

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
Система автоматизации печи нагрева нефти

УДК 004.896:621.365.4:665.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T82	Ван Пэньяо		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былова Татьяна Васильевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И. И.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-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 безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
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 профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-2	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оптоэлектроники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных

	программных продуктов
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 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)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее

	качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – осенний/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
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В. В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
158T82	Ван Пэньяо

Тема работы:

Система автоматизации печи нагрева нефти
Утверждена приказом директора (дата, номер) №45-49/с от 14.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Объект исследования: Печь нагрева нефти на нефтеперерабатывающем заводе. Цель работы: Техническое перевооружение системы контроля и управления печью нагрева, связанное с переходом на новые способы управления процессом на базе программируемых логических контроллеров. Режим работы: Непрерывный.
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, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Описание технологического процесса. 2. Разработка функциональной схемы автоматизации. 3. Разработка структурной схемы автоматизации. 4. Выбор технических средств. 5. Разработка принципиальных схем подключения датчиков и исполнительных механизмов.

	6. Разработка алгоритмов управления. 7. Разработка программ в среде Codesys.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема технологического процесса ректификации нефти 2. Функциональная схема автоматизации. 3. Структурная схема автоматизации. 4. Схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов. 5. Блок-схемы алгоритмов управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Былкова Татьяна Васильевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, старший преподаватель
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В. В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T82	Ван Пэньяо		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
158T82	Ван Пэньяо

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней рыночной стоимости. Оклады в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30% отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Представить оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений. 2. Оценочная карта QuaD 3. Матрица SWOT 4. Альтернативы проведения НИ 5. График проведения и бюджет НИ 6. Оценка ресурсной, финансовой эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T82	Ван Пэньяо		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
158Т82		Ван Пэньяо	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Система автоматизации печи нагрева нефти	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	Объект исследования: печь нагрева нефти; Область применения: нагрев углеводородов которые в дальнейшем направляются на ректификационные колонны для разделения их на составляющие (дизельное топливо, топочный мазут, бензин); Рабочая зона: помещение операторной; Размер помещения: рабочая комната имеет размеры 6 x 5 x 2.5м; Количество и наименование оборудования рабочей зоны: на рабочем месте которого находится персональный компьютер.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. 2. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». 3. ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения	1. Анализ выявленных вредных факторов: • повышенный уровень шума и вибрации; • отсутствие или недостаток освещения; • микроклимат 2. Анализ выявленных опасных факторов: • электрический ток. • короткое замыкание • статическое электричество
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: согласно первому классу опасности, радиоактивное заражение на площади 1000м при аварии; Воздействие на литосферу, гидросферу происходит в результате аварий с разливом нефти, неправильной утилизации электронных компонентов и люминесцентных ламп; Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов химических реагентов, связанных с технологическим процессом.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: производственные аварии, пожары, взрыв; Наиболее типичная ЧС: пожары.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику				
Задание выдал консультант:				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		
Задание принял к исполнению студент:				
Группа	ФИО		Подпись	Дата
158T82	Ван Пэньяо			

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 116 страниц, 33 рисунков, 28 таблиц, 16 источников.

Ключевые слова: печь нагрева, автоматизированное управление, контроллер, модуль ввода/вывода, датчик.

Объектом исследования является печь нагрева нефти на нефтеперерабатывающем заводе.

Цель работы - техническое перевооружение системы контроля и управления печью нагрева, связанное с переходом на новые способы управления процессом на базе программируемых логических контроллеров.

В результате технического перевооружения разработаны два из трёх классических уровней системы автоматизированного управления. Нижний уровень системы автоматизации выполнен на датчиках и исполнительных механизмах, установленных непосредственно на технологическом оборудовании. Средний уровень выполнен на базе программируемых логических контроллеров компании ОВЕН ПЛК200. Разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации, схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов к модулям ввода/вывода ПЛК.

Область применения: нефтяные, нефтесервисные, химические и другие технологические процессы и компании.

Развитие настоящего проекта видится в разработке третьего уровня системы – интерфейса оператора на базе SCADA – системы и создании цифровых моделей оборудования для своевременного технического обслуживания и управления.

СОДЕРЖЕНИЕ

Введение.....	15
1 Технология производства нефтепродуктов.....	17
1.1 Стадии переработки нефти.....	17
1.2 Описание технологического процесса.....	22
2 Анализ объекта управления	25
2.1 Функциональная схема автоматизации печи нагрева нефти.....	25
2.2 Анализ задач системы управления.....	28
3 Выбор технических средств.....	37
3.1 Взрывозащита	37
3.2 Выбор датчиков.....	38
3.2.1 Выбор датчиков температуры.....	38
3.2.2 Выбор датчиков давления	41
3.2.3 Выбор датчиков содержания кислорода в дымовых газах	42
3.2.4 Выбор датчиков содержания углеводородов в воздухе	43
3.3 Выбор ПЛК	44
3.3.1 Выбор программно-технического комплекса	44
4 Разработка структурной схемы.....	59
5 Разработка принципиальных схем подключения датчиков и исполнительных механизмов.....	61
6 Разработка алгоритмов управления	65
6.1 Алгоритма контроля давления мазута на входе П-101	65
6.2 Алгоритма контроля давления мазута на выходе П-101.....	66
6.3 Алгоритма контроля содержание кислорода в дымовых газах печи.....	67
7 Разработка программ в среде Codesys	69
7.1 Программа контроля давления мазута на входе П-101.....	69
7.2 Контроль давления мазута на выходе печи.....	71
7.3 Контроль содержания кислорода в дымовых газах печи.....	73
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	76

8.1 Анализ конкурентных технических решений	76
8.2 Технология QuaD	77
8.3 SWOT – анализ	79
8.4 Планирование научно-исследовательской работы	80
8.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	80
8.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	82
8.4.3 Разработка графика проведения научного исследования	83
8.4.4 Бюджет научно – технического исследования.....	88
8.5 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	92
8.6 Вывод по разделу	94
9 Социальная ответственность	95
9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	96
9.2 Производственная безопасность.....	97
9.2.1 Анализ вредных факторов.....	98
9.2.2 Анализ опасных факторов.....	102
9.3 Экологическая безопасность.....	103
9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	105
9.5 Вывод по разделу	107
Заключение	108
Приложение А (обязательное) Технологический процесс ректификации нефти.....	109
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема.....	110
Приложение В (обязательное) Структурная схема	111
Приложение Г (обязательное) Блок-схема алгоритма контроля давления мазута на входе П-101.....	112
Приложение Д (обязательное) Блок-схема алгоритма контроля давления мазута на выходе П-101.....	113
Приложение Е (обязательное) Блок-схема алгоритма контроля содержание кислорода в дымовых газах печи.....	114

Список использованных источников	115
--	-----

Введение

Процесс производства энергии является самым распространённым процессом в жизнедеятельности человека. Количество потребляемой человеком энергии определяет его благосостояние и чем выше это потребление, тем комфортнее чувствует себя человек. Данное утверждение не означает, что человек должен безрассудно тратить энергию и при этом достигнет наивысшего благосостояния. Нет. Но при этом снижение потребления энергии приводит к осязаемому снижению повседневного комфорта, к условиям, к которым привык конкретный индивидуум, например:

- понижение температуры жилища;
- понижение температуры горячей воды в кранах квартир;
- понижение качества продуктов в магазинах и столовых;
- и т. д.

Один из способов понижения потребления энергии, внедрение энергосберегающих технологий, то есть технологий, позволяющих повысить коэффициент полезного действия (КПД), или перейти от одного источника энергии к другому. В последнее время очень популярными стали, так называемые, возобновляемые источники энергии:

- солнечная энергия;
- энергия ветра;
- энергия морских приливов;
- и т.д.

Эти источники используются давно, но они никогда не были определяющими для любого государства. Их недостаток заключается в сезонности, непостоянстве, низком КПД.

В последнее время по ряду причин экологического характера развёрнуто мощное наступление на традиционные источники энергии, такие как уголь, нефть, газ, торф, атомная энергия и т.д. Многие страны Западной Европы делают исторические заявления об отказе от этих источников

энергии, но потом вдруг понимают абсурдность этих заявлений, делают шаги назад.

Использование возобновляемых источников энергии требует развития технологий преобразования, накопления и передачи этой энергии. И эти технологии далеко не всегда являются экологичными. Например, процесс производства поликристаллического кремния, который используется для производства солнечных батарей, не является экологически чистым.

Процесс перехода на возобновляемые источники энергии должен быть постепенным и естественным. Немедленный отказ от любого традиционного источника энергии вызовет непоправимые процессы в жизни людей. Поэтому совершенствование технологий производства традиционных источников энергии является актуальной задачей на десятки лет вперед.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является модернизация системы управления печью нагрева нефти.

В рамках настоящей работы необходимо решить следующие задачи:

- определить место и важность объекта в технологическом процессе;
- провести анализ объекта автоматизации;
- сформулировать перечень задач автоматизации;
- провести выбор средств автоматизации;
- разработать алгоритмы управления и защиты объекта автоматизации.

1 Технология производства нефтепродуктов

1.1 Стадии переработки нефти

Идея переработки нефти в нефтепродукты методом высокотемпературной перегонки, предложенная в 1891 году русскими учеными С. П. Гавриловым и В. Г. Шуховым, насчитывает более 130 лет. Высокотемпературная перегонка, или по-другому, крекинг – разделение нефти путем нагрева на фракции, отличающиеся температурой кипения. Фракция - это некая смесь углеводородов, характеризующаяся относительно одинаковой температурой кипения.

Переработка нефти включает несколько стадий, которые могут быть объединены в единый технологический процесс, а также могут существовать отдельно, как обособленные установки.

Стадии переработки:

- подготовительная;
- атмосферная перегонка;
- вакуумная перегонка.

Подготовительная стадия

Стадия включает обессоливание и обезвоживание нефти. Наличие примесей в виде солей и воды крайне негативно сказывается на эксплуатации технологического оборудования, в котором идёт переработка нефти. Солевые отложения на поверхностях контактирующих с нефтью частей оборудования и коррозия, особенно при высоких температурах, приводят к быстрому износу оборудования и низкому качеству конечного продукта. Для решения этой проблемы нефть умышленно смешивают с водой, в которой специальными техническими методами растворяют соли, содержащиеся в нефти, а затем отделяют нефть от солёной воды.

Атмосферная перегонка нефти

Нефть, очищенная от воды и солей, поступает на атмосферную перегонку. Процесс разделения нефти на фракции, выполняющийся

многократным испарением и конденсацией паров, проходит при нормальном атмосферном давлении. Именно поэтому для этого процесса используется термин «атмосферная перегонка» (по-другому ректификация) [1].

В результате ректификации из нефти выделяют фракцию светлых нефтепродуктов, температура кипения которых не более 350 °С.

Ректификация выполняется в специальных колоннах, которые называются ректификационными. Колонна представляет собой вертикальную трубу, в которой установлены тарелки со специальными отверстиями, накрытыми барботажными колпачками. Размеры колонны (диаметр и высота) определяют производительность установки и могут достигать внушительных размеров (до 8 метров в диаметре и 80 метров высотой). На рисунке 1 представлен фрагмент ректификационной колонны.

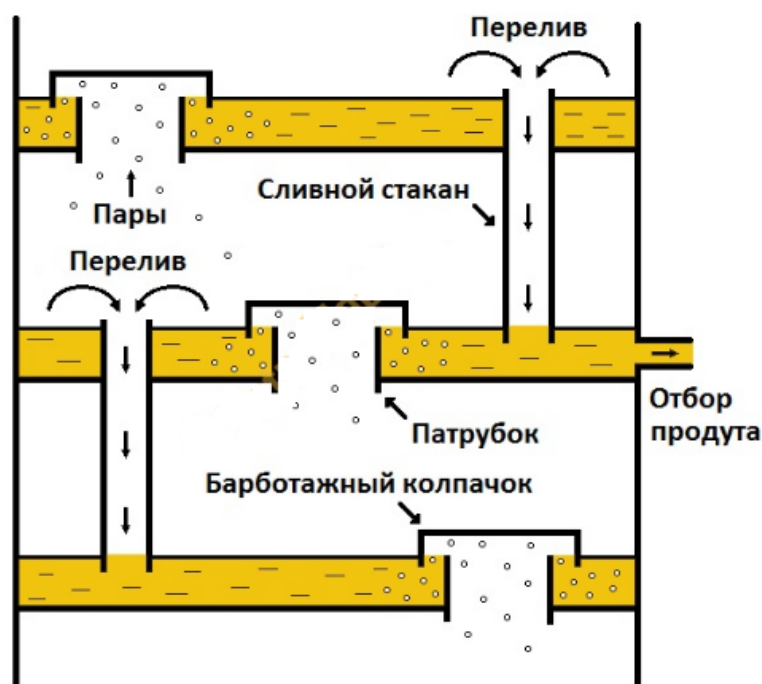


Рисунок 1 – Фрагмент ректификационной колонны

Обессоленная и обезвоженная нефть нагревается в специальных печах до температуры 360 ... 380 °С и превращается в газожидкостную смесь. Газовую часть составляют продукты, температура кипения которых ниже

температуры нагрева, а жидкость – продукты, температура кипения которых выше температуры нагрева.

Образовавшаяся при нагреве газожидкостная смесь подаётся в нижнюю часть ректификационной колонны. Легкие углеводороды, составляющие основную часть газовой фазы, поднимаются вверх колонны, а жидкая часть опускается на дно колонны (кубовую часть). Поднимаясь вверх, пары углеводородов конденсируются на тарелках в зависимости от температуры кипения. Чем ниже температура кипения продукта, тем выше он поднимется. На каждой тарелке скапливается слой жидкости размером до 10 сантиметров.

При выходе колонны на режим (тарелки заполнены сконденсировавшимися углеводородами) углеводородам, находящимся в газовой фазе приходится преодолевать тарелки через отверстия, накрытыми барботажными колпачками. Барботируясь через слой жидкости, часть углеводородов, теряя тепло, конденсируются, а часть поднимаются к следующим тарелкам. Тарелки имеют сливной патрубок, благодаря которому избыток жидкости переливается на нижнюю тарелку. Таким образом, происходит разделение нефти на фракции с различной температурой кипения, в чём и заключается смысл ректификации.

Отдельные фракции скапливаются на определённой высоте ректификационной колонны и отводятся через боковой отбор (смотри рисунок 1). Чем выше отбор, тем ниже температура кипения. Таким образом можно регулировать температуру кипения в зависимости от поставленных задач.

На рисунке 2 представлены температуры кипения различных промышленных фракций нефти.



Рисунок 2 – Температуры кипения различных фракций нефти

Для более эффективной ректификации, позволяющей увеличить отдачу, используют различные технологические приёмы. Наиболее распространёнными являются повторное испарение и орошение.

На рисунке 3 схематично представлены эти приёмы.

Смысл технологического приёма «орошение» заключается в снижении количества тяжёлых углеводородов, попадающих в верхние тарелки колонны. Для этого не сконденсировавшуюся газовую фазу направляют в холодильник, а после конденсации возвращают на нижнюю тарелку. Сконденсировавшиеся тяжёлые углеводороды попадают в куб колонны, а лёгкие снова поднимаются в верхнюю часть.

Технологический приём «повторное испарение», в отличие от предыдущего, направлен на снижение количества лёгких углеводородов, попавших в кубовую часть колонны. Для этого кубовый продукт направляют в подогреватель, а вновь образовавшаяся газовая часть возвращается в ректификационную колонну.

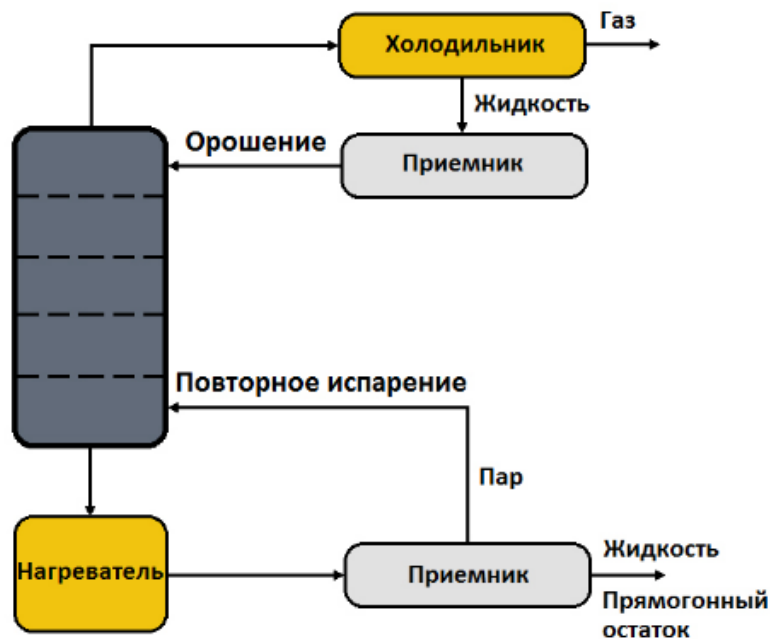


Рисунок 3 – Повторное испарение и орошение

Принципиально важным вопросом для выделения фракции из состава смеси являются её физические свойства, именно температура начала кипения, температура при которой начинается отделение фракции, и температура окончания выкипания, температура, при которой фракция полностью испарилась. На практике температура выкипания одной фракции пересекается с температурой начала кипения следующей фракции (см. рисунок 4). Такое пересечение называется «хвостом» и очень плохо влияет на качество продукта.

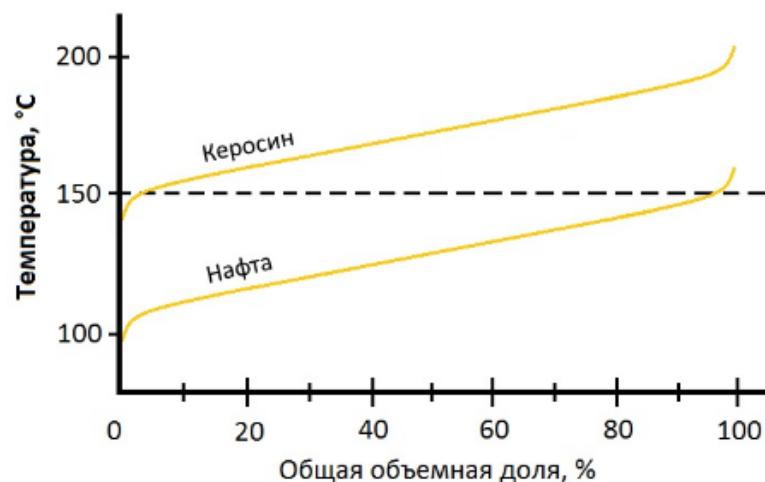


Рисунок 4 – «Хвост» фракции

Поэтому технологические режимы ректификации ориентируются не на какую-либо установленную границу кипения, не диапазон, как показано на рисунке 4, а конкретное значение, а технологические приёмы «повторное испарение» и «орошение» позволяют стабилизировать температуры кипения отдельных фракций и существенно повысить качество получаемого продукта.

1.2 Описание технологического процесса

Технологический процесс ректификации нефти представлен на рисунке 5.

Сырьё, сырая «подготовленная» нефть, по трубопроводу поступает на установку в промежуточную ёмкость поз. Е-101 из товарно-сырьевого парка. Насосами поз. Н-100/1,2 через теплообменник поз. Т-139/1 нефть подается в подогреватели поз. П-101 и поз. П-102.

Технологическая схема позволяет использовать тепло потоков нефтепродуктов, получаемых на установке, для предварительного нагрева нефти, что снижает тепловую нагрузку на подогреватель. Непосредственно для подогрева нефти используется мазут, который конденсируется в кубе колонны К-101 и прежде чем попасть в товарно-сырьевой парк подогревает сырую нефть, подаваемую на установку.

После теплообменника поз. Т-139/1 подогретая нефть подается в конвекционную зону, а затем в радиантную зону печей поз. П-101, поз. П-102 для дальнейшего нагрева и частичного испарения. Печи работают параллельно. Дальнейший нагрев и частичное испарение нефти происходит за счет тепла, получаемого при сжигании мазута, который собирается в кубе колонны поз. К-101 и частично подаётся к горелкам печей.

После печей разогретая до температуры 340 ... 360 °С парожидкостная смесь подаётся в нижнюю часть ректификационной колонны поз. К-101. Лёгкие углеводороды, находящиеся в газообразном состоянии поднимаются вверх колонны, а тяжелые, находившиеся как в жидком состоянии, так и в газообразном состоянии после конденсации на тарелках колонны опускаются в куб колонны. Углеводороды, собравшиеся в кубовой части колонны поз. К-101 называются мазутом. Мазут является конечным продуктом переработки и после частичного охлаждения в теплообменнике поз. Т-139/1 перекачивается насосами поз. Н-102/1,2 в ТСП.

После печей разогретая до температуры 340 ... 360 °С парожидкостная смесь подаётся в нижнюю часть ректификационной колонны поз. К-101. Лёгкие углеводороды, находящиеся в газообразном состоянии поднимаются вверх колонны, а тяжелые, находившиеся как в жидком состоянии, так и в газообразном состоянии после конденсации на тарелках колонны опускаются в куб колонны. Углеводороды, собравшиеся в кубовой части колонны поз. К-101 называются мазутом. Мазут является конечным продуктом переработки и после частичного охлаждения в теплообменнике поз. Т-139/1 перекачивается насосами поз. Н-102/1,2 в ТСП.

