

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

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа

УДК 665.62.2:622.279.8

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Хамидзода Джасури Икрориддин		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Елена Вячеславовна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсо эффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алена Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
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 общинженерные 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 с 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 оплотехники 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»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
З-8Т81	Хамидзода Джасури Икрориддин

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№118-13/с от 28.04.2023 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

	6. Разработка алгоритмов управления. 7. Разработка экранных форм.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Структурная схема автоматизированной системы. 2. Функциональная схема автоматизации. 3. Схема соединений внешних проводок. 4. Блок-схемы алгоритмов управления. 5. Экранные формы.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, Доцент ООД ШБИП

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	Кузьминская Вячеславовна Елена	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Хамидзода Джасури Икрориддин		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страницы машинописного текста, 30 таблиц, 21 рисунок, 1 список использованных источников из 29 наименований, 1 альбом графической документации.

Объектом исследования является блок факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы управления блока факельных сепараторов системы УКПГ с использованием ПЛК с разработкой Web-визуализации.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК210, с применением среды разработки CoDeSys.

Проект может применяться в системах мониторинга и управления на предприятиях по добыче и переработке природного газа. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварийных ситуаций.

Содержание

1	Анализ технологического процесса, задачи автоматизации.....	12
1.1	Описание технологического процесса.....	12
1.2	Постановка задач автоматизации.....	13
1.3	Требования к системе.....	14
1.3.1	Требования к техническому обеспечению.....	15
1.3.2	Требования к программному обеспечению.....	16
2	Разработка аппаратной части системы.....	17
2.1	Разработка структурной схемы.....	17
2.2	Функциональная схема автоматизации.....	18
2.3	Разработка схемы информационных потоков.....	20
2.4	Выбор средств автоматизации.....	21
2.4.1	Выбор контроллерного оборудования.....	21
2.4.2	Выбор первичных преобразователей.....	25
2.4.2.1	Датчики давления.....	25
2.4.2.2	Датчик температуры.....	27
2.4.2.4	Выбор уровнемера.....	30
2.4.2.5	Выбор датчика-сигнализатора уровня.....	32
2.4.3	Выбор исполнительных механизмов.....	33
1.5	Разработка схемы внешних проводок.....	35
3	Разработка алгоритмов управления и экранных форм.....	37
3.1	Выбор алгоритмов управления АС.....	37
3.2	Алгоритм сбора информации с измерительного канала.....	37
3.3	Разработка экранных форм.....	39
4	Математическое описание контура регулирования.....	41
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	47
5.1	Технология QuaD.....	47
5.2	SWOT-анализ.....	49
5.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	50

5.4 Расчет материальных затрат.....	53
5.5 Расчет амортизационных отчислений.....	55
5.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	56
5.7 Дополнительная заработная плата.....	57
5.8 Отчисления во внебюджетные фонды.....	58
5.9 Накладные расходы.....	59
5.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	59
5.11 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	60
5.12 Определение ресурсоэффективности исследования.....	61
5.13 Определение эффективности исследования.....	62
5.14 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение.....	63
6 Социальная ответственность.....	66
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67
6.2 Производственная безопасность.....	69
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	70
6.4 Экологическая безопасность.....	74
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
6.6 Вывод по разделу.....	76
Заключение.....	77
Список использованных источников.....	79
Приложение А (обязательное) Структурная схема.....	82
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема.....	83
Приложение В (обязательное) Схема внешних проводок.....	84
Приложение Г (обязательное) Блок-схема алгоритма.....	85
Приложение Д (обязательное) Экранная форма.....	86

Введение

Автоматизация технологических процессов предназначена для повышения производительности и эффективности применяемых технологий производства. Проектирование и реализация любой автоматизированной системы управления технологическим процессом представляет собой решение различных математических, аналитических или конструкторских задач.

В выпускной квалификационной работе представляется решение в области автоматизации, где произведен подбор аппаратно-технических средств, разработаны графические схемы, отражающие функциональные свойства системы, разработаны алгоритмы управления и экранные формы Web-визуализации для мониторинга и управления блоком факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа.

Одними из важнейших показателей в разрабатываемом проекте промышленной отрасли являются экономические показатели эффективности являются. Аварийные или нештатные ситуации способны спровоцировать длительные технологические простои, которые влекут за собой значительные экономические потери предприятия. Автоматизация производства направлена на исключение возникновения ситуаций, связанных с нештатными ситуациями. Применяемые технологии в проекте автоматизированной системы должны привести к минимизации простоев технологических аппаратов и, соответственно, снизить экономические потери от простоев. Применение более точного оборудования позволяет добиться большего коэффициента полезного действия всей установки, что также приводит к повышению экономических показателей.

1 Анализ технологического процесса, задачи автоматизации

1.1 Описание технологического процесса

Факельные сепараторы высокого давления используются для очистки газа от капель воды, которые сбрасываются на факел. Факельные сепараторы используются в газовых факельных системах, которые при необходимости применяются на нефтяных и газоконденсатных месторождениях [1]. Ввиду местоположения месторождений, факельные сепараторы высокого давления используются в основном на территории с умеренным и холодным климатом [2].

Технические характеристики факельного сепаратора приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики факельного сепаратора высокого давления

Наименование характеристики	Значение
Производительность по газу, млн. м ³ /сутки	До 10
Рабочее давление, МПа	4
Диаметр, мм	3200
Длина, мм	18000
Масса, кг	21100
Эффективность очистки газа жидкости, %	Не менее 99

Газовые сепараторы бывают различных конструктивных исполнений. Факельный сепаратор имеет конструктивное исполнение, показанное на рисунке 1.1. По форме сепаратор напоминает цилиндр, внутри которого расположены различные насадки. В основном применяются угловые и вертикальные насадки [8]. Смесь газа с жидкостными примесями направляется на факельный сепаратор. Затем смесь газа и жидкости проходит на уголковую присадку, чтобы равномерно распределить поток смеси и отделить жидкостные включения от газового потока.

Факельные сепараторы высокого давления имеют технологические штуцеры и контрольные устройства для мониторинга технологического процесса сепарации. Технологическая арматура, применяемая в сепараторах, предназначена для удобства обслуживания и поддержания установленных режимов работы [3].

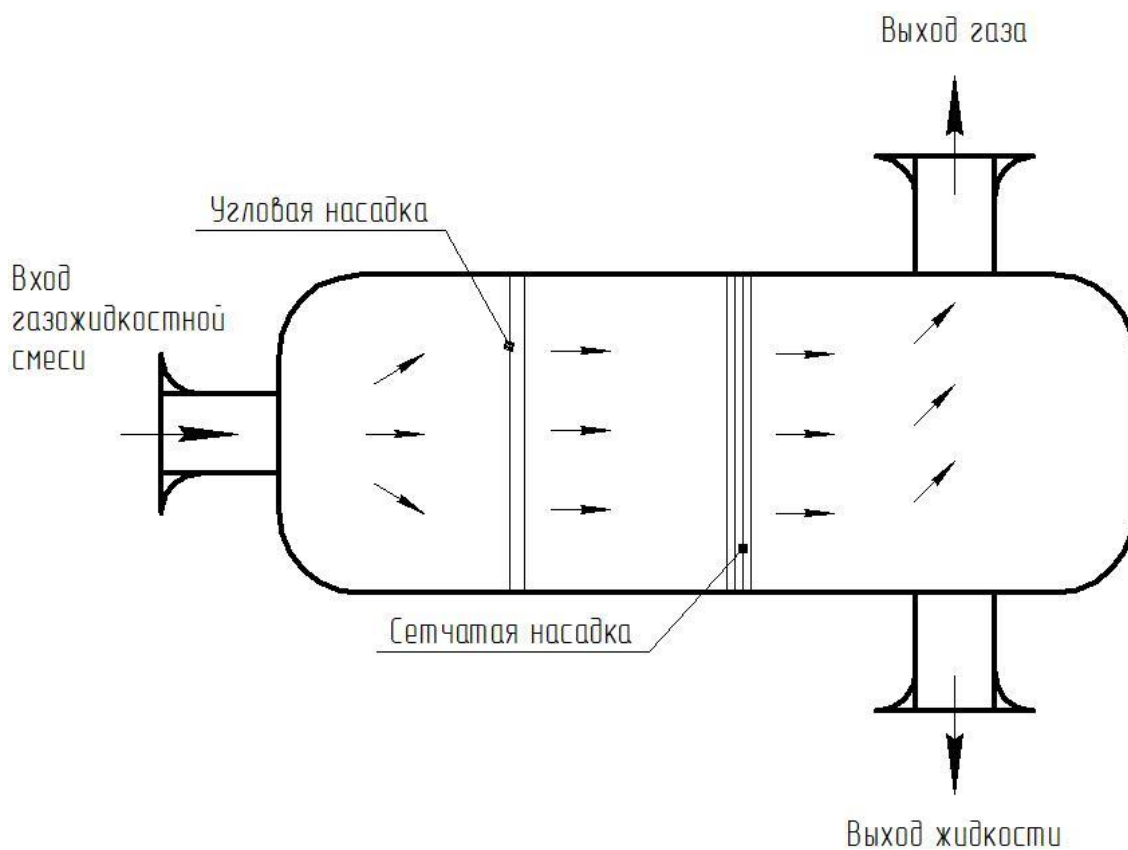


Рисунок 1.1 – Факельный сепаратор высокого давления

После прохождения угловой насадки газожидкостная смесь проходит через сетчатую трубку, расположенную вертикально. На данном этапе происходит очистка газа от примесей под действием сил гравитации, и сконденсировавшаяся жидкость через выходной штуцер направляется к дренажным резервуарам.

1.2 Постановка задач автоматизации

Перед началом проектирования необходимо поставить задачи, которые будет выполнять система автоматического управления [6]. Задачами автоматизации являются:

- мониторинг значений параметров технологического процесса и управление процессами, происходящими в факельном сепараторе высокого давления;

- безаварийный ввод и вывод установки из эксплуатации.

Автоматизированная система управления технологическими процессами должна обеспечивать:

- сбор и обработку данных, поступающих от первичных преобразователей, расположенных на полевом уровне;

- отображение параметров протекающего технологического процесса в реальном времени на мнемосхеме оператора;

- автоматическое и ручное управление технологическим процессом с возможностью перевода сепаратора в безопасный режим работы при возникновении нештатных ситуаций;

- световая и звуковая сигнализация, предупреждающая об отклонении значений параметров технологического процесса от заданных.

1.3 Требования к системе

Система автоматического управления должна состоять из трех основных уровней:

- нижний уровень - контрольно-измерительные приборы и запорная арматура [9]. На нижнем уровне размещаются датчики температуры, давления, расхода, уровня.

- средний уровень - уровень ПЛК и вторичных приборов. На среднем уровне системы обработки данных осуществляется сбор и обработка информации, поступающей с нижнего уровня [7]. На этом уровне производится коммутация управляющих воздействий на исполнительные механизмы;

- верхний уровень - уровень АРМ оператора. На верхнем уровне осуществляется сбор и обработка данных с ПЛК среднего уровня,

предоставление взаимодействия системы оператору с графическим интерфейсом [12].

1.3.1 Требования к техническому обеспечению

В соответствии с правилами устройства электроустановок, весь комплекс аппаратно-технических средств в автоматизированной системе и находящихся под напряжением должен быть защищен от случайного прикосновения обслуживающего персонала к открытым частям устройств, а также быть заземлен.

Оборудование, используемое во взрывоопасных зонах должно иметь взрывозащищенное исполнение и иметь возможность подключения по искробезопасным цепям.

Полевое оборудование должно обеспечивать непрерывное измерение и преобразование измеряемых величин технологических параметров в электрический унифицированный сигнал (4 – 20) мА, а также непосредственное управление параметрами технологического процесса.

Полевое оборудование, в соответствии с взрывоопасностью рабочей среды, должно иметь взрывозащищенное исполнение. Степень пылевлагозащиты не менее IP65. Узлы, непосредственно контактирующие с измеряемыми средами должны быть из материалов стойких к агрессивным средам.

Управление электроздвижками должно осуществляться дискретным сигналом 24 В.

Контроллерное оборудование должно иметь модульную архитектуру, предусматривающую установку дополнительных модулей ввода/вывода. При разработке системы автоматизации должен учитываться резерв на её масштабирование по крайней мере на 20 %.

Связь с полевыми контрольно-измерительными приборами должна быть обеспечена посредством HART-протокола с автоматизированного рабочего места оператора с соответствующим программным обеспечением.

1.3.2 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение, применяемое в системе должно иметь достаточный набор функций для обеспечения работы автоматизированной системы управления факельным сепаратором высокого давления.

Программное обеспечение должно иметь поддержку операционной системы Microsoft Windows XP и выше.

Программное обеспечение должно включать в себя:

- базовое программное обеспечение программируемого контроллера;
- среду разработки для программирования логического контроллера, способную реализовать перечисленные функции мониторинга и управления.

Интерфейс автоматизированного рабочего места должен:

- давать возможность диспетчеру воздействовать на технологический процесс путем использования виртуальных элементов управления;
- при воздействии оператора на особо важные параметры запрашивать подтверждение действия, что должно позволить избежать случайного или нежелательного воздействия на ход технологического процесса.

Элементы управления на рабочем месте диспетчера и программные средства к нему должны быть защищены от внешнего доступа с целью внесения изменений.

2 Разработка аппаратной части системы

2.1 Разработка структурной схемы

В системе автоматического управления проводятся измерения следующих технологических параметров: давления, температуры, уровня. Производится управление трубопроводной арматурой, а именно клапанов с электроприводом.

На рисунке 2.1 и в приложении А показана структурная схема системы автоматического управления. При разработке структурной схемы применялся иерархический принцип построения системы в три уровня: нижнего, среднего и верхнего.

