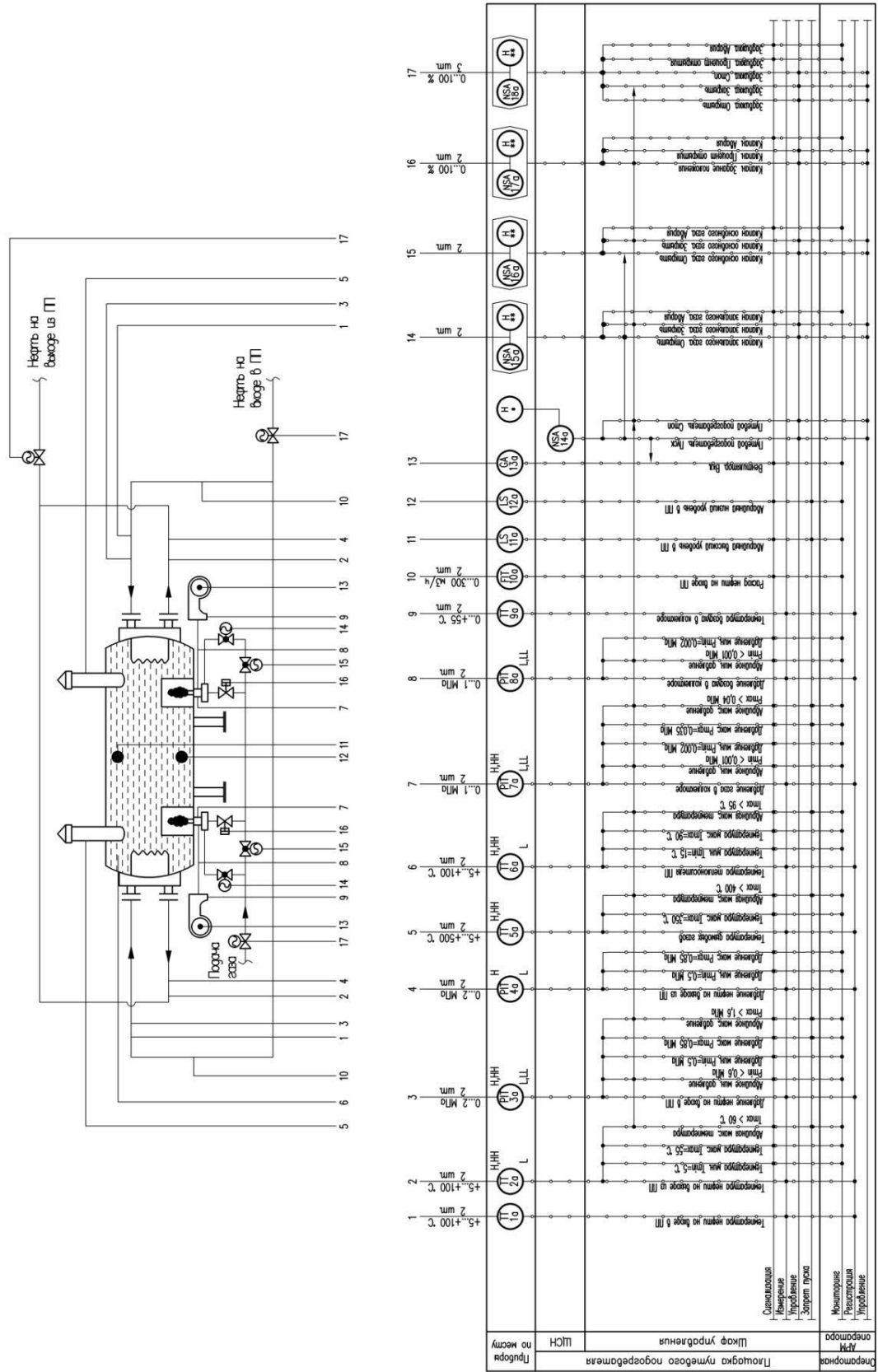
24. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

25. ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. «Электрические поля промышленной частоты».