Лёгкие углеводороды поднимаются вверх колонны и по трубопроводу попадают в колонну К-102, где конденсируются на тарелках и стекают в куб колонны поз. К-102. Эта фракция называется дизельное топливо. Дизельное топливо, как и мазут, является конечным продуктом. Насосами поз. Н-103/1,2 дизельное топливо перекачивается в ТСП. Часть потока подаётся в колонну поз. К-101 через боковой отвод для орошения.

Пары углеводородов, не сконденсировавшиеся в колонне поз. К-102, через агрегат воздушного охлаждения АВО поз. Т-105/5 подаются в емкость-сепаратор Е-103/1, где конденсируются за счет существенного понижения температуры. Не сконденсировавшиеся газы из емкости-сепаратора поз. Е-103/1 через регулирующий давление клапан поступают на сжигание в факел. Сконденсировавшаяся в ёмкости поз. Е-103/1 фракция называется

прямогонным бензином. Часть прямогонного бензина насосами поз. Н-104/1,2 подается на орошение колонны поз. К-102, а избыток отправляется в товарно-сырьевой парк.

2 Анализ объекта управления

Анализ объекта управления включает анализ существующей системы управления, а также требуемый перечень функций и задач управления.

2.1 Функциональная схема автоматизации печи нагрева нефти

На рисунке 6 представлена функциональная схема автоматизации печи нагрева нефти. Печь предназначена для нагрева нефти до температуры 320 ... 340 °С. При этой температуре практически все фракции лёгких углеводородов, за исключением мазута, переходят в газообразное состояние. Процесс нагрева является крайне опасным и требует особого внимания со стороны системы управления и оператора. Процесс нагрева нефти сопровождается различными физическими явлениями, которые отрицательно влияют как на производительность, так и безопасность. Основная задача системы управления заключается в распознавании таких ситуаций, сигнализации об их наступлении, включении аварийных алгоритмов, позволяющих перевести печь в безопасное состояние.

Печь П-101 снабжена рядом блокировок и защит, обеспечивающих безопасность технологического процесса в аварийных ситуациях. Наиболее характерными аварийными ситуациями являются прогорание и закосовывание трубчатого змеевика печи. Процесс закосовывания связан с отложением солей, растворённых в нефти, на стенках змеевика. Этот процесс достаточно длительный и может быть обнаружен при внимательном анализе параметров процесса.

Признаками прогорания змеевика является одновременное наступление следующих событий:

- падение давления на входе сырья;
- повышение температуры дымовых газов и
- повышение содержания кислорода в отходящих дымовых газах.

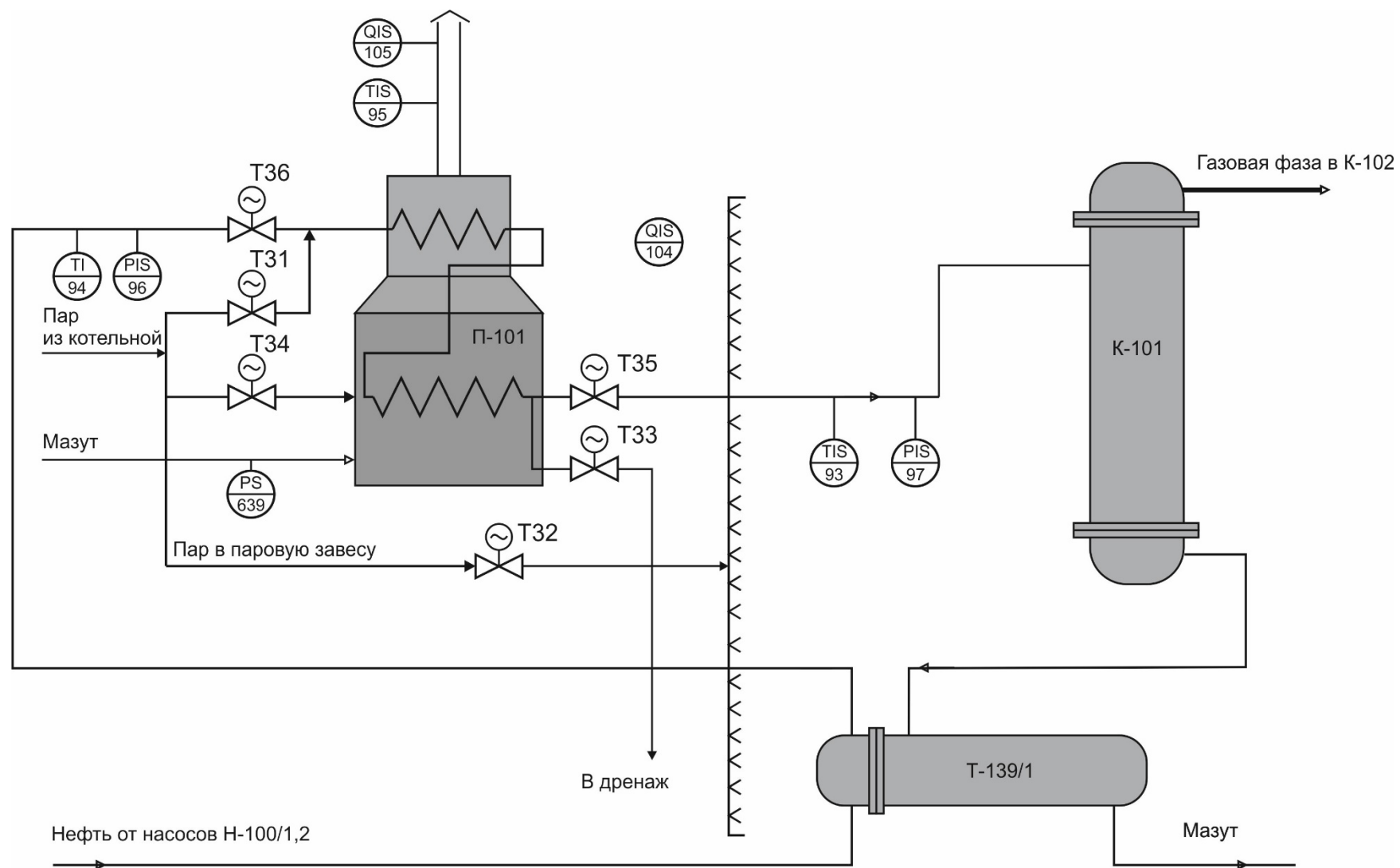


Рисунок 6 – Функциональная схема автоматизации печи нагрева нефти

Основным признаками закосовывания змеевика является одновременное наступление следующих событий:

- повышение давления нефти на входе;
- понижение давления нефти на выходе.

Для всех этих случаев действия по остановке печи должны быть одинаковыми.

2.2 Анализ задач системы управления

В настоящее время все задачи управления и защиты решаются в ручном режиме, за исключением измерения технологических параметров, и не удовлетворяют требованиям безопасности.

Датчики и исполнительные механизмы объекта автоматизации требуют замены в связи с моральным и физическим износом. Срок эксплуатации некоторых датчиков и исполнительных механизмов превышает срок, установленный заводом изготовителем и в соответствии с [2] требует немедленной замены или продления сроков службы.

Кроме датчиков и исполнительных механизмов, представленных на функциональной схеме (рисунок 6) печь нагрева нефти снабжена горелкой, которая имеет комплектную автономную систему управления, включающую:

- клапан подачи топлива (мазут/нефть);
- другие элементы, позволяющие управлять режимами работы горелки.

Клапан подачи топлива имеет возможность внешнего управления, что используется для останова печи в случае закрытия клапана.

На основании Регламента технологической установки [3] выявлены причинно-следственные связи между состоянием объекта автоматизации и действиями системы управления, которые положены в основу разработки алгоритмов управления и защиты.

Задачи системы управления:

- останов печи;
- управление задвижками;
- сигнализация предельных отклонений;
- подача пара в змеевики и топочное пространство печи;
- включение паровой завесы.

Все измеряемые сигналы и сигналы управления приведены в таблицах 1 ... 3.

В таблице 1 приведён перечень входных непрерывных сигналов, формируемых аналоговыми датчиками. К таким сигналам относятся следующие измерения:

- температуры;
- давления;
- содержания кислорода в дымовых газах;
- содержание углеводородов в воздухе.

Для каждого сигнала в таблице приведено:

- позиционное обозначение;
- диапазон и единицы измерения;
- уставки сигнализации и защиты;
- действия системы при наступлении аварийной ситуации.

В таблице 2 приведён перечень входных дискретных сигналов, которые формируются технологическими датчиками.

В таблице 3 приведён перечень выходных дискретных сигналов управления.

Для каждого сигнала в таблице приведено:

- позиционное обозначение;
- тип сигнала – «сухой контакт»;
- условия формирования сигнала.

Таблица 1 – Перечень входных аналоговых сигналов

№	Наименование параметра	Позиция	Диапазон	Ед. изм.	Предаварийная сигнализация, уровень параметра		Блокировка, уровень параметра		Операции по отключению, включению, переключению и другому воздействию
					мин	мах	мин	мах	
1	Давление нефти на входе П-101	PIS 96	0-10,0	кгс/см ²	1,0	6,0	0,8		1. Отключить горелку (закрыть клапан на подаче топлива) 2. Закрыть задвижку на входе Т36э и выходе Т35э. 3. Открыть задвижку Т31э «Пар в змеевик».
2	Температура нефти на входе П-101	TI 94	0-400	~С	280	330		335	Световая и звуковая сигнализация
3	Давление нефти на выходе П-101	PIS 97	0-1,0	кгс/см ²	0,2		0,15		1. Отключить горелку (закрыть клапан на подаче топлива). 2. Отключить насос Н-100/1,2 3. Закрыть задвижку на входе Т36э и выходе Т35э. 4. Открыть задвижку Т31э «Пар в

№	Наименование параметра	Позиция	Диапазон	Ед. изм.	Предаварийная сигнализация, уровень параметра		Блокировка, уровень параметра		Операции по отключению, включению, переключению и другому воздействию
					мин	мах	мин	мах	
									змеевик».
									5. Открыть задвижку Т33э в дренажную ёмкость.
4	Температура нефти на выходе П-101	TIS 93	0-1000	~С	280	330		360	1. Отключить горелку (закрыть клапан на подаче топлива). 2. Отключить насос Н-100/1,2 через 60 сек. Если температура продолжает расти 3. Закрыть задвижку на входе Т36э и выходе Т35э. 4. Открыть задвижку Т31э «Пар в змеевик». 5. Открыть задвижку Т33э в дренажную ёмкость.
5	Температура дымовых газов П-101	TIS 95	0-1000	~С	360	480		550	1. Отключить горелку, (закрыть клапан на подаче топлива).

№	Наименование параметра	Позиция	Диапазон	Ед. изм.	Предаварийная сигнализация, уровень параметра		Блокировка, уровень параметра		Операции по отключению, включению, переключению и другому воздействию
					мин	мах	мин	мах	
									2. Закрыть задвижку на входе Т36э и выходе Т35э. 3. Открыть задвижку Т31э «Пар в змеевик». 4. Открыть задвижку Т33э в дренажную ёмкость. 5. Открыть задвижку Т34э «Пар в топку» через 60 сек. (если температура продолжает расти).
6	Загазованность со стороны УМТ-2	QIS 104	0...100	%		20		50	1. Открыть задвижку Т32э «Пар в паровую завесу»
7	Содержание кислорода в дымовых газах П-101	QIS 105	0 ... 100	%				1,0	1. Отключить горелку, (закрыть клапан на подаче топлива). 2. Отключить насос Н-100/1,2. 3. Открыть задвижку

№	Наименование параметра	Позиция	Диапазон	Ед. изм.	Предаварийная сигнализация, уровень параметра		Блокировка, уровень параметра		Операции по отключению, включению, переключению и другому воздействию
					мин	мах	мин	мах	
									Т31э «Пар в змеевик». 4. Открыть задвижку Т34э «Пар в топку» через 60 сек. (если температура растёт). 5. Открыть задвижку Т33э в дренажную ёмкость.

Таблица 2 – Перечень входных дискретных сигналов

№	Наименование параметра	Позиция	Диапазон	Ед. изм.	Предаварийная сигнализация, уровень параметра		Блокировка, уровень параметра		Операции по отключению, включению, переключению и другому воздействию
					мин	мах	мин	мах	
1	Давление топлива на входе П-101	РА 639	0...6,3	кгс/см ²			0,3		1. Отключить горелку

Таблица 3 – Перечень выходных дискретных сигналов

№	Наименование параметра	Позиция	Тип сигнала	Условия применения
1	Отключить горелку печи П-101 (закрыть клапан подачи топлива)	GS 101	Сухой контакт	- давление мазута на входе П-101 $< 0,8 \text{ кгс/см}^2$; - давление мазута на выходе П-101 $< 0,15 \text{ кгс/см}^2$; - температура мазута на выходе П-101 $> 360 \text{ }^\circ\text{C}$; - температура дымовых газов П-101 $> 550 \text{ }^\circ\text{C}$; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 $> 1 \text{ } \%$; - давление топлива на входе П-101 $< 0,3 \text{ кгс/см}^2$;
2	Отключить насос Н-100/1	HS 100-1	Сухой контакт	- давление мазута на выходе П-101 $< 0,15 \text{ кгс/см}^2$; - температура мазута на выходе П-101 $> 360 \text{ }^\circ\text{C}$; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 $> 1 \text{ } \%$.
3	Отключить насос Н-100/2	HS 100-2	Сухой контакт	- давление мазута на выходе П-101 $< 0,15 \text{ кгс/см}^2$; - температура мазута на выходе П-101 $> 360 \text{ }^\circ\text{C}$; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 $> 1 \text{ } \%$.
4	Открыть задвижку Т31 (пар в змеевик)	TS 31-1	Сухой контакт	- давление мазута на входе П-101 $< 0,8 \text{ кгс/см}^2$; - давление мазута на выходе П-101 $< 0,15 \text{ кгс/см}^2$; - температура мазута на выходе П-101 $> 360 \text{ }^\circ\text{C}$; - температура дымовых газов П-101 $> 550 \text{ }^\circ\text{C}$; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 $> 1 \text{ } \%$.
5	Открыть задвижку Т32 (пар в паровую завесу)	TS 32-1	Сухой контакт	- загазованность со стороны УМТ-2 $> 50 \text{ } \%$;
6	Открыть задвижку Т33 (в дренаж)	TS 33-1	Сухой контакт	- давление мазута на выходе П-101 $< 0,15 \text{ кгс/см}^2$; - температура мазута на выходе П-101 $> 360 \text{ }^\circ\text{C}$; - температура дымовых газов П-101 $> 550 \text{ }^\circ\text{C}$; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 $> 1 \text{ } \%$.
7	Открыть задвижку Т34	TS 34-1	Сухой контакт	- температура дымовых газов П-101 $> 550 \text{ }^\circ\text{C}$;

№	Наименование параметра	Позиция	Тип сигнала	Условия применения
	(пар в топку печи)			- содержание кислорода в дымовых газах П-101 > 1 %.
8	Заккрыть задвижку Т35	TS 35-1	Сухой контакт	- давление мазута на входе П-101 < 0,8 кгс/см²; - давление мазута на выходе П-101 < 0,15 кгс/см²; - температура мазута на выходе П-101 > 360 °С; - температура дымовых газов П-101 > 550 °С; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 > 1 %.
9	Заккрыть задвижку Т36	TS 36-1	Сухой контакт	- давление мазута на входе П-101 < 0,8 кгс/см²; - давление мазута на выходе П-101 < 0,15 кгс/см²; - температура мазута на выходе П-101 > 360 °С; - температура дымовых газов П-101 > 550 °С; - содержание кислорода в дымовых газах П-101 > 1 %.
10	Световая сигнализация	S10	Сухой контакт	
11	Звуковая сигнализация	S11	Сухой контакт	
12	Квитирование звуковой сигнализации	S12	Сухой контакт	

В соответствии с проведённым анализом информационная мощность системы может быть оценена количеством входных/выходных, аналоговых /дискретных сигналов (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Информационная мощность системы автоматизации

№	Наименование сигнала	Количество	Характеристика
1	Входные аналоговые	5	4 ... 20 мА
2	Входные дискретные	3	«сухой» контакт
3	Выходные аналоговые	0	
4	Выходные дискретные	12	«сухой» контакт

3 Выбор технических средств

В рамках настоящей работы производится модернизация контрольно-измерительных приборов и программируемых контроллеров. Модернизация исполнительных механизмов (насосов и задвижек) не планируется. Управление выполняется включением «сухого» контакта из системы автоматизации в электрическую схему управления соответствующего насоса или задвижки.

Для обеспечения безопасной эксплуатации автоматизируемого объекта, в соответствии с требованиями документов [4, 5, 6] к средствам автоматизации предъявляется ряд требований, которые должны быть решены при выборе оборудования. Одно из основных требований – взрывозащита.

3.1 Взрывозащита

Для средств автоматизации используются следующие виды взрывозащиты:

- i - искробезопасная электрическая цепь;
- d - взрывонеприцаемая оболочка.

Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» используется при производстве различных датчиков давления, температуры и т.д. и исполнительных механизмов.

Датчики и исполнительные механизмы, устанавливаемые на технологическое оборудование, в соответствии с этим видом взрывозащиты имеют маркировку 0(1,2)ExiІІТ4(5,6). Электропитание этих датчиков выполняется от группового источника питания, но через индивидуальные устройства - барьеры, обеспечивающие ограничение тока через датчики на уровне, исключающем образование искры и возгорания в результате нагрева.

Вид взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» так же используется при производстве различных датчиков и исполнительных механизмов.

Для взрывозащиты вида d характерен усиленный корпус, наличие прокладок, уплотнителей и т. д. Основное назначение такой конструкции - не допустить распространение пламени, возникшего внутри оболочки, наружу, где возможно наличие взрывоопасной смеси.

Отсутствие барьеров во втором варианте делает систему немного дешевле, но этот выигрыш компенсируется стоимостью датчика, который в исполнении «взрывонепроницаемая оболочка» дороже датчика в исполнении «искробезопасная электрическая цепь».

3.2 Выбор датчиков

3.2.1 Выбор датчиков температуры

Максимальная температура измеряемых сред изменяется от 335 °С для нефти на входе печи, до 550 °С для дымовых газов. С целью унификации для всех точек измерения выбираются однотипные термопары позволяющая измерять указанные температуры контактным способом.

В результате проведённого анализа производителей датчиков температуры сделан выбор в пользу Метран-288-Exd с видом взрывозащиты d – взрывонепроницаемая оболочка и встроенным в корпус соединительной головки преобразователем 4... 20 мА.

Метран-288-Exd термопара ТНН (нихросил - нисил), тип градуировки N, Позволяющая измерять температуры до 1200 °С контактным способом.

Внешний вид датчика температуры Метран-288-Exd представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид датчика Метран-288-Exd

Подключение датчика температуры к технологическому процессу выполняется через специальное закладное устройство, которое устанавливается в месте измерения температуры. Присоединение устройства к процессу (трубопроводу, технологическому аппарату) выполняется сваркой.

Устройство называется бобышка. Внешний вид бобышки представлен на рисунке 8.

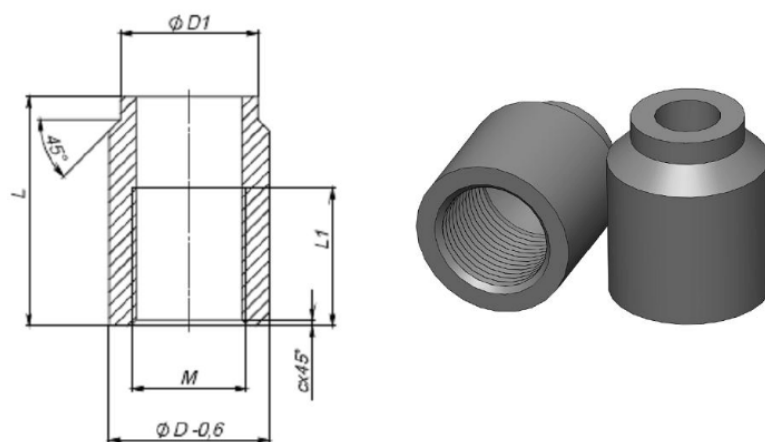


Рисунок 8 – Закладное устройство – Бобышка M20x1,5

M20 – тип резьбы и размер (метрическая, 20 мм); 1,5 – шаг резьбы 1,5 мм

В бобышку устанавливается защитный термокарман (гильза). Термокарман (рисунок 9) обеспечивает защиту датчика температуры от механического воздействия со стороны среды и герметичность процесса. Наличие термокармана позволяет менять датчик температуры без нарушения герметичности процесса.



Рисунок 9 –внешний вид термокармана

Внутренняя резьба термокармана такая же, как у бобышки M20x1,5. Внешняя резьба такая как у датчика температуры, в нашем случае выбрана также резьба M20x1,5.

Для установки датчиков температуры на трубопроводы Ду100 (вход и выход печи) выбраны следующий датчик:

Метран – 288 – Exd – 100 – (–50...1200)°C – У1.1 – ГП,

где Exd – вид взрывозащиты;

100 – длина монтажной части;

–50...1200 – диапазон измеряемых температур;

У1.1 – климатическое исполнение (–50 ... 85 °C);

ГП – государственная поверка.

Для измерения температуры дымовых газов используется такой же датчик с длиной монтажной части 250 мм.