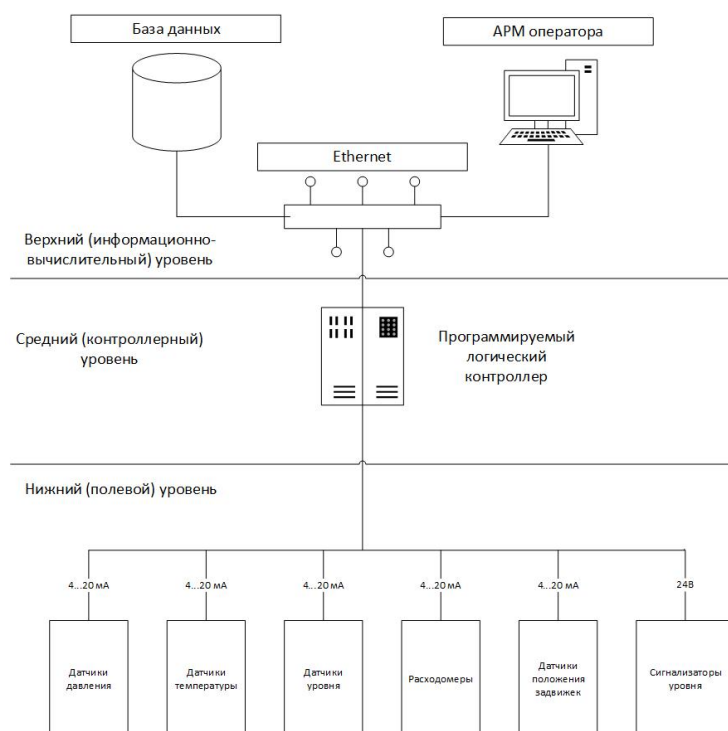


Рисунок 2.1 – Структурная схема

На первом (нижнем) уровне системы, предназначенном для взаимодействия первичных преобразователей с технологическим оборудованием и управления технологическими процессами. Нижний уровень будет состоять из следующих элементов:

- первичные преобразователи давления;
- первичные преобразователи температуры;
- первичные преобразователи расхода газа;
- первичные преобразователи уровня;
- преобразователи-сигнализаторы уровня;
- исполнительные механизмы.

На среднем уровне находится программируемый логический контроллер с модулями ввода и вывода.

Программируемый логический контроллер представляет собой технический комплекс, предназначенный для накопления и обработки информации о технологических процессах. Помимо этого, в контроллер закладываются алгоритмы для управления этими процессами.

Тесная взаимосвязь контроллера и верхнего уровня системы дает возможность создавать автоматизированное рабочее место оператора. Верхний уровень, как правило соединяет автоматизированное рабочее место оператора. На верхнем уровне располагается электронная вычислительная машина с установленной операционной системой Windows 10. Для взаимодействия оператора с технологическим оборудованием разрабатывается система Web-визуализация, построенная в среде CoDeSys.

На верхнем уровне решаются следующие задачи автоматизации:

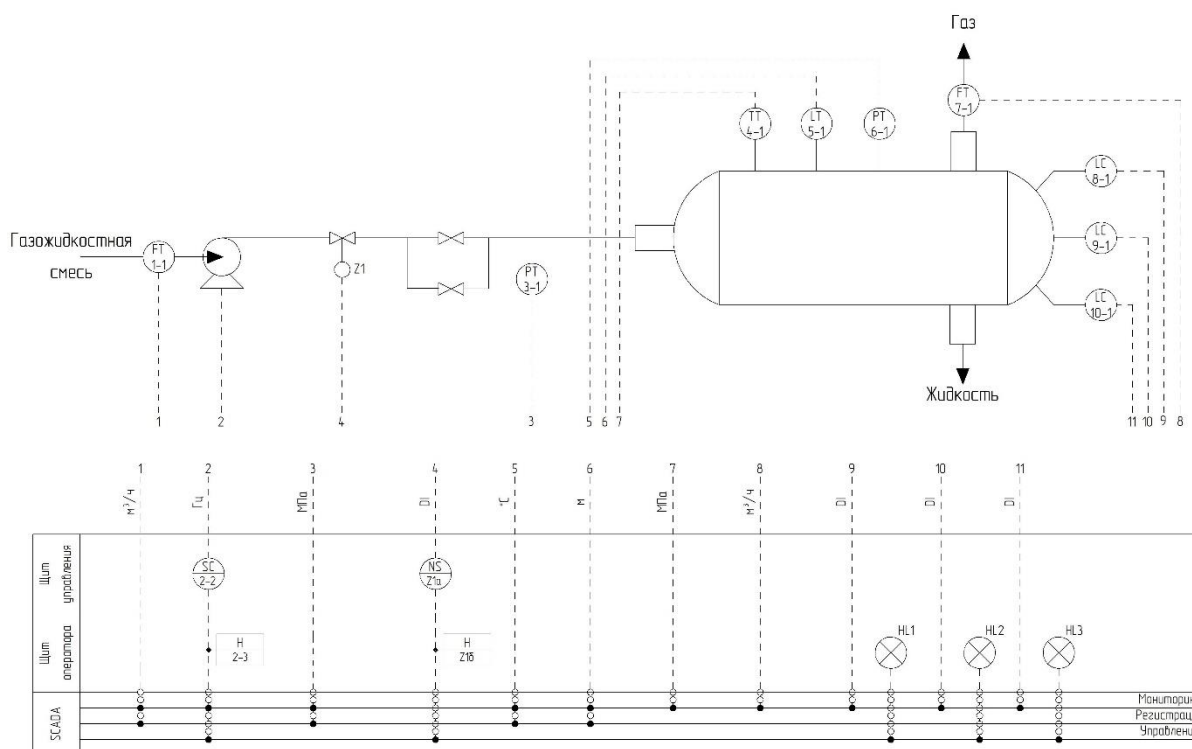
- накопление, обработка, хранение информации о технологическом процессе;
- отображение и управление параметрами технологического процесса посредством мнемосхемы.

2.2 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема системы автоматизации - это документ, в определяющий функциональную структуру отдельных элементов системы

автоматического управления. На схеме в виде условных обозначений, указанных в ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [29], изображены узлы мониторинга, автоматического регулирования и управления. Помимо этого представлены узлы аварийной и предупредительной сигнализации. При разработке схемы используются различные линии связи и соединительные линии, при помощи которых показываются каналы взаимодействия объектов системы друг с другом.

Функциональная схема автоматизации выполнена в соответствии с ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с поправками)» [30].



FT – датчик расхода; Н – кнопочный пост пуска/останова компрессора; NS – коммутирующее устройство пуска/останова компрессора; PT – датчик давления; PI – индикация давления; Z1 – управляющий орган; TT – датчик температуры; TI – индикация температуры; LT – датчик уровня.

Рисунок 2.2 – Функциональная схема автоматизации

2.3 Разработка схемы информационных потоков

На среднем уровне автоматизированной системы происходит сбор и передача текущей информации о технологическом процессе [10]. Контроллер, расположенный на среднем уровне системы, формирует и адресует потоки преобразованной в удобочитаемый вид информации в диспетчерскую. В свою очередь на мнемосхеме системы Web-визуализации отображается полученная со среднего уровня информация о состоянии процессов.

Для визуализации взаимодействия верхнего и среднего уровня автоматизированной системы создаются информационные потоки.

В таблице 2.1 представлены наименования параметров, с которыми происходит взаимодействие:

- расход газа с примесями жидкости, поступающей в сепаратор, м³/ч;
- объемный расход обработанного газа на выходе из сепаратора, м³/ч;
- уровень отсепарированной жидкости, находящейся в сепараторе, мм;
- значение температуры газожидкостной смеси внутри сепаратора, °С;
- избыточное давление в нагнетательном коллекторе, МПа;
- значение избыточного давления непосредственно в факельном сепараторе, МПа;
- статус работы и состояние компрессора.

Таблица 2.1 – Схема информационных потоков

Наименование сигнала	Тег	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала
Расход поступающей газожидкостной смеси	RAS_TRB_VHOD	(0 – 480)	м ³ /ч	(4 – 20) мА
Расход выходящей газожидкостной смеси	RAS_TRB_VYHD	(0 – 480)	м ³ /ч	(4 – 20) мА
Давление в нагнетательном коллекторе	DAV_NGNT	(0 – 25)	МПа	(4 – 20) мА
Управление задвижкой	UPR_VHOD_REG	(0 – 100)	%	(4 – 20) мА
Уровень газожидкостной смеси в сепараторе	URV_FSP_GJSM	(0 – 1800)	мм	(4 – 20) мА

Продолжение таблицы 2.1 – Схема информационных потоков

Наименование сигнала	Тег	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала
Нижний уровень газожидкостной смеси в сепараторе	URV_FSP_GJSM_PREDL	-	-	DI
Верхний уровень газожидкостной смеси в сепараторе	URV_FSP_GJSM_PREDH	-	-	DI
Наименование сигнала	Тег	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала
Верхний аварийный уровень газожидкостной смеси в сепараторе	URV_FSP_GJSM_AVARH	-	-	DI
Температура газожидкостной смеси в сепараторе	TEM_FSP_GJSM	от минус 30 до плюс 50	°С	(4 – 20) мА
Давление газожидкостной смеси в сепараторе	DAV_FSP_GJSM	(0 – 25)	МПа	(4 – 20) мА
Управление электродвигателем компрессора	UPR_VYHD_REG	-	-	DI

2.4 Выбор средств автоматизации

Для реализации системы автоматического управления необходимо произвести анализ совместимости и выбор средств автоматизации.

Выбор средств автоматизации, предназначенных для контроля и управления технологическими процессами, производится на основании разработанного технического задания.

2.4.1 Выбор контроллерного оборудования

В соответствии с техническим заданием в проекте необходимо решать типовые для нефтегазовой отрасли задачи по автоматизации. К рассмотрению были выбраны контроллеры следующих видов: Siemens Simatic S7-1200, Schneider Electric Modicon M238, ОВЕН ПЛК210.

Сравнение характеристик приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики ПЛК

Наименование характеристики/ Наименование ПЛК	Siemens S7-1200	Schneider Electric M238	ОВЕН ПЛК210
Типы интерфейсов	Ethernet; PROFIBUS; PROFINet; Modbus.	Ethernet; Modbus; PROFIBUS.	Ethernet; Modbus.
Модульное расширение	Да	Да	Да
Наименование характеристики/ Наименование ПЛК	Siemens S7-1200	Schneider Electric M238	ОВЕН ПЛК210
Время цикла, мс	0,05	0,1	0,1
Время наработки на отказ, ч	120000	100000	110000
Бесплатное ПО	Нет	Частично	Да
Цена, руб	От 275 000	От 180 000	От 50 000

В соответствии предоставляемым с техническим заданием для решения описанных задач подойдет программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК210. В контроллере применен широкий спектр модулей расширения, применение которых позволяет увеличить количество вводов и выводов до значения, требуемого в техническом задании. Контроллер обладает удовлетворительными показателями надежности и соответствует требованиям, согласно которым наработка на отказ должна быть не менее 100 000 часов. В соответствии с техническим заданием также требуется наличие бесплатного программного обеспечения и интерфейсы Ethernet и Modbus RTU. Контроллер ОВЕН ПЛК 210 значительно дешевле конкурентов.



Рисунок 2.3 – ОВЕН ПЛК 210

ОВЕН ПЛК210 – современная линейка модульных контроллеров с расширенными коммуникационными возможностями и повышенной надежностью [11].

Контроллер программируется в среде CoDeSys. В рамках единой среды разработки инженер имеет возможность разработки человеко-машинного интерфейса, управляющей логики, а также настройки обмена с другими устройствами.

Для питания контроллера применяется блок питания БП240К (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Блок питания БП240К

Блок питания БП240К предназначен для питания устройств, расположенных на среднем уровне системы, стабилизированным напряжением 24 В. Прибор рекомендуется для совместного применения с программируемыми логическими контроллерами ПЛК210 и модулями ввода-вывода Мх210. Программные алгоритмы позволяют источнику питания передавать данные о своем текущем состоянии в облачный сервис OwenCloud.

Таблица 2.3 – Технические характеристики БП240К

Наименование характеристики	Значение
Номинальное напряжение	24 В
Номинальный ток	10 А
Номинальная мощность	240 Вт

Продолжение таблицы 2.3

Диапазон напряжения	настройки	выходного	(22,5 – 29,0) В
Напряжение питания переменного тока			(90 – 264) В
КПД при нормальной нагрузке, не менее			90 %

Наличие гальванически развязанного канала питания, и стабилизированное напряжение постоянного тока 24 В на выходе, устойчивое при коротких замыканиях соответствует требованиям технического задания.

Для приема аналоговых сигналов с полевых устройств систему автоматического управления необходимо оснастить модулями аналогового ввода MB210 (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Модуль аналогового ввода MB210

Особенности модуля MB210:

- наличие универсальных входов для подключения термометров сопротивления, термопар и датчиков с унифицированным выходным сигналом тока и напряжения;
- широкий диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 55 °С;
- индивидуальная конфигурация каждого входа.

Для выдачи управляющего аналогового сигнала будет использован модуль аналогового вывода МУ210 (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Модуль аналогового вывода МУ210

Модуль аналогового вывода предназначен формирования аналогового сигнала для управления исполнительными механизмами, на основе цифровых сигналов, передаваемых по сети Ethernet.

Для коммутации выходных и приема входных дискретных сигналов будут использоваться встроенные дискретные выходы и входы контроллера.

2.4.2 Выбор первичных преобразователей

Выбор первичных преобразователей производился на основании анализа предложений от ведущих производителей в сфере автоматизации. Выбор производился на основе требований к надежности, а также требований к метрологическому, техническому и информационному обеспечению.

2.4.2.1 Датчики давления

Выбор первичных преобразователей давления основывался на сравнительном анализе следующих средств измерения давления: Yokogawa EJX-A; Метран-150; ЭЛЕМЕР-АИР-30.

