

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система управления газожидкостного струйного аппарата УДК 681.523.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Беликов Михаил Константинович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.,		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	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 использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию

	процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и 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 подготовки
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7А	Беликову Михаилу Константиновичу

Тема работы:

Автоматизированная система управления газожидкостного струйного аппарата	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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 газожидкостного струйного аппарата</p> <p>Цель работы: проектирование автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом</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>	<p>Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы внешних проводок; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранных форм АС;</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009; структурная схема; схема соединения внешних проводок; схема информационных потоков; экранная форма; дерево экранных форм; алгоритм управления пуска и остановки подачи рабочего потока.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Беликов Михаил Константинович		

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 подготовки
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – весенний семестр 2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Консультант ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7А	Беликову Михаилу Константиновичу

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

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления газожидкостного струйного аппарата	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Создание проекта по автоматизации системы управления газожидкостным струйным аппаратом на нефтегазовых месторождениях. Разработка алгоритмов управления и функциональной и структурной схем автоматизации, выбор средств реализации АСУ.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Конституция РФ; – основное законодательство РФ по охране труда; – ФЗ РФ от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; – СанПиН 2.2.4.548–96; – СН 2.2.4/2.1.8.566–96; – ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ; – СП 52.13330.2016;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – высокий уровень вибрации (локальная, общая); – наличие производственного шума; – недостаточный уровень освещения (естественное, искусственное); – повышенный уровень электромагнитного излучения;
3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера: выброс опасных веществ при эксплуатации. Гидросфера: попадание нефтепродуктов в водоем.</p>

	Литосфера: пролив нефтепродуктов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: разлив нефти, утечка газа, пожар, взрыв. Наиболее типичной ЧС является пожар(возгорание).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	5.04.2021
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г7А	Беликов Михаил Константинович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7А	Беликову Михаилу Константиновичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 20000 руб. Оклад консультанта - 13000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 15%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности.	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.	Определение трудоемкости работ для НТИ, разработка графика проведения НТИ, составление бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НТИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НТИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Беликов Михаил Константинович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 103 страницы, содержит 14 рисунков, 34 таблиц, 32 литературных источника, 12 приложений.

Ключевые слова: проект, автоматизированная система управления, газожидкостный струйный аппарат, эжектор, эмульсия, расход, датчики, мнемосхема, SCADA.

Объектом исследования является автоматизированная система управления газожидкостного струйного аппарата.

Цель – проектирование системы управления газожидкостным струйным аппаратом и обеспечение дистанционного контроля ее параметров.

В настоящей работе приведены решения по автоматизации работы газожидкостного струйного аппарата, выбору датчиков, контроллерного оборудования, разработке алгоритмов управления и сбора данных, экранных форм ГЖСА, а также разработаны: функциональная схема автоматизации, схема внешних проводок, структурная и схема информационных потоков.

Для выполнения работы использовались программы: Matlab R2020b, Autodesk Inventor Professional 2021, Mathcad 15, Bentley MicroStation V8i, Trace mode IDE 6, Microsoft Word 2016.

Ключевые слова: газожидкостный струйный аппарат, автоматизированная система управления технологическим процессом, датчики, автоматизированное рабочее место оператора, SCADA-система, система автоматического регулирования, алгоритм.

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Автоматизированная система – комплекс технических и программных средств, обеспечивающий управление объектом и производственной или административной средой.

Архитектура автоматизированной системы – это совокупность организационных решений, а также набор интерфейсов и структурных элементов.

Технологический процесс – это последовательные технологические операции, которые необходимы, чтобы выполнить определённый вид работ.

SCADA – это инструментальная программа, предназначенная для проектирования ПО АСУ.

Интерфейс – совокупность правил и средств для обеспечения взаимодействия между техническими устройствами, или между различными программными системами, или между системой и пользователем.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения и соответствующие им расшифровки:

АСУ – автоматизированная система управления;

ТП – технологический процесс;

САР – система автоматического регулирования;

САУ – система автоматического управления;

ПО – программное обеспечение;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ГЖС – газожидкостная смесь;

ГПЗ – газоперерабатывающий завод;

ЦППН – центральный пункт подготовки нефти;

ЦПС – центральный пункт сбора;

ГЖСА – газожидкостный струйный аппарат;

БД – база данных;

НГС – нефтегазовый сепаратор;

ОТ – охрана труда.

Оглавление

Реферат	11
Термины и определения	12
Обозначения и сокращения.....	13
Введение.....	17
1 Техническое задание.....	18
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	18
1.2 Требования к системе.....	18
1.2.1 Требование к техническому обеспечению	18
1.2.2 Требования к программному обеспечению.....	19
1.2.3 Требования к математическому обеспечению.....	20
1.2.4 Требования к информационному обеспечению.....	20
2 Разработка АСУ ТП ГЖСА.....	21
2.1 Описание технологического процесса	21
2.2 Разработка структурной схемы	22
2.2.1 Полевой уровень.....	22
2.2.2 Средний уровень.....	22
2.2.3 Верхний уровень.....	23
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации	23
3 Комплекс аппаратно-технических средств.....	25
3.1 Выбор датчиков расхода.....	25
3.2 Выбор датчиков температуры.....	27
3.3 Выбор датчиков уровня	28
3.4 Выбор датчиков давления.....	31
3.5 Выбор блока управления задвижкой	33
3.6 Выбор контроллерного оборудования	33
4 Разработка схемы информационных потоков.....	37
5 Разработка схемы внешних проводок.....	38
6 Разработка алгоритмов управления	40
6.1 Алгоритм сбора информации	41

6.2	Алгоритм управления технологическим параметром	41
6.3	Программа пуска и остановки подачи рабочего потока к ГЖСА	46
6.3.1	Подпрограмма «Пуск насоса»	47
6.3.2	Подпрограмма «Контроль параметров»	47
6.3.3	Подпрограмма «Остановка насоса»	48
7	Разработка экранных форм	49
8	Социальная ответственность	50
8.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	51
8.2	Производственная безопасность.....	52
8.3	Анализ вредных факторов	53
8.4	Анализ опасных факторов	56
8.5	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего	57
8.6	Экологическая безопасность	58
8.7	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	59
	Вывод по разделу социальная ответственность.....	61
9	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	62
9.1	Потенциальные потребители результатов исследования	62
9.2	Анализ конкурентных технических решений	62
9.3	SWOT-анализ	64
9.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	67
9.4.1	Структура работ в рамках научного исследования	67
9.4.2	Разработка графика проведения научного исследования	69
9.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	74
9.5.1	Расчёт материальных затрат	74
9.5.2	Расчёт амортизационных отчислений.....	76
9.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	77
9.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	78
9.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления)....	79
9.5.6	Накладные расходы	80
9.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта....	80

9.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	81
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	84
Заключение	86
Список литературных источников	88
Приложение А	91
Приложение Б.....	93
Приложение В.....	95
Приложение Г	97
Приложение Д.....	99
Приложение Е.....	101
Приложение Ж.....	103
Приложение З	105
Приложение И	107
Приложение К.....	109
Приложение Л.....	111
Приложение М.....	113

Введение

Автоматизация технологических процессов значительно упрощает работу с различными видами устройств, повышает их производительность, экономично использует доступные ресурсы без убытка производительности. Благодаря автоматизированным комплексам операторы имеют возможность в реальном времени управлять технологическим процессом.

При проведении автоматизации различных технологических процессов используются технические средства, имеющие функцию саморегулирования, а также различные математические методы. Основной целью автоматизации является существенное уменьшение участия персонала, работающего непосредственно на производстве или его полное освобождение. Создание и внедрение на производствах автоматизированных систем позволяет обезопасить людей от влияния вредных и опасных производственных факторов, а также улучшить качество производимого продукта и увеличить производительность установки в целом.

Благодаря простоте, надежности, техническим возможностям струйные аппараты используют для освоения скважин, поддержания пластового давления, и создания вакуума в сепарационных установках.

Объектом исследования: газожидкостный струйный аппарат.

Целью данной работы является проектирование автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом, позволяющей в автоматизированном режиме замерять параметры системы.

1 Техническое задание

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

Газожидкостный струйный аппарат (ГЖСА) – это аппарат, предназначенный для увеличения объемов добычи на многопластовых месторождениях. На поздней стадии разработки, когда запасы истощаются, а пластовое давление снижается, часть низконапорных скважин работают не в оптимальном режиме. Перепад давлений, происходящий в аппарате, позволяет сделать рентабельной бесперебойную эксплуатацию низконапорных скважин.

Основные цели АСУ ТП:

- 1) добыча нефтяной эмульсии в оптимальном режиме с помощью струйного насоса;
- 2) поддержание технологических параметров, необходимых для наиболее эффективной работы ГЖСА;
- 4) обеспечение надежной и безаварийной работы производства;
- 5) снижение производственных потерь, человеческих и материально-технических ресурсов;
- 6) обеспечение эффективного управления технологическим процессом путем передачи достаточного объема информации оперативному персоналу.

1.2 Требования к системе

1.2.1 Требование к техническому обеспечению

Система должна поддерживать режимы работы технологического процесса при помощи контроля, визуального отображения данных о процессе и передаче команд на исполнительные механизмы, благодаря использования программного обеспечения и техническим средствам комплекса. В состав технических средств входят:

- датчики уровня, расхода, давления, температуры;
- исполнительные механизмы;
- система сбора и обработки информации;
- подсистемы управления (контроллеры);

- средства отображения и передачи информации.

Комплекс технических средств должен быть устойчивым в условиях рабочей среды, быть ремонтнопригодным и заменяемым, а также работать от питания промышленных сетей переменного тока с напряжением 220 или 380В и при колебаниях этого напряжения диапазоне $\pm 10\%$. Датчики, находящиеся в пожароопасных или взрывоопасных зонах должны выполняться в исполнении, отвечающим требованиям взрывозащиты, а также должна использоваться аппаратура с искробезопасными цепями.

Средства измерений должны иметь сигналы диапазоном $4 \div 20$ мА.

1.2.2 Требования к программному обеспечению

Для обеспечения бесперебойной работы установки необходимо, чтобы программное обеспечение включало в себя все необходимые языки программирования, а также соответствующие им средства разработки такие, как отладчики, компиляторы и т.д.

Основные требования, предъявляемые к программным средствам, используемым в системе управления:

- функциональная достаточность;
- возможность модификации;
- удобство эксплуатации;
- модульность построения всех составляющих.

Помимо этого, в системе должны быть предусмотрены меры по защите данных и препятствованию возможности изменений исходного программного обеспечения без привлечения персонала.