3.2.2 Выбор датчиков давления

Для измерения давления нефти на входе и выходе печи используется преобразователь избыточного давления Rosemount 3051CG. Внешний вид преобразователя представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Внешний вид преобразователь избыточного давления
Rosemount 3051CG

Для измерения давления в датчиках Rosemount 3051CG используется технология пьезорезисторных сенсоров [7]. Пьезорезисторный сенсор представляет собой устройство, которое преобразует деформацию определенных полупроводниковых материалов, напылённых на мембрану, в изменение их изменения удельного сопротивления, которое является мерой давления.

Для измерения давления выбран преобразователь избыточного давления Rosemount 3051CG в стандартном исполнении. Диапазон измеряемых давлений от -0,97 до 20,7 бар [7].

Для присоединения преобразователя к технологическому процессу используется клапанный блок (см. рисунок 11), который обеспечивает герметичность и безопасность процесса при работе с преобразователем, а также при снятии преобразователя.

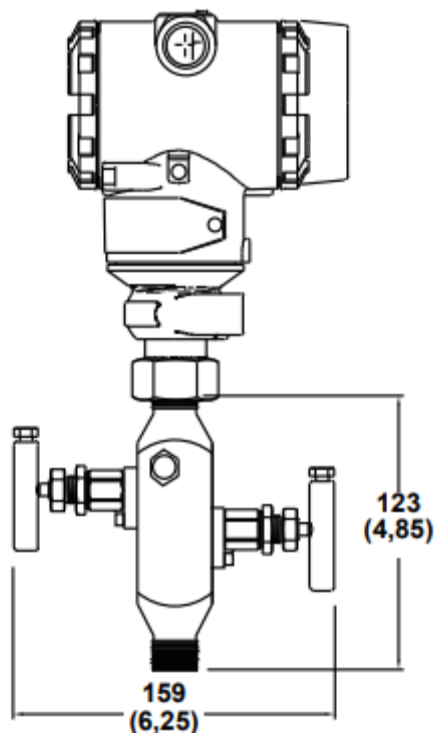


Рисунок 11 - Преобразователь Rosemount 3051CG в сборе с клапанным блоком

Тип резьбы клапанного блока выбирается в зависимости от закладного устройства с одной стороны и от преобразователя давления с другой стороны. И в том, и в другом случае выбрана резьба М20х1,5.

3.2.3 Выбор датчиков содержания кислорода в дымовых газах

Для непрерывного контроля концентрации кислорода в дымовых газах выбран датчик – газоанализатор ДАМ-О₂, внешний вид которого представлен на рисунке 12.

Принцип измерения концентрации термомагнитный, основан на парамагнитных свойствах кислорода и изменении их в зависимости от температуры [8].

По реакции на магнитное поле газы бывают:

- парамагнитные (втягиваются в магнитное поле);
- диамагнитные (выталкиваются из магнитного поля).

Кислород в нормальных условиях относится к сильнейшим парамагнетикам, в зависимости от изменения температуры его парамагнитные свойства уменьшаются.



Рисунок 12 – Внешний вид датчик – газоанализатор ДАМ-О2

Основные технические характеристики датчика представлены в [8]. Выходной сигнал 4 ...20 мА, маркировка по взрывозащите 1Exd[ib]IIC6X (взрывонепроницаемая оболочка).

3.2.4 Выбор датчиков содержания углеводородов в воздухе

Для контроля состояния воздушной среды открытой площадки между печью и установкой по производству моторных топлив (УМТ) используется стационарный инфракрасный датчик – газоанализатор ДАК-СН4. Прибор предназначен для непрерывного автоматического измерения углеводородов в воздушной среде.

Прибор измеряет ряд компонентов, в том числе СН₄; С₆Н₆; С₇Н₈; СН₃-С(О)-СН₃; С₂Н₄; топливо дизельное по ГОСТ 305-82; газ природный по ГОСТ 5542-87.

Принцип действия газоанализатора инфракрасный оптико-абсорбционный. Работа инфракрасных газоанализаторов основана на способности поглощения некоторыми сложными газами, в том числе углеводородами, инфракрасных лучей определённой длины. Степень поглощения прямо связана с концентрацией газа в смеси. Вследствие поглощения этой энергии газовая смесь нагревается, и эти возникающие температурные колебания преобразуются в электрический сигнал с помощью оптико-абсорбционный датчика.

Внешний вид газоанализатора представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Внешний вид датчика – газоанализатора ДАК-СН4

Датчик имеет маркировку по взрывозащите 1ExdIIBT4 (взрывозащищенная оболочка) и диапазон рабочих температур -60 ... 60 °С, что соответствует условиям применения датчика.

3.3 Выбор ПЛК

3.3.1 Выбор программно-технического комплекса

Выбор программно-технического комплекса (ПТК) определяет всю структуру системы автоматизации и является самой важной её частью.

В связи с сложившейся на рынке продаж электронной техники и компонентов автоматизированных систем в выпускной работе рассмотрены только ПТК, выпускаемые в России.

В качестве таких ПТК рассмотрены продукты компании ОВЕН (Россия):

- ПЛК100/150/154;
- ПЛК 200/210.

ПЛК100/150/154 компании ОВЕН (Россия)

Серия моноблочных контроллеров ПЛК100/150/154 рассчитана на построение малых и средних систем автоматизации. Непосредственно в процессорный модуль интегрированы аналоговые и дискретные, входные и выходные сигналы. В таблице 5 представлены сравнительные характеристики моделей контроллеров ПЛК100, ПЛК150 и ПЛК154. Для увеличения информационной мощности используются модули расширения, подключаемые к процессорному модулю по интерфейсу RS485. Программирование выполняется в среде CoDeSys V2.3.

Таблица 5 – Сравнительные характеристики моделей ПЛК100, ПЛК150 и ПЛК154

Параметр	ПЛК100	ПЛК150	ПЛК154
Дискретные входы	8	6	4
Дискретные выходы	ПЛК100-24/220.Р: 6 э/м реле ПЛК100-24.К: 12 транзистор- ных выходов	4 э/м реле	4 э/м реле
Аналоговые входы	-	4	4
Аналоговые выходы	-	2	4
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-232 Debug RS-485 USB 2.0-Device	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485
Напряжение питания	ПЛК100-24: =18...29 В ПЛК100-220: ~90...264 В 47...63 Гц	~90...264 В 47...63 Гц	~90...264 В 47...63 Гц

Достоинства ПТК на базе ПЛК100/150/154:

- удачно вписывается в концепцию импортозамещения;
- низкая стоимость;
- использование универсальной, широко распространённой среды программирования CODESYS V2.3;
- малые сроки поставки;

- развитая сеть технических центров обслуживания и дилерских центров.

Недостатки ПТК на базе ПЛК100/150/154:

- низкая надёжность ПТК, в том числе из-за использования интерфейса RS-485 для связи с модулями ввода/вывода;
- низкая степень интеграции модулей ввода/вывода;
- небольшой объём памяти программ.

ПЛК 200/210 компании ОВЕН (Россия);

Программируемый логический контроллер ПЛК200 новый в линейке моноблочных контроллеров для малых и средних систем автоматизации. Как и в предыдущем случае в ПЛК встроены дискретные и аналоговые входы/выходы (DI/DO/AI/AO).

В отличие от предыдущей серии контроллеров в ПЛК200 представлен широкий спектр коммуникационных протоколов.

Контроллер программируется в среде CODESYS V3.5. Для увеличения информационной мощности контроллера используются модули ввода/вывода Mx210 с интерфейсом Ethernet компании ОВЕН.

В таблице 6 приведены сравнительные характеристики контроллеров ПЛК200 и ПЛК100/150/154. Даже поверхностный анализ показывает неоспоримое превосходство 200-й серии.

Недостатком ПЛК200 является отсутствие какой-либо информации о его надёжности.

Таблица 6 – Сравнительная характеристики ПЛК200 и ПЛК100/150/154

Параметр	ПЛК200	ПЛК100/150/154
Ресурсы		
Процессор	RISC-процессор ARM® Cortex-A8, 800 МГц	RISC-процессор ARM920T, 200 МГц
Объем оперативной памяти	256 Мбайт	8 Мб
Объем флеш-памяти	512 Мбайт	4 Мб
Объем Retain-памяти	64 Кбайт	16 Кбайт
Интерфейсы		
Интерфейсы связи	2 × Ethernet, 1 × RS-485, USB Device	1 × Ethernet, 1 × RS-485, 1 × RS-232 Debug, 1 × RS-232*, USB Device*
Коммуникационные протоколы	Modbus TCP / RTU / ASCII, OPC UA (Server), MQTT (Client), SNMP, OBEH, тепло-, электросчетчики	Modbus TCP / RTU / ASCII, OBEH
Прикладные протоколы	NTP, FTP, SSH, HTTP / HTTPS, SMTP / IMAP, WireGuard	-
Общие сведения		
Среда программирования	CODESYS V3.5	CODESYS V2.3
Поддержка Web-визуализации	+	-
Напряжение питания	24 В	24 В*, 220 В

Параметр	ПЛК200	ПЛК100/150/154
Количество входов/выходов	до 28 шт.	до 20 шт.
Подключение энкодеров	4 AB или 2 ABZ	-
Подключаемые накопители	microSD	-
Габаритные размеры (Ш×В×Г)	82×124×83 мм	105×90×65 мм

Таким образом, в результате анализа принято решение об использовании ПТК на базе ПЛК200 для модернизации системы управления печи нагрева нефти.

Процессорный модуль

Программно-технический комплекс на базе ПЛК200 компании ОВЕН предназначен для небольших систем автоматизации. Процессорный модуль имеет встроенные каналы ввода/вывода и различные коммуникационные протоколы.

Внешний вид процессорного модуля ПЛК200 представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Внешний вид процессорного модуля ПЛК200

Основные преимущества ПЛК

1. Высокая производительность

Процессор ARM® Cortex-A8 с частотой 800 МГц.

Большой объем памяти:

- ROM 512 Мбайт (NAND);
- RAM 256 Мбайт (DDR3);
- RETAIN 64 Кбайт (MRAM).

Операционная система Linux с RT-патчем.

Поддержка быстрых входов/выходов до 95 кГц на выделенном PRU.

2. Эргономичный корпус

Крепление на DIN-рейку или на стену.

Съемные клеммники с невыпадающими винтами.

Удобная система укладки кабеля.

Тумблер Старт/Стоп и разъем для MicroSD-карты под крышкой.

3. Коммуникационные возможности

Ethernet дает ряд преимуществ:

- высокая скорость опроса;
- мультимастерность;
- вариативная топология сети.

Поддержка промышленных протоколов Modbus RTU/ASCII/TCP, OPC UA (Server), MQTT (client), SNMP (Manager/Agent).

Поддержка протоколов тепло- и электросчетчиков, возможность реализации нестандартных протоколов.

Поддержка GSM/GPRS-модемов.

Поддержка прикладных протоколов NTP, FTP, FTPS, HTTP, HTTPS, SSH, SMTP/IMAP/POP3, OpenVPN, WireGuard

Возможность подключения к СУБД MySQL и MsSQL

Встроенный Firewall.

Поддержка Web-визуализации CODESYS.

Web-интерфейс для настройки и диагностики контроллера.

Простое подключение к OwenCloud.

4. Эксплуатация в тяжелых условиях

Расширенный диапазон питающего напряжения: =10...48 В.

Расширенный диапазон температуры окружающей среды: -40...+55 °С.

В зависимости от модификации ПЛК200 имеет различное количество каналов ввода/вывода, интегрированных непосредственно в процессорный модуль. В таблице 7 приведен перечень таких сигналов для различных модификаций ПЛК.

Таблица 7 – Перечень каналов ввода/вывода, интегрированных в процессорный модуль

Модификация ПЛК	AI	DI (FDI)	AO	DO (FDO)
ПЛК200-01-CS	-	8	-	14
ПЛК200-02-CS	-	16	-	8
ПЛК200-03-CS	-	20	-	8
ПЛК200-04-CS	4	8	-	8

Сравнивая таблицу 4 «Информационная мощность системы автоматизации» и таблицу 7 «Перечень каналов ввода/вывода, интегрированных в процессорный модуль» предлагается оптимальная по количеству сигналов микропроцессорная система, состоящая из процессорного модуля ПЛК200-01-CS с подключенным к нему модулем ввода аналоговых сигналов.

В таблице 8 приведены краткие технические характеристики ПЛК200 компании ОВЕН.

Таблица 8 – Краткие технические характеристики ПЛК200

Параметр	Значение (свойства)
Питание	
Напряжение питания	от 10 до 48 В (номинальное 24 В)
Потребляемая мощность, не более - модификация 01 - модификация 02 - модификация 03 - модификация 04	13 Вт 12 Вт 10 Вт 10 Вт
Защита от переплюсовки	Есть
Вычислительные ресурсы	
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM3358, 800 МГц
Объем флеш-памяти (тип памяти)	512 Мбайт (NAND) доступно для хранения файлов и архивов
Объем оперативной памяти (тип памяти)	256 Мбайт (DDR3)
Объем Retain-памяти (тип памяти)	64 Кбайт (MRAM)
Время выполнения пустого цикла (стабилизированное)	3 мс
Интерфейсы связи	
Ethernet 100 Base-T	
Количество портов	2 × Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45)
Поддерживаемые промышленные протоколы*	Modbus-TCP (Master / Slave) OPC UA (Server) MQTT (Client)

Параметр	Значение (свойства)
	SNMP (Manager/Agent)
Поддерживаемые прикладные протоколы*	NTP FTP, FTPS HTTP, HTTPS SSH SMTP/IMAP/POP3 OpenVPN, WireGuard
RS-485	
Количество портов	1
Поддерживаемые протоколы*	Modbus RTU (Master / Slave) Modbus ASCII (Master / Slave) ОБЕИ (Master) Протоколы тепло- и электросчетчиков
Скорость передачи	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с
Подтягивающие резисторы	Есть
USB Device	
Количество портов	1 × micro USB (RNDIS)
Поддерживаемые протоколы	CODESYS Gateway FTP SSH HTTP HTTPS
Подключаемые накопители	
SD	
Количество разъёмов	1
Поддерживаемые устройства	microSD

Параметр	Значение (свойства)
Максимальная ёмкость	4 ГБ (microSD) 32 ГБ (microSDHC) 512 ГБ (microSDXC)
Поддерживаемые файловые системы	FAT16, FAT32, ext4, NTFS (read only)
Часы реального времени	
Погрешность хода, не более: - при температуре +25 °C - при температуре -40 °C и +55 °C	3 секунды в сутки 18 секунд в сутки
Тип источника питания	Батарея CR2032
Срок работы на одной батарее	5 лет
Общие сведения	
Габаритные размеры	(82 × 124 × 83) ±1 мм
Масса, не более	0,6 кг
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254–96	IP20
Индикация на передней панели	Светодиодная
Встроенное оборудование	- Источник звукового сигнала - Двухпозиционный тумблер СТАРТ / СТОП - Сервисная кнопка
Средняя наработка на отказ**	60 000 ч
Средний срок службы	8 лет

Модули ввода/вывода

Для ввода дополнительных аналоговых сигналов используются модули серии Mx210, подключаемые к процессорному модулю по интерфейсу Ethernet. В таблице 9 приведены краткие технические характеристики модулей аналогового ввода (AI). Внешний вид модуля представлен на рисунке 15.

Таблица 9 - Краткие технические характеристики модулей AI

Параметр		Значение (свойства)
Подключаемые сигналы		- унифицированные сигналы: 0...5 мА, 0(4)...20 мА, ± 50 мВ, ± 1 В - термосопротивления: 50М, Cu50, 50П, Pt50, Ni100, 100М, Cu100, 100П, Pt100, Ni500, 500М, Cu500, 500П, Pt500, Ni1000, 1000М, Cu1000, 1000П, Pt1000, TCM гр. 23 - термопары: L, J, N, K, S, R, B, T, A-1, A-2, A-3 - сопротивление: 0...2 кОм, 0...5 кОм
Разрядность АЦП		16 бит
Время опроса одного входа	Униф. сигналы	не более 0,6 с
	ТС	не более 0,9 с
	ТП	не более 0,6 с
	Сопротивления	не более 0,6 с
Предел основной приведенной погрешности при измерении	Униф. сигналы	$\pm 0,25$ %
	ТС	$\pm 0,25$ %
	ТП	$\pm 0,5$ %
	Сопротивления	$\pm 0,25$ %



Рисунок 15 – Внешний вид модуля Mx210

Компания ОВЕН предлагает только восьмиканальные модули с универсальными входами. Конфигурирование (настройка) модуля на конкретный тип сигнала и диапазон его изменения выполняется по интерфейсу USB 2.0, обмен с ПЛК по Ethernet.

Модификация модуля MB210-101.

Блок питания

Для электроснабжения потребителей системы автоматизации напряжением 24 В постоянного тока используется блок питания БП60К компании ОВЕН. Блок питания используется для различных ответственных потребителей, в том числе контроллеров, модулей ввода/вывода и т.д. Краткие характеристики БП60К представлены в таблице 10.

Для того, чтобы исключить влияние помех, возникающих при питании полевых датчиков, принято решение разделить источники питания для системного и полевого оборудования.

Благодаря тому, что есть возможность параллельного соединения источников питания, используем схему резервирования, позволяющую существенно повысить надёжность электроснабжения.

Таблица 10 – Краткие технические характеристики БП60К

Параметр		Значение
Выходные параметры	Номинальное напряжение, В	24
	Номинальный ток, А	2,5
	Номинальная мощность, Вт	60
	Подстройка выходного напряжения, %	± 8
	Допустимое отклонение напряжения, %	± 2
	Размах напряжения шума и пульсаций (межпиковое), мВ, не более	120
Входные параметры	Напряжение питания переменного тока, В	85...264
	Частота переменного тока, Гц	45...65
	Напряжение питания постоянного тока, В	110...370
	Номинальный ток потребления, не более, А	1,25
	Пусковой ток, не более, А	36
	КПД при номинальной нагрузке, %, не менее	85
Защиты	Тип защиты от перегрузки – ограничение выходного тока: - порог ограничения выходного тока, % от $I_{ном}$	104...116
	Тип защиты от перенапряжения –	150

Параметр		Значение
	ограничение выходного напряжения: - порог ограничения выходного напряжения, % от $U_{ном}$	
Прочее	Срок эксплуатации, лет	10
	Срок гарантийного обслуживания, годы	2
	Средняя наработка на отказ, ч	50000
	Масса, кг, не более	0,5
	Возможность последовательного соединения	Есть
	Возможность параллельного соединения	Есть
	Тип автоматического выключателя	6 А, тип С или 10 А, тип В

4 Разработка структурной схемы

Под структурной схемой в системах автоматизации понимают совокупность технических средств системы управления и связей между ними. Уровень детализации технических средств и связей может быть различным и определяется на этапе разработки проектной документации. В настоящей работе уровень детализации ограничен отдельными изделиями: процессорным модулем, модулем ввода АІ, источниками электропитания и т.д. Так же на структурной схеме представлена станция оператора, но в настоящей работе она не рассматривается.

На рисунке 16 приняты следующие обозначения:

- 24 В Системное питание - источники питания постоянного тока (БП60К);
- 24 В Полевое питание - источники питания постоянного тока (БП60К);
- РС – процессорный модуль ПЛК200-01-CS;
- АІ – универсальный восьмиканальный модуль MB210-101 ввода аналоговых сигналов;

Структура взаимодействия полевых датчиков, преобразователей и исполнительных механизмов с модулями ввода – вывода ПЛК - радиальная. Это означает, что для каждого полевого устройства выделена индивидуальная линия связи. Количество проводов в этой линии зависит от типа устройства. Если это линия 4 ... 20 мА, то двухпроводная. Связь между ПЛК и модулем ввода АІ осуществляется по сети Ethernet.