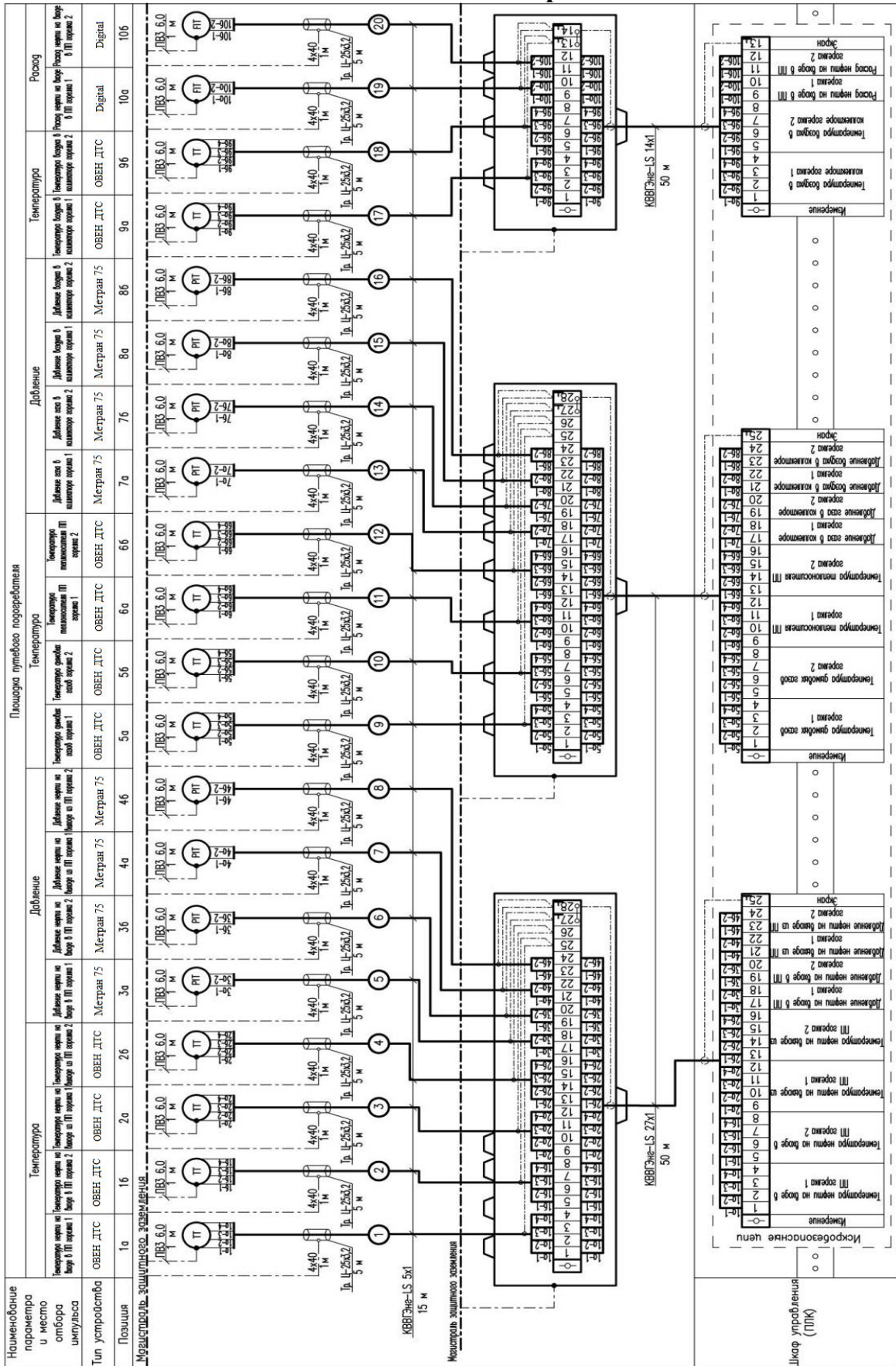
26. ГОСТ 12.1.003-2014. «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда ШУМ».

27. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации



Приложение Б (обязательное) Схема внешних проводок



Приложение В (обязательное) Перечень входных/выходных сигналов

Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Тип сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Технологические установки				Примечание
					Предупредительные		Аварийные		
					min	max	min	max	
Температура нефти на входе в ПП	TEM_PPI_WORK	AI (4...20мА)	+5...+100	°С	-	-	-	-	Обозначение XXX
Температура нефти на выходе из ПП	TEM_PPO_WORK	AI (4...20мА)	+5...+100	°С	-	-	-	-	соответствует
Температура нефти на выходе из ПП min	TEM_PPO_L	DI	-	-	+	-	-	-	1 – линия запального газа
Температура нефти на выходе из ПП max	TEM_PPO_H	DI	-	-	-	+	-	-	2 – линия основного газа
Аварийная max тем-ра нефти на выходе ПП	TEM_PPO_HH	DI	-	-	-	-	-	+	
Давление нефти на входе в ПП	PRS_PPI_WORK	AI (4...20мА)	-	МПа	-	-	-	-	Обозначение YYY
Давление нефти на входе в ПП min	PRS_PPI_L	DI	-	-	+	-	-	-	соответствует
Давление нефти на входе в ПП max	PRS_PPI_H	DI	-	-	-	+	-	-	BRNR1 – горелка 1
Аварийное min давление нефти на входе ПП	PRS_PPI_LL	DI	-	-	-	-	+	-	BRNR2 – горелка 2
Аварийное max давление нефти на входе ПП	PRS_PPI_HH	DI	-	-	-	-	-	+	GASLN – линия подачи газа
Давление нефти на выходе из ПП	PRS_PPO_WORK	AI (4...20мА)	-	МПа	-	-	-	-	
Давление нефти на выходе из ПП min	PRS_PPO_L	DI	-	-	+	-	-	-	
Давление нефти на выходе из ПП max	PRS_PPO_H	DI	-	-	-	+	-	-	
Температура дымовых газов	TEM_FGS_WORK	AI (4...20мА)	+5...+400	°С	-	-	-	-	
Температура дымовых газов max	TEM_FGS_H	DI	-	-	-	+	-	-	
Аварийная max тем-ра дымовых газов	TEM_FGS_HH	DI	-	-	-	-	-	+	
Температура теплоносителя	TEM_CLT_WORK	AI (4...20мА)	+5...+100	°С	-	-	-	-	
Температура теплоносителя min	TEM_CLT_L	DI	-	-	+	-	-	-	
Температура теплоносителя max	TEM_CLT_H	DI	-	-	-	+	-	-	
Аварийная max тем-ра теплоносителя	TEM_CLT_HH	DI	-	-	-	-	-	+	
Давление газа в коллекторе	PRS_GCR_WORK	AI (4...20мА)	-	МПа	-	-	-	-	
Давление газа в коллекторе min	PRS_GCR_L	DI	-	-	+	-	-	-	
Давление газа в коллекторе max	PRS_GCR_H	DI	-	-	-	+	-	-	
Аварийная min газа в коллекторе	PRS_GCR_LL	DI	-	-	-	-	+	-	
Аварийная max газа в коллекторе	PRS_GCR_HH	DI	-	-	-	-	-	+	
Давление воздуха в коллекторе	PRS_ACR_WORK	AI (4...20мА)	-	МПа	-	-	-	-	
Давление воздуха в коллекторе min	PRS_ACR_L	DI	-	-	+	-	-	-	
Аварийное min давление воздуха в коллекторе	PRS_ACR_LL	DI	-	-	-	-	+	-	
Температура воздуха в коллекторе	TEM_ACR_WORK	AI (4...20мА)	+0...+55	°С	-	-	-	-	
Расход нефти на входе в ПП	FLW_PPI_WORK	AI (4...20мА)	0...300	м3/ч	-	-	-	-	
Аварийный max уровень в ПП	LVL_CLT_HH	DI	-	-	-	-	-	+	
Аварийный min уровень в ПП	LVL_CLT_LL	DI	-	-	-	-	+	-	
Вентилятор включен	STS_FN_WORK	DI	-	-	-	-	-	-	
Путевой подогреватель пуск	STS_HTR_STRT	DI	-	-	-	-	-	-	
Путевой подогреватель стоп	STS_HTR_STP	DI	-	-	-	-	-	-	
Трансформатор включен	STS_TRN_WORK	DI	-	-	-	-	-	-	
Трансформатор пуск	STS_TRN_STRT	DI	-	-	-	-	-	-	
Трансформатор стоп	STS_TRN_STP	DI	-	-	-	-	-	-	
XXX открыт	REG_KLP_OPN_XXX	DO	-	-	-	-	-	-	
XXX закрыт	REG_KLP_CLS_XXX	DO	-	-	-	-	-	-	
XXX авария	REG_KLP_ALRM_XXX	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY открыт	REG_LT_OPN_YYY	DO	-	-	-	-	-	-	
YYY закрыт	REG_LT_CLS_YYY	DO	-	-	-	-	-	-	
YYY стоп	REG_LT_STP_YYY	DO	-	-	-	-	-	-	
YYY процент открытия	IND_LT_OPND_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY авария	IND_LT_ALRM_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY открывается	IND_LT_POPN_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY закрывается	IND_LT_PCLS_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY дистанционный режим	IND_LT_REMT_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY открытие	REG_KL_OPN_YYY	DO	-	-	-	-	-	-	
YYY закрытие	REG_KL_CLS_YYY	DO	-	-	-	-	-	-	
YYY процент открытия	REG_KL_POPN_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	
YYY авария	REG_KL_ALRM_YYY	DI	-	-	-	-	-	-	

Приложение Г (обязательное) Алгоритм сбора данных измерения