Панель оператора должна включать в себя:

- отображение всех измеряемых параметров;
- дистанционное управления насосом и задвижками;
- оповещение об ошибках и нарушениях технологического процесса;

1.2.3 Требования к математическому обеспечению

Под математическим обеспечением автоматизированной системы управления понимают совокупность математических моделей и алгоритмов получения и обработки информации, применяемых при проектировании и модернизации автоматизированных систем. Разработка математического обеспечения должна производиться с учетом требований, предъявляемых к системам реального времени.

В ходе разработки математического обеспечения должны быть созданы:

- алгоритмы функционального назначения (для решения задач обработки информации контроллерами);
- алгоритмы специального назначения (для решения математических задач на уровне SCADA).

1.2.4 Требования к информационному обеспечению

Основным результатом проектирование автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом должно быть определение следующих составляющих:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- структура процесса сбора и обработки данных в АС;
- вид и принцип работы АРМ диспетчера.

2 Разработка АСУ ТП ГЖСА

2.1 Описание технологического процесса

Газожидкостный струйный аппарат осуществляет смешивание двух разных потоков, где происходит их энергообмен, создавая смешанный поток. Данный процесс является эжекцией. Потоки могут быть в газовом или жидком состоянии, или создавать их смесь. При работе аппарата активная среда подводится к соплу под давлением, выходя из сопла она образует струю завихренности, которая увлекает среду с более низким давлением. Среда с большим давлением называется рабочей, а среда с низким давлением инжектируемой или откачиваемой. Газожидкостный струйный аппарат представлен на рисунке 1.

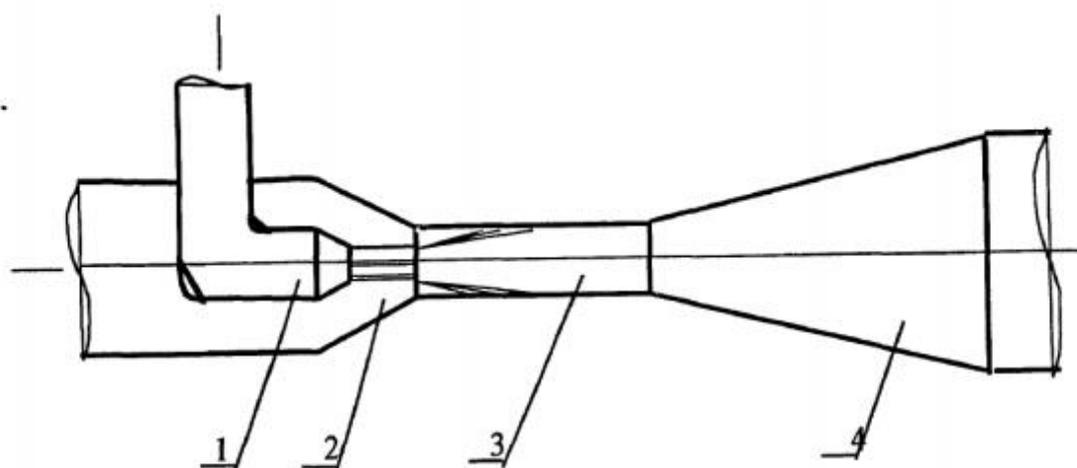


Рисунок 1 – Принципиальная схема струйного аппарата

Основные элементы аппарата:

- рабочее (активное) сопло – 1;
- приемная камера – 2;
- камера смешения – 3;
- диффузор – 4.

Эксплуатация скважины осуществляется следующим образом. Сначала определяют площадь выходного сечения сопла и коэффициент расхода

струйного аппарата, после чего его спускают на забой скважины. Для вызова притока из пласта и его добычи, в сопло струйного аппарата начинают нагнетать рабочий поток, после чего полученную смесь отделяют в сепарационной установке. Отделенная вода вновь идет на прием в нагнетающий насос, а полученная нефть и газ уходят на выкидные линии. Нефть на ЦППН, а газ может подаваться на факел или на ГПЗ.

2.2 Разработка структурной схемы

Разработка автоматизированной системы управления ГЖСА выполняется по принципу трех уровней. Структурная схема системы приведена в приложении А.

2.2.1 Полевой уровень

Нижний уровень включает в себя измерительные устройства, исполнительные устройства, трубопроводную арматуру. Данный уровень включает измерительные преобразователи для сбора информации о ходе технологического процесса.

2.2.2 Средний уровень

Данный уровень состоит из контроллеров, на нем происходит сбор и первичная обработка информации с устройств нижнего уровня, контроль необходимых параметров, сопряжение с верхним уровнем.

С помощью информации поступившей на данный уровень, определяются команды управления автоматически или с помощью оператора.

В данной системе средний уровень представлен распределенной системой управления, представляющей собой шкаф САУ ГЖСА. Шкаф построен с использованием ПЛК.

2.2.3 Верхний уровень

Это уровень операторных диспетчерских станций и сетевого оборудования. С его помощью производится контроль хода сбора, обработки и объединение в базу данных информации с нижних уровней. Кроме того, производится индикация необходимых параметров и процессов, регистрация и хранение информации. Здесь осуществляется визуализация и диспетчеризация (мониторинг) хода технологического процесса.

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации предназначена для отображения основных технических решений при проектировании. Функциональная схема отображает основное технологическое оборудование, системы автоматического регулирования, связующие компоненты автоматизированной системы.

На функциональной схеме автоматизации изображают технологическое оборудование, системы автоматического контроля, регулирования, а также связующие компоненты автоматизированной системы (трубопроводы) [1].

Приборы и средства автоматизации изображаются согласно ГОСТ 21.208-2013 [2].

Средства автоматизации обеспечивают следующие основные функции:

- автоматическое регулирование технологического процесса;
- защиту основных и вспомогательных агрегатов и систем;
- дистанционный контроль и регистрацию текущих значений основных технологических параметров и состояния технологического оборудования.

Система производит автоматическое регулирование следующих параметров:

- уровень в сепараторе;
- давление в сепараторе;
- температура в сепараторе;
- расход нагнетаемой жидкости;
- поток выходящий из скважины.

Система контролирует следующие параметры:

- расход нефти;
- расход воды;
- расход газа;
- рабочее давление;
- устьевое давление;
- давление нагнетаемой жидкости.

Функциональная схема автоматизации работы ГЖСА приведена в приложении Б.

3 Комплекс аппаратно-технических средств

3.1 Выбор датчиков расхода

Выбор датчиков давления проводился по следующим характеристикам:

- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- пылевлагозащита;
- температура окружающей среды.

Для выбора оптимального датчика расхода были проанализированы следующие расходомеры: ЭМИС-ДИО 230, TRICOR TCM 230k. Сравнение параметров приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик датчиков расхода

Датчик	ЭМИС-ДИО 230	TRICOR TCM 230k
Диапазон измерения, м ³ /ч	8-280	2-230
Базовая погрешность	±0,25%	±0,25%
Выходные сигналы	4 – 20 мА, импульсный, Modbus RTU	4-20 мА, HART, частотный 0,5...10000 Гц
Пылевлагозащита	IP65	IP67
Температура окружающей среды	-40..+70	-40..+70

Остановимся на ЭМИС-ДИО 230 (рисунок 2), поскольку он позволяет измерять расход в наибольшем диапазоне.



Рисунок 2 – Расходомер ЭМИС-ДИО 230

На рисунке 3 представлена схема установки датчика расхода, где 1 – фланцы счетчика, 2 – ответные фланцы трубопровода, 3 – прокладки, 4 – болты, 5 – гайки.



Рисунок 3 – Установка датчика на трубопровод

Принцип работы прибора основан на вращении роторов, установленных в измерительной камере, потоком измеряемой жидкости. Количество совершенных оборотов прямо пропорционально расходу среды [3].

3.2 Выбор датчиков температуры

Выбор датчиков температуры основывался на оценке следующих показателей:

- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- степень пылевлагозащиты;
- температура окружающей среды;
- цена.

Были рассмотрены два варианта датчиков температуры: ДТСХХ5, Метран-281. Сравнение характеристик приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение характеристик датчиков температуры

Датчик	ДТСХХ5	Метран-281
Диапазон измерения, °С	-50..+500	-200..+600
Базовая погрешность	До ±0,25%	До ±0,4%
Выходные сигналы	4-20мА, HART	4-20мА
Степень пылевлагозащиты	IP68	IP68
Температура окружающей среды, °С	-50..+70	-50..+85
Цена	От 6 тыс. руб.	От 6 тыс. руб.

Исходя из данных приведенных в таблице, выбор остановим на датчике ДТСХХ5 (рисунок 4), его диапазона измерения достаточно, но по сравнению с Метран-281 он имеет лучшую точность, и большую вариацию выходных сигналов.



Рисунок 4 – Термометр сопротивления ДТСХХ5

Принцип действия термопреобразователей основан на изменении электрического сопротивления за счет изменения температуры металла (платина или медь). Датчик температуры состоит из первичного преобразователя сопротивления (медного или платинового), а также вторичного преобразователя – электронной схемы. Электронная схема преобразует сигнал датчика в унифицированный токовый выходной сигнал, который пропорционален измерению температуры. Первичный преобразователь представляет из себя катушку из медной проволоки или спираль из платины, которая помещена в защитную арматуру.

3.3 Выбор датчиков уровня

В проектируемой системе используется датчик уровня раздела фаз и датчик уровня масла в трансформаторе. При выборе датчика раздела фаз были рассмотрены датчики, способные измерять одновременно 2 уровня: Rosemount™ 5300, ВВ 25.

Выбор датчиков уровня основывался на оценке следующих показателей:

- диапазон измерений;
- базовая погрешность;
- выходные сигналы;
- температура окружающей среды;
- температура рабочей среды;
- давление рабочей среды.

Сравнение параметров приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение характеристик датчиков уровня раздела фаз

Датчик	Rosemount™ 5300	BW 25
Диапазон измерения, м	0,1 до 50 м	0.3 до 5,5 м
Базовая погрешность	До ±3мм	До ±8 мм
Выходные сигналы	4-20 мА, HART	4-20мА
Температура рабочей среды, °С	-196..+400	-40..+400
Давление рабочей среды, бар	До 345	До 400
Температура окружающей среды, °С	-55..+80	-50..+77

Датчик уровня Rosemount™ 5300 в сравнении с BW 25 лучше почти по всем параметрам, но сильно отличается в стоимости, характеристики BW 25 подходят для необходимых условий, поэтому остановим свой выбор на нем в целях экономии.