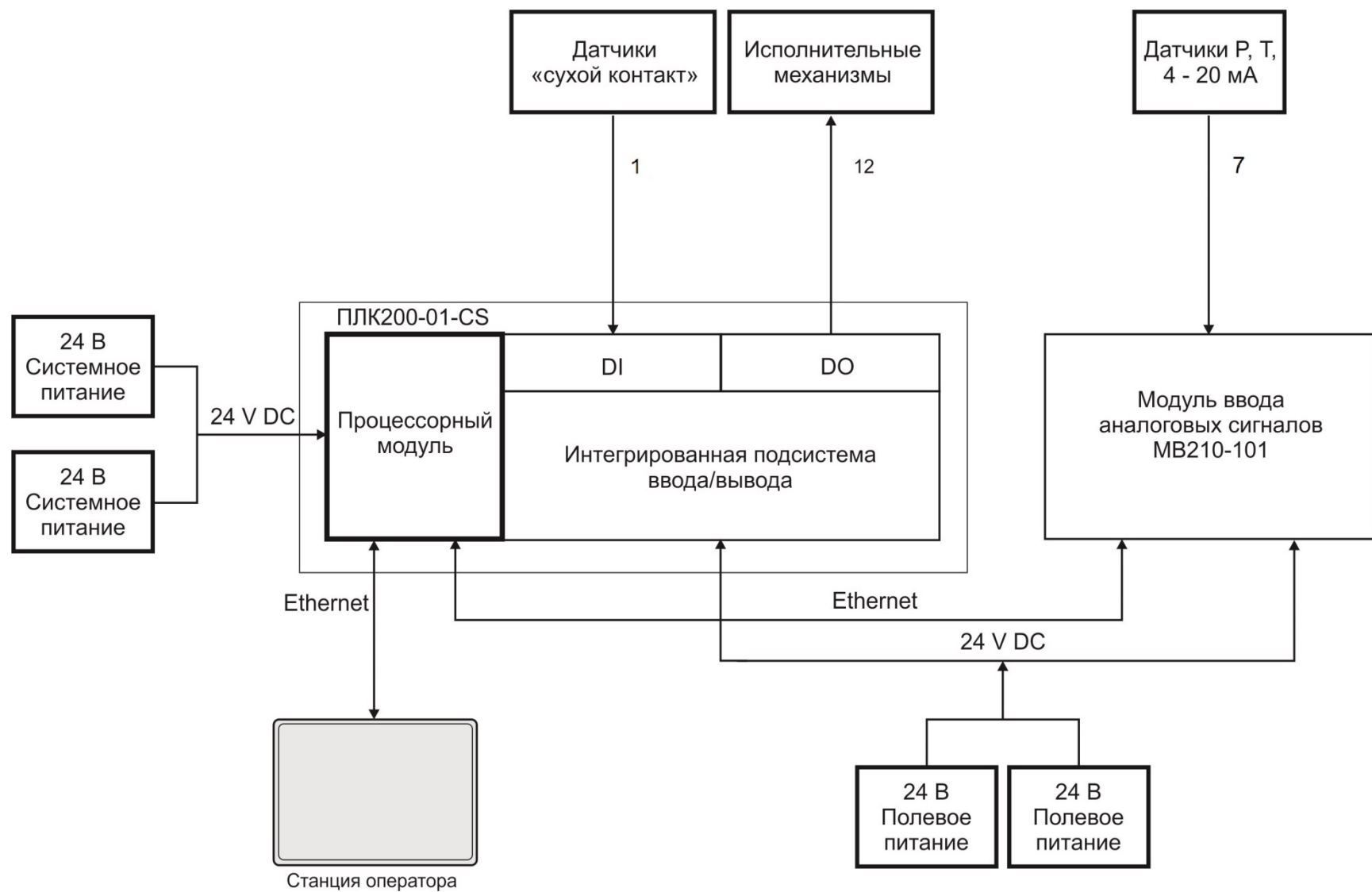


Рисунок 16 – Структурная схема системы автоматизации печи нагрева нефти

5 Разработка принципиальных схем подключения датчиков и исполнительных механизмов

На рисунках 17 ... 20 представлены схемы подключения датчиков к модулям ввода аналоговых сигналов MB210-101. Все датчики подключены по схеме «токовая петля».

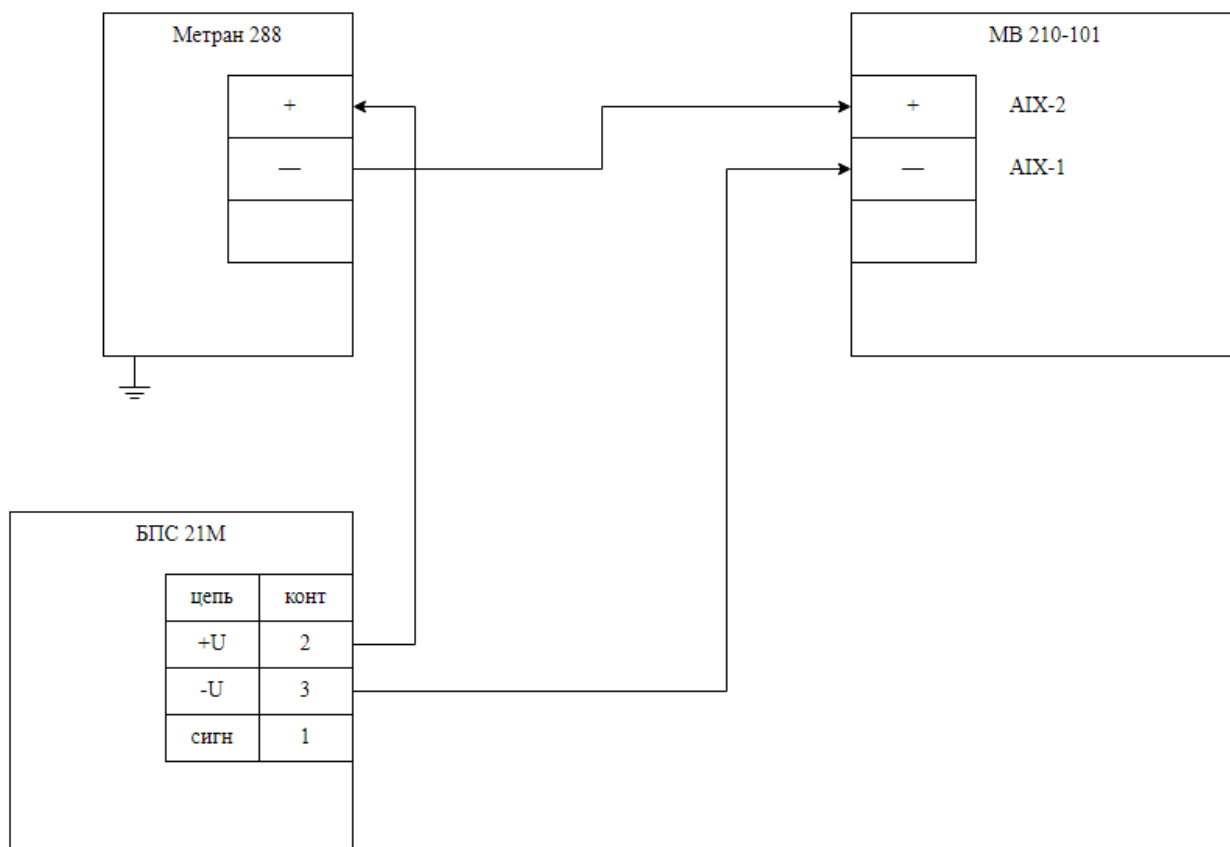


Рисунок 17 – Схема подключения датчика температуры Метран – 288 к модулю MB201-101

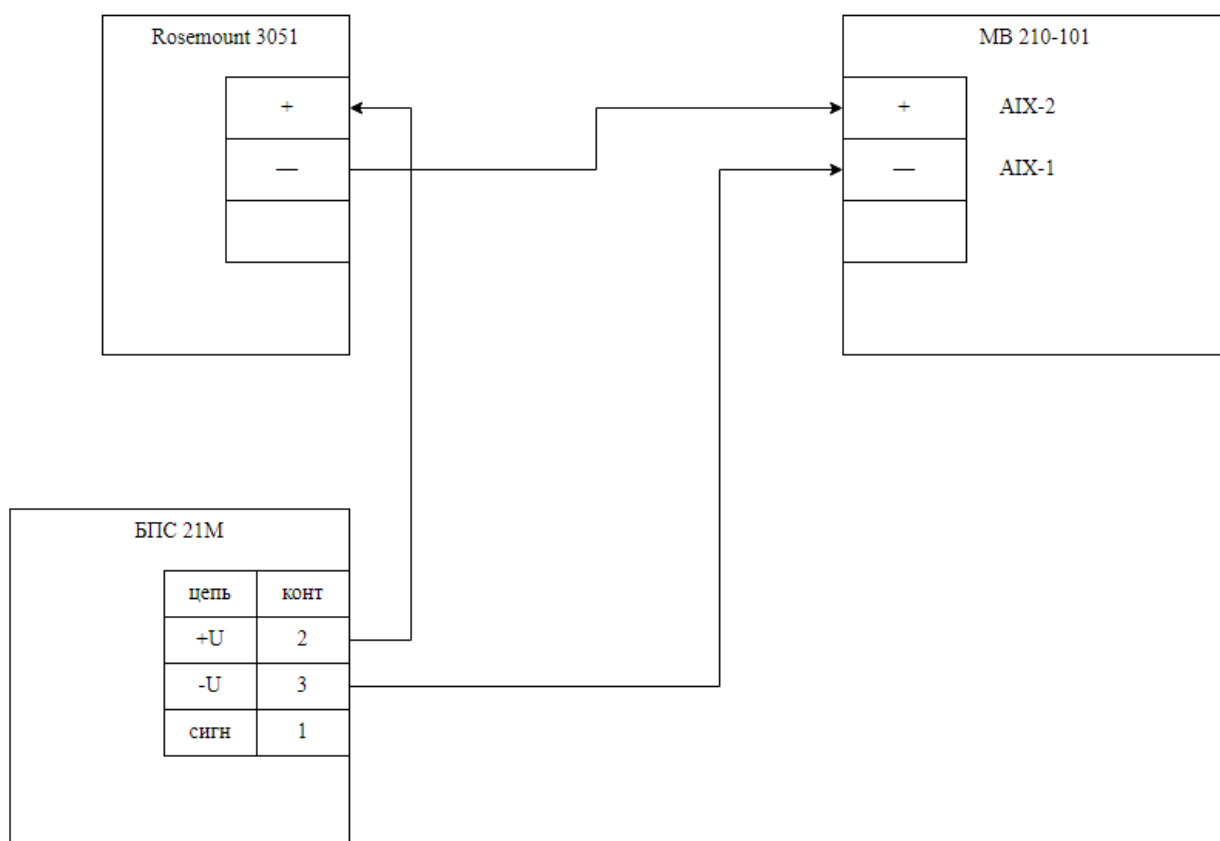


Рисунок 18 – Схема подключения датчика давления Rosemount 3051 к модулю MB201-101

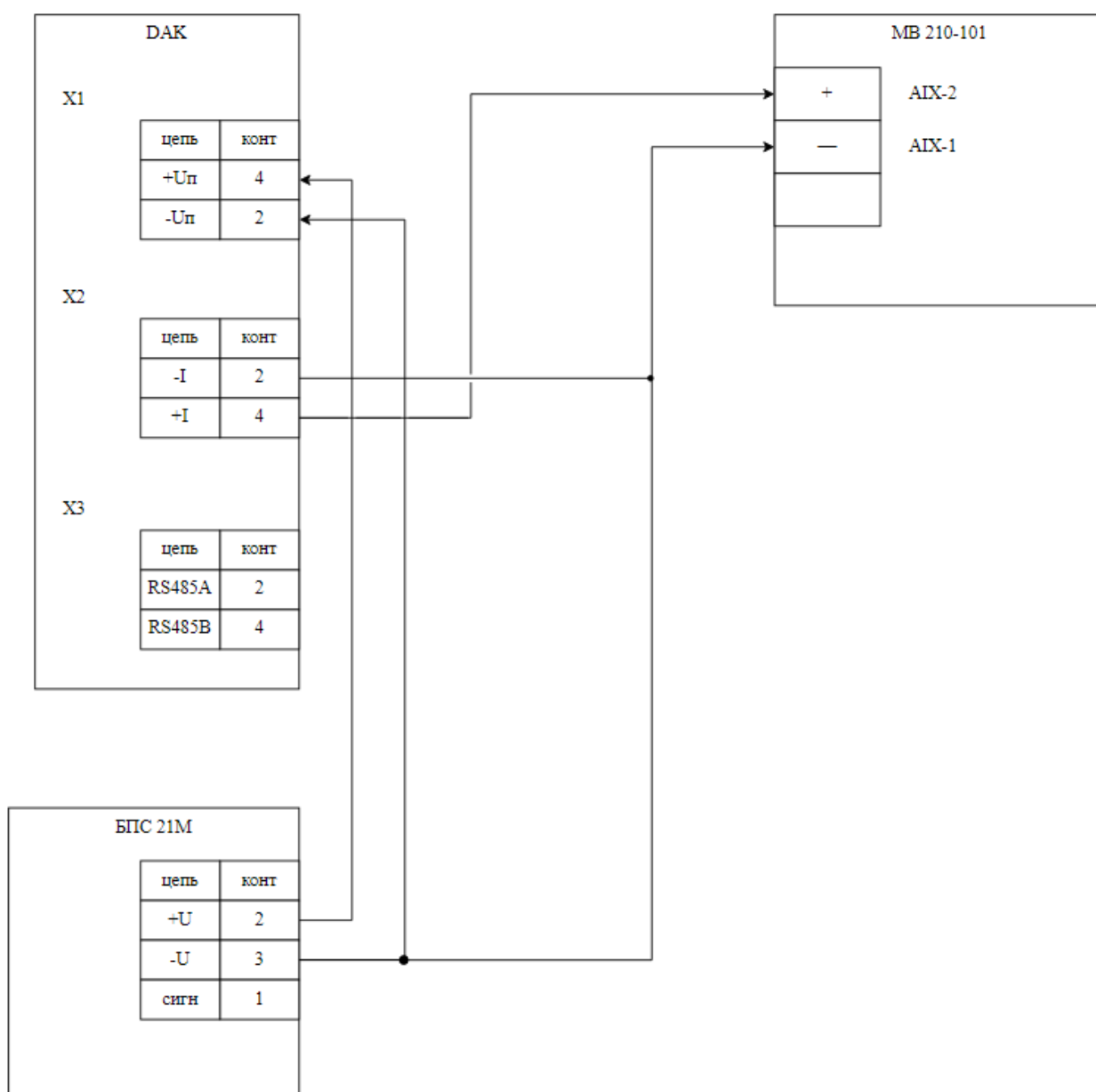


Рисунок 19 – Схема подключения инфракрасного датчика – газоанализатора ДАК-CH₄к модулю MB201-101

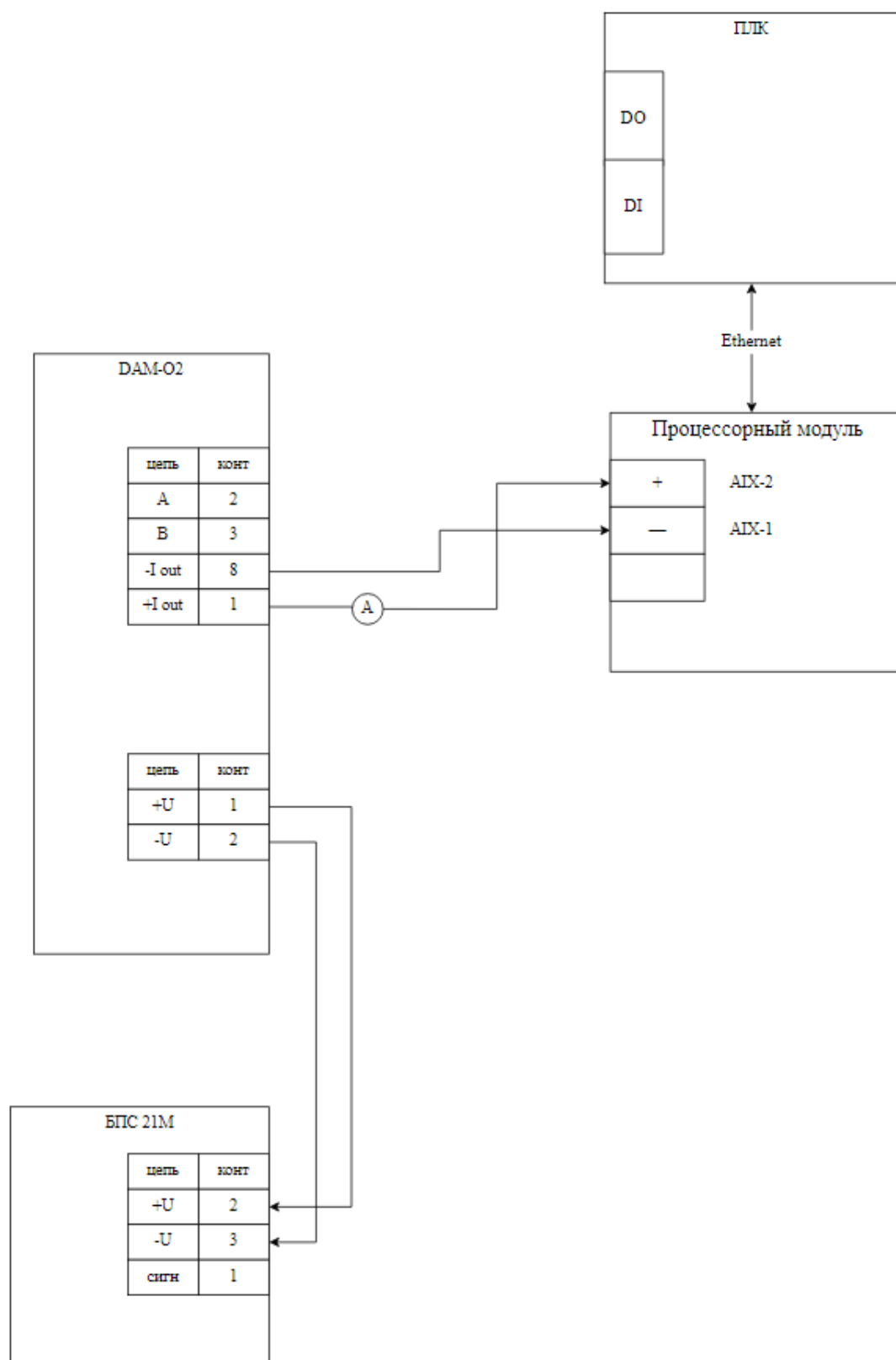


Рисунок 20 – Схема подключения датчика – газоанализатора ДАМ-О2 к модулю MB201-101

6 Разработка алгоритмов управления

Одним из этапов проектирования системы автоматизации является разработка алгоритмического и программного обеспечения.

В настоящей работе проведена разработка основных алгоритмов, используемых в управлении печью нагрева нефти.

6.1 Алгоритма контроля давления мазута на входе П-101

На рисунке 21 представлен алгоритм контроля давления нефти на входе печи. В соответствии с таблицей 1 изменение давления нефти (поз. PIS 96) ниже 1 и выше 6 кгс/см² сопровождается световой и звуковой сигнализацией, а понижение давления до 0,8 кгс/см² сопровождается:

- отключением горелки (закрыть клапан на подаче топлива);
- закрытием задвижки на входе Т36э и выходе Т35э;
- открытием задвижки Т31э «Пар в змеевик».

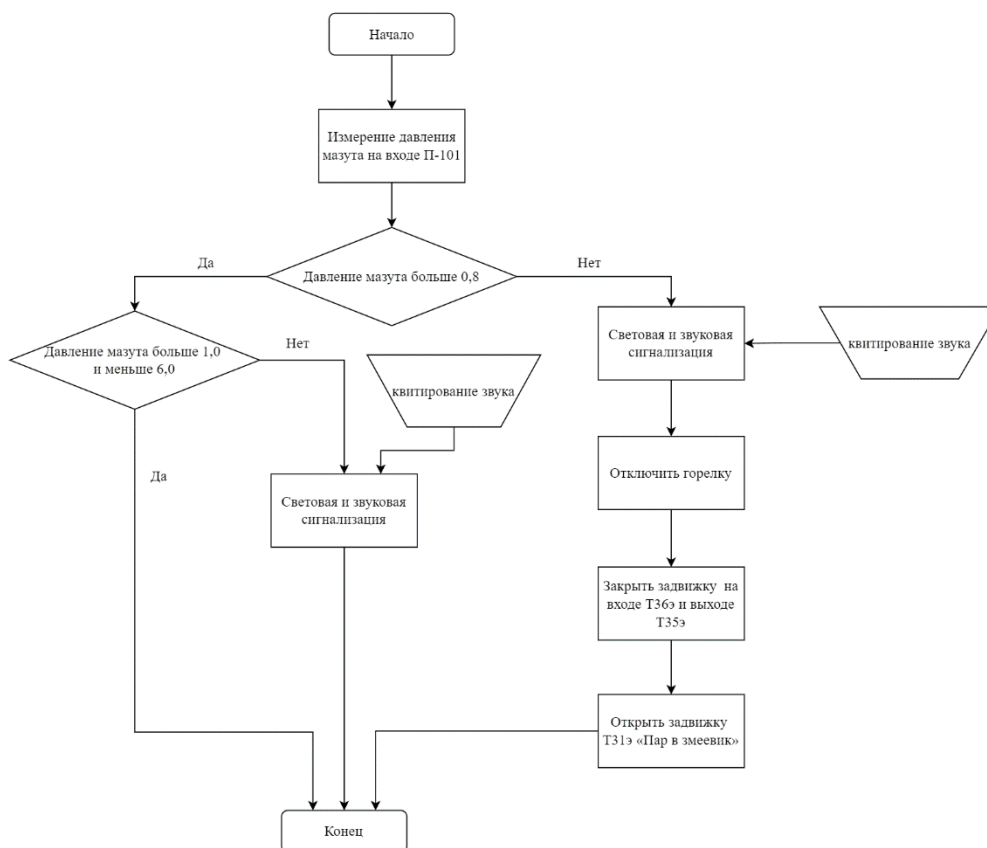


Рисунок 21 – Алгоритм контроля давления нефти поз. PIS 96 на входе печи

6.2 Алгоритма контроля давления мазута на выходе П-101

На рисунке 22 представлен алгоритм контроля давления нефти на выходе печи. В соответствии с таблицей 2.1 изменение давления нефти (поз. PIS 97) ниже $0,2 \text{ кгс/см}^2$ сопровождается световой и звуковой сигнализацией, а понижение давления до $0,15 \text{ кгс/см}^2$ сопровождается:

- отключением горелки (закрыть клапан на подаче топлива);
- отключением насоса Н-100/1,2;
- закрытием задвижки на входе Т36э и выходе Т35э;
- открытием задвижки Т31э «Пар в змеевик»;
- открытием задвижки Т33э в дренажную ёмкость.