Результаты сравнения приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Сравнение датчиков давления

Наименование характеристики/ Наименование датчика	Yokogawa EJX- A	Метран-150	ЭЛЕМЕР- АИР-30
Измеряемая среда	Жидкость, газ.	Жидкость, газ, пар.	Газ, пар.
Диапазоны пределов измерений	(0 – 15) МПа	(0,12 – 6) МПа	(0 – 10) МПа
Предел допускаемой погрешности	0,005 %	0,075 %	0,1 %
Среднее время наработки на отказ	300 000 ч	270 000 ч	80 000 ч
Выходной сигнал	(4 – 20) мА + HART	(4 – 20) мА + HART	(4 – 20) мА + HART
Взрывозащищенность	Ex0ExiaIICT4 / 1ExdIICT6	ExiaIICT6 X / 1ExdIICT6	ExiaIICT5X
Степень защиты от пыли и воды	IP 67	IP 65 / IP 67	IP 65
Цена, руб	65000	37500	25000

По результатам сравнения наилучшим вариантом для применения в проекте становится Метран-150 (рисунок 2.7). Этот датчик давления отвечает техническим характеристикам: наличие степени взрывозащиты, интегрированные искробезопасные цепи; степень защиты от влаги и пыли соответствующая стандарту IP 67; выходной унифицированный сигнал (4 – 20) мА со встроенной поддержкой протокола HART.

Датчик отвечает метрологическим характеристикам по приведенной погрешности до 0,2%. Соответствует требованиям, предъявляемым к надежности со средней наработкой на отказ более 100 000 часов.



Рисунок 2.7 – Датчик избыточного давления Метран-150

Датчики давления Метран-150 предназначены для преобразования избыточного давления измеряемых сред в унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА с применением цифрового протокола HART.

Датчики давления из серии Метран-150 могут иметь различные конструктивные исполнения. Но измерительная часть состоит из двух основных компонентов: чувствительного элемента и электронного преобразователя. Работа чувствительного элемента основана на пьезоэффекте. Чувствительный элемент измерительного блока датчика подвергается воздействию избыточного давления измеряемой среды. Чувствительный элемент под действием давления деформируется и генерирует электрический сигнал. Электронный преобразователь, встроенный в датчик, формирует соответствующий унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА, отмасштабированный к единицам давления.

2.4.2.2 Датчик температуры

Выбор первичных преобразователей температуры основывался на сравнительном анализе следующих средств измерения температуры: Rosemount 3144P; Метран 274; ОВЕН ДТПК115.

Сравнительный анализ датчиков температуры приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Сравнительный анализ датчиков температуры

Наименование характеристики/ Наименование датчика	Rosemount 3144P	Метран-274	ОВЕН ДТПК115
Диапазон измеряемых температур	от минус 30 до плюс 180 °С	от минус 50 до плюс 150 °С	от минус 30 до плюс 200 °С
Предел допускаемой погрешности	0,1 %	0,25 %	0,25 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА +HART	(4 – 20) мА +HART	(4 – 20) мА
Взрывозащищенность	Ex (ExiaCT6 X), Exd (1ExdIICT6)	Exd, Exi	ExiaCT6

Среднее время наработки на отказ	40 000 ч	50 000 ч	15 000 ч
Степень защиты от пыли и воды	IP67	IP68	IP67
Цена	35 000	27 000	15 000

Термометр сопротивления компании ОВЕН не отвечает требованиям к надежности. В частности, он лишен протокола HART и имеет плохие характеристики по точности.

Теперь нужно выбрать между датчиками-измерителями уровня Rosemount и Metran. Датчик Rosemount имеет высокий класс точности, но надежность выше, а стоимость ниже у датчика от компании Метран.

Требованиям к надежности, техническим и метрологическим характеристикам, предоставляемые по техническому заданию в полной мере соблюдаются преобразователем температуры Метран-274 (рисунок 2.8). Он и будет использован для измерения температуры



Рисунок 2.8 – Метран-274

Термометры сопротивления Метран-274 – это датчики, измеряющие температуру различных газовых и жидкостных сред. Встроенный электронный блок измерительного преобразователя датчика преобразует сопротивление чувствительного элемента в выходной токовый унифицированный сигнал (4 – 20) мА.

Термометр сопротивления в чистом виде состоит из термочувствительных элементов, на выходе которых электрическое сопротивление. В термометре Метран-274 помимо термочувствительного элемента имеется измерительный преобразователь. Измерительный преобразователь датчика преобразует электрическое сопротивление, возникшее на элементе, чувствительном к температуре, в токовый выходной сигнал.

2.4.2.3 Выбор расходомера

Выбор расходомеров объемного расхода основывался на сравнительном анализе следующих средств измерения объемного расхода: Yokogawa ADMAG, Метран-150RFA, TRICOR. Сравнительный анализ расходомеров приведен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Сравнение характеристик расходомеров

Наименование характеристики/ Наименование датчика	Yokogawa ADMAG	Метран-150RFA	TRICOR
Основная относительная погрешность измерений расхода, не более	±0,5 %	±1 %	±0,5 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА + HART	(4 – 20) мА + HART	(4 – 20) мА + HART
Средняя наработка на отказ	150 000 часов	150 000 часов	80 000 часов
Цена	370 000	280 000	300 000

При сравнении средств измерения объемного расхода можно выделить два фаворита: Yokogawa ADMAG и Метран-150RFA, так как они полностью удовлетворяют требованиям, определенным в техническом задании. Преобразователь расхода TRICOR не подходит по требованиям к надёжности. На следующем этапе следует выбрать среди преобразователей Метран и Yokogawa. В отношении стоимости Yokogawa ADMAG проигрывает преобразователю Метран-150RFA, поэтому предпочтение отдается датчику Метран-150RFA (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Метран-150RFA

Расходомер Метран-150RFA работает на основе метода перепада давления. На вход расходомера подается объемный расход, на выходе объемное значение расхода преобразуется в унифицированный токовый сигнал. Перепад давления измеряется с применением специальных импульсных трубок, подсоединенных к чувствительному элементу прибора. Прибор предназначен для работы во взрывоопасной обстановке и при сильном воздействии атмосферы.

В месте установки расходомера приваривается специальная бобышка с фланцем и отсечным вентилем. После этого в аппарате или трубопроводе, к которому приварена бобышка, просверливается отверстие при помощи сверлильной установки для сверления под давлением. После монтажа арматуры устанавливается конструкция Фло-Тар. Остается собрать расходомер, настроить и он готов к работе.

2.4.2.4 Выбор уровнемера

Выбор первичных преобразователей уровня основывался на сравнительном анализе следующих средств измерения уровня: Kobold NUS-R-4; Rosemount 5408; ОВЕН ПДУ-И.

Сравнительный анализ приведен в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Сравнительный анализ датчиков уровня

Наименование характеристики/ Наименование датчика	Kobold NUS-R-4	Rosemount 5408	ОВЕН ПДУ-И
Базовая погрешность	±0,1 %	±0,1 %	±0,2 %
Среднее время наработки на отказ	100 000 ч	100 000 ч	40 000 ч
Выходные сигналы	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА + HART	(4 – 20) мА + HART
Цена, руб	26000	47700	8500

С применением аналитического подхода и на основании технического задания для измерения уровня газового конденсата будет использоваться преобразователь уровня Rosemount 5408 (рисунок 2.10). Подобранный уровнемер является более подходящим по метрологическому, техническому обеспечению и требованиям к надежности.



Рисунок 2.10 – Уровнемер Rosemount 5408

Бесконтактный радарный уровнемер Rosemount 5408 – это прибор, предназначенный для непрерывного измерения уровня жидкости в условиях повышенной взрывопожарной опасности.

Радарный уровнемер генерирует радиоволны, направленные в сторону поверхности измеряемой среды. Вычислительный блок датчика измеряет промежуток времени между испусканием радиоволны, отражением её от поверхности и возвращением отраженной волны в чувствительный элемент датчика. На основании измеренного времени определяется уровень жидкости.

2.4.2.5 Выбор датчика-сигнализатора уровня

При достижении предельного уровня капельной жидкости необходимо подавать сигнализацию для предотвращения её перелива. Для этих целей проведем подбор сигнализатора уровня, среди следующих сигнализаторов: РИЗУР-900, OPTISWITCH 5300, Rosemount 2120.

Сравнительный анализ сигнализаторов уровня представлен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Сравнительный анализ сигнализаторов уровня

Наименование характеристики/ Наименование датчика	РИЗУР-900	OPTISWITCH 5300	Rosemount 2120
Относительная погрешность	1 %	0,25 %	0,2 %
Средняя наработка на отказ, часов	50000	50000	150000
Цена, руб	12000	17000	19000

В качестве сигнализатора уровня в автоматизированной системе управления будет использован преобразователь Rosemount 2120 (рисунок 2.11). Прибор удовлетворяет требованиям по точности измерений, а также, в отличие от рассмотренных аналогов является более надежным.



Рисунок 2.11 – Rosemount 2120

Rosemount 2120 представляет собой сигнализатор уровня, разработанный на основе технологии резонатора с короткой вилкой, которая позволяет применять устройство практически со всеми типами жидкости.

Работа сигнализатора фактически не зависит от интенсивности потока, турбулентности, пузырьков, пены или вибрации.

2.4.3 Выбор исполнительных механизмов

Для управления технологическими параметрами необходимо выбрать исполнительное устройство – запорно-регулирующую арматуру. Клапан будет регулировать поток газа, воздействуя на проходное сечение трубопровода своим регулирующим органом, уменьшая либо увеличивая сечение под управляющим воздействием со стороны регулятора [13]. В качестве исполнительных устройств будут рассмотрены ЭМИ 493725 и REMATIK URP.

Технические характеристики исполнительных механизмов сведены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Сравнительные характеристики исполнительных механизмов

Наименование /параметр	ЭМИ 493725	REMATIK URP 2PA
Номинальный крутящий момент, Нм	250	120
Максимальный выключающий момент, Нм	380	300
Номинальное время полного хода вых. вала, с	63	40
Наличие датчиков положения	(4 – 20) мА, дискретные крайних положений	(4 – 20) мА, дискретные крайних положений
Степень защиты	IP68	IP67
Климатическое исполнение	от минус 60 до плюс 60 °С	от минус 50 до плюс 40 °С
Наработка на отказ, часов	75000	60000
Стоимость, руб	35000	60000

В качестве исполнительного устройства будет использоваться регулирующий клапан, предназначенный для работы с газом, т.к. REMATIK значительно дороже и имеет меньшую надежность. В комплекте с клапаном поставляется электропривод ЭМИ 493725 (рисунок 2.12)



Рисунок 2.12 – регулирующий клапан ЭМИ 493725

Регулирующий клапан в соответствии с технической документацией должен устанавливаться в горизонтально расположенный трубопровод. За счет применения электропривода положение клапана можно изменять как дистанционно, направляя командные сигналы от управляющих устройств, так

и вручную - непосредственно воздействуя на ручку исполнительного механизма.

1.5 Разработка схемы внешних проводов

Разработанная схема соединений внешних проводов изображена на рисунке 2.13. Нижний (полевой) уровень системы автоматического управления, как и говорилось в предыдущих разделах, состоит из преобразователей давления, датчиков температуры, расходомеров и уровнемеров. Все элементы системы выдают на выход токовый сигнал (4 – 20) мА. Сигнализатор уровня имеет дискретный сигнал на выходе.

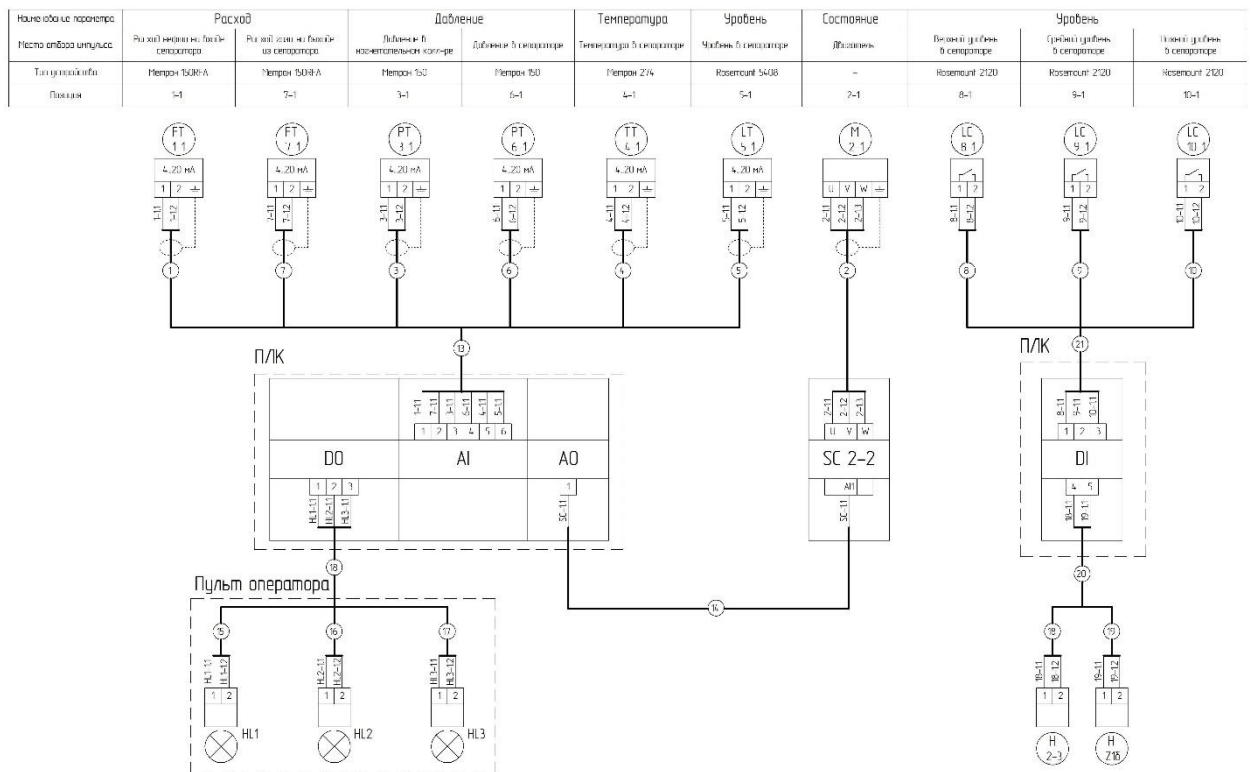


Рисунок 2.13 – Схема внешних проводов

Для подключения средств автоматизации между собой используется кабель марки КВВГнг. Кабель марки КВВГнг не поддерживает горение и имеет несколько токопроводящих жил и защитный экран. Защита от наведенных электрических полей представляет собой медную сетчатую оплетку. Кабели могут использоваться для подключения устройств,

расположенных неподвижно. По токопроводящим жилам кабеля может протекать ток переменного и постоянного эквивалента. Эксплуатационные характеристики позволяют использовать кабель при температуре окружающей среды от минус 50 °С до плюс 50 °С.