Рисунок 5 – Датчик уровня BW 25

BW 25 представляет собой буйковый уровнемер с питанием от токовой петли, предназначенный для измерения и/или определения уровня жидкости или уровня раздела фаз двух жидкостей в сложных рабочих условиях. Он подходит для коррозионно-активных сред, для работы при высокой температуре и высоком давлении.

Чувствительным элементом выступает цилиндрический буюк, у которого плотность больше плотности жидкости. В вертикальном положении его частично погружают в жидкость. При изменении уровня, масса буйка в жидкости пропорционально изменяется уровню. С помощью унифицированных преобразователей вес буйка преобразуется в сигнал.



Рисунок 6 – Применение датчика ВW 25 с выносной камерой

3.4 Выбор датчиков давления

Выбор датчиков давления основывался на оценке следующих показателей:

- диапазон измерений;
- базовая погрешность;
- выходные сигналы;
- температура окружающей среды;
- цена.

Было рассмотрено два варианта датчиков: Метран-150ГА, Элемер – 100. Сравнение характеристик датчиков приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение характеристик датчиков избыточного давления

Датчик	Метран-150ТА	Элемер – 100
Диапазон измерения	0-16 МПа	2,5 кПа – 16 МПа
Базовая приведенная погрешность, %	До $\pm 0,075$	До $\pm 0,075$
Выходные сигналы	4-20мА, HART	4-20мА, HART, Modbus RTU
Температура окружающей среды, °С	-55..+80	-55..+70
Цена	От 50000 рублей	От 70000 рублей

Свой выбор остановим на Метран-150 ТА, имеющий больший диапазон измерений и меньшую стоимость по сравнению с Элемер – 100 (рисунок 7).



Рисунок 7 – Датчик давления Метран-150ТА

Принцип работы датчика основывается на деформации чувствительного элемента при поступлении давления в камеру и изменении электросигнала. В

нем есть преобразователь и сенсор, внутри которого находится измерительный блок и плата АЦП.

3.5 Выбор блока управления задвижкой

Исполнительные устройства, в первую очередь представлены запорно-регулирующей арматурой. В этом ключе были выбраны задвижки с дистанционным управлением (с помощью электропривода). Выбор пал на электропривод ГЗ-Б.200 КС, применяемый для промышленной трубопроводной арматуры, и способ установкой как на открытой воздухе, так и в помещениях. Возможность положения электропривода любое, является ремонтнопригодным изделием. Тип подключения электродвигателей напряжение 380 В и 50 Гц. С их помощью можно осуществлять: открытие и закрытие затвора с пульта управления диспетчера или местного пульта управления с помощью пусковых кнопок, ручное управление, положение затвора на шкале местного индикатора или на пульте диспетчера дистанционным способом, регулировку крутящего момента, защиту от перегрева.



Рисунок 7 – Электропривод «ГЗ-Б.200 КС»

3.6 Выбор контроллерного оборудования

При проектировании автоматизированной системы управления технологическим процессом очень важно правильно выбрать контроллерное оборудование. Основными требованиями к ПЛК являются: количество

встроенных каналов связи, срок гарантийного обслуживания, время наработки на отказ, интерфейс, стоимость. Сравнительная характеристика контроллеров ОВЕН ПЛК160, SIMATIC S7-1200, представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение ПЛК

	ОВЕН ПЛК160	SIMATIC S7- 1200
Встроенные каналы	DI/DO – 16/12 AI/AO – 8/4	DI/DO – 14/10 AI/AO – 2/2
Гарантийное обслуживание	24 месяца	24 месяца
Средняя наработка на отказ	100 000 ч.	262 800 ч.
Интерфейсы	RS 485/422, Ethernet	RS 485/422, Ethernet

Проанализировав таблицу 5 можно прийти к выводу, что несмотря на то, что ОВЕН ПЛК160 имеет большее количество встроенных каналов связи, SIMATIC S7-1200 является модульным ПЛК и имеет возможность добавления различных модулей, а также данный контроллер имеет среднюю наработку на отказ практически в 3 раза больше чем у конкурентов. Для решения задач автоматизации низкого и среднего уровня сложности был выбран SIMATIC S7-1200, представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Контроллер SIMATIC S7-1200

Контроллер позволяет решать задачи в реальном масштабе времени. Имеет модульную систему, что позволяет при необходимости расширять возможности подключения, цветовую идентификацию работы. Уровни

диспетчерского управления реализуются на базе программно-технического обеспечения STEP 7 Basic, которая упрощает этапы разработки программ. За счет большего набора инструментов для работы с контроллером позволяет быстро конфигурировать и настраивать параметры аппаратуры.

Таблица 6 – Технические характеристики

Степень защиты	IP20 по IEC 529
Диапазон температур рабочий	- 25 ... + 55°C
Язык программирования	LAD, STL, FBD
Модули ввода/вывода	от 10 до 284 дискретных и от 2 до 51 аналогового канала ввода-вывода

Центральный процессор обладает высокой производительностью и обеспечивает поддержку широкого набора функций:

- Программирование на языках LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language), исчерпывающий набор команд.
- Высокое быстродействие, время выполнения логической операции не превышает 0.1 мкс.
- Встроенная загружаемая память объемом до 4 Мбайт, расширяемая картой памяти емкостью до 4 Гбайт.
- Рабочая память емкостью до 150 Кбайт.
- Энергонезависимая память емкостью 10 Кбайт для необслуживаемого сохранения данных при перебоях в питании контроллера.
- Встроенные дискретные входы универсального назначения, позволяющие вводить потенциальные или импульсные сигналы.
- Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях в питании 20 дней.
- Встроенные скоростные счетчики с частотой следования входных сигналов до 1 МГц.

- Встроенные импульсные выходы с частотой следования импульсов до 1 МГц (только в CPU с транзисторными выходами).
- Поддержка функций ПИД регулирования.
- Поддержка функций управления перемещением в соответствии с требованиями стандарта PLCopen.
- Поддержка функций обновления операционной системы.
- Встроенный WEB – сервер, позволяющий выполнять дистанционную диагностику программируемых контроллеров с использованием стандартного Web браузера.
- Парольная защита программы пользователя.
- Коммуникационные модули CM 12xx и CP 12xx для подключения контроллера к сети Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обмена данными через последовательные каналы связи, мобильную сеть GSM, каналы связи систем телеуправления.

4 Разработка схемы информационных потоков

Данную схему можно разделить на несколько уровней.

На первом уровне представлены датчики, исполнительные устройства и шкаф модулей ввода – вывода. Отсюда на средний уровень поступают необходимые данные и сигналы (дискретные, аналоговые) измерения и состояния. Взамен со среднего уровня к датчикам и исполнительным устройствам поступают команды управления и настройки.

На прикладном уровне передачи данных между верхним и средним уровнем используется протокол Modbus TCP. Modbus – открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий – ведомый (master-slave). Широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами. Плюсом данного протокола является открытость и массовость, практически все промышленные системы контроля имеют программные драйверы для работы с Modbus-сетями.

Для передачи данных между устройствами верхнего уровня используем протоколы спецификации OPC UA, они соответствуют требованиям информационной безопасности благодаря шифрованию данных, и могут работать с различными операционными системами. OPC UA работает по принципу «Client-Server». «Client» является инициатором установки соединения, которое принимает «Server». Для взаимосвязи используются идентификаторы технологических параметров, теги. Сервер ввода-вывода информации так же имеет запас памяти на который происходит запись данных, если связь между ним и сервером архивации нарушена.

Схема информационных потоков приведена в приложении Д.

5 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешних электрических проводок приведена в приложении Е.

Система включается в себя следующие приборы:

- датчики расхода ЭМИС-ДИО 230;
- датчик уровня ВВ 25;
- датчики температуры ДТСХХ5;
- датчик давления Метран-150ТА.

При разработке был выбран контрольный кабель КВВГЭ нг 4х2,5, где 4 – количество жил, а 2,5 – сечение жил. Расшифровка обозначения:

- К – кабель контрольный;
- В – внутренняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката;
- В – внешняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката;
- Г – гибкий класс жилы;
- Э – экранированный;
- нг - не поддерживающий горения.

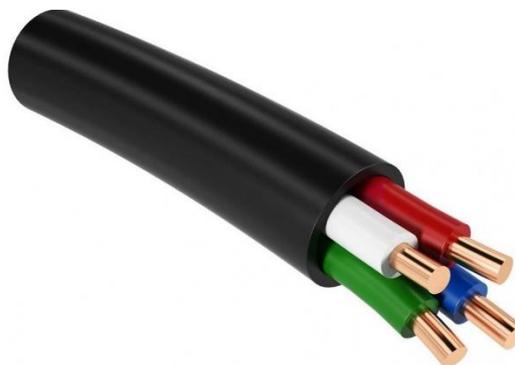


Рисунок 9 – Кабель КВВГ

Соединительный кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию из ПВХ, а также в оболочку из пластика пониженной горючести. Предназначен для соединения различных электроприборов и аппаратуры напряжения до 660 В частотой до 100 Гц.

Общие характеристики [5]:

- минимально допустимый радиус изгиба – 6 диаметров кабеля;
- температура окружающей среды при эксплуатации кабеля – от - 50°С до 50°С;
- строительная длина – 200-450 метров;
- срок службы – 15 лет;
- номинальная частота;
- 100 Гц; номинальное переменное напряжение – 0,66 кВ.

6 Разработка алгоритмов управления

В ВКР алгоритмы описывают логику управления запорной арматурой со SCADA-системы.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора информации, представленный в приложении Ж;
- алгоритм управления технологическим параметром;
- алгоритм пуска и остановки подачи рабочего потока.

Все элементы контроля и управления должны иметь свой идентификатор (ТЕГ). Структура данного шифра имеет следующую форму:

AAA_BBB_CCC,

где:

AAA – параметр:

- PRS – давление;
- CON – расход;
- TEM – температура;
- LVL – уровень.

BBB – код технологического аппарата:

- GJS – струйный аппарат;
- SEP – сепаратор;
- CAB – шкаф;
- PIP – трубопровод;
- SKV – скважина;

CCC – примечание:

- RNG – в рамках рабочего диапазона;
- HL – верхнее предельное значение;
- LL – нижнее предельное значение.