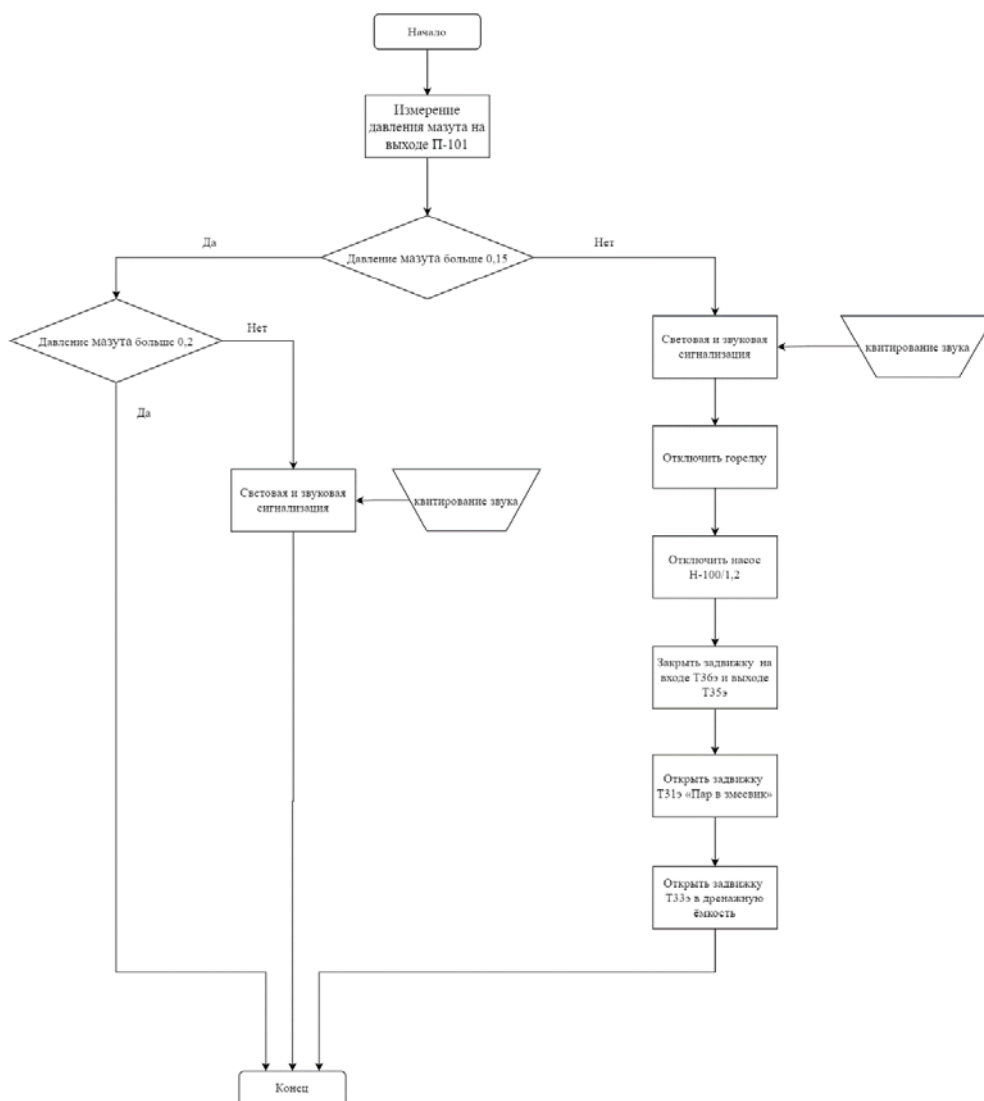


Рисунок 22 – Алгоритм контроля давления нефти поз. PIS 97 на выходе печи

6.3 Алгоритма контроля содержание кислорода в дымовых газах печи

На рисунке 23 представлен алгоритм контроля содержание кислорода в дымовых газах печи. Повышение содержания кислорода может быть связано с нарушением режимов горения и понижению КПД печи. В соответствии с таблицей 1 изменение концентрации кислорода (поз. QIS 105) выше 1,0 % сопровождается световой и звуковой сигнализацией, а также:

- отключением горелки (закрыть клапан на подаче топлива);
- отключением насоса Н-100/1,2;
- открытием задвижки ТЗ1э «Пар в змеевик»;
- открытием задвижки ТЗ4э «Пар в топку» через 60 сек. (если температура растёт);
- открыть задвижку ТЗ3э в дренажную ёмкость.

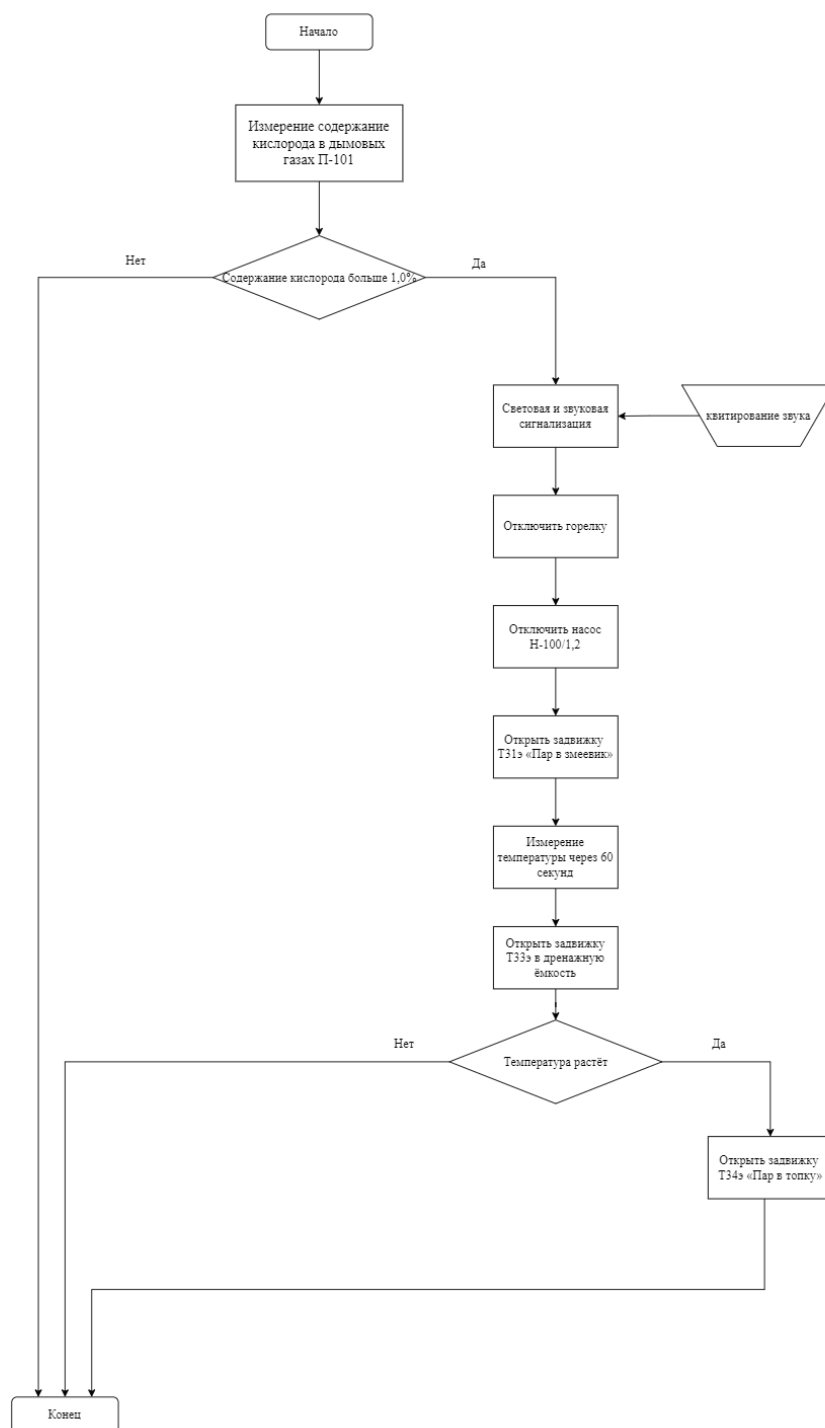


Рисунок 23 – Алгоритм контроля содержание кислорода в дымовых газах

7 Разработка программ в среде Codesys

7.1 Программа контроля давления мазута на входе П-101

Программа создана в среде Codesys3.5 для контроллера ОВЕН ПЛК200 на языке CFC (рисунок 24). Программа реализует алгоритм, представленный на рисунке 21.

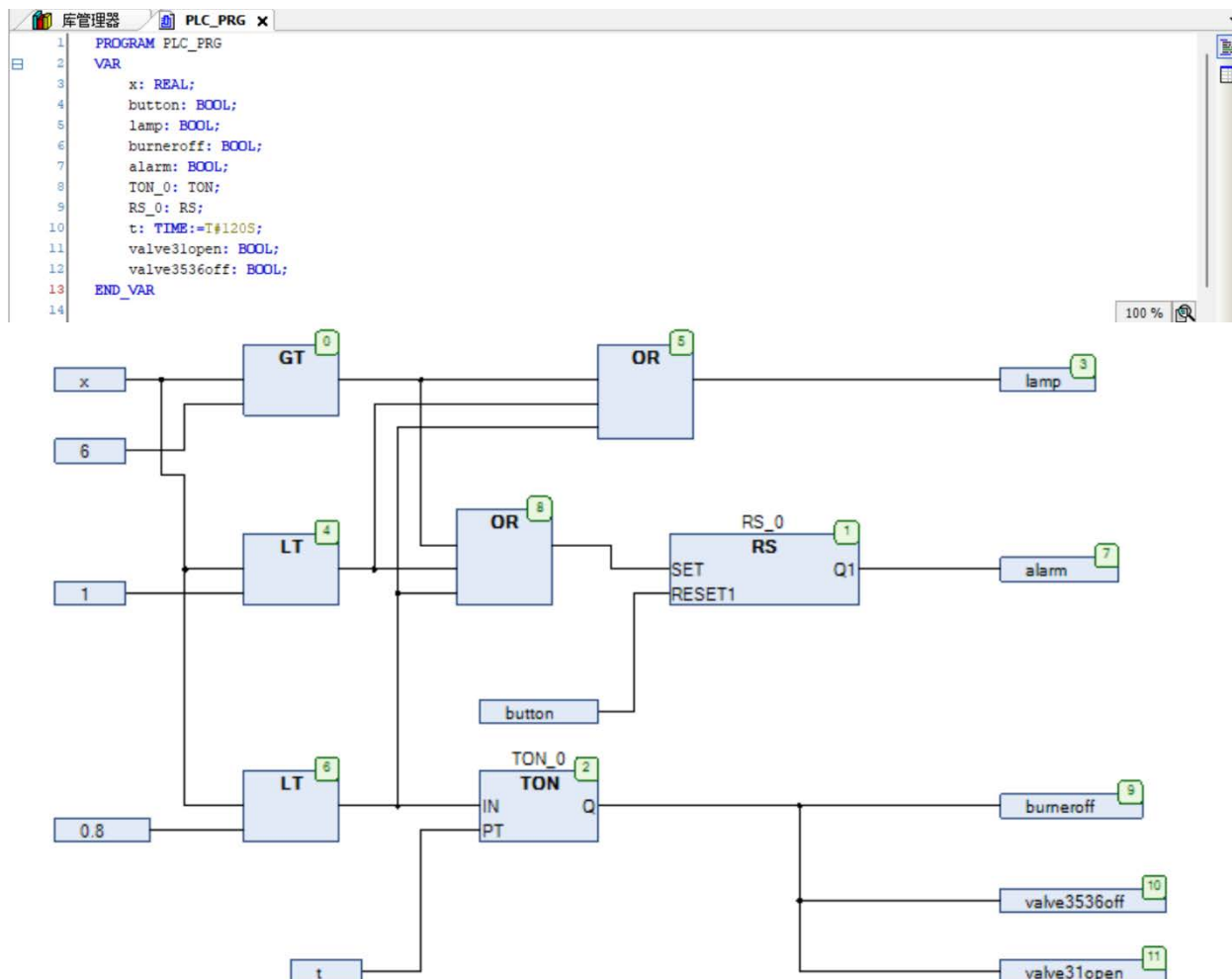


Рисунок 24 – Программа контроля давления нефти на входе печи

На рисунках 25...27 приведены результаты проверок программы в режиме симуляции.

Рисунок 25 – нормальный режим работы печи $P96 = 3 \text{ кгс/см}^2$.

Рисунок 26 – отклонение давления $P96 = 0,9 \text{ кгс/см}^2$ (сигнализация).

Рисунок 27 – отклонение давления $P96 = 0,6 \text{ кгс/см}^2$ (переключения).

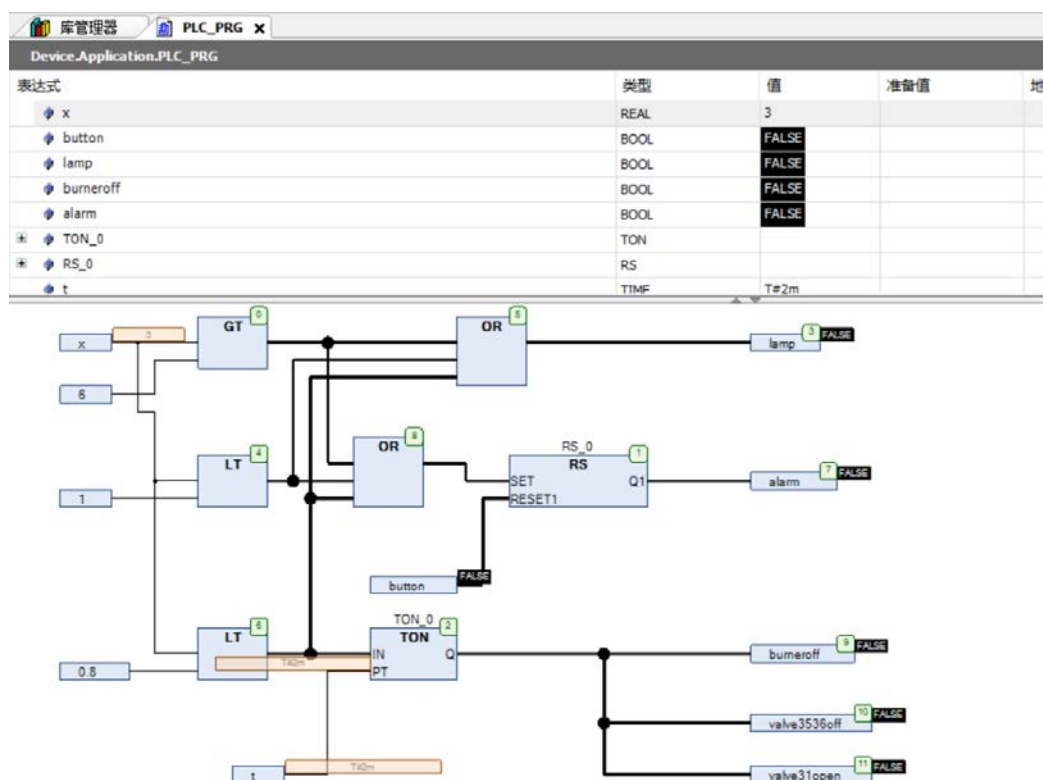


Рисунок 25 – нормальный режим работы печи $P96 = 3 \text{ кгс/см}^2$

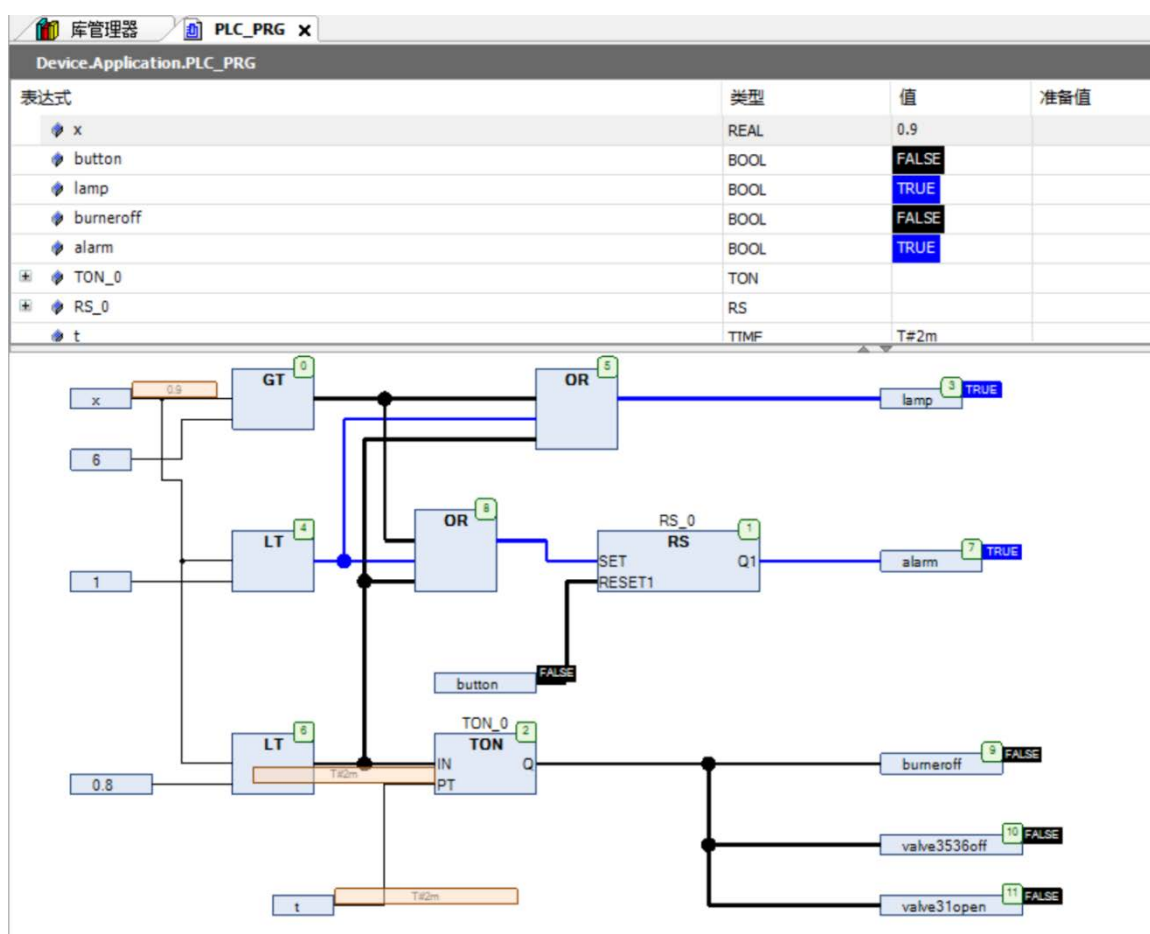


Рисунок 26 – Отклонение давления $P96 < 1,0 \text{ кгс/см}^2$ (сигнализация)

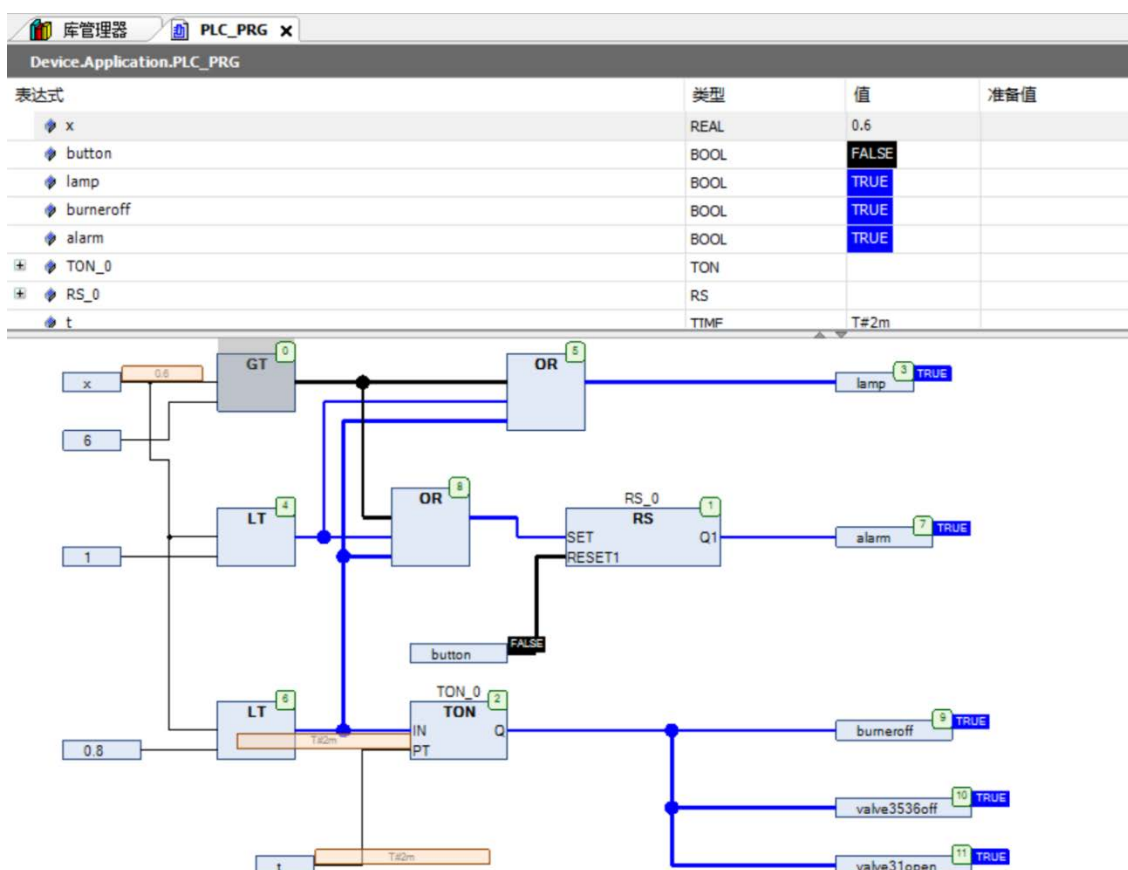


Рисунок 27 – Отклонение давления $P96 < 0,8 \text{ кгс/см}^2$ (переключения)

7.2 Контроль давления мазута на выходе печи

Аналогично предыдущей разработана программа контроля давления нефти на выходе печи. Программа отличается от предыдущей, только набором исполнительных устройств. Программа написана на языке SFC.