3 Разработка алгоритмов управления и экранных форм

3.1 Выбор алгоритмов управления АС

В проекте, построенном на методе иерархической трехуровневой системы, на разных уровнях используются разрабатываемые самостоятельно или встроенные в приборы алгоритмы управления. На среднем уровне системы и в программной среде CoDeSys будут реализованы следующие программные алгоритмы:

- алгоритмы пуска/останова технологического оборудования;
- автоматическое регулирования параметров технологического процесса по ПИД-законам регулирования;
- алгоритмы сбора информации с измерительных каналов;
- алгоритмы автоматической защиты.

В данном разделе будет подробно рассмотрен алгоритм сбора информации с измерительных каналов модулей ввода программируемого логического контроллера.

3.2 Алгоритм сбора информации с измерительного канала

В качестве измерительного канала будет выступать канал измерения температуры в сепараторе.

Алгоритм сбора данных о температуре состоит из следующих этапов:

- 1) Инициализация переменных и уставок.
- 2) Проверка на обрыв линии связи.
 - 2.1) Если линия связи имеет короткое замыкание, о нем генерируется сообщение на панель оператора. Сообщение сохраняется в архив. Конец алгоритма.
- 3) Проверка линии связи на короткое замыкание.

3.1) Если на линии связи имеется короткое замыкание, об этом выводится сообщение на экран. Сообщение сохраняется в архив. Конец алгоритма.

4) Перевод измеренного значения тока в значение температуры.

5) Проверка соответствия измеренного значения температуры с уставками.

5.1) Если измеренное значение вышло за границы какой-либо уставки – вывести об этом сообщение.

6) Вывести значение температуры на экран.

7) Конец алгоритма.

Блок-схема приведенного алгоритма показана на рисунке 3.1 и в приложении Г.

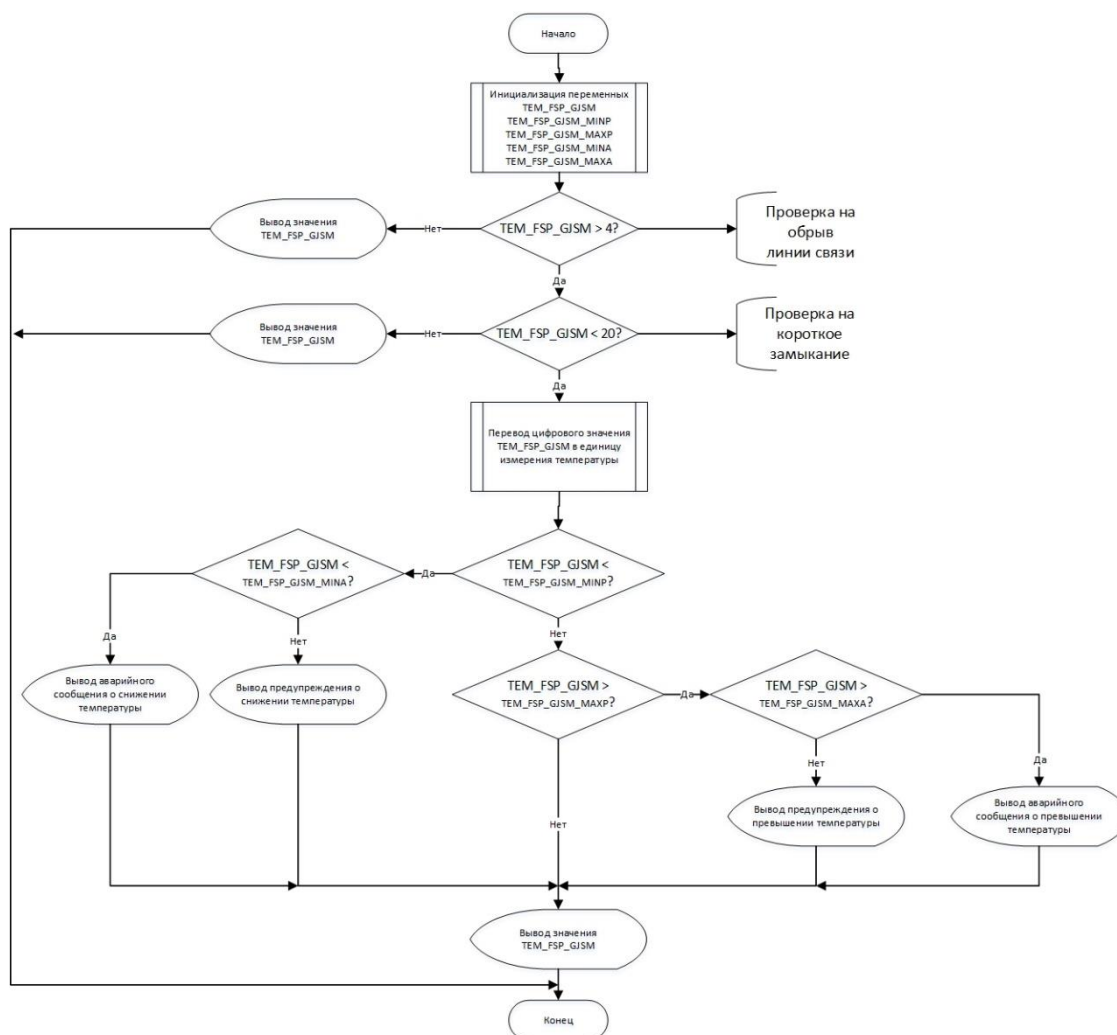


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритма

3.3 Разработка экранных форм

Управление факельным сепаратором высокого давления реализовано с использованием системы Web-визуализации CoDeSys [4, 5].

Графическая форма управления состоит из одного главного экрана (рисунок 3.2), где оператор может визуально наблюдать за ходом технологического процесса факельного сепаратора высокого давления.

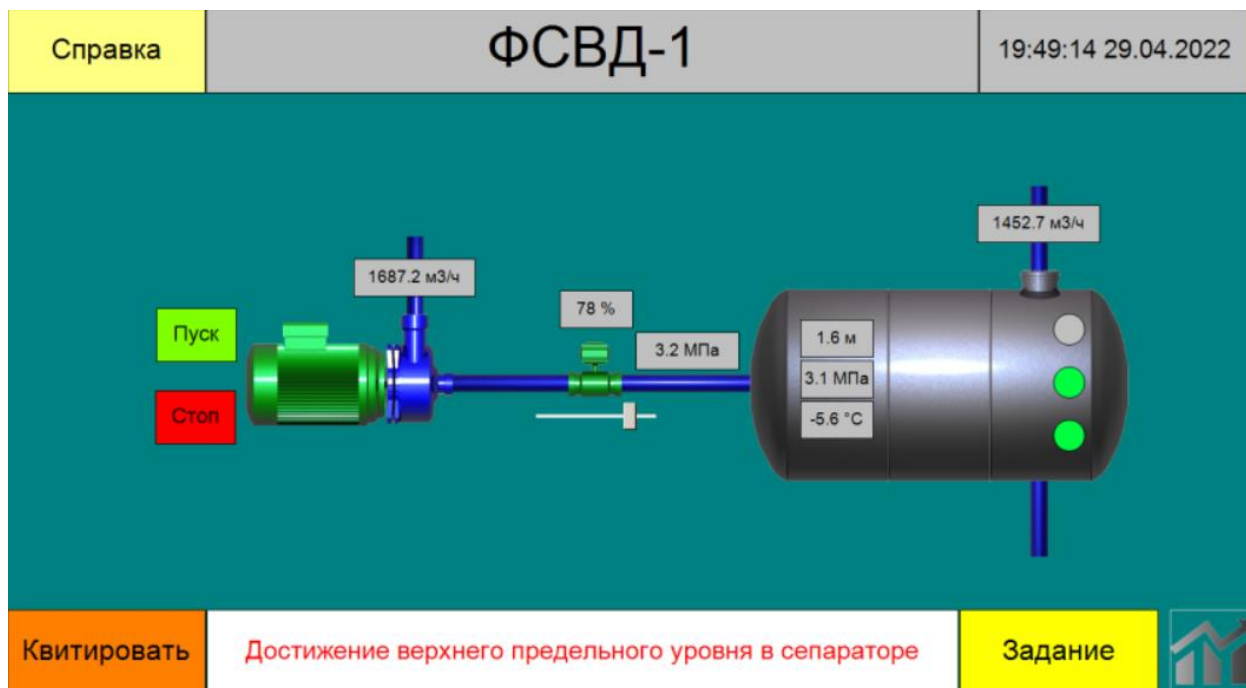


Рисунок 3.2 – Главный экран

После запуска проекта на экран выводится мнемосхема факельного сепаратора высокого давления, входной трубопровод с насосом, а также регулирующий клапан.

На главном экране расположены непосредственно элементы управления насосом и регулирующим клапаном, а также световые и текстовые индикаторы, отображающие состояние технологических параметров.

В верхней части экрана расположено меню справки, где оператор может в любой момент получить интересующую его информацию, касающуюся Web-визуализации.

В нижней части экрана располагаются кнопка «Квитировать», по нажатию на которую происходит квитирование текущих ошибок, если условия для их возникновения не актуальны. Индикация ошибок располагается в поле справа от кнопки «Квитировать». При нажатии на кнопку «Задание» оператор получает возможность редактирования основных уставок. Справа от кнопки «Задание» располагается кнопка, при нажатии на которую открывается меню трендов, где оператор может наблюдать в виде графика изменение технологических параметров.

При выведении контролируемых параметров за установленные границы текстовые индикаторы окрашиваются в желтый цвет – когда значение приближается к предельно допустимому и в красный цвет – когда параметр достиг аварийного значения.

4 Математическое описание контура регулирования

Объектом управления является участок трубопровода, по которому подается газ в сепаратор. Параметром регулирования является давление в трубопроводе, которое будет контролироваться датчиком давления и регулироваться задвижкой.

Передаточная функция трубопровода описывается следующим образом:

$$W(s) = \frac{1}{T*s+1} * e^{-\tau*s}, \quad (4.1)$$

где $T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \tau = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p * g}}$.

Таблица 4.1 – Значения параметров передаточной функции

Параметр	Значение
$f, \text{ м}^2$	0,031416
$d, \text{ м}$	0,2
$L, \text{ м}$	3
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	3
Δp	0,16
$g, \text{ м}/\text{с}^2$	9,8
$\gamma, \text{ кг}/\text{с}$	800

В соответствии с приведенными в таблице 4.1 параметрами, составим передаточную функцию трубопровода:

$$W(s) = \frac{1}{0.23 * s + 1} * e^{-0.031416*s}. \quad (4.2)$$

Запорно-регулирующий клапан описывается интегральным звеном:

$$W_3 = \frac{1}{s}. \quad (4.3)$$

Исполнительный механизм в упрощенном виде описывается апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{ЭП}(s) = \frac{k_{ЭП}}{T_{ЭП} * s + 1}, \quad (4.4)$$

где $T_{ЭП} = \frac{\omega_n * J}{M_k}, k_{ЭП} = \frac{\omega_n}{f_{max}}$.

Таблица 4.2 – Значения параметров исполнительного электропривода

Параметр	Значение
$f, \text{ м}^2$	0,031416
$\rho, \text{ кг/м}^3$	890
$L, \text{ м}$	3
$\omega_n, \text{ рад/с}$	1000
$M_k, \text{ Нм}$	60
$J, \text{ кгм}^2$	0,45
$I_{max}, \text{ МА}$ (максимальный ток управляющего сигнала ЧП)	20

Значения параметров исполнительного механизма взяты из его технического паспорта. Передаточная функция исполнительного механизма после записи значений параметров будет выглядеть следующим образом:

$$W_{ЭП}(s) = \frac{k_{ЭП}}{T_{ЭП} * s + 1} = \frac{3,14}{0,27s + 1}. \quad (4.5)$$

Преобразователь частоты в упрощенном виде также описывается апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{ЧП}(s) = \frac{k_{ЧП}}{T_{ЧП} * s + 1}, \quad (4.6)$$

где $T_{ЧП} = \frac{T_{ЭП}}{3}, k_{ЧП} = \frac{f_{max}}{I_{max}}$.

В соответствии с данными таблицы 4.2, передаточная функция частотного преобразователя выглядит следующим образом:

$$W_{ЧП}(s) = \frac{2,5}{0,0135s + 1}. \quad (4.7)$$

В качестве закона регулирования будем использовать закон ПИД-регулирования. ПИД-регулятор обеспечивает приемлемое качество регулирования, малое время регулирования и среднюю чувствительность к внешним возмущающим воздействиям.

ПИД-регулятор описывается следующей передаточной функцией:

$$W_{\text{ПИД}}(s) = K + \frac{1}{T_i s} + T_d p. \quad (4.8)$$

На рисунке 4.1 представлена структурная схема системы автоматического регулирования давления, выполненная в среде Simulink.