Таблица 7 – Перечень идентификаторов сигналов

Идентификатор	Назначение идентификатора
TEM_SEP_RNG1	Температура в сепараторе
PRS_SEP_RNG2	Давление в сепараторе
LVL_SEP_HH	Уровень в сепараторе
PRS_PIP_RNG3	Давление нагнетания
PRS_PIP_RNG4	Устьевое давление
CON_SEP_RNG5	Расход эмульсии на входе
CON_PIP_RNG6	Расход нагнетаемой жидкости
CON_PIP_RNG7	Расход нефти на выходе
CON_PIP_RNG8	Расход газа на выходе

6.1 Алгоритм сбора информации

В качестве канала измерения выберем канал измерения датчика давления на входе в скважину.

Алгоритм сбора данных измерений представлен в приложении Ж.

С помощью данного алгоритма производится сбор данных. Контроллер должен зафиксировать изменение параметра, после чего значение архивируется и отправляется оператору. Если значение превышает допустимый диапазон, то контроллер формирует управляющий сигнал на включение сигнализации.

6.2 Алгоритм управления технологическим параметром

Объектом управления является участок трубопровода, расположенный непосредственно после шарового крана. Технический параметр алгоритма регулирования является расход. Оператор задает значение расхода, которое требуется поддерживать в трубопроводе. Введенное значение конвертируется в токовый сигнал 4÷20 мА, после чего поступает на ПЛК. Помимо этого, в ПЛК поступает действительное значение расхода, снятое с датчика расхода, после чего происходит сравнение полученных значений и формируется выходной

токовый сигнал. Полученный сигнал передается на преобразователь, на выходе которого имеет напряжение питания электропривода крана. Шаровой кран с электроприводом преобразует электрическую энергию во вращательное движение шара крана, в результате чего происходит изменение расхода в трубопроводе.

Для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени. Так как управление происходит током $4 \div 20$ мА, а частота изменяется в диапазоне 0-50 Гц, номинальной частоте $f_n = 50$ Гц будет соответствовать ток $I_{зн} = 14$ мА:

$$k_{чп} = \frac{f_n}{I_{зн}} = \frac{50}{14} = 3.57 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}}. \quad (1)$$

Примем постоянную времени для частотного преобразователя $T_{чп} = 0,001$ с. Таким образом, можно записать передаточную функцию частотного преобразователя:

$$W_{чп}(s) = \frac{k_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1} = \frac{3,57}{0.001 \cdot s + 1}. \quad (2)$$

Исходя из технических характеристик двигателя рассчитаем постоянную времени $T_{дв}$ и коэффициент передачи $k_{дв}$.

Постоянную времени примем равной $T_{дв} = 0,9$ с. Коэффициент передачи двигателя может быть определен как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя $\omega_{двн}$ к номинальной частоте питающей сети f_n . Будем считать, что номинальная скорость равна 450 об/сек, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{дв} = \frac{\omega_{двн}}{f_n} = \frac{450}{50} = 9 \frac{\text{об / сек}}{\text{Гц}}. \quad (3)$$

Постоянная времени будет равна $T_{дв} = 0,9$ с. Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя:

$$W_{\partial\theta}(s) = \frac{k_{\partial\theta}}{T_{\partial\theta} \cdot s + 1} = \frac{9}{0.9 \cdot s + 1}. \quad (4)$$

Клапан представляет собой интегрирующее звено, которое преобразует степень открытия λ шарового крана в давление на выходе. Таким образом, можно записать передаточную функцию крана:

$$W_k(s) = \frac{1}{s}. \quad (5)$$

Объектом управления является участок трубопровода после крана. Передаточная функция объекта управления может быть описана апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием:

$$W_{mp}(s) = \frac{k}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot s}; \quad (6)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot S}{Q_{ex}}; \quad (7)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{P}; \quad (8)$$

$$c = \frac{Q_{ex}}{S} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2 \cdot \Delta p \cdot g}}; \quad (9)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}. \quad (10)$$

Исходные данные для участка трубопровода представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные

Величина	Значение
d , м	0,1
L , м	12
$Q_{вх}$, м ³ /ч	300
Δp , Мпа	0,001569
γ , кг/с	800

$$\Delta p = 0.001569 \text{ МПа} = 160 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2}; \quad (11)$$

$$S = \frac{\pi \cdot (0,1)^2}{4} \approx 0.0079 \text{ м}^2; \quad (12)$$

$$T = \frac{L \cdot Q_{\text{вх}} \cdot \gamma}{S \cdot \Delta p \cdot g} = \frac{12 \cdot \frac{300}{3600} \cdot 800}{0.0079 \cdot 160 \cdot 9.8} \approx 65 \text{ с}; \quad (13)$$

$$\tau_0 = \frac{12 \cdot 0.0079}{\frac{300}{3600}} = 1.13 \text{ с}. \quad (14)$$

Примем редуктор, представленный безынерционным звеном, с коэффициент передачи которого равен 0,03, а датчик расхода, согласно литературным источникам, можно считать безынерционным звеном. Примем $k=1$ для трубопровода, полученная модель системы регулирования представлена на рисунке 10.

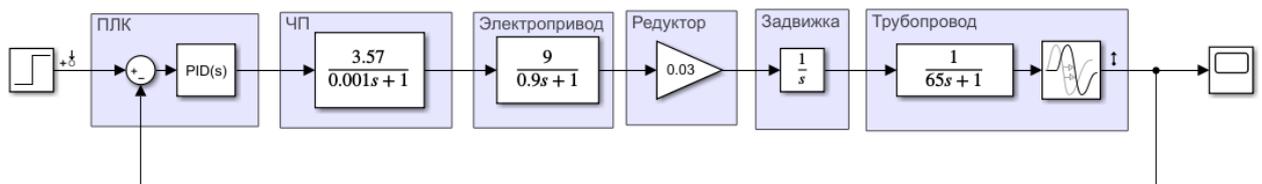


Рисунок 10 – Модель в Simulink

Настройка ПИД-регулятора была выполнена с помощью автоматических алгоритмов Matlab. Переходный процесс полученной модели представлен на рисунке 11. Полученные коэффициенты ПИД-регулятора представлены на рисунке 12.

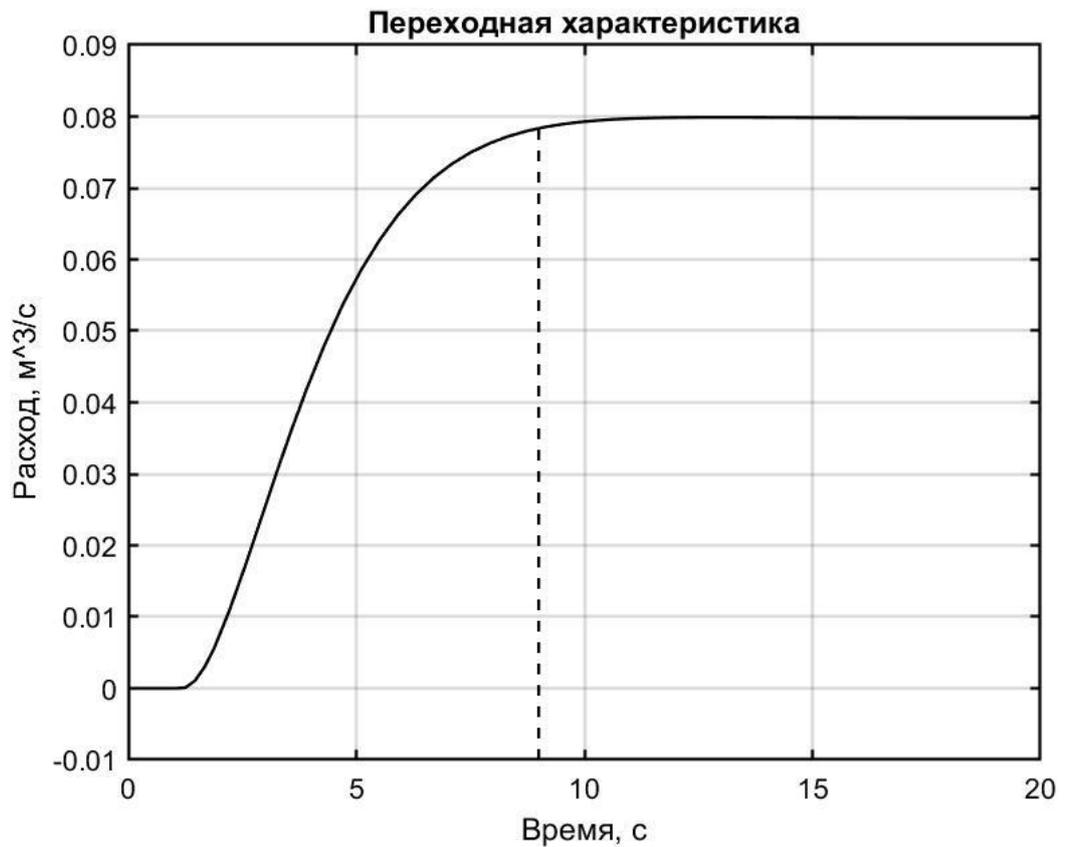


Рисунок 11 – Переходный процесс регулирования расхода

Proportional (P):

Integral (I):

Derivative (D):

Use filtered derivative

Filter coefficient (N):

Рисунок 12 – Коэффициенты ПИД-регулятора

Также следует проверить работу системы при наличии внешнего возмущающего воздействия. Операторно-структурная схема представлена на рисунке 13, а показания осциллографа на рисунке 14.