Работа программы проверена в режиме симуляции. На рисунке 28 представлен результат работы программы в нормальном режиме.

Рисунок 29 – отклонение давления $P97 = 0,16 \text{ кгс/см}^2$ (сигнализация).

Рисунок 30 – отклонение давления $P96 = 0,1 \text{ кгс/см}^2$ (переключения).

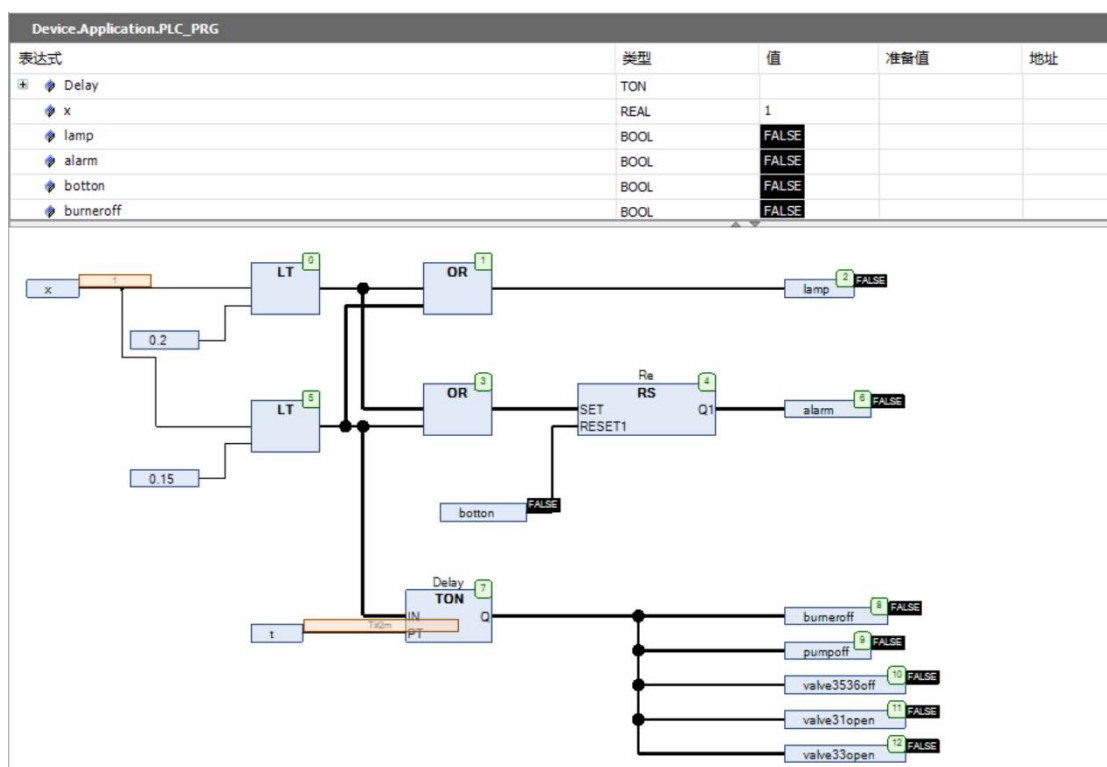


Рисунок 28 – Давление P97 на выходе печи в нормальном режиме

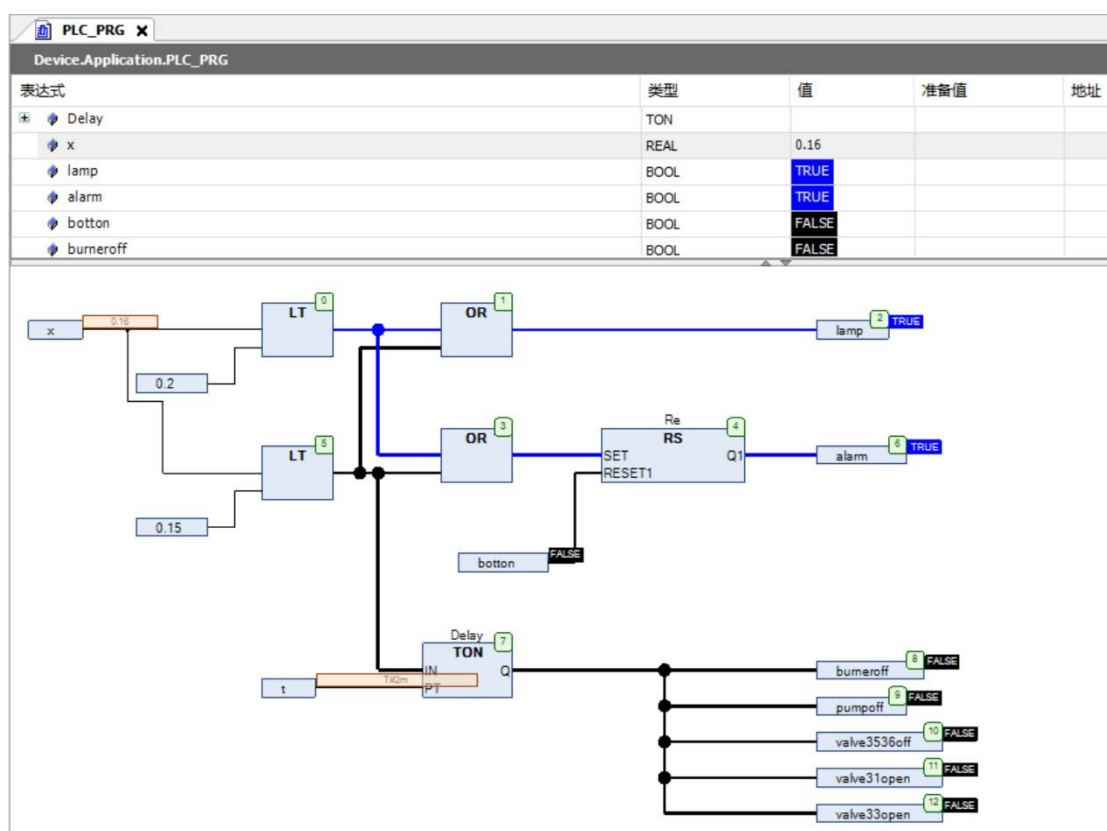


Рисунок 29 – Давления P97 = 0,16 кгс/см² (сигнализация)

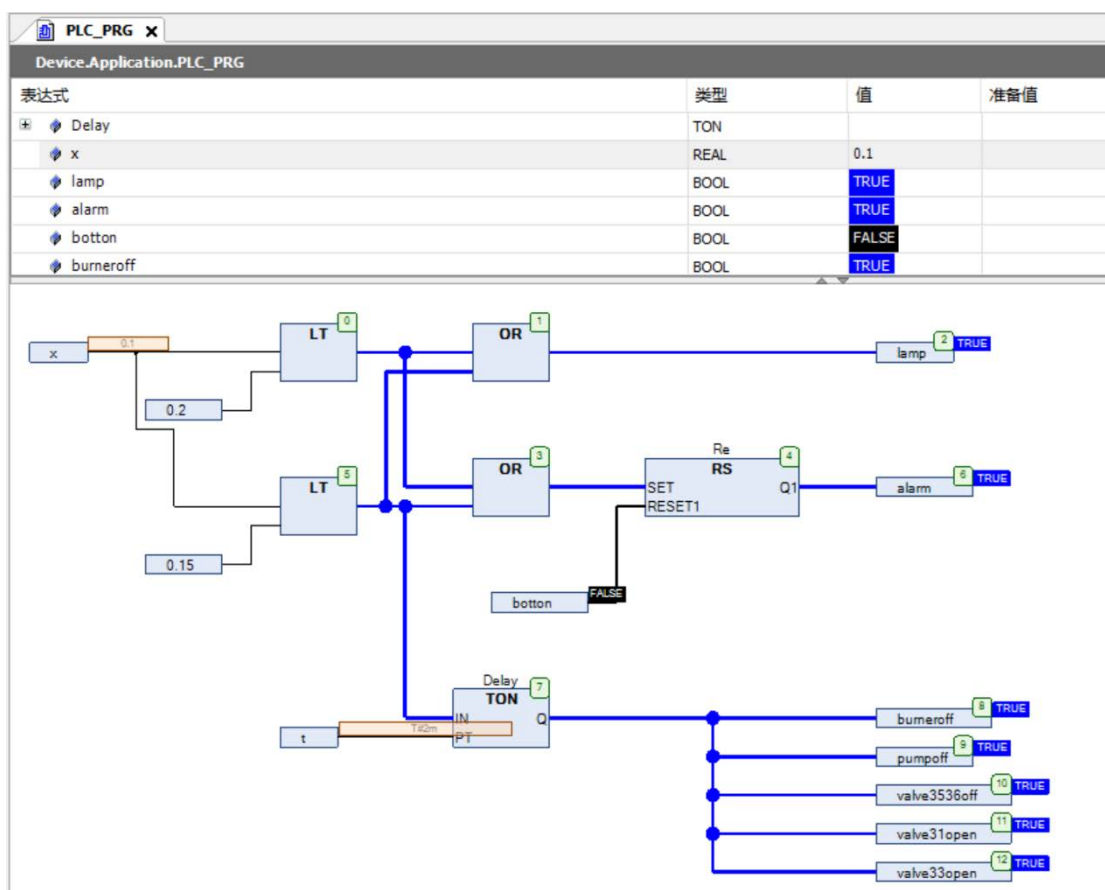


Рисунок 30 – Давления $P_{96} = 0,1 \text{ кгс/см}^2$ (переключения)

7.3 Контроль содержания кислорода в дымовых газах печи

Программа контроля содержания кислорода в дымовых газах аналогична двум предыдущим, реализована на языке SFC. Работа программы в режиме симуляции в нормальном режиме представлена на рисунке 31.

На рисунке 32 представлен результат отклонения концентрации за граничное значение 1,0 %.

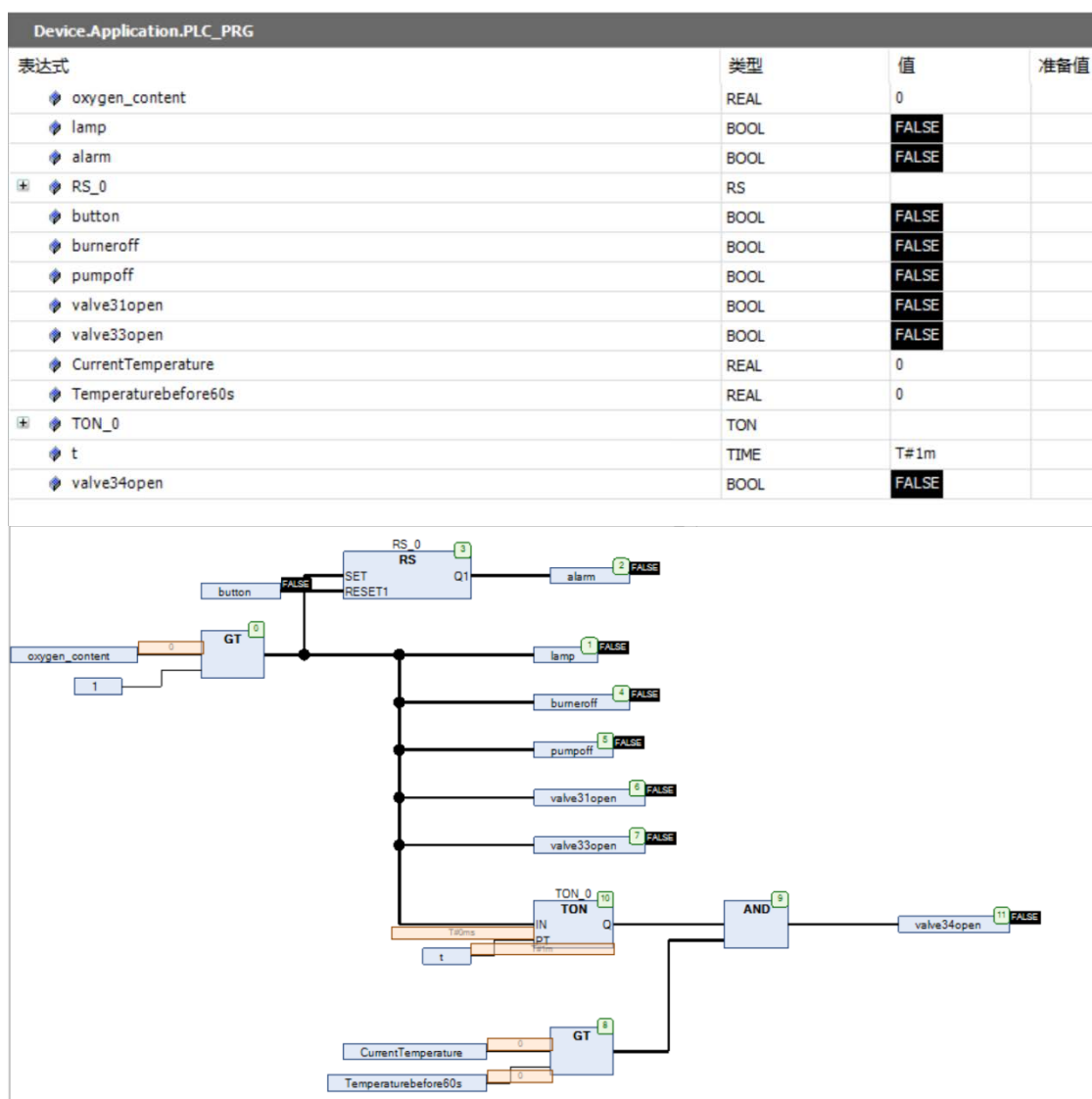


Рисунок 31 – Содержание кислорода Q105 в дымовых газах печи в норме

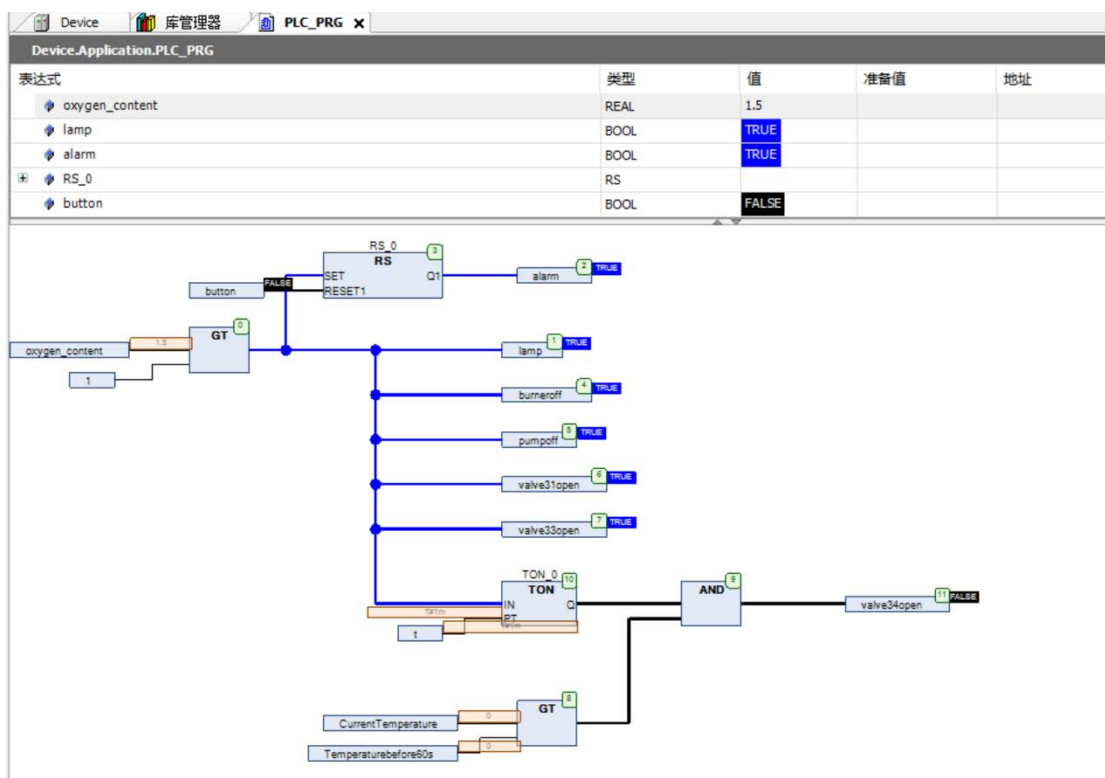


Рисунок 32 – Отклонение концентрации кислорода Q105 за граничное значение 1,0 %

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих будем проводить используя оценочные карты таблицы 11. Чтобы определить эффективность проводимой работы буду сравнивать проектируемую АСУ ТП, действующую систему управления, и проект созданный конкурентами.

Таблица 11 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Балл			Конкурентоспособность		
		Проект АСУТП	Действующая система управления	Проект конкурента	Проект АСУТП	Действующая система управления	Проект конкурента
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0.07	5	2	4	0.45	0.15	0.12
Удобство в эксплуатации	0.06	4	1	3	0.15	0.12	0.24
Помехоустойчивость	0.05	3	4	2	0.1	0.15	0.1
Энергоэкономичность	0.08	4	3	3	0.5	0.14	0.12
Надежность	0.11	5	2	4	0.55	0.2	0.3
Уровень шума	0.04	3	3	3	0.05	0.05	0.03
Безопасность	0.11	4	3	3	0.05	0.03	0.03
Потребность в ресурсах памяти	0.02	3	2	5	0.07	0.05	0.16
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.1	2	4	4	0.1	0.1	0.05
Простота эксплуатации	0.08	5	3	2	0.3	0.2	0.22

Продолжение таблицы 11 – Оценочная карта

Качество интеллектуального интерфейса	0.04	4	3	2	0.7	0.55	0.5
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0.02	2	0	3	0.2	0	0.15
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0.03	3	2	2	0.07	0.05	0.03
Уровень проникновения на рынок	0.04	4	1	3	0.03	0.07	0.09
Цена	0.03	3	2	3	0.2	0.3	0.5
Предполагаемый срок эксплуатации	0.07	5	3	2	0.25	0.14	0.3
Финансирование научной разработки	0.04	2	2	3	0.06	0.03	0.04
Наличие сертификации разработки	0.05	3	1	2	0.02	0.01	0.14
Итого:	1	64	42	55	3.85	2.34	3.12

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

8.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality 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 реализации технологии QuaD составим в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Технические критерии оценки ресурсоэффективности				
Повышение производительности	0.07	80	0.8	5.6
Удобство в эксплуатации	0.06	75	0.75	4.5
Помехоустойчивость	0.05	40	0.4	2
Энергоэкономичность	0.05	35	0.35	1.7
Надежность	0.11	95	0.95	10.45
Уровень шума	0.02	45	0.45	0.9
Безопасность	0.11	95	0.95	10.45
Потребность в ресурсах памяти	0.03	55	0.55	1.65
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.01	60	0.6	0.6
Простота эксплуатации	0.04	80	0.8	3.2
Качество интеллектуального интерфейса	0.06	75	0.75	4.5
Ремонтопригодность	0.02	97	0.97	1.94
Экономические критерии оценки эффективности				
Конкурентоспособность продукта	0.04	85	0.85	3.4
Уровень проникновения на рынок	0.04	60	0.6	2.4
Цена	0.05	85	0.85	4.25
Предполагаемый срок эксплуатации	0.05	90	0.9	4.5
Послепродажное обслуживание	0.03	70	0.7	2.1
Финансирование научной разработки	0.02	55	0.55	1.1
Наличие сертификации разработки	0.04	14	0.14	5.6
Итого:	1			70.84

Результат средневзвешенного значения составил 70,84, выше среднего, что дает проекту перспективность разработки и говорит о качестве произведенного исследования.

8.3 SWOT – анализ

Результат матрицы SWOT-анализа изображен в таблице 13.

Таблица 13 – SWOT матрица

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая производительность. С2. Экономичность проекта. С3. Низкая стоимость. С4. Актуальность разработки. С5. Высококвалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Нет прототипа проекта. Сл2. Нет квалифицированного персонала у потребителей. Сл3. Нет необходимого оборудования. Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих.
Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые в научных исследованиях. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок. В4. Использование существующего ПО.	Уделить особое внимание ключевым особенностям продукта. Увеличение доходов предприятия, дальнейшая разработка. Уменьшение стоимости производства. Увеличение производительности. Использование возможностей ТПУ позволит снизить стоимость проекта.	Расширение внутреннего рынка страны. Уменьшение стоимости производства, демпинг цен Организация малого инновационного предприятия в рамках вуза.