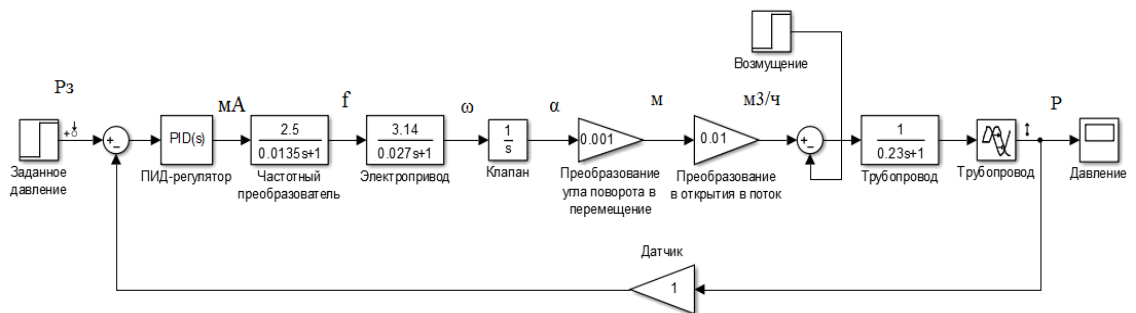


Рисунок 4.1 – структурная схема регулирования

Для ПИД-регулятора экспериментально подобраны следующие параметры: $K_p = 2,3$; $T_I = 0,01$; $T_D = 5,4$.

После запуска процесса моделирования системы на осциллографе отрисовывается график переходного (рисунок 4.2).

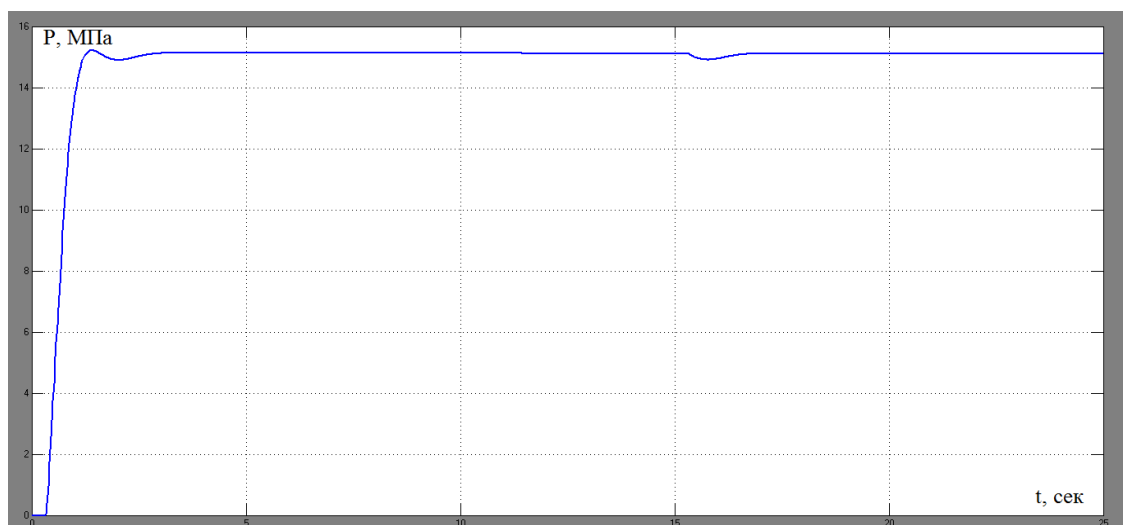


Рисунок 4.2 – График переходного процесса

По результатам анализа графика переходного процесса можно отметить следующие прямые показатели качества: время переходного процесса 2,8 секунды, перерегулирование равно 0,3 %. Также можно сказать, что статическая ошибка отсутствует и контур регулирования справляется с возникающим внешним возмущением.

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Хамидзода Джасури Икрориддин

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	10 июня 2023 г.
--	-----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Вячеславовна Елена	к.т.н.		28.04.2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		28.04.2023 г.

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Хамидзода Джасури Икрориддин		28.04.2023 г.

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Хамидзода Жасури Икрориддин

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. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	– тариф на электроэнергию – 5,748 руб. за 1 кВт·ч. Оклад руководителя – 33664 руб Оклад инженера – 21760 руб
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Накладные расходы – 16%. Районный коэффициент – 1,3
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Единый социальный налог – 30% Налог на добавленную стоимость – 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Организация и планирование работ.	Оценка продолжительность этапов работ
2. <i>Расчет сметы затрат на выполнение проекта</i>	Расчет показателей: общая себестоимость разработки, прибыль, НДС

Перечень графического материала:

1. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Хамидзода Жасури Икрориддин		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Ключевой задачей данного раздела является анализ актуальности разработки и планирование как финансовой, так и коммерческой ценности разрабатываемого проекта, предлагаемого в рамках научно-технического исследования.

Научно-техническое исследование предусматривает рассмотрение задач по анализу конкурентных решений; планированию научно-исследовательской работы; расчету бюджета научно-исследовательской работы; определению ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.

Главной целью научного исследования является оценка денежных затрат на проектирование автоматизированной системы управления блоком факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа.

5.1 Технология QuaD

Технология QuaD предназначена для количественной оценки качественных характеристик, таких как конкурентоспособность, эффективность и т.п. В ее основе лежит особая методика определения ценности объектов.

Система автоматического управления факельным сепаратором высокого давления установки комплексной подготовки газа соответствует следующим показателям:

- надежность – способность системы функционировать продолжительное время без поломок;
- точность – способность системы определять истинное состояние установки;

- быстродействие – способность системы своевременно управлять контролируемыми параметрами и моментально сообщать о неисправностях;
- безопасность – исключение возможности искусственного выведения системы в аварийный режим;
- удобство эксплуатации – возможность замены модулей по отдельности;
- ремонтпригодность – простота замены вышедших из строя узлов и деталей;
- защищенность – система защищена от несанкционированного доступа.

В таблице 5.1 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных решений.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,2	100	100	1	20
Точность	0,2	90	100	0,9	18
Быстродействие	0,15	80	100	0,8	12
Безопасность	0,1	80	100	0,8	8
Удобство эксплуатации	0,1	100	100	1	10
Ремонтпригодность	0,2	90	100	0,9	12
Защищенность	0,05	80	100	0,8	4
Итого	1	620	700	6,2	84

Технология QuaD подразумевает оценку каждого показателя экспертным путем от 1 до 100, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная позиция. Оценка перспективности и качества разрабатываемого проекта по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i, \quad (5.1)$$

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

B_i – вес i -го показателя;

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Величина средневзвешенного значения показателя качества разрабатываемого проекта может помочь в определении перспективности проводимого научно-технического исследования. Проект считается перспективным, если величина средневзвешенного значения находится в диапазоне от 100 до 80 единиц.

По результатам расчета показателя качества можно сказать, что разработка такого проекта является перспективной. Величина средневзвешенного значения составляет 84 единицы.

5.2 SWOT-анализ

Технология SWOT позволяет провести комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта. Для проведения SWOT-анализа необходимо сформулировать сильные и слабые стороны, возможности и угрозы для реализации проекта.

Сильные стороны проекта – это те факторы, которые способны обеспечить конкурентоспособность научно-исследовательского проекта.

Слабые стороны – это недостатки, которые препятствуют достижению целей научно-исследовательского проекта.

Возможности – это любые предпочтительные факторы, которые поддерживают спрос на научно-техническую работу и позволяют повысить конкурентоспособность технологии.

Угрозы – это неблагоприятные факторы, которые способны нежелательным образом задать проекту отрицательные тенденции или изменения, а также снизить конкурентоспособность разрабатываемой

технологии. Результаты проведенного первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Надежность и точность. С2. Безопасность и защищенность. С3. Возможность замены функциональных элементов в оборудовании.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Повышенные ресурсные требования к высокоточному оборудованию. Сл2. Отсутствие макета физического подобия. Сл3. Отсутствие клиентской базы.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2. Появление дополнительного спроса на новое техническое решение. В3. Реклама предлагаемого технического решения.	В2С1С2 – Надежность и точность, безопасность и защищенность системы способствует появлению дополнительного спроса.	В1Сл1Сл2 – за счет инновационной инфраструктуры ТПУ можно создать модель системы. В3Сл3 – рекламируя техническое решение можно обзавестись клиентской базой.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Проблемы с поставками комплектующих. У3. Политические или экономические ограничения на экспорт.	У2У3С3 – в случае проблем с поставками комплектующих есть возможность их замены.	У1Сл3 – отсутствие спроса на техническое решение и отсутствие клиентской базы можно исправить проводя рекламные компании и увеличивая доступность технологии.

5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ является диаграмма Ганта. Диаграмма представляет собой отрезки, размещенные по горизонтали на шкале времени. Каждый сегмент диаграммы соответствует отдельной задаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале – это начало, конец и длительность задачи соответственно.

Для построения диаграммы необходимо определить длительность каждой из выполняемых работ. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (5.2)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы (календарные дни);
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы (рабочие дни);
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.3)$$

где $T_{\text{кал}}$ – кол-во календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – кол-во выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – кол-во праздничных дней в году.

Все значения, полученные при расчетах сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Временные показатели проведенного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$, чел-дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
Постановка задачи	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1
Календарное планирование работ	5	–	7	–	5,8	–	5,8	–	9	–
Разработка и утверждение ТЗ	1	1	2	1	1,4	1	0,7	0,5	1	1
Подбор и изучение научно-технической литературы	3	-	5	-	3,8	-	1,9	-	3	-

Продолжение таблицы 5.3 – Временные показатели проведенного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни		И	НР	И	НР
	И	НР	И	НР	И	НР				
Описание технического процесса	12	–	25	–	17,2	-	17,2	–	25	–
Выбор оборудования	2	–	4	–	2,8	–	2,8	–	4	–
Разработка схем	2	-	5	-	3,2	-	1	-	2	-
Разработка экранных форм	1	-	1	-	1	-	1	-	2	–
Разработка программы управления	2	–	7	–	4	-	4	–	6	–
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	2	–	4	–	2,8		2,8	–	4	–
Написание раздела «социальной ответственности»	4	–	5	–	4,4	–	4,4	–	7	–
Проверка работы с руководителем	1	1	2	1	1,4	1	0,7	0,5	1	1
Составление пояснительной и подготовка презентации	12	-	20	-	15,2	-	7,6	-	11	-

Из данных, полученных в таблице 5.3 был построен календарный план-график.

Таблица 5.4 – Календарный план-график

№ ра б	Название работы	Продолжительность выполнения работ																	
		январь			февраль			март			апрель			май			июнь		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Постановка задачи																		
2	Календарное планирование работ																		
3	Разработка и утверждение ТЗ																		
4	Подбор и изучение научно-технической литературы																		
5	Описание технического процесса																		
6	Выбор оборудования																		
7	Разработка схем																		
8	Разработка экранных форм																		
9	Разработка программы управления																		
10	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»																		
11	Написание раздела «социальная ответственность»																		
12	Проверка работы с руководителем																		
13	Составление пояснительной и подготовка презентации																		

5.4 Расчет материальных затрат

В данную статью расходов входит стоимость материалов, покупных изделий и других материальных ценностей, затрачиваемых непосредственно для выполнения научно-технического исследования.

Расчет материальных затрат производится по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расх_i}, \quad (5.4)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расх_i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида;

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Стоимость материальных ресурсов определяется прайс-листами, каталогами и другими источниками информации, размещенными на соответствующих интернет-сайтах предприятий-изготовителей, либо организаций-поставщиков.

В таблице 5.5 отражены материальные затраты на производство научно-технического исследования.

Таблица 5.5 – Материальные затраты на производство научно-технического исследования

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Тетрадь общая, 96 л.	80	1	80
Ручка	20	2	40
Карандаш	20	1	20
Резинка стирательная	15	1	15
Бумага офисная	750	1	750
ИТОГО (рублей)		950	
ИТОГО (рублей) с учетом ТЗР (20%)		1140	

Из таблицы 5.5 видно, что на производство научно-технического исследования понадобится 1140 рублей.

5.5 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления - это статья расходов, которая включает в себя все затраты, связанные с использованием специального оборудования, необходимого для проведения научно-технического исследования.

На выполнение выпускной квалификационной работы студенту-дипломнику дается 5 месяцев. Для выполнения выпускной квалификационной работы необходим персональный компьютер и принтер со сканером

Норма амортизации рассчитывается следующим образом:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} * 100\%, \quad (5.5)$$

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

Принимаем срок полезного использования равный 3-м годам. В таблице 5.6 приведен расчет амортизационных отчислений.

Таблица 5.6 – Расчет амортизационных отчислений

	Стоимость, руб	Срок полезного использования, лет	Норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб.	Ежемесячная амортизация, руб.	Итоговая амортизация, руб.
Персональный компьютер	70000	3	33,3	23310	1942,5	9712,5
Принтер со сканером	45000	3	33,3	14985	1248,75	6243,75
ИТОГО						15956,25

Из таблицы 5.6 следует, что сумма амортизационных отчислений составляет 15956,25 рублей.

5.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В статью расходов по основной заработной плате исполнителей включены затраты на основную заработную плату и премиям, входящим в фонд заработной платы научного руководителя и студента-дипломника (инженера).

В таблице 5.7 приведен баланс рабочего времени.

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	118
Потери рабочего времени на отпуск	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Затраты на заработную плату складываются из затрат на основную и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.6)$$

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

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

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p, \quad (5.7)$$

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

T_p – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата вычисляется следующим образом:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (5.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца;

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{окл}} * k_{\text{р}}, \quad (5.9)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – должностной оклад, руб;

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

В таблице 5.8 отражены результаты расчета основной заработной платы.

Таблица 5.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{окл}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, руб.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	30000	1,3	39000	1615,9	14	22622,6
Инженер	20000		26000	1305,8	121	158005,4
ИТОГО						180628

Из таблицы 5.8 видно, что наибольшие затраты по основной заработной плате приходятся на инженера.

5.7 Дополнительная заработная плата

Статья расходов, включающая затраты на дополнительную заработную плату, содержит предусмотренные Трудовым кодексом Российской Федерации выплаты за нарушение условий труда, указанных в трудовом договоре. К дополнительной заработной плате также относят любые социальные выплаты и обеспечения, связанные с компенсацией нарушенных условий труда.