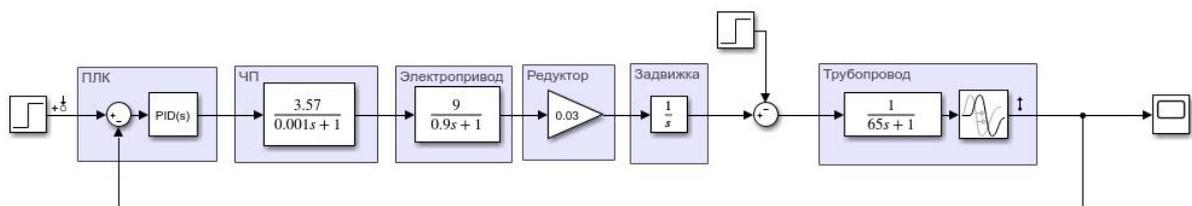


Рисунок 13 – Модель с внешним воздействием в Simulink

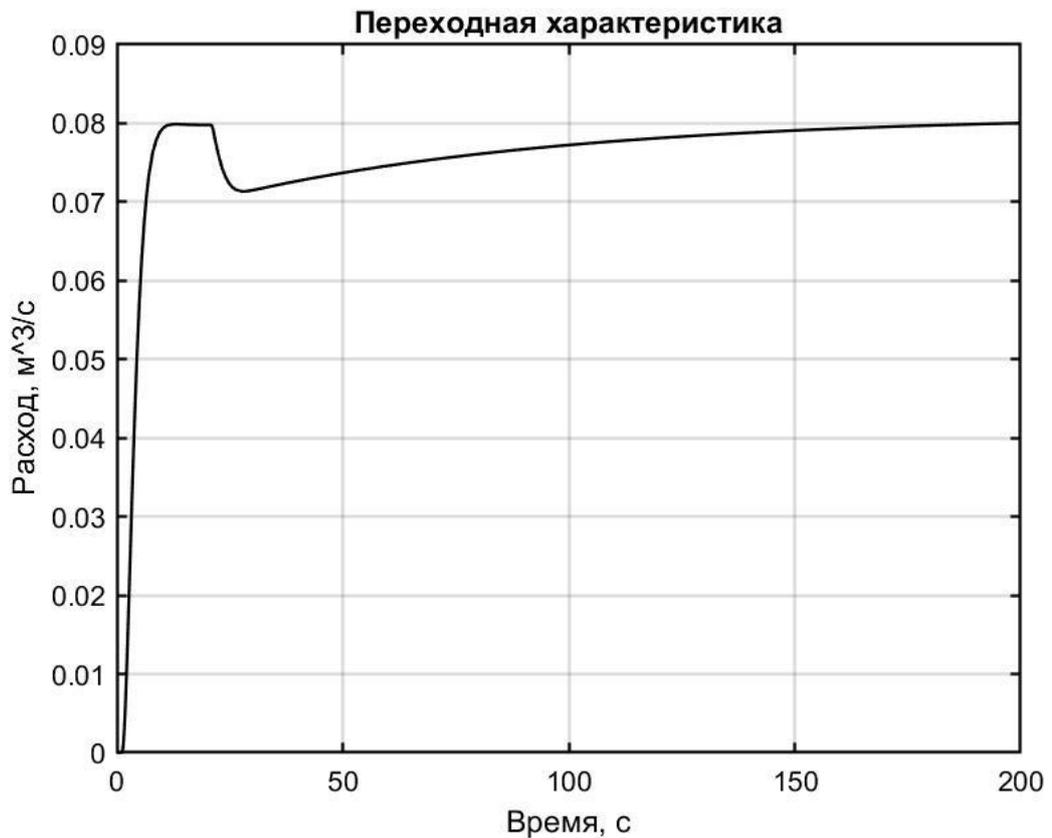


Рисунок 14 – Переходный процесс регулирования расхода с возмущающим воздействием

По результату можно заметить, что система справляется с внешним воздействием. После отклонения от внешнего воздействия система вновь возвращается в единицу. Система удовлетворяет прямым и косвенным показателям качества.

В результате всех вычислений, была получена система без перерегулирования и с временем переходного процесса 9 с. Данные показатели качества являются приемлемыми для системы.

6.3 Программа пуска и остановки подачи рабочего потока в ГЖСА

Прежде чем запускать насос необходимо произвести проверку агрегата, на целостность, комплектность крепежа и затяжку шпилек, а также проверить трубопровод, все задвижки на открытие и закрытие. Произвести проверку датчиков, а также испытать систему пожаротушения.

Алгоритм управления насосом состоит из взаимосвязанных между собой программ. Основная программа пуска и остановки насоса представлена в приложении 3.

Для начала вводятся параметры технических средств, после чего выполняется цикл на опрос кнопки «Пуск». Когда значение кнопки «Пуск» стало равно 1 производится запуск подпрограммы «Пуск насоса», которая управляет непосредственно запуском насоса. Подпрограмма «Контроль параметров» производит проверку циклически в течении всей работы технологического процесса. Подпрограмма «Контроль параметров» контролирует основные параметры технологического процесса, в случае невыполнения заданных условий переходит в подпрограмму «Остановка насоса». В это время также производится опрос кнопки «Стоп», при нажатии на которую, происходит переход в подпрограмму «Остановка насоса».

6.3.1 Подпрограмма «Пуск насоса»

При запуске подпрограмма «Пуск насоса» сперва происходит открытие задвижки V-3, следующим действием производится запуск насоса, когда насос запущен происходит опрос датчика PRS_PIP_RNG3. Фактическое значение с датчика сравнивается с заданным, если фактическое значение давления на входе меньше, то дополнительно открывается задвижка V-5. При достижении заданного давления на выходе агрегата, производится открытие задвижек V-4, V-1, V-2. Подпрограмма «Пуск насоса» представлена в приложении И.

6.3.2 Подпрограмма «Контроль параметров»

В данной подпрограмме, производится опрос датчиков для сравнения фактического значений с заданными параметрами. Первым условием идет проверка положения задвижки V-8, если задвижка закрыта то последовательно опрашиваются датчики давления, если давление нагнетания меньше заданного, то дополнительно открывается задвижка V-8, после чего повторно проверяются значения с датчиков давления. если фактическое давления нагнетания не

соответствует заданному, то происходит переход в подпрограмму «Остановка насоса». Если на выходе со скважины давление превышает максимальное, то программа также переходит в подпрограмму «Остановка насоса». Подпрограмма «Контроль параметров» представлена в приложении К.

6.3.3 Подпрограмма «Остановка насоса»

В данной подпрограмме после нажатия кнопки «Стоп» оператором осуществляется выход из непрерывного цикла контроля параметров системы, после чего опрашивается состояние задвижки V-8, для закрытия, если это необходимо, после чего закрывается задвижка, стоящая перед самим насосом V-3, за этим следует отключение насоса и последовательное закрытие оставшихся задвижек V-4, V-1, V-2. Подпрограмма «Остановка насоса» представлена в приложении Л.

7 Разработка экранных форм

Для создания человеко-машинного интерфейса использовалось программное обеспечение TRACE MODE IDE 6.

При разработке мнемосхемы предполагалось, что оператор сможет следить за технологическим процессом в удобной для него форме, управлять технологическим процессом. Мнемосхема так же позволяет формировать отчеты, производить обмен информации с другими программами.

Разработанная мнемосхема представлена в приложении М.

Полученная мнемосхема отслеживает текущие параметры системы, получает данные с датчиков, позволяет управлять задвижками и отслеживать их положение, а также производить пуск и останов насоса с помощью тумблера. Для каждой задвижки установлен световой сигнал: красный – закрыта, зеленый – открыта.

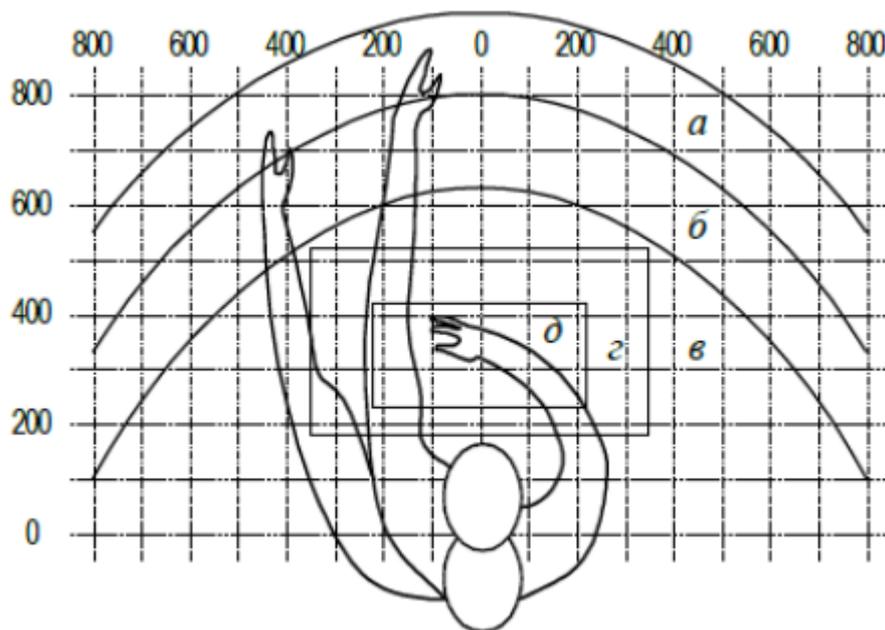
8 Социальная ответственность

В разделе рассматриваются вопросы выявления и оценки вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте оператора контроля автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом, уменьшение негативных аспектов проектируемой деятельности в соответствии с требованиями промышленной безопасности, санитарных норм, охраны труда и пожарной безопасности (ОТиПБ).

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. В разрабатываемой системе автоматизации управления предлагается применение и внедрение эжекторной системы добычи нефти и газа, а также внедрение точных приборов учёта расхода жидкости, а также учитывающие давление в системе. Благодаря данной технологии разработке и освоения скважин позволяет снизить материально-технические и трудовые затраты путем упрощения процесса контроля забойного давления, облегчение условий подъема продукции скважины и сепарации смеси на поверхности, а также уменьшить потери давления на трение.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Эргономические требования к рабочему месту оператора АСУ



а) зона максимальной досягаемости; б) зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в) зона легкой досягаемости ладони; г) оптимальное пространство для грубой ручной работы; д) оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Рисунок 15 – Эргономические требования к рабочему месту оператора АСУ

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [7]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола; – клавиатура в зоне «г/д»;
- документация необходимая при работе
- в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола редко используемая литература.

Согласно трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти – или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На месторождении применяется четырех-бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [8] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

8.2 Производственная безопасность

При выборе вредных и опасных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень вредных и опасных факторов, характерных для автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом на месторождении представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Вредные и опасные факторы при работе оператора АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Строительство	Эксплуатация	
Вредные факторы				
Отклонение показателей микроклимата.	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Продолжение таблицы 9

Недостаточный уровень освещения (естественное, искусственное).	+	+	+	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
Повышенный уровень шума.		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
Высокий уровень вибрации.		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий
Опасные факторы				
Повышенное значение напряжения в электрической цепи		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

8.3 Анализ вредных факторов

Отклонение показателей микроклимата

При разных сезонах и погодных условиях возможно изменение микроклимата. Данный фактор может привести к ухудшению здоровья сотрудников, обслуживающих автоматизированную установку газожидкостного струйного аппарата.

При проработке данного фактора стоит опираться на СанПиН 2.2.4.548–96. Для выявления необходимых условий необходимо знать категорию работ в помещении по уровню энергозатрат [9].