Продолжение таблицы 13 – SWOT матрица

Угрозы: У1. Отсутствие спроса нановые технологии производства У2. Развитая конкуренция. У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Увеличение цены на используемые ресурсы.	Проведение демонстраций работы системы в реальных условиях Появление более качественных аналогов может снизить конкурентоспособность проекта. Участие в гос. контрактах, ориентация на внутренний рынок. Сертификация продукции и введение системы контроля качества. Увеличение цены на используемые ресурсы увеличит стоимость проекта на рынке.	При поступлении аналогов на рынке, в силу слабого проявления может привести к полному провалу проекта. Участие в государ. контрактах. Ускорение времени разработки. Поиск аналогов комплектующих российского производства.
--	---	--

Обозначим сильные и слабые стороны исследовательского проекта по внешним условиям окружающей среды. Таким образом установленные подобные или противоположные стороны смогут выделить потребность в проведении плана изменений.

8.4 Планирование научно-исследовательской работы

8.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят руководитель проекта и инженер. Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения предоставленного научного исследования, занесем данные в таблицу 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работа	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Инженер
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер
	12	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	13	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер

Продолжение таблицы 14 – Перечень этапов, работ и разделение исполнителей

	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
	17	Проектирование SCADA-системы	Инженер
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Руководитель, инженер

8.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для организации научно-исследовательских работ (НИР) применяются различные методы экономического планирования. Работы, проводящиеся в коллективе с большими людскими затратами, рассчитываются методом сетевого планирования.

Настоящая работа имеет малый штат исполнителей (руководитель, инженер) и проводится с малыми затратами, поэтому целесообразно применить систему линейного планирования с построением линейного графика.

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

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле (1).

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (1)$$

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

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

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

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу (2):

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (2)$$

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

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

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

8.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле (3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}} \quad (3)$$

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

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

k – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (4):

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4)$$

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

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году ($T_{\text{вых}} = 108$);

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году ($T_{\text{пр}} = 10$).

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности по формуле (5):

$$K_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 108 - 10} = 1.48 \quad (5)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t _{min}	t _{max}	t _{ож}			
Составление и утверждение технического задания	0.5	2.2	1.5	1	1.5	2
Подбор и изучение материалов по теме	1.5	4	3.3	1	3.3	5
Изучение существующих объектов проектирования	1	4	3.2	1	3.5	5
Календарное планирование работ	0.6	1	0.8	2	0.4	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	1.1	4	1.9	1	1.9	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2.2	4	2.9	1	2.9	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0.6	1	0.8	1	0.8	1

Продолжение таблицы 15 – Временные показатели проведения работ

Оценка эффективности полученных результатов	0.6	1	0.8	2	0.4	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0.6	1	0.8	2	0.4	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	1	3	1.5	1	1.5	2
Составление перечня вход/выходных сигналов	0.4	1	0.8	1	0.8	1
Составление схемы информационных потоков	0.6	1	0.8	1	0.8	1
Разработка схемы внешних проводок	1	4	1.9	1	1.9	3
Разработка алгоритмов сбора данных	1	4	1.9	1	1.9	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	0.6	1.1	0.9	1	0.9	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	1	3.5	2.9	1	2.9	4
Проектирование SCADA-системы	1	4	3.3	1	3.3	5
Составление пояснительной записки	0.5	3.5	1.9	1	1.9	3

Можно сформировать календарный график плана. График составляется для наибольшего по времени выполнения работ в рамках научно проекта. В таблице 16 оставлен календарный план – график с указанием по месяцам и 10 дней.

Таблица 16 – График плана

№	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ											
			март	апрель			май			июнь			июль	
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта	Р											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	Р											
3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер		Р										
4	Календарное планирование работ	Руководитель		Р										
		Инженер		Р										
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер			Р									
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер			Р									
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическим и исследованиями	Инженер				Р								

Продолжение таблицы 16 – График плана

8	Оценка эффективност и полученных результатов	Руководител ь					Р						
		Инженер					Р						
9	Определение целесообразно сти проведения ОКР	Руководител ь					Р						
		Инженер					Р						
10	Разработка функциональн ой схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI /ISA	Инженер					Р						
11	Составление перечня вход/выходны х сигналов	Инженер						Р					
12	Составление схемы информационн ых потоков	Инженер							Р				
13	Разработка схемы внешних проводок	Инженер							Р				
14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер							Р				
15	Разработка алгоритмов автоматическо го регулирования	Инженер								Р			
16	Разработка структурной схемы автоматическо го регулирования	Инженер								Р			

Продолжение таблицы 16 – График плана

[illegible]

8.4.4 Бюджет научно – технического исследования

Таблица – 17 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Общая стоимость, руб.
Контроллер ПЛК200 компании ОВЕН	шт.	1	48840	48840
Датчик содержания углеводов	шт.	1	68736	68736
Датчик содержания кислорода	шт.	1	176515	176515
Датчик давления Rosemount 3051	шт.	2	35000	70000
Датчик температуры Метран-288	шт.	2	3450	6900
Блок питания и сигнализации БПС-21М	шт.	1	40025	40025
Модуль ввода аналоговых сигналов МВ 210-101	шт.	1	19980	19980
Итого:				430556

Затраты на приобретение спецоборудования составили 430556 рубля, затраты по его доставке и монтажу составили 15% от его цены, т.е 64583.4 рублей. Итого затрат $430556 + 64583.4 = 495139.4$ рубля.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по окладам, тыс. руб.
1	Постановка задачи	2	1352.54	2705.68
2	Составление технического задания	4	1352.84	5411.36
3	Подбор и изучение литературы	11	886.95	9756.45
4	Разработка проекта	22	1352.84	5411.36
5	Формирование информационной базы	30	886.95	17739
6	Набор методического пособия	15	1352.84	5411.36
7	Проверка	4	886.95	24834.6
8	Анализ результатов	4	886.95	13304.3
9	Апробация инструментального средства	6	886.95	5321.7
10	Оформление отчетной документации о проделанной работе	9	886.95	7982.55
11	Составление пояснительной записки	6	886.95	5321.7
12	Сдача готового проекта	2	886.95	1773.9
Итого:		115		113933

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (6):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (6)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

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

Месячный должностной оклад работника и рассчитывается по формуле (7):

$$З_m = З_{тс} \cdot (1 + \kappa_{пр} + \kappa_d) \cdot \kappa_p \quad (7)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$\kappa_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0.3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

κ_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0.2 – 0.5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{тс}$);

κ_p – районный коэффициент, равный 1,30 для Томской области

$$З_{тс.р} = 15300 \quad З_{тс.и} = 9300$$

Месячный должностной оклад руководителя:

$$З_{м.р} = 15300 \cdot (1 + 0.3 + 0.2) \cdot 1.3 = 29835 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера:

$$З_{м.и} = 9300 \cdot (1 + 0.3 + 0.2) \cdot 1.3 = 18135 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт основной заработной платы

	κ_T	$З_{тс}$	$\kappa_{пр}$	κ_d	κ_p	$З_m$	$З_{дн}$	T_p	$З_{осн}$
Руководитель	1	15300	0.3	0.2	1.3	29835	1352.84	18	24351.12
Инженер	1	9300	0.3	0.2	1.3	18135	886.95	101	89581.95
Итого:									113933.07

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (8):

$$З_{доп} = \kappa_{доп} \cdot З_{осн} \quad (8)$$

где $\kappa_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.12 – 0.15).

Таблица 20 – Расчёт дополнительной заработной платы

	З _{доп} · руб
Руководитель	3652.67
Инженер	13437.30

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (9):

$$З_{внеб} = K_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (9)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	24351.12	3652,67
Инженер	89581.95	13437,3 0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.3	
Итого	39306.91	

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 (10):

$$З_{накл} = (\text{сумма} \div 7) \cdot K_{нр} \quad (10)$$

где $K_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	495139.4
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	113933
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17089.97
4. Отчисления во внебюджетные фонды	39306.91
5. Накладные расходы	41885.74
6. Бюджет затрат НТИ	707355.02

8.5 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат исполнения научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (11):

$$I_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} \quad (11)$$

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

Φ_p – стоимость исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проект.

$$I_{\text{финр}} = \frac{707355.02}{707355.02} = 1$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле (12):

$$I_p = \sum a \cdot b \quad (12)$$

где I_p – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a – весовой коэффициент;

b – балльная оценка, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.1	4
2. Удобство в эксплуатации	0.15	4

Продолжение таблицы 23 – Сравнительная оценка характеристик проекта

3. Помехоустойчивость	0.15	2
4. Энергосбережение	0.2	5
5. Надежность	0.25	5
6. Материалоемкость	0.15	4
Итого	1	24

$$I_p = 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 5 + 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 = 4.15$$

Интегральный показатель эффективности определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (13):

$$I = \frac{I_p}{I_{\text{финр}}} = 4.15 \quad (13)$$

8.6 Вывод по разделу

В ходе оценки бюджета затрат научного исследования и определения интегрального финансового показателя, показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что рассчитанный финансовый показатель и интегральный показатель эффективности показали, что это проект является эффективным.

Таким образом, экономическая эффективность будет иметь высокий результат с наименьшими затратами. Разработанный проект автоматизации позволит сократить человеческие затраты на обслуживание печи подогрева нефти и повысить её автономность.

9 Социальная ответственность

Требования к социальной ответственности на предприятии – в настоящее время неотъемлемая часть управления качеством условий работы персонала. Вне зависимости от рода деятельности предприятия, понятия о социальной ответственности прочно утвердились в каждой организации. В общем виде под социальной ответственностью понимают оказание профессиональных услуг и производство продукции надлежащего качества с соблюдением трудовых и социальных прав сотрудников, а также с обязательным исполнением положений о безопасности и гигиене труда, промышленной безопасности и охране окружающей среды.

Под охраной труда подразумевается реализация безопасных условий труда, применение специальных методов по сокращению влияния вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникнуть при деятельности организации, а также принятие мер по предотвращению несчастных случаев и ущерба здоровью.

При полной автоматизации технологическими процессами управляет специально обученный оператор. Задачей оператора автоматизированной системы управления технологическими процессами является мониторинг параметров технологического процесса, а также управление этими параметрами и принятие решений в случае возникновения аварийных ситуаций. Мониторинг и управление параметрами технологического процесса осуществляется с применением персонального компьютера с установленным на него специализированным программным обеспечением. При работе с компьютером оператор подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов.

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работа оператора диспетчерской относится ко второй категории тяжести труда. Такие работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки.

Согласно трудового кодекса Российской Федерации в условиях непрерывного производства отсутствует возможность использовать режим рабочего времени по пяти – или шестидневной рабочей неделе. В этой связи применяются сменные графики работы, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственных процессов, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику.

Большую часть рабочего времени оператор проводит сидя. В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя» конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля [16]. Эти зоны изображены на рисунке 33.

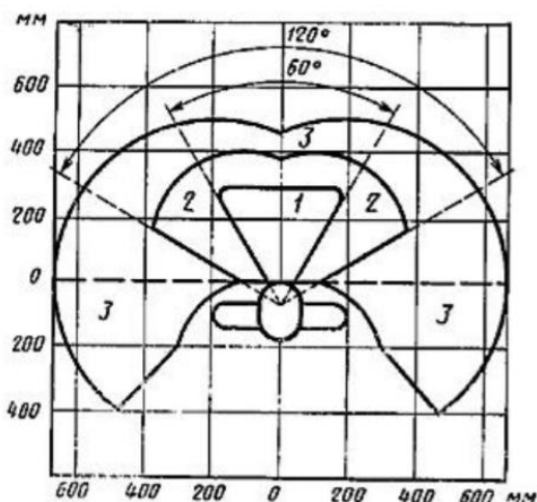


Рисунок 33 – Зоны досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

В соответствии с ГОСТ 22269-76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места» органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля [15].

Расположение органов управления должно обеспечиваться следующим образом:

- Наиболее важные и наиболее часто используемые органы управления в зоне 1.
- Часто используемые органы управления в зоне 2.
- Редко используемые органы управления в зоне 3.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- Монитор и прочие источники информации размещается по центру зоны 3.
- Клавиатура и компьютерная мышь размещается в зоне 1.
- Вся необходимая для выполнения работ документация располагается в зоне 2.
- Редко используемая литература располагается в выдвижных ящиках стола.

9.2 Производственная безопасность

На рабочем месте оператора диспетчерской могут возникать различные вредные и опасные производственные факторы, способные повлиять на его здоровье. Для определения потенциальных факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [9]. В таблице 24 приведен перечень опасных и вредных факторов, характерных для исследуемого рабочего места оператора.

Таблица 24 – Возможные опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Строительство	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума		+	+	СП 51.13330.2011 «Защита от шума»
Недостаточный уровень освещения (естественное, искусственное)	+	+	+	СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение»
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

9.2.1 Анализ вредных факторов

1. Повышенный уровень шума на рабочем месте.

При выполнении работ, специалист может оказаться в зоне повышенного уровня шума, источником которого является оборудование, находящееся в рабочем помещении: персональные компьютеры, устройства поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция), а также циркуляционные насосы химического реактора.

Повышенный уровень шума также является вредным фактором, длительное воздействие которого может отрицательно сказаться на здоровье работника, а в некоторых случаях привести к глухоте. Нормы уровней шума для производственных условий регулирует СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [10].

Для помещений цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах и конторских помещениях акустическое давление не должно превышать 75 дБА.

В качестве мер по снижению шума, воздействующего на человека, в первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. В качестве индивидуальных средств защиты от шума специалистом могут быть использованы специальные противοшумные наушники, которые обезопасят пользователя от вредного воздействия шумов и помогут сделать условия работы более комфортными [11].

2. Достаточная освещенность рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света.

Производственное освещение — неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность, действует на человека тонизирующие, создает хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности и увеличивает производительность труда. Из-за постоянной занятости перед монитором возникает перенапряжение зрительное.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза. Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение.

По нормам освещенности и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблице 25.

Таблица 25 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					Освещенность на рабочей поверхности от системы общего	Цилиндрическая освещенность ось, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности КП, %, не более	КЕО e_H , % при	
									верхнем или комбинированном	боковом
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б	1	Не менее 70	300	100*	21 18**	15	3.0	1.0
			2	менее 70	200	75*	24 18**	20 15** *	2.5	0.7

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	300–500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1

Продолжение таблицы 26 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	не более 5%

3. Отклонения показателей микроклимата.

Отклонения параметров микроклимата могут возникать при изменяющихся сезонах года и погодных условий. Несоответствие данных параметров может привести к ухудшению здоровья работников, находящихся в подобных рабочих зонах.

Данный фактор регулируется СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [12], а для выявления необходимых условий необходимо знать категорию работ в помещении по уровню энергозатрат.

Помещение операторской оснащено системой вентиляции, кондиционирования и отопления. В таблице 27 определены оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, а в таблице 28 - допустимые.

Таблица 27 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах по СанПиН 1.2.3685-21

Время года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	от 23 до 25	от 40 до 60	0,1
Теплое	от 20 до 22	от 40 до 60	0,1

Таблица 28 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочих местах по СанПиН 1.2.3685-21

Время года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Ниже оптимальных не менее	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не менее	Выше оптимальных не более
Холодное	от 20,0 до 21,9 включ.	от 24,1 до 25,0 включ.	от 15 до 75 включ.	0,1	0,1
Теплое	от 21,0 до 22,9 включ.	от 25,1 до 28,0 включ.	от 15 до 75 включ.	0,1	0,2

9.2.2 Анализ опасных факторов

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности. Однако, опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;

- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления при экранного фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

9.3 Экологическая безопасность

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – территория вокруг объектов и производств, которые оказывают вредное воздействие на среду обитания и здоровье человека. В соответствии с СанПиН предприятия и промышленные объекты классифицируются по видам деятельности, в зависимости от присвоенного класса опасности (I-V) устанавливается размер СЗЗ:

- I класс опасности (чрезвычайно опасные) — от 1000 метров;
- II класс опасности (высоко опасные) — от 500 метров;
- III класс опасности (умеренно опасные) — от 300 метров;
- IV класс опасности (мало опасные) — от 100 метров;
- V класс опасности (практически не опасные) — от 50 метров.

Производство по переработке нефти, попутного нефтяного и природного газа, относится к первому классу — Санитарно-защитная зона 1000 м.

Объекты, запрещенные к размещению внутри СЗЗ: Жилая застройка; Ландшафтные зоны; Курортные зоны, пансионаты, рекреационные организации; Садоводческие организации и хозяйства; Коттеджи и коттеджные поселки, дачные участки любых форм собственности; Спортивные сооружения; Детские учреждения и игровые площадки Больницы и лечебно-профилактические учреждения.

Охрана окружающей среды сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих [13].

Одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

Утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям — переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье — сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например тротуарной плитки.

В результате деятельности нефтеперерабатывающих предприятий в атмосферу осуществляется выброс в больших количествах углеводородов, угарного газа, углекислого газа, различных сернистых соединений, оксидов азота, твердых веществ, и приводит к появлению «парникового эффекта». Под действием выбросов происходит разрушение стратосферного озона.

Стратосферный озон поглощает жесткое ультрафиолетовое излучение, которое вредно для всего живого. Увеличивающаяся озоновая дыра ведет к онкологическим заболеваниям, развитию катаракты, подавляет фотосинтез растений.

Воздействие на атмосферу можно снизить с помощью следующих методов:

1. Модификация технологического процесса с целью предотвращения или минимизации образования загрязняющего продукта.
2. Использование химических или физических процессов, например абсорбции, адсорбции, дожигания, каталитического обезвреживания и т.д.
3. Конструктивные решения, например двойные, а не одинарные затворы, закрытые вентильные системы, улавливающие и дожигающие выбросы.

9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее типичной ЧС для помещения, в котором осуществляется работа, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем);
- средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования;
- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для

сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

- пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Помещение и этаж оборудованы следующими средствами оповещения:

- световая индикация в коридорах этажа;
- звуковая индикация в виде громкоговорителя;
- пассивными датчиками задымленности.

Чтобы увеличить устойчивость рабочего помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить помещение и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из здания, а также назначить ответственных за эти мероприятия.

В случае возникновения таких ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из здания в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов [14].

9.5 Вывод по разделу

Рабочее место автоматизации печи нагрева нефти соответствует нормативным значениям по микроклимату, электробезопасности, защиты от шума и другим рассмотренным вредным и опасным факторам.

Объектом, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду, является печь нагрева нефти, он относится к I классу.

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией является пожар. Определил противопожарные мероприятия в помещении и средства пожаротушения.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы изучена системы контроля и управления печью нагрева нефти. Одним из основных недостатков системы управления является физический и моральный износ технических средств, прекращение выпуска оборудования.

В ходе выполнения работы проведён анализ технических и программных средств для реализации поставленных задач, изучена функциональная схема автоматизации печи и технологический регламент.

В работе предложен вариант модернизации системы управления на базе промышленного контроллера компании ОВЕН ПЛК200 с дополнительными модулями ввода/вывода и датчиков технологических параметров. Все предложенное оборудование российского производства и хорошо укладывается в современную концепцию импортозамещения.

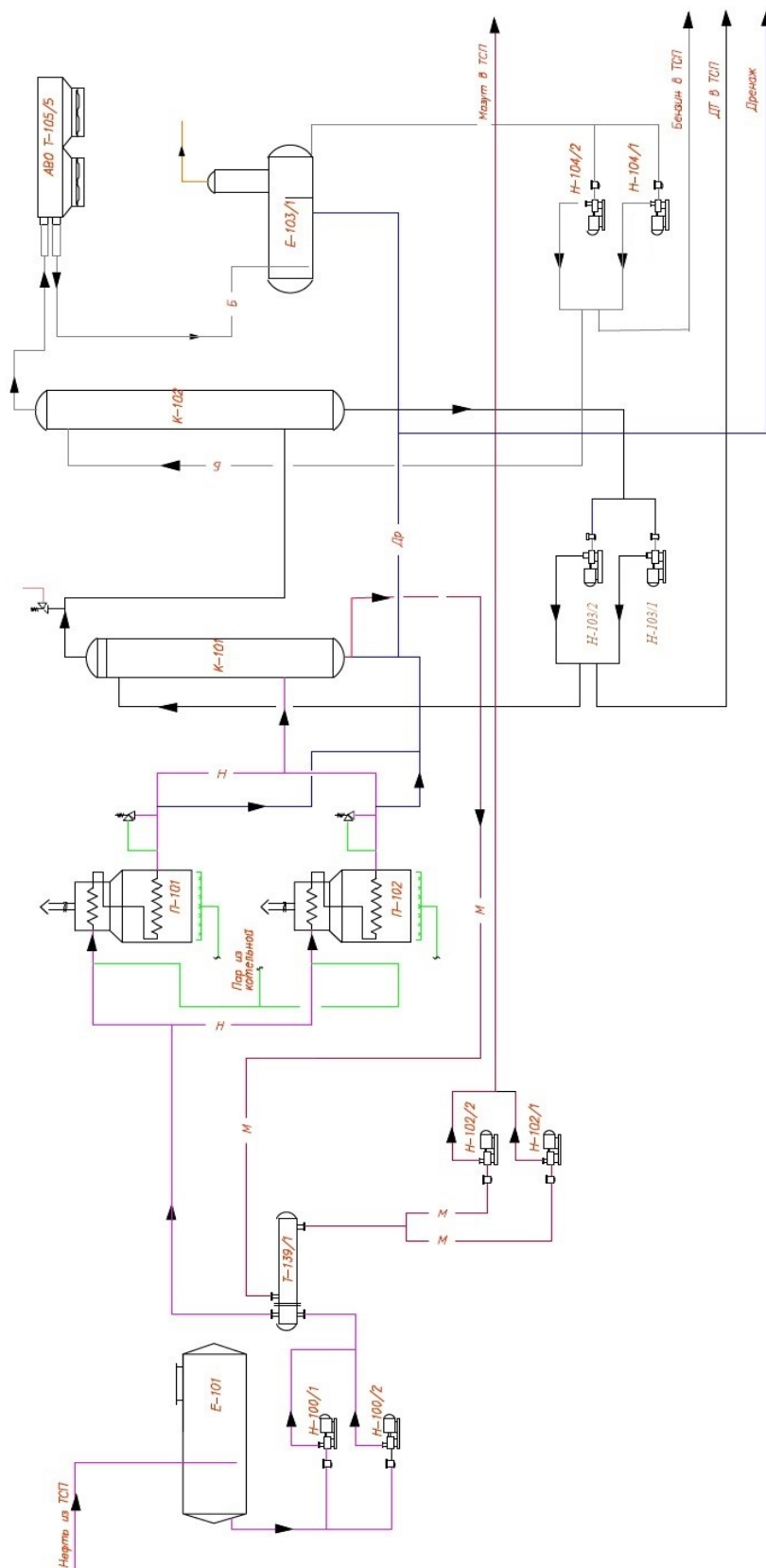
Разработана структурная схема системы, разработаны схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов к ПЛК. Выбор оборудования, которое устанавливается непосредственно на технологический процесс, произведён с учётом взрывобезопасности. Все датчики имеют маркировку по взрывозащите. Вид взрывозащиты d – взрывонепроницаемая оболочка.