Сумма затрат по статье на дополнительную заработную плату вычисляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \quad (5.10)$$

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

В таблице 5.9 показан результат расчета дополнительной заработной платы.

Таблица 5.9 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,12	22622,6	2714,71
Инженер		158005,4	18960,65
ИТОГО			21675,36

По итогам расчетов затраты на дополнительную заработную плату составят 21675,36 рублей.

5.8 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды – обязательная для работодателя процедура. Ко внебюджетным фондам относят фонды органов социального, медицинского и пенсионного страхования. Отчисления в перечисленные фонды производятся установленным законодательством Российской Федерации образом и тарифам.

Размер отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) * k_{\text{внеб}}, \quad (5.11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В таблице 5.10 отражены затраты на отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 5.10 – Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Сумма отчислений
Научный руководитель	22622,6	2714,71	27,1	6866,41
Инженер	158005,4	18960,65		47957,8
ИТОГО				54824,21

По итогам расчетов затраты на отчисления во внебюджетные фонды составят 54824,21 рублей.

5.9 Накладные расходы

Накладные расходы представляют собой все затраты, не вошедшие в вышеперечисленные статьи расходов. Размер накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{\text{нр}}, \quad (5.12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (0,16).

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (1140 + 15956,25 + 180628 + 21675,36 + 54824,21) * 0,16 \\ &= 43875,82 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы составляют 43875,82 рублей.

5.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Бюджет затрат на производство научно-исследовательского проекта формируется на основании всех рассчитанных выше статей расходов.

В таблице 5.11 приведены затраты по всем статьям и итоговый бюджет научно-исследовательского проекта.

Таблица 5.11 – Бюджет научно-исследовательского проекта

№	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты	1140
2	Затраты на амортизационные отчисления	15956,25
3	Затраты по основной заработной плате	180628
4	Затраты по дополнительной заработной плате	21675,36
5	Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	54824,21
6	Накладные расходы	43875,82
7	Итоговый бюджет	318099,64

По итогам расчетов был сформирован бюджет научно-исследовательского проекта, размером 318099,64 рубля.

5.11 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

При анализе бюджета трех или более конкурентных решений, связанных с исполнением научного исследования в данной области, можно определить интегральный показатель финансовой эффективности разрабатываемого и конкурентных научно-исследовательских работ.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.13)$$

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научного исследования.

В качестве вариантов возможных исполнителей будут студент-дипломник с научным руководителем, ФНПЦ «Москва», ИП Бутиков А.Н.

В таблице 5.12 приведен расчет интегрального финансового показателя разработки.

Таблица 5.12 – Расчет интегрального финансового показателя

Исполнитель	Φ_{pi} , руб.	Φ_{max} , руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{студент}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{ФНПЦ "Москва"}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{Бутиков}}$
Инженер с научным руководителем	318099,64	550000	0,58	1	0,76
ФНПЦ «Москва»	550000				
ИП Бутиков А.Н	420000				

5.12 Определение ресурсоэффективности исследования

Показатель ресурсоэффективности проводится посредством определения интегрального критерия:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (5.14)$$

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

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки;

n – число параметров сравнения.

Таблица 5.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1 Инженер с научным руководителем	Исп. 2 ФНПЦ «Москва»	Исп. 3 ИП Бутиков А.Н.
Точность	0,2	5	5	5
Надежность	0,2	5	5	5
Быстродействие	0,15	5	4	5
Безопасность	0,1	4	3	4

Удобство	0,1	4	4	3
Обслуживание	0,2	4	3	4
Стоимость	0,05	5	4	3
ИТОГО	1	32	28	29

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 * 5 + 0,2 * 5 + 0,15 * 5 + 0,1 * 4 + 0,1 * 4 + 0,2 * 4 + 0,05 * 5 = 4.6$$

$$I_{p2} = 0,2 * 5 + 0,2 * 5 + 0,15 * 4 + 0,1 * 3 + 0,1 * 4 + 0,2 * 3 + 0,05 * 4 = 4.1$$

$$I_{p3} = 0,2 * 5 + 0,2 * 5 + 0,15 * 5 + 0,1 * 4 + 0,1 * 3 + 0,2 * 4 + 0,05 * 3 = 4.35$$

5.13 Определение эффективности исследования

Имея рассчитанное значение интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по следующей формуле рассчитывается интегральный показатель эффективности:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр.}i}} \quad (5.15)$$

Также следует определить сравнительную эффективность проектов:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп. 2,3}}}{I_{\text{исп. 1}}} \quad (5.16)$$

Проанализировав значения интегрального показателя эффективности для всех исполнителей можно определить сравнительную эффективность рассматриваемых решений и выбрать наиболее подходящий из предлагаемых вариантов.

Таблица 5.14 – Сравнение эффективности разработки

№	Показатель	Исп. 1 Инженер с научным руководителем	Исп. 2 ФНПЦ «Москва»	Исп. 3 ИП Бутиков А.Н.
1	Интегральный финансовый показатель	0,58	1	0,76
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,6	4,1	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	7,93	4,1	5,72

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,51	0,72
---	--	---	------	------

Исходя из значений сравнительной эффективности вариантов исполнения можно сделать вывод, что наиболее эффективной является система первого исполнителя, разработанная студентом-дипломником и научным руководителем.

5.14 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента, входящего в выпускную квалификационную работу, была определена трудоемкость реализации проекта и составлена таблица SWOT-анализа.

Выполнен расчет материальных затрат, затрат на основную и дополнительную заработную плату, а также затрат на отчисления во внебюджетные фонды и затрат на накладные расходы.

Была определена финансовая, экономическая, ресурсная и экономическая эффективность исследования, а также выявлены слабые и сильные стороны проекта, возможности и угрозы при применении данного проекта на предприятии.

В результате анализа конкурентных технических решений других компаний, предлагающих аналогичные услуги. Было установлено, что разрабатываемый студентом-дипломником совместно с научным руководителем проект имеет как преимущества, так и недостатки перед конкурентными решениями. Но данный проект является наиболее приемлемым, ресурсо- и экономически эффективным.

В процессе расчета бюджета научно-технического исследования определен итоговый бюджет научно-технического исследования, который оценивается в 318099,64 рубля.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа		ФИО	
3-8Т81		Хамидзода Жасури Икрориддин	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <p>–Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>–Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Объект исследования: рабочее место оператора автоматизированной системы управления блоком факельных сепараторов высокого давления УКПГ.</p> <p>Область применения: предприятия по переработке газа</p> <p>Рабочая зона: операторская</p> <p>Размеры помещения: 4*6 м</p> <p>В помещении имеется централизованное отопление, система кондиционирования воздуха, искусственное и естественное освещение.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, принтер.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль и управление параметрами объекта управления с помощью персонального компьютера.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <p>–специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.</p> <p>ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</p> <p>СП 51.13330.2011 Защита от шума.</p>

	МР 2.2.9.2311-07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <p>–Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Поражение электрическим током. 3. Возникновение пожаров <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шума. 2. Несоответствие естественного или искусственного освещения рабочей зоны нормам. 3. Нервно-психологические перегрузки, связанные с активным наблюдением за технологическим процессом. 4. Отклонение показателей микроклимата. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: беруши, защитные ограждения, огнетушитель, устройства защитного отключения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: санитарная зона 1000 м.</p> <p>Воздействие на литосферу: твердые бытовые отходы.</p> <p>Воздействие на гидросферу: сброс сточных вод.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс газа в атмосферу.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Техногенные аварии (выброс газа в атмосферу; отказ технологически важного оборудования).</p> <p>Природные катастрофы (ураганы, метели, эпидемии).</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, провалы территории).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: отказ технологически важного оборудования.</p>
Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т81	Хамидзода Жасури Икрориддин		

6 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.

В рамках выпускной квалификационной работы рассматривается проектирование автоматизированной системы управления блоком факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа. Автоматизация технологических процессов позволяет осуществлять управление ими без непосредственного присутствия в непосредственной близости с управляемыми объектами. Таким образом, снижается множество рисков, связанных с возникновением аварийных ситуаций.

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.

6.1 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.

Исходя из Конституции Российской Федерации, каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, а согласно ст. 219 Трудового кодекса Российской Федерации, каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов, которые могут вызвать производственную травму, профессиональное заболевание или снижение работоспособности [14].

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 [24]. Эти зоны изображены на рисунке 6.1.

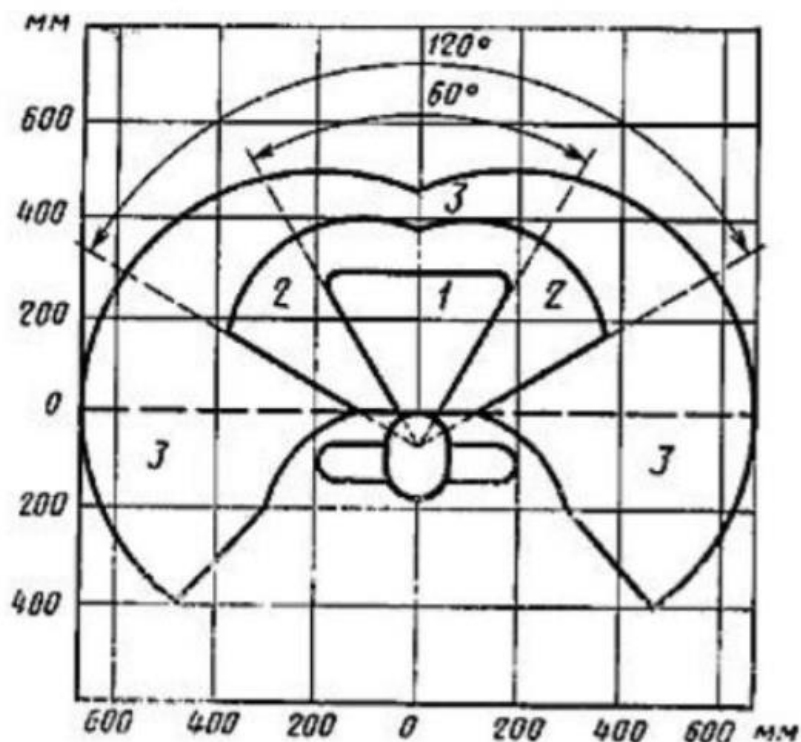


Рисунок 6.1 – Зоны досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

В соответствии с ГОСТ 22269-78 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места» органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля [16].

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.

6.2 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» [15]. В таблице 5.1 приведен перечень опасных и вредных факторов, характерных для исследуемого рабочего места оператора.

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Строительство	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [4]
Повышенный уровень шума		+	+	СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [6]
Недостаточный уровень освещения (естественное, искусственное)	+	+	+	СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение» [5]

Продолжение таблицы 6.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Строительство	Эксплуатация	
Опасные факторы, связанные с поражением электрическим током		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 «Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» [8] ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. [9]
Нервно-психологические перегрузки, связанные с активным наблюдением за технологическим процессом			+	МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [7]

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. 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» [17], а для выявления необходимых условий необходимо знать категорию работ в помещении по уровню энергозатрат.

Помещение операторской оснащено системой вентиляции, кондиционирования и отопления. В таблице 6.2 определены оптимальные

значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, а в таблице 6.3 - допустимые.

Таблица 6.2 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах по СанПиН 1.2.3685-21 [17]

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 6.3 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочих местах по СанПиН 1.2.3685-21 [17]

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

2. 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» [19].

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

При эксплуатации автоматизированной системы блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа

используются аппараты и приборы, генерирующие повышенный уровень шума. Для исключения влияния шума на находящихся в операторской рабочих используется шумоизоляция стен, а при непосредственном нахождении у аппаратов используются беруши или наушники.

3. На рабочем месте оператора имеются опасные источники напряжения – розетки, а также при нарушении режима эксплуатации таким источником может стать системный блок персонального компьютера.

В результате поражения током могут возникнуть сбои в работе нервной системы, что повлечет за собой потерю сознания, а также могут возникнуть электрохимические ожоги и повреждения внутренних органов.

Для исключения воздействия электрического напряжения на организм, все электрооборудование должно иметь защитное заземление. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены выводы однофазного источника питания электроэнергией, согласно ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление», должно быть не более 8 Ом [22].

4. Отсутствие или недостаток необходимого естественного или искусственного освещения возникает при недостаточной яркости осветительных приборов или естественных источников света.

Этот вредный производственный фактор затрудняет продолжительную работу и вызывает повышенную утомляемость. Излишний же свет снижает зрительные функции, способствует ухудшению сумеречного зрения и приводит к перевозбуждению нервной системы, в следствие чего снижается работоспособность.

Нормирование освещенности при работе за персональным компьютером приведено в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Нормирование освещенности при работе за ПК (СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.) [18]

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Под разряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					Освещенность на рабочей поверхности, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности Кп, %, не более	КЕО ен, % 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

5. Нервно-психологические перегрузки, связанные с активным наблюдением за ходом производственного процесса, возникают при длительном контроле важных технологических параметров объекта. Такие перегрузки могут способствовать повышению утомляемости и раздражительности.

Во избежание последствий для нервной системы, в соответствии с МР 2.2.9.2311-07, для операторов должен соблюдаться рациональный режим труда и отдыха [20]. Рекомендуется предусмотреть два обеденных перерыва, общей продолжительностью 1,5 ч. При работе в дневную 12-часовую смену рекомендуется предоставлять четыре регламентированных перерыва по 10 минут. Во время регламентированных перерывов следует проводить гимнастику общего воздействия, а также гимнастику для глаз.

6.4 Экологическая безопасность

1. Защита селитебной зоны. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» блок факельных сепараторов, который входит в состав установки комплексной подготовки газа относится к I классу санитарной классификации [26]. На установке ведется производство по переработке природного газа, поэтому для такого производства устанавливается размер санитарно-защитной зоны в 1000 м.

2. Защита атмосферы. Основным загрязнителем атмосферы на объекте является природный газ. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», предельно допустимая концентрация природного газа в рабочей зоне составляет 7000 мг/м³ [25]. Для предотвращения выбросов в атмосферу в аварийных ситуациях газ после факельных сепараторов направляется на газовый факел для сжигания.