В качестве безопасности ГЖСА имеет котельную и помещения (узлы технологического процесса, операторная, мастерская) оснащены системой вентиляции, а СИЗ имеет летний и зимний вариант исполнения.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно требованиям СанПиН и приведены в

таблице 10, допустимые значения показателей микроклимата приведены в таблице 11.

Таблица 10 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах по СанПиН 2.2.4.548-96

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

Таблица 11 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочих местах по СанПиН 2.2.4.548-96

Период 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
Холодный	от 20,0 до 21,9 включ.	от 24,1 до 25,0 включ.	от 15 до 75 включ.	0,1	0,1
Теплый	от 21,0 до 22,9 включ.	от 25,1 до 28,0 включ.	от 15 до 75 включ.	0,1	0,2

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости [10] .

Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, катаракты и другие нарушения [10].

Для обеспечения рационального освещения (отвечающего техническим и санитарно-гигиеническим нормам) необходимо правильно подобрать светильники в сочетании с естественным светом. Поддерживать чистоту оконных стекол и поверхностей светильников [10].

Рабочая зона или рабочее место оператора освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности СНиП 23-05-95* и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблице 12.

Таблица 12 – Нормирование освещенности для работы с ПК по СНиП 23-05-95*

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					Освещенность на рабочей поверхности системы общего	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

Таблица 13 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК по СНиП 23-05-95*

Освещенность на рабочем столе, лк	от 300 до 500
Освещенность на экране ПК, лк	не выше 300
Блики на экране, кд/м ²	не выше 40
Прямая блескость источника света, кд/м ²	200
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
между рабочими поверхностями	3:1-5:1
между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации, %	не более 5%

Высокий уровень шума

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с ГОСТом 12.1.003-2014.

При разработке автоматизированной системы узла контроля расхода газа и нефти использовались объекты, которые при эксплуатации способны создавать шум, такие как автоматические задвижки, электроприводы, насосы. Но основным источником шума является газ и жидкость, проходящие под высоким давлением.

В связи с тем, что уровень шума, испускаемый оборудованием, расположенным в узлах контроля, близок к предельно допустимому, необходимо устраивать кратковременные перерывы в течение рабочего дня вне помещения, а также обеспечить всех людей, находящихся на территории, наушниками с шумоподавлением [11].

Повышенный уровень вибрации

При внедрении автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом вибрация может появиться вследствие наличия в системе задвижек и электропривода. Однако стоит заметить, что подобранное оборудование имеет низкую вибрационную активность, поэтому дополнительных мер по предотвращению вредных воздействий от вибрации в узле контроля расхода не требуется.

8.4 Анализ опасных факторов

Работа диспетчера управления автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом связана с частым взаимодействием с ПК. Следовательно, существует опасность поражения работника электрическим током.

Рассматриваемое помещение определяется как помещение без повышенной опасности согласно ГОСТ 12.1.038-82. Так как приборы, работающие в помещении, питаются от сети напряжением 220 В и частотой 50

Гц, необходимо предусмотреть случаи случайного прикосновения к токоведущим частям и способы защиты от последствий таких действий [12]:

- наличие защитных ограждений или оболочек;
- безопасное расположение токоведущих частей и их изоляция
- изоляция рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности;
- заземление корпусов устройств.

Перед началом работы необходимо убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей. Перед приемом на работу очередного сотрудника необходимо проводить инструктаж по электробезопасности. Также стоит предусмотреть проведение инструктажа при смене условий работы, при обновлении техники и плановый инструктаж.

8.5 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов оператору бесплатно выдают сертифицированные СИЗ согласно установленных норм, в зависимости от времени года и условий труда, а также смывающие и обезвреживающие средства.

Оператор несет ответственность за бережное отношение, правильное использование и применение СИЗ.

Оператор при работе с оборудованием (за исключением щитов управления) на территории должен пользоваться защитными касками.

Территория, рабочее место, эксплуатируемое оборудование и механизмы должны содержаться в чистоте и работоспособном состоянии.

На территории ГЖСА ходить допустимо только по тротуарам, аллеям и пешеходным дорожкам.

Персоналу следует иметь наряд-допуск при ведении работ с применением грузоподъемных механизмов, газоопасных, огневых и других работ повышенной опасности.

Во время работы оператор должен:

- выполнять только ту работу, которая поручена и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- проверять исправность ограждений, предохранительных приспособлений, блокировочных и сигнализирующих устройств;
- использовать в процессе работы безопасные приемы труда, соблюдать последовательность выполнения операций, предусмотренных нарядом допуском (разрешением), инструкциями по эксплуатации и ремонту оборудования.

8.6 Экологическая безопасность

Основными вредностями для атмосферы водоемов и почвы являются нефтепродукты, находящиеся в обращении автоматизированной системы управления ГЖСА [13].

Для этого предусмотрены следующие мероприятия:

- герметизированная система сбора и подготовки нефти;
- отсепарированный газ направляется в существующую систему сбора газа и далее - на ГПЗ, в аварийных случаях - на факел для сжигания газа;
- на случай превышения давления газа в технологических емкостях избыток газа через предохранительные клапаны так же направляются на факел;
- на случай ремонта, и ревизии оборудования сброс остатков нефтепродуктов предусматривается в подземную канализационную емкость с насосной откачкой на прием основных насосов;
- для локализации всех утечек площадка вокруг факела имеет обвалование высотой 0,5 м, шириной по верху - 0,5 м.

Для защиты водоемов от загрязнения помимо вышеуказанных мероприятий необходимо:

- содержать территорию в удовлетворительном состоянии;
- не допускать разлива нефтепродуктов, масел и других загрязняющих веществ на неканализованных площадках;
- хранить отходы в специально отведенных местах, исключая загрязнение почвы, своевременно вывозить отходы. При обустройстве временных бытовых и вспомогательных помещений запрещается загрязнение почвы отходами производства, равно, как и хозяйственно - бытовыми отходами. Отходы складываются в герметические емкости и вывозить в ближайшие пункты санкционированного приема БТО.

Мероприятия по охране воздушного бассейна особенно при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ) носят в основном организационно-технический характер:

- усиление контроля за точным соблюдением технологического регламента производства;
- запрет на ремонтные работы, связанные с повышенным выделением загрязняющих веществ;
- герметизация и максимальное уплотнение стыков и соединений в технологическом оборудовании для предотвращения выделения вредных веществ;
- усиление контроля за дымностью и выделением CO₂ передвижного автотранспорта;
- запрет на сжигание любых отходов и мусора;
- запрет на разогрев битумных мастик открытым огнем

8.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во всех производственных помещениях автоматизированной системы управления ГЖСА существует вероятность возникновения пожароопасной ситуации.

Технологическая площадка ГЖСА тушится с помощью пожарных гидрантов, установленных на противопожарном кольце. Необходимый запас пожарных рукавов, пожарных колонок хранится в складе хранения пожарного инвентаря, расположенном на территории ГЖСА. Запас пенообразователя согласно утвержденным нормам хранится в резервуаре хранения пенообразователя $V=8\text{м}^3$. Тушение аварийного РГС предусмотрено с помощью пожарной водонасосной. Расход воды на наружное пожаротушение определен из расчета тушения и охлаждения аварийного резервуара РГС-100 и составляет 60 л/с. При окружности резервуара 60 метров расход воды составляет – 993 м³. Необходимый запас воды для приготовления раствора пенообразователя на 45 минут тушения – 60 м³.

Для тушения пожара на объекте предусмотрен комплекс мероприятий и средств пожаротушения.

Система пожаротушения состоит из системы пожаротушения:

- пеной;
- водой.

Система пожаротушения пеной включает:

- генераторы пены;
- соединительные головки за обвалованием для присоединения пожарной техники;
- индивидуальные пенопроводы на отдельные объекты;
- пульт управления и мнемосхему в операторной с системой извещателей в очаге огня.

Здания, сооружения и наружные установки оснащены первичными средствами пожаротушения. Количество и тип огнетушителей выбран в соответствии с категорией здания по взрывопожарной опасности, предельно защищаемой площади и классу пожара. Для оснащения противопожарным инвентарем на территории объекта установлены пожарные щиты. Комплектация

противопожарным инвентарем, выполнена согласно норм оснащения пожарных щитов типа ЩП-В.

На объекте принята централизованная структура контроля за установками автоматической пожарной сигнализации, из помещения операторной.

Вывод по разделу социальная ответственность

В данной главе были рассмотрены способы защиты работника от основных вредных и опасных производственных факторов, с которыми оператор может столкнуться при работе.

Для предотвращения воздействий вредных факторов будут внедрены средства индивидуальной защиты, смывающие и обезвреживающие средства, так же при работе вблизи насосной установки могут быть использованы специальные противошумные наушники.

Для поддержания оптимальной температуры в помещениях установлена система вентиляции, а для зимнего периода помещения будут отапливаться котельной.

Также была рассмотрена защита окружающей среды и выявлены основные недостатки в ее защите. Благодаря постоянному контролю показаний возможно быстрое отключение рабочей ветки учета расхода на резервную для проведения ремонтных работ и устранения последствий аварий, что позволяет избежать загрязнений окружающей среды. Для предотвращения пожаров были внедрены на территории ГЖСА пожарные гидранты, установлена станция пенного пожаротушения, необходимое количество пожарных рукавов и средства первичного пожаротушения.

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

9.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследований являются широкий круг коммерческих организаций в нефтегазовой отрасли, в частности нефтедобывающие компания, предприятия, предназначенные для сбора нефти и газа на промыслах и их последующей транспортировки. В таблице 14 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Цифрами обозначены компании: «1» - ООО «Нефтестройпроект», «2» – ПАО «Роснефть», «3» - ЗАО «ЭлеСи».

Таблица 14 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер компании	Крупные	2, 3	3	3
	Средние	2, 3	1, 2, 3	2, 3
	Мелкие	1, 2, 3	1, 3	3

По результатам анализа карты сегментирования можно сделать вывод о том, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по автоматизации ТП у крупных и мелких компаний.

9.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве.