В рамках выполнения ВКР разработаны алгоритмы и программы для управления оборудованием нефтебазы. Программы разработаны в среде Codesys 3.5 на языке CFC. В режиме симуляции проверена работоспособность программ для различных значений контролируемых параметров.

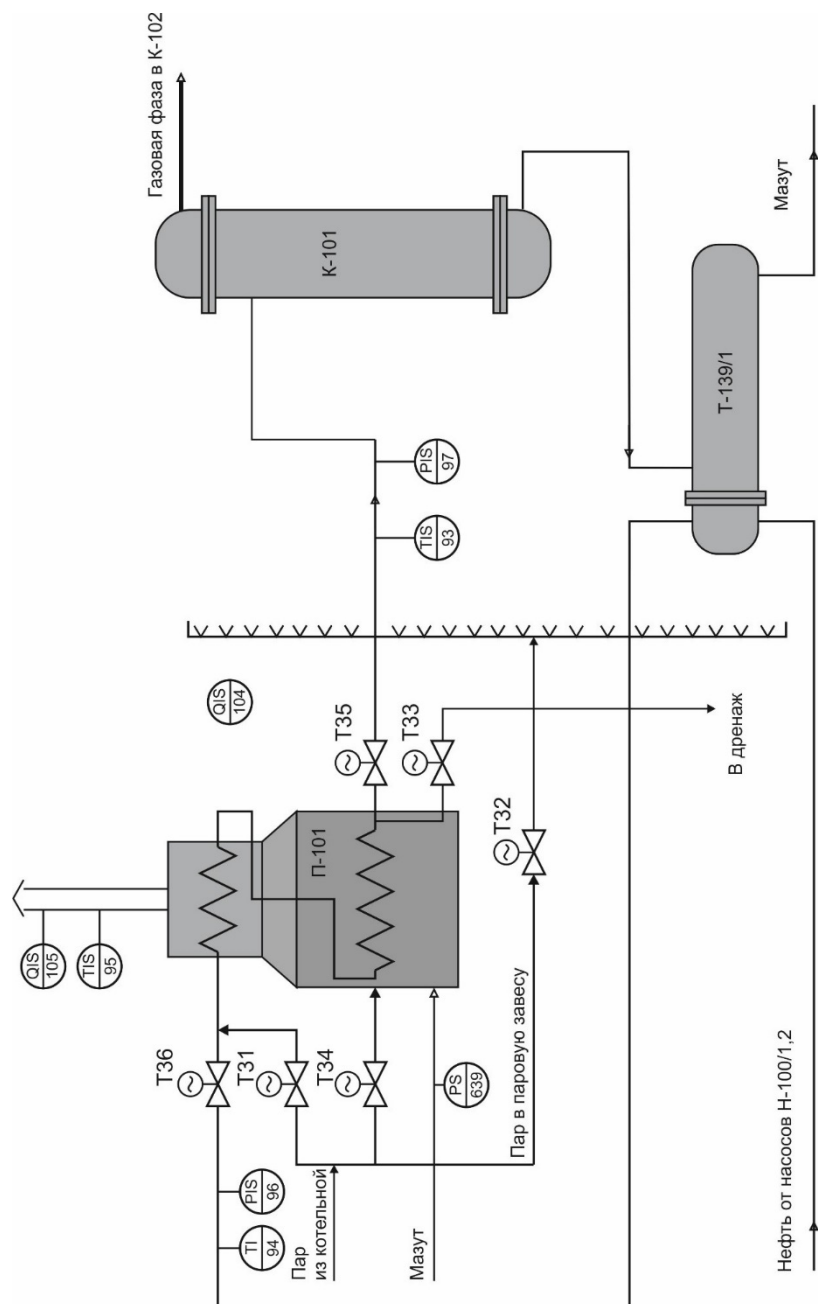
Дальнейшее развитие системы автоматизации может быть связано с разработкой современного интерфейса оператора на базе SCADA- системы.

Приложение А (обязательное)

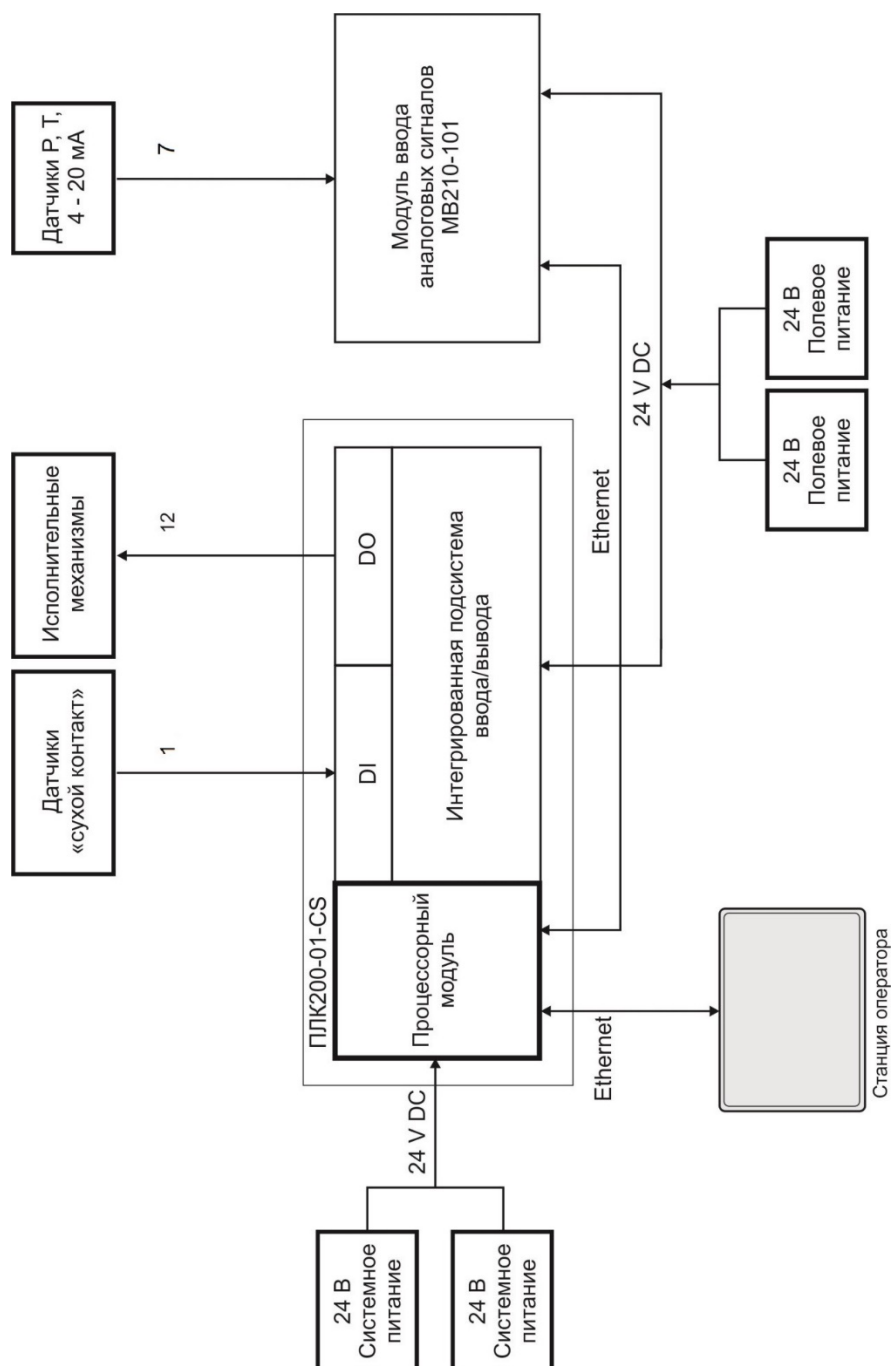
Технологический процесс ректификации нефти



Приложение Б **(обязательное)** **Функциональная схема**

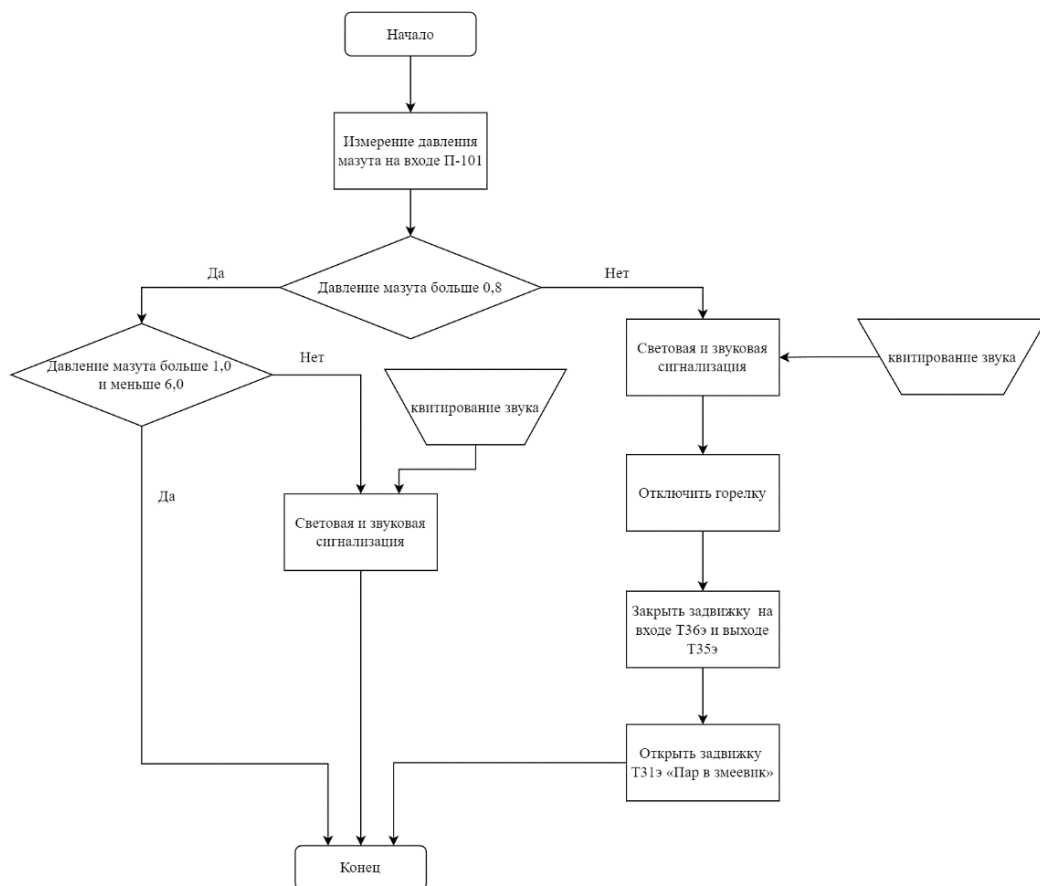


Приложение В **(обязательное)** **Структурная схема**



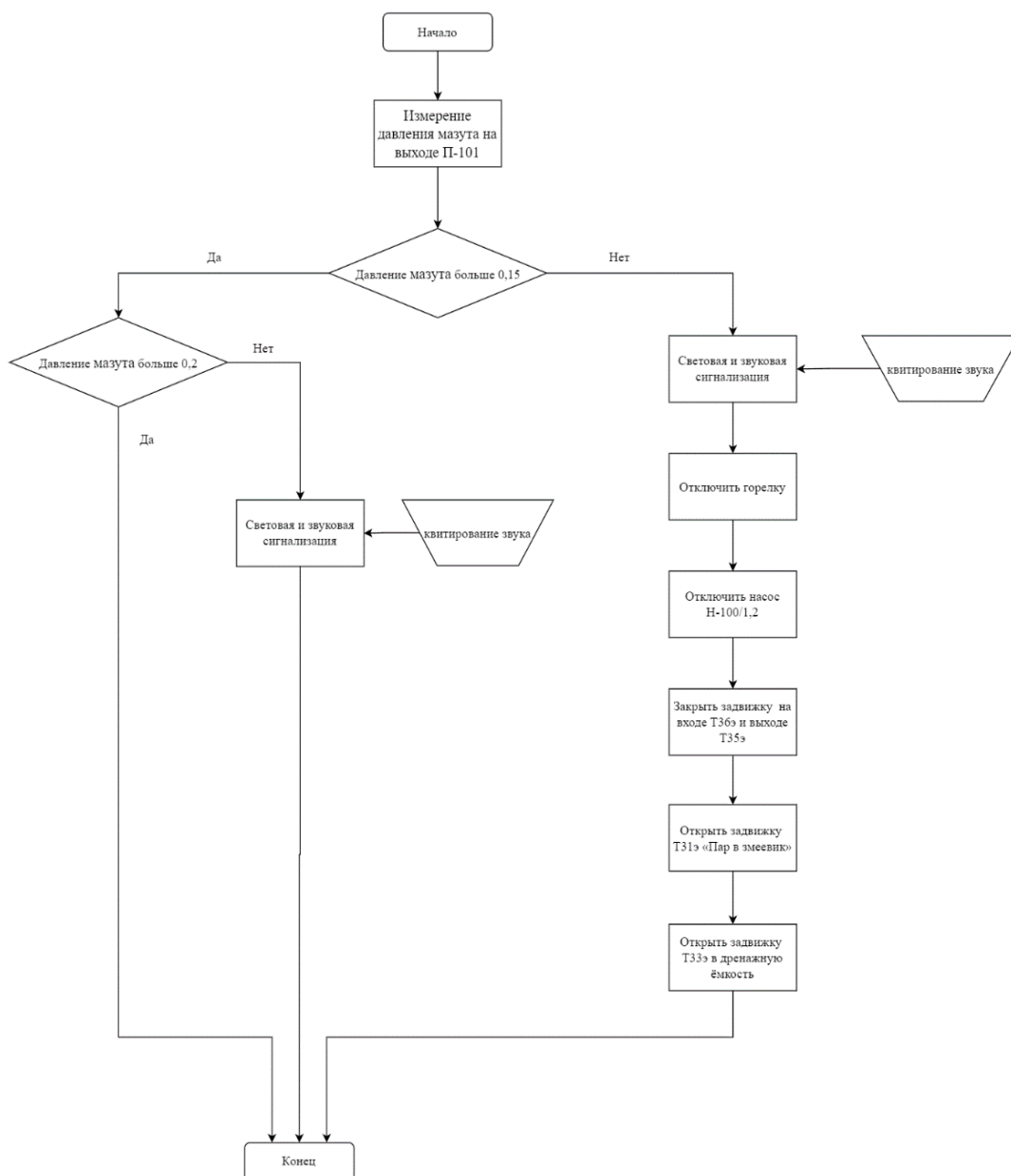
Приложение Г (обязательное)

Блок-схема алгоритма контроля давления мазута на входе П-101



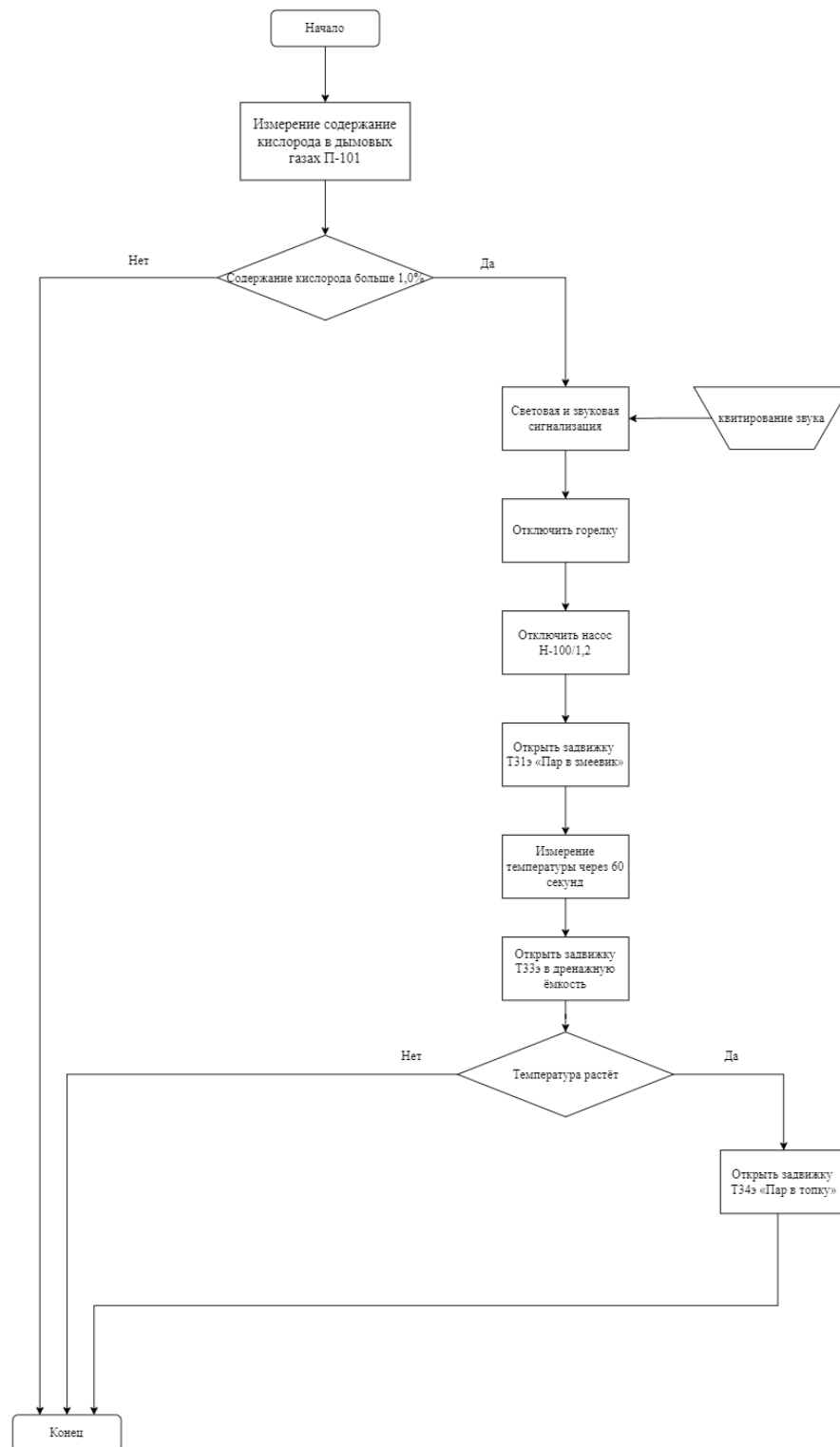
Приложение Д (обязательное)

Блок-схема алгоритма контроля давления мазута на выходе П-101



Приложение Е (обязательное)

Блок-схема алгоритма контроля содержание кислорода в дымовых газах печи



Список использованных источников

1. <https://petrodigest.ru/info/refining/primary/atmospheric-distillation>
2. ГОСТ 33272-2015 «Безопасность машин и оборудования. Порядок установления и продления назначенных ресурса, срока службы и срока хранения».
3. Технологический регламент №ТР-НПЗ-03-2016 малогабаритной установки по производству моторных Топлив УМТ-2 с товарно-сырьевым парком в с. Александровское Александровского района Томской области.
4. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями и дополнениями) от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
5. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 № 61808).
6. Правила устройства электроустановок (7-е изд., переработанное и дополненное, с изменениями). Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации. Приказ от 8 июля 2002 г. № 204.
7. Руководство по эксплуатации: Преобразователь давления 3051 с протоколом HART.
8. Датчики-газоанализаторы термомагнитные ДАМ. Руководство по эксплуатации. ИБЯЛ.407111.002-03 РЭ
9. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.
10. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»

11. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. Под ред. Э.А. Арустамова / 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Дашков и К°», 2006. — 476 с;
12. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
13. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».
14. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».
15. ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
16. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.