3. Защита гидросферы. Факельные сепараторы отделяют природный газ от содержащейся в газожидкостной смеси влаги (газового конденсата). В аварийных ситуациях газовый конденсат может пролиться и возникнет угроза загрязнения водоемов или грунтовых вод. Предельно допустимая концентрация газового конденсата в водоемах, согласно ГОСТ 12.1.005-88 составляет 900 мг/м³ в пересчете на углерод [25]. Для предотвращения разлива жидкостей и их попадания в водоемы площадка оборудована заградительными сооружениями.

4. Защита литосферы. При эксплуатации объекта будут образовываться твердые бытовые отходы. Сбор отходов будет производиться в контейнеры в специально отведенных местах и в дальнейшем вывозиться коммунальными службами. Этот процесс регламентируется ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения [27].

всего такие чрезвычайные ситуации возникают из-за некомпетентности рабочего персонала, неверных действий диспетчеров и операторов.

Описанные чрезвычайные ситуации могут привести к пожарам. Согласно Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» воспламенение газа на блоке факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа классифицируется классом С.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 для борьбы с возможными пожарами могут быть применены первичные средства пожаротушения: пожарные автомобили; пожарная авиация; переносные и передвижные огнетушители; пожарный инвентарь (багры, лопаты, песок и пр.) [23].

6.6 Вывод по разделу

Рабочее место оператора блока факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа соответствует нормативным значениям по микроклимату, электробезопасности, защиты от шума и другим рассмотренным вредным и опасным факторам.

Операторская относится к сухому помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Имеет категорию В4 по взрыво- и пожарной опасности.

Для оператора установки комплексной подготовки газа устанавливается I категория тяжести труда – легкие физические работы с энергозатратами до 150 ккал/ч (174 Вт).

Объектом, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду, является факельный сепаратор высокого давления установки комплексной подготовки газа, он относится к I категории.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система управления блоком факельных сепараторов высокого давления установки комплексной подготовки газа.

Проект имел определенное техническое, метрологическое и арифметическое обеспечение; в частности, были изложены требования к надежности. В проекте изучен технологический процесс очистки природного газа от капельных жидкостей факельным сепаратором высокого давления.

По данным технического задания была составлена соответствующая структурная схема. Произведен выбор приборов контроля, управления и регулирования в соответствии с требованиями, описанными в разработанном техническом задании. При выборе средств использовался метод аналитического мышления, соблюдались требования к надежности системы. Для передачи информации в диспетчерскую применялся программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК210 модульного типа в связке с модулями расширения дискретных входов и выходов, аналоговых входов и выходов.

Также применены методы для разработки системного подхода к сокращению простоев производства. Главным критерием снижения простоев является автоматизация производства. Благодаря автоматизации можно добиться улучшения экономической эффективности и производительности предприятия. Было уделено особое внимание показателям надежности средств автоматизации. В проекте выдвигались повышенные требования к средствам автоматизации в частности к средней наработке на отказ, а также возможности расширения системы при модернизации.

С применением комплекса технических средств были разработаны простые, но надежные алгоритмы сбора данных с измерительных каналов среднего уровня системы. Проведен детальный анализ алгоритма автоматического управления исполнительным устройством, регулирующим давление газа на выходе из сепаратора. Было произведено математическое

описание автоматизированной системы управления. В ходе разработки САУ была построена переходная характеристика. По математической модели были получены устойчивые характеристики с низким процентом перерегулирования и возможностью реагировать на внешние возмущающие воздействия. Подобраны настроечные коэффициенты ПИД-регулятора.

Таким образом, проект системы управления факельным сепаратором высокого давления удовлетворяем всем параметрам технического задания.

Список использованных источников

1. Джесси Рассел, Рональд Кон. Установка комплексной подготовки газа. – Москва, 2013 – 166 с.
2. Ким, К. В. Исследование комплексной подготовки газа месторождений Шуртан и Зеварды / К. В. Ким, Г. Р. Базаров, Х. Б. Дустов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 8 (112). — С. 238-242. — URL: <https://moluch.ru/archive/112/28477/>.
3. Разработка ресурсосберегающих технологий подготовки и межпромышленного транспорта скважинной продукции Ачимовских промыслов Уренгойского месторождения. / Корякин А.Ю. // Диссертация – 2020 г. Москва., 161 с. URL: https://gubkin.ru/diss2/files/d15-koryakin-ay/Dissertation_Koryakin_AY.pdf.
4. CoDeSys V3.5 Первый старт. Руководство пользователя. ОВЕН, 2020. – 153 с.
5. Программирование ПЛК в CoDeSys V3. Часть 2 Визуализация. ПК Пролог, 2017. – 249 с.
6. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учеб. пособие / Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2019. – 408 с.
7. Стрижак П.А. Микропроцессорные контроллеры и средства управления: учебник / П.А. Стрижак, Д.О. Глушков; Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 159 с.
8. Мордвинов А.А. Основы нефтегазопромышленного дела: учеб. пособие / А.А. Мордвинов, О.А. Морозюк, Р.А. Жангабылов. – Ухта: УГТУ, 2015. – 161 с.
9. Средства автоматизации и управления: конспект лекций / сост. В.В. Михайлов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 99 с.

10. Технические средства систем автоматики и управления: учебное пособие / В.Н. Скороспешкин, М.В. Скороспешкин, Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 218 с.
11. Шишов О.В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации: учебник / О.В. Шишов. – М.: Инфа-М, 2017.
12. Шишов О.В. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие / О.В. Шишов. – М.: Инфа-М, 2016. – 396 с.
13. Основы автоматизации производственных процессов нефтегазового производства: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / М.Ю. Прахова, Э.А. Шаловников, Н.А. Ишинбаев, С.В. Щербинин; под ред. М.Ю. Праховой. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.
14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
15. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.
16. ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
17. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
18. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
19. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»
20. МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»
21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

22. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
23. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
24. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
25. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
27. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
28. ГОСТ 21.208 – 2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Взамен ГОСТ 21.408 – 85; введ. 2013 – 11 – 14. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 27с.
29. ГОСТ 21.408 – 2013. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Взамен ГОСТ 21.408 – 93; введ. 2013 – 11 – 14. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 38с.

Приложение А (обязательное) Структурная схема

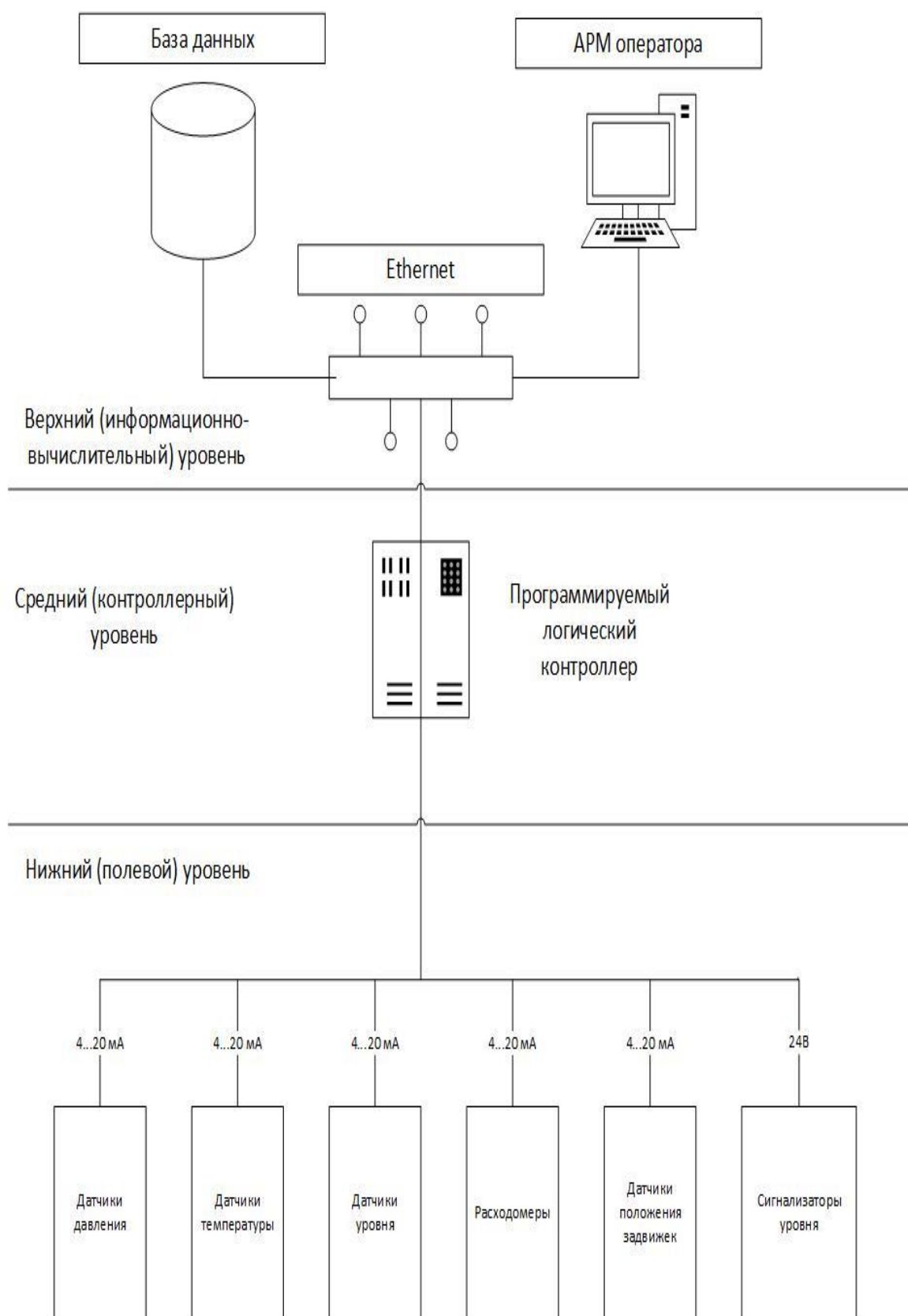
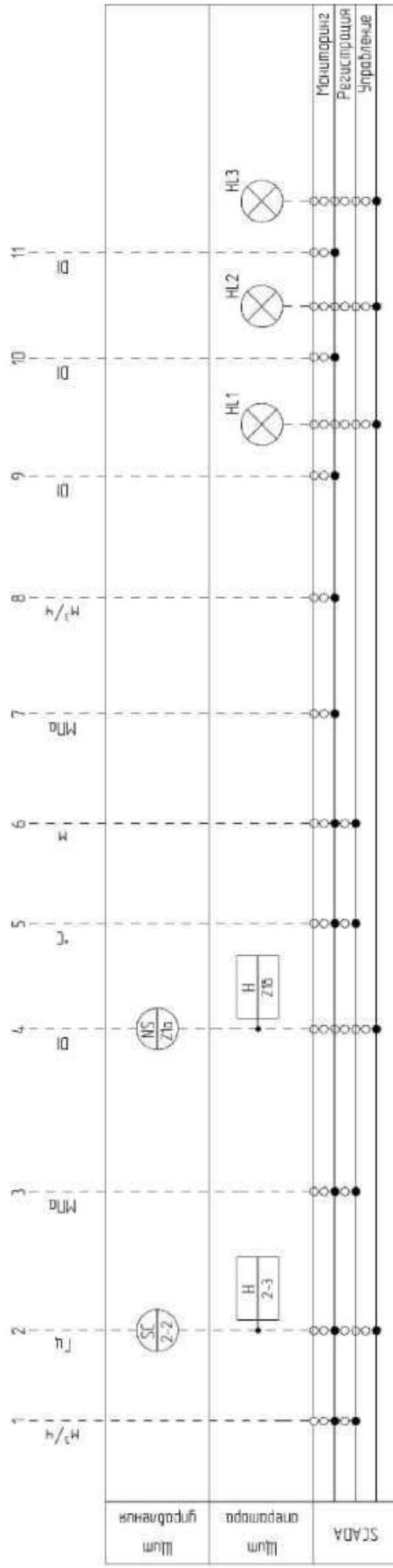
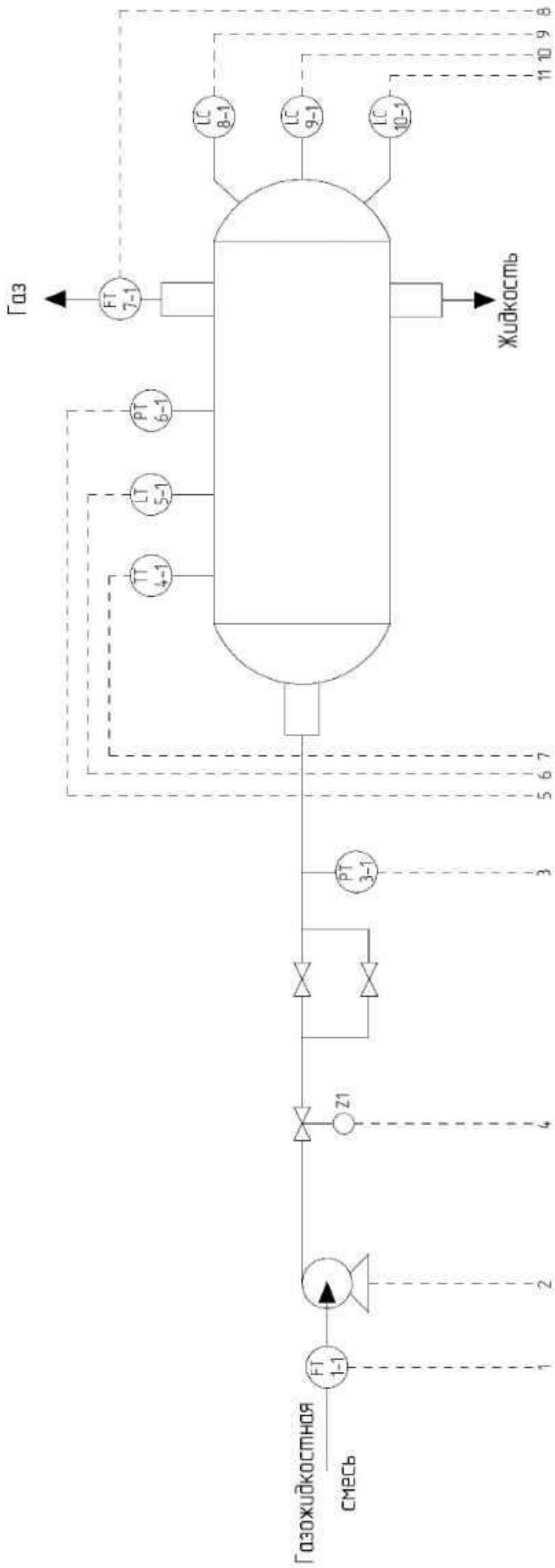