Анализ проведён с помощью оценочной карты, представленной в таблице 15, где $B_{к1}$ – ООО «Нефтестройпроект», $B_{к2}$ – АО «ЭлеСи», B_p – разработанная автоматизированная система управления газожидкостным струйным аппаратом.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_p	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_p	$K_{к1}$	$K_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надёжность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Удобство в эксплуатации	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
Безопасность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Улучшение производительности	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Минимизация ошибок контроля расхода	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Ремонтопригодность	0,09	5	4	5	0,45	0,36	0,45
Энергоэкономичность	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
Помехоустойчивость	0,09	4	5	5	0,36	0,45	0,45
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Послепроектное сопровождение	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Конкурентоспособность	0,06	5	5	3	0,3	0,3	0,18
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	3	0,12	0,15	0,09
Итого	1	51	51	49	4,35	4,23	4,25

Из оценочной карты можно заметить, что текущий проект является конкурентоспособным. Стоит заметить, что его положительными сторонами являются безопасность, улучшение производительности, ремонтпригодность, цена. С другой стороны, при дальнейшей модернизации проекта необходимо уделить большее внимание таким критериям, как

минимизация ошибок контроля расхода, помехоустойчивость, послепроектное сопровождение, предполагаемый срок эксплуатации.

9.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [15].

Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа построим интерактивную матрицу проекта. Каждый фактор помечен либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных или слабых сторон возможностям или угрозам), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие).

В таблицах 16-19 представлены интерактивные матрицы проекта.

Таблица 16 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	-	+	-
	B2	-	+	-	-
	B3	-	+	-	-

Таблица 17 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	-	+
	В2	+	+	-	-
	В3	-	-	-	-

Таблица 18 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	+	+	+	-
	У4	-	-	-	+

Таблица 19 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	-	+
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	+	-
	У4	-	-	-	+

В рамках третьего этапа составим итоговую матрицу SWOT-анализа. Представим результат в виде таблицы 20.

Таблица 20 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Более низкая стоимость. С3. Актуальность разработки. С4. Не требуется уникальное оборудование.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынок. Сл4. «Новичок» на рынке разработчиков АСУ ТП.</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1С3 – актуальность и экономичность разработанной системы свидетельствует о большом потенциале проекта. В2С2 – использование существующего ПО предполагает меньшую стоимость системы. В3С2 – поиск более дешевых датчиков и исполнительных механизмов.</p>	<p>В1Сл4 – трудность в нахождении клиентов и необходимость укрепления позиций на рынке. В2Сл1Сл2 – в связи с тем, что отсутствует работающий прототип, заранее не известна его совместимость с существующем ПО.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему. У4. Срыв поставок оборудования.</p>	<p>У1С2 – несмотря на то, что спрос на новые технологии невысок, низкая стоимость проекта сможет решить данную проблему. У3С1С2С3 – заказчикам сложно будет перейти на новую систему, однако разработанный проект имеет ряд преимуществ: актуальность, более низкая цена, экономичность. У4С4 – сотрудничество с ненадежными поставщиками оборудования.</p>	<p>У1Сл1Сл4 – клиентов могут отпугнуть отсутствие прототипа и внедрение новых технологий. У3Сл2Сл3 – возможные срывы сроков работы. У4Сл4 – отсутствие опыта в выборе поставщиков.</p>

SWOT-анализ позволяет определить сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта, а также показывает, каким слабым сторонам нужно уделить внимание и предпринять стратегические изменения.

– Чтобы уменьшить влияние Сл1, разрабатываемая система детально прорабатывается и подвергается ряду проверок на качество работы в среде MATLAB.

– Большой срок поставок оборудования можно обсудить с поставщиком, при заключении договоров поставки. Если не будет найден компромисс, то возможно обратиться к российским аналогам.

– Медленный процесс вывода на рынок неизбежен, поскольку установка системы займет продолжительное время, однако, если заключать договор на этапе начала строительства, а не в процессе её эксплуатации, то это во многом упрощает процесс внедрения системы.

– Чтобы убедить потребителей в надёжности системы она проходит проверки качества в системе MATLAB. При необходимости возможен расчёт надёжности для конкретного предприятия.

9.4 Планирование научно-исследовательских работ

9.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы три исполнителя – руководитель (Р), консультант (К) студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 21.

Таблица 21 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Исполнители
Определение целей, задач, исходных данных	1	Выбор темы ВКР	С
	2	Составление и утверждение технического задания	Р, К, С
	3	Поиск литературы по теме	Р, К, С
	4	Календарное планирование работ	С, К
Разработка АСУ	5	Описание технологического процесса	С
	6	Подбор СИ и контроллерного оборудования	С
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	С, К
	8	Составление перечня вход/выходных сигналов	С
	9	Составление схемы информационных потоков	С
	10	Разработка схем внешних проводок	С
	11	Разработка алгоритмов сбора данных	С, К
	12	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	С, К
	13	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	С, К
	14	Разработка программы пуска и остановки подачи рабочего потока	С,К
	15	Проектирование SCADA-системы	С
	16	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	17	Написание раздела «социальной ответственности»	С
	18	Проверка работы с руководителем и консультантом	Р, С, К
Оформление отчёта	19	Составление пояснительной записки	С
	20	Подготовка презентации дипломного проекта	С

Как можно заметить из таблицы, большинство работы было проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь консультанта и руководителя.

9.4.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5}, \quad (15)$$

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

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.;

$t_{\max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{р\ i}$:

$$T_{р\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (16)$$

где $T_{р\ i}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

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

Для удобства построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{k\ i} = T_{р\ i} \cdot k_{кал}, \quad (17)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (18)$$

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

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

Значение коэффициента календарности для 2020 года [16]:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 19} = \frac{365}{294} = 1,24. \quad (19)$$

С учётом данных таблицы 8 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 22. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рисунке 16.

Таблица 22 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min}			t_{max}			$t_{ож}$				
	Студент	Консультант	Руководитель	Студент	Консультант	Руководитель	Студент	Консультант	Руководитель	Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
Выбор темы ВКР	3	0	0	4	0	0	3,4	0	0	3,4	4,2
Составление и утверждение технического задания	5	5	4	10	7	5	7	5,8	4,4	2,3	2,9
Подбор и изучение материалов по теме	6	5	5	10	9	9	7,6	6,6	6,6	2,5	3,1
Календарное планирование работ	2	1	0	3	2	0	2,4	1,4	0	1,2	1,5
Описание технологического процесса	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	3,5
Подбор СИ и контроллерного оборудования	3	0	0	7	0	0	4,6	0	0	4,6	5,7
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	6	0	2	10	0	3	7,6	0	2,4	3,8	4,7
Составление перечня вход/выходных сигналов	2	0	0	5	0	0	3,2	0	0	3,2	4
Составление схемы информационных потоков	2	0	0	5	0	0	3,2	0	0	3,2	4
Разработка схем внешних проводок	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	3,5
Разработка алгоритмов сбора данных	3	1	0	5	2	0	3,8	1,4	0	1,9	2,4

Продолжение таблицы 22

Разработка алгоритмов автоматического регулирования	4	2	0	7	3	0	5,2	2,4	0	2,6	3,2
Разработка программы пуска и остановки подачи рабочего потока	5	3	1	8	4	1	6,2	3,4	1	2,1	2,6
Проектирование SCADA-системы	4	0	0	7	0	0	5,2	0	0	5,2	6,4
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	3,5
Написание раздела «социальной ответственности»	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	3,5
Проверка работы с руководителем и консультантом	1	2	4	3	3	5	1,8	2,4	4,4	1,5	1,9
Составление пояснительной записки	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	3,5
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	3,5
Итого:							78	23,4	18,8	54,3	67,6

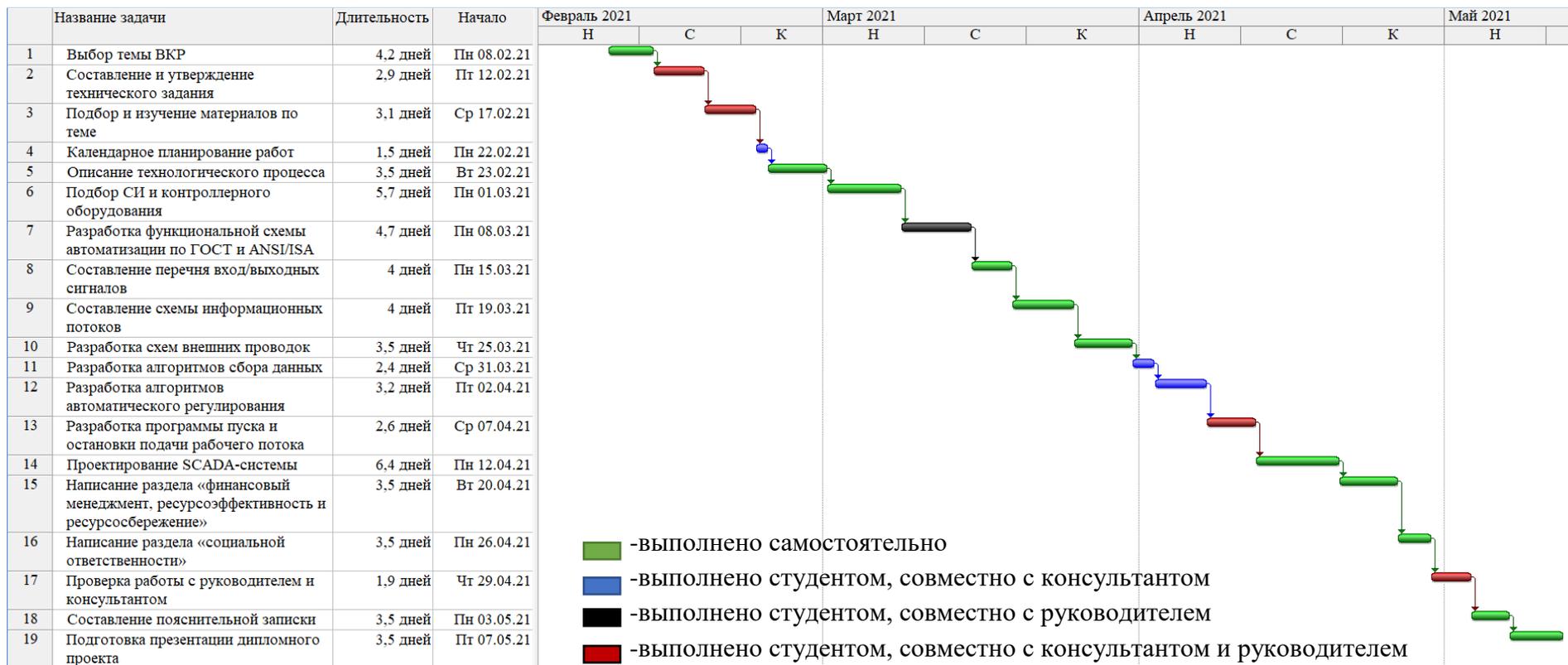


Рисунок 16 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы на рисунке 16 видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка 2,5 календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальную проработку проекта. Выбор темы ВКР и проработка материала не заняла много времени, на все организационные моменты ушло около месяца – это связано с тем, что приблизительная тема ВКР была заранее определена. На оформление дополнительных разделов и подготовка в защите занимает приблизительно также около месяца.