Рисунок А.1 – Структурная схема

**Приложение Б
(обязательное)
Функциональная схема**



Изм. лист		№ докум.		Лист		Листов	
Разработ.		Харьковский ЖИ		Лист		Листов	
Проект.		Павлюков Б.И.		Лист		Листов	
Начерт.				Лист		Листов	
Учтб.				Лист		Листов	

ФЮРА.4.25280.001 ЭС 07

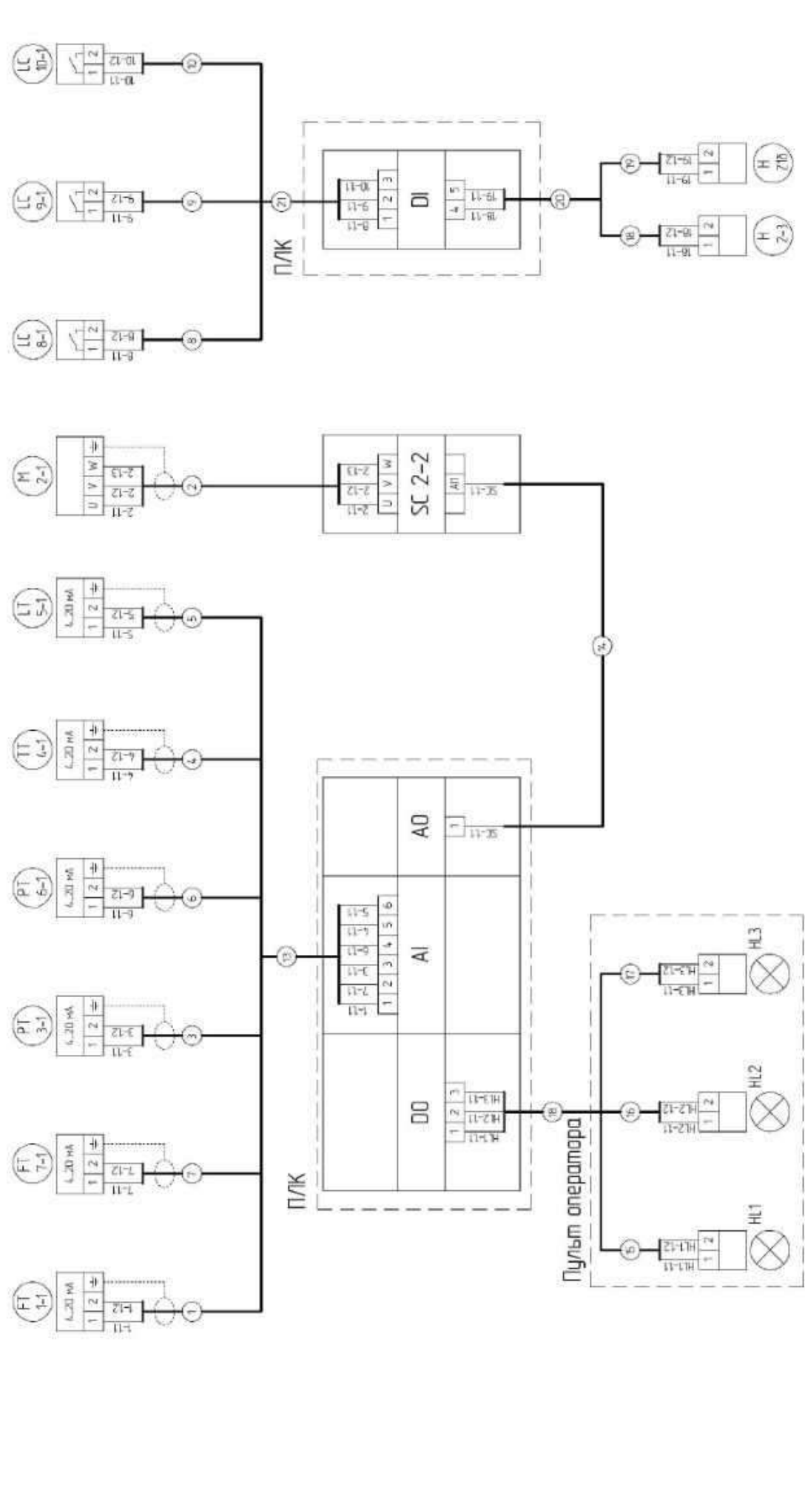
Функциональная схема автоматизации

ТПУ ОАР ИШИТР

Группа 3-8Т72

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

Наименование параметра	Расход	Давление	Температура	Уровень	Состояние	Уровень
Место ввода сигнала	Расход газа на входе сепаратора	Давление в измерительном колоде	Температура в сепараторе	Уровень в сепараторе	Аварийный	Средний уровень в сепараторе
Тип датчика/модуля	Модуль SDGFA	Модуль ISD	Модуль 274	Модуль S406	-	Модуль 2120
Позиция	1-1	3-1	4-1	5-1	2-1	9-1
	7-1	6-1	6-1	8-1	8-1	10-1



Изд. № подл.		Лист		Листов	
Лист и дата		Лист		Листов	
Взам. инв. №		Инв. № докум.		Формат А3	
ФЮРА.425280.001 ЭС 05		ТТУ ОАР ИШИТР		Группа 3-8172	
Схема внешних проводок		Лист		Листов	
Копировал		Лист		Листов	
Исполн.		Лист		Листов	
Учтб.		Лист		Листов	

Приложение Г (обязательное) Блок-схема алгоритма

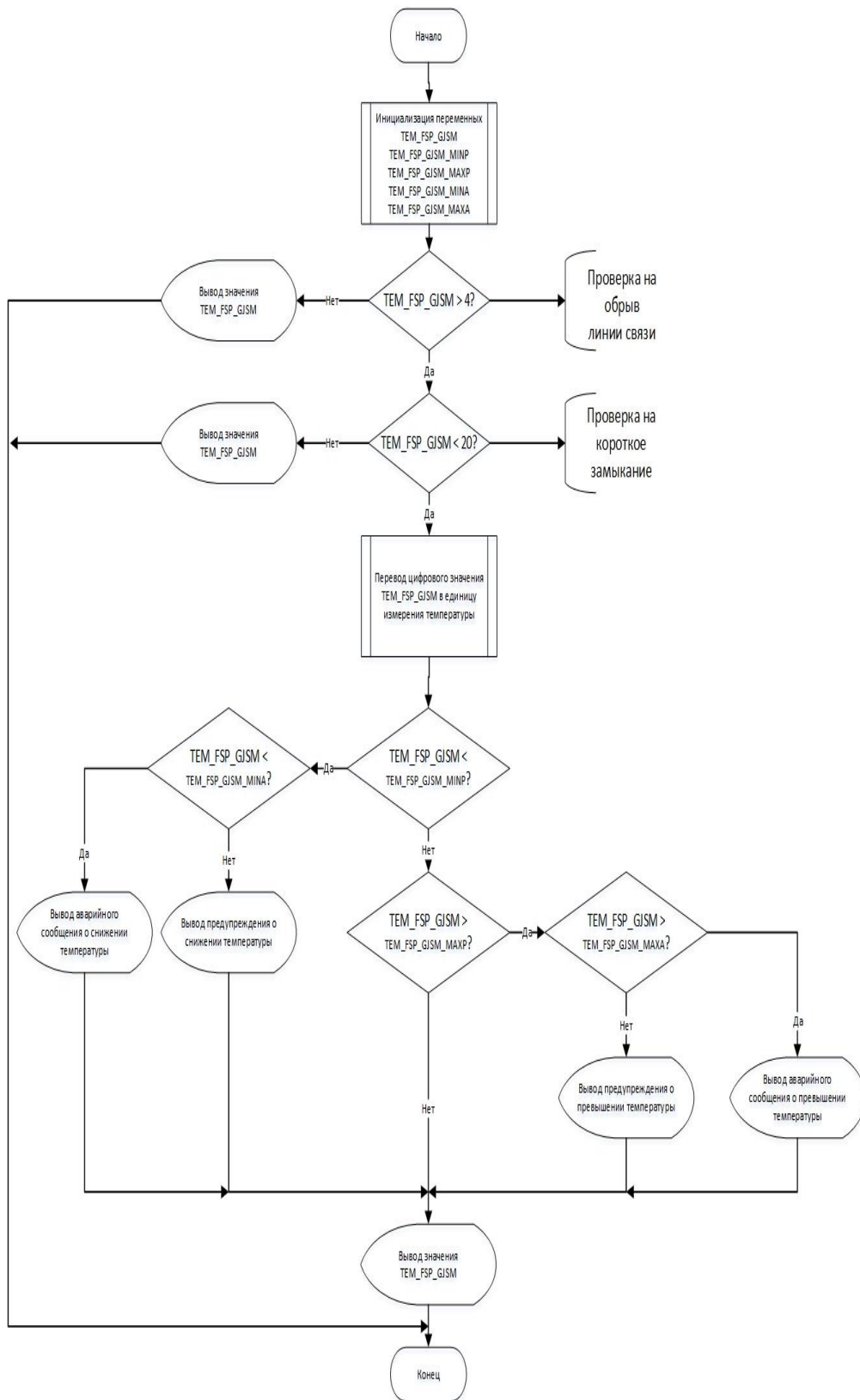


Рисунок Г.1 – Блок-схема алгоритма

Приложение Д
(обязательное)
Экранная форма

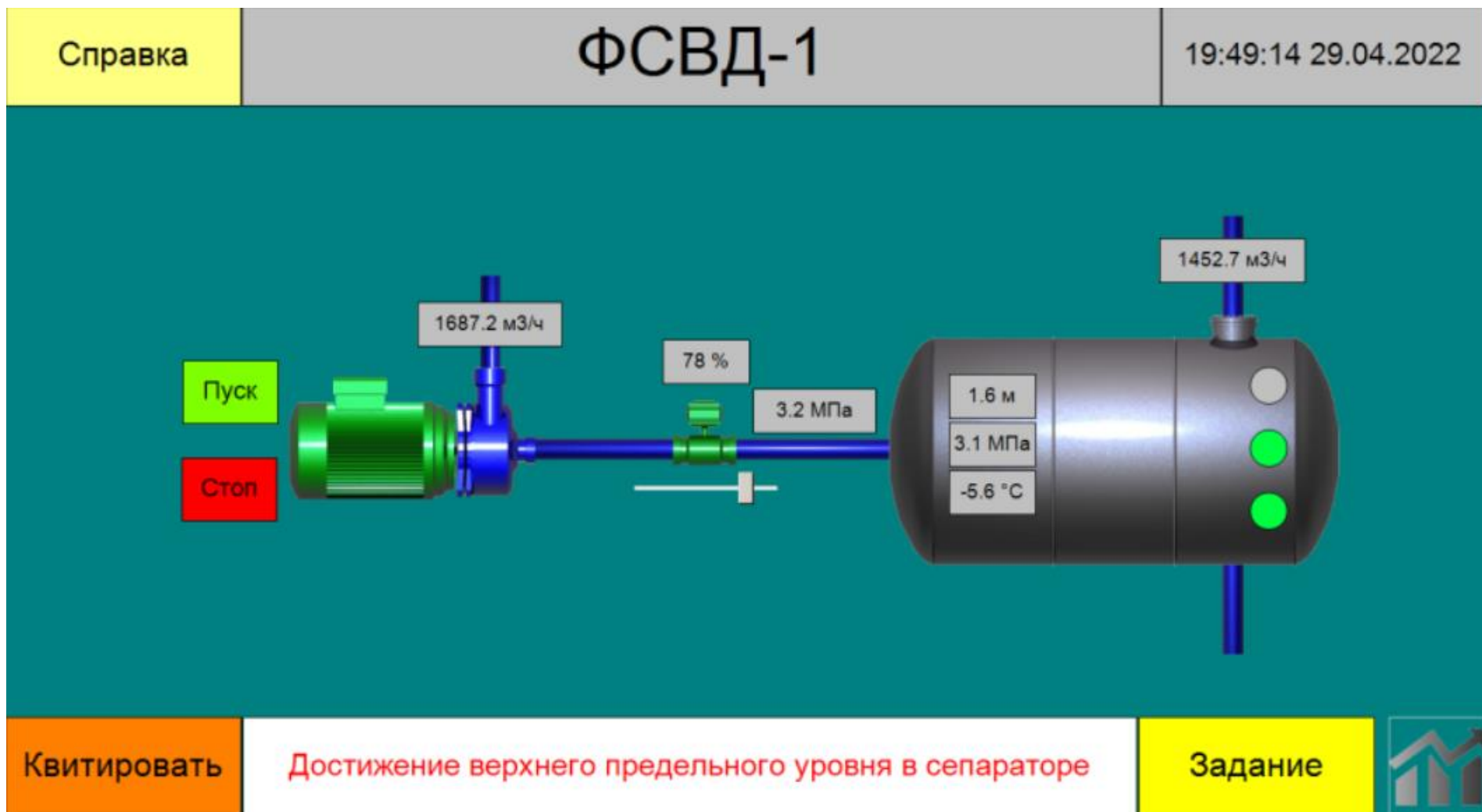


Рисунок Д.1 – Экранная форма