9.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

1. материальные затраты;
2. амортизационные отчисления;
3. основная заработная плата исполнителей;
4. дополнительная заработная плата исполнителей;
5. отчисления во внебюджетные фонды;
6. накладные расходы.

9.5.1 Расчёт материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 11 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат также учитывается транспортные расходы и расходы (величина k_T) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (20)$$

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

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

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

Таблица 23 – Материальные затраты

	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
SIMATIC S7-1200	Шт.	2	34000	81600
Датчик давления «Метран-150 ТА»	Шт.	3	35000	126000
Датчик уровня ВВ 25	Шт.	1	20000	24000
Датчик температуры ДТСХХ5	Шт.	1	3000	3600
Датчик расхода ЭМИС-ДИО 230	Шт.	4	40000	192000
Электропривод «ТУ-3791 П4»	Шт.	6	30000	216000
Итого:				643200

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: Microsoft Office, Adobe Photoshop, Mathcad 15, MATLAB R2018b, Bentley MicroStation V8i и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ. Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. Для

исследований используется ноутбук с бесплатным доступом к лицензии MATLAB. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах 20% от общей цены материалов.

9.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 40000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [17].

Норма амортизации рассчитывается как [18]:

$$N = \frac{1}{СПИ} \cdot 100\%, \quad (21)$$

где *СПИ* – срок полезного использования объекта в годах.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации *N*:

$$N = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%, \quad (22)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$N_{год} = 40000 \cdot 0,33 = 13200 \text{ руб.}, \quad (23)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$N_{мес} = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ руб.}, \quad (24)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$N_{мес} = 1100 \cdot 5 = 5500 \text{ руб.}, \quad (25)$$

9.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ:

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (26)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m + M}{F_d}, \quad (27)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6 дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 24).

Таблица 24 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Студент
Календарное число дней	365	365	365
Число нерабочих дней:	71	71	71
– выходные дни			
– праздничные дни			
Потери рабочего времени:	48	48	72
– отпуск			
– невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	246	176

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (28)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [19].

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 25.

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{mc} , руб.	k_p	k_{np}	k_{∂}	Z_m , руб.	$Z_{\partial n}$, руб.	T_p , раб. дн.	Z_{ocn} , руб.
Руководитель	20000	1,3	0,3	0,3	41600	1758,7	18,8	33063,54
Консультант	13000	1,3	0,3	0,3	27040	1143,2	23,4	26749,81
Студент	13000	1,3	0,3	0,3	27040	1597,8	78	124629,8
Итого								184443,15

По результату расчёта основной заработной платы у инженера получилась самая высокая основная заработная плата – это связано с числом рабочих дней, затраченных на разработку проекта.

9.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\partial on} = k_{\partial on} \cdot Z_{ocn}, \quad (29)$$

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

В таблице 27 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 27 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	Z_{ocn} , руб.	$k_{\partial on}$	$Z_{\partial on}$, руб.
Руководитель	33063,54	0,12	3967,63
Консультант	26749,81	0,12	3209,98

Продолжение таблицы 27

Инженер	124629,8	0,12	14955,57
Итого			22133,18

Поскольку расчет дополнительной заработной платы представляет собой умножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился схожим с тем, что мы получили при расчёте основной заработной платы.

9.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (30)$$

где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	33063,54	3967,63
Консультант	26749,81	3209,98
Инженер	124629,8	14955,57
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого		
Руководитель	11183,41	
Консультант	9047,86	
Инженер	42154,78	
Итого	62386,05	

По итогу отчисления во внебюджетные фонды составит 62386,05 руб.

9.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (31)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 15 %.

$$Z_{\text{накл}} = 0,15 \cdot (643200 + 5500 + 184443,15 + 22133,18 + 62386,05) = 137649,36$$

9.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 29.

Таблица 29 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	643956
2. Амортизационные отчисления	5500
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	184443,15
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22133,18
5. Отчисления во внебюджетные фонды	62386,05
6. Накладные расходы	137649,36
7. Бюджет затрат НИИ	1056067,74

В ходе формирования бюджета затрат на НТИ вышло, что затраты составляют примерно 1056067,74 руб. Полученный результат не является до конца точным, поскольку неизвестны материальные затраты, которые понесли руководитель и консультант.

9.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (32)$$

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

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

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

Φ_{max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации ГЖСА в компании «ЭлеСи» равняется 1112244 руб., в компании «ООО «Нефтестройпроект»» – 1155214 руб., а у студента с руководителем – 1056067 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{\"ЭлеСи\"}$	$I_{финр}^{\"ТомскАСУпроект\"}$
Студент с руководителем	1056067 руб.	1155214 руб.	0,91	0,96	1

Продолжение таблицы 30

«ЭлеСи»	1112244 руб.				
«Нефтестройпроект»	1155214 руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«Нефтестройпроект»
Способствует росту производительности труда	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	5	4	5
Надёжность	0,15	4	4	4
Материалоёмкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{студент}$	$I_{\text{«ЭлеСи»}}$	$I_{\text{«Нефтестройпроект»}}$
4,35	4,5	4,65

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}}. \quad (33)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{исп.студент}$	$I_{исп.\text{«ЭлеСи»}}$	$I_{исп.\text{«Нефтестройпроект»}}$
4,78	4,68	4,65

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.студент}}. \quad (34)$$

В таблице 34 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«Нефтестройпроект»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	0,96	1

Продолжение таблицы 34

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	4,5	4,65
Интегральный показатель эффективности	4,78	4,68	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,97

Исходя из полученных данных таблицы 34, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе оценены экономические аспекты разработки исследуемой автоматизированной системы управления газожидкостным струйным аппаратом:

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

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: ООО «Нефтестройпроект» и АО «ЭлеСи». Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам по сроку эксплуатации и помехоустойчивости, однако выигрывает за счёт цены, ремонтпригодности и надёжности.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: отсутствие спроса на новые технологии; развитая конкуренция; сложность перехода на новую систему; срыв поставок оборудования. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 1.1.3.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работы было проделано самостоятельно, однако потребовалась помощь руководителя и консультанта на начальном и конечном этапе. Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка 2,5 календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальную проработку проекта.

5. В процессе расчёта бюджета НИИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и студента схожи – это связано с тем, что у преподавателя при большем окладе, меньшее число рабочих дней. Также в общем бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 1056067 руб. Полученный результат не является до конца точным, поскольку неизвестны материальные затраты, которые понесли руководитель и консультант.

6. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект автоматизации управления ГЖСА достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «ЭлеСи» и «Нефтестройпроект». По финансовому показателю проект выигрывает у своих конкурентов, но по показателю ресурсоэффективности немного отстает.

Заключение

Результатом выпускной квалификационной работы стала спроектированная автоматизированная система управления газожидкостным струйным аппаратом. В ходе работы были разработаны основные схемы, такие как функциональные схемы автоматизации, структурная, информационных потоков, соединений внешних проводок. Разработанные схемы автоматизации позволили определить состав и количество оборудования, необходимого для исполнения данной установки, а также средства и методы передачи данных.

Для обеспечения функционала автоматизированной системы были выбраны контрольно-измерительные приборы, контроллер и исполнительные устройства.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны алгоритмы сбора информации и алгоритм автоматического ПИД-регулирования расхода, а также алгоритм пуска и остановки подачи рабочего потока.

Выполненная автоматизация управления газожидкостным струйным аппаратом удовлетворяет всем необходимым требованиям и имеет возможность модернизации и расширения.

Conclusions

The result of the work was the designed automated control system for the gas-liquid jet apparatus. In the course of the work, basic schemes were developed, such as functional automation schemes (GOST, ANSI), structural, information flows, external wiring connections. The developed automation schemes made it possible to determine the composition and quantity of equipment required for the implementation of this installation, as well as the means and methods of data transmission.

To provide the functionality of the automated system, the primary instrumentation, controller and actuators were selected.

The development of algorithmic support of the technological process is carried out. Algorithms for collecting information and an algorithm for automatic PID flow control, as well as an algorithm for starting and stopping the flow of the working flow, were developed.

The completed automation of the control of the gas-liquid jet machine meets all the necessary requirements and has the possibility of modernization and expansion

Список литературных источников

1. Руководство по выбору расходомера [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://rusautomation.ru/stati/rukovodstvo-po-vyboru-rashodomera-part1> (дата обращения: 05.12.2020);
2. Принцип работы датчиков уровня [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/buykovyeurovnmery#:~:text=Общий%20принцип%20работы%20уровнемеров%20буйкового,резервуаре%20через%20глубину%20погружения%20буйка (дата обращения: 20.02.2021);
3. Принцип действия расходомеров [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://vistaros.ru/stati/rashodomeryi/rashodomery-vidy-i-printsip-dejstviya.html> (дата обращения: 20.02.2021);
4. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108005> (дата обращения: 20.03.2021);
5. Кабель КВВГ [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-\(0,66kv\)/kvvg/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-(0,66kv)/kvvg/) (дата обращения: 24.03.2021);
6. Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю. Разработка функциональных схем при проектировании автоматизированных систем управления: учебно-методическое пособие: Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. — Санкт-Петербург, 2002, – 51с;
7. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения 12.04.2021);
7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ: [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL:

<https://deti.rkomi.ru/content/6292/Трудовой%20кодекс%20Российской%20Федерации%2030.12.2001г.%20№%20197-ФЗ.pdf> (дата обращения 12.04.2021);

8. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения 12.04.2021);

9. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 12.04.2021);

10. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения 12.04.2021);

11. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения 12.04.2021);

12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения 12.04.2021);

13. Организация рабочего места оператора [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://pereosnastka.ru/articles/organizatsiya-rabochegomesta-operatora>;

14. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с (дата обращения 15.05.2021).

15. Производственный календарь на 2020 год [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennyye/2021/> (дата обращения 15.05.2021);

16. Амортизационная группа компьютера [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://spmag.ru/articles/amortizacionnaya-gruppa-kompyutera> (дата обращения 15.05.2021);

17. Годовая норма амортизации [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://glavkniga.ru/situations/k504568> (дата обращения 15.05.2021);

18. Что такое районный коэффициент и где он используется [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://assistentus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/> (дата обращения 15.05.2021).

Приложение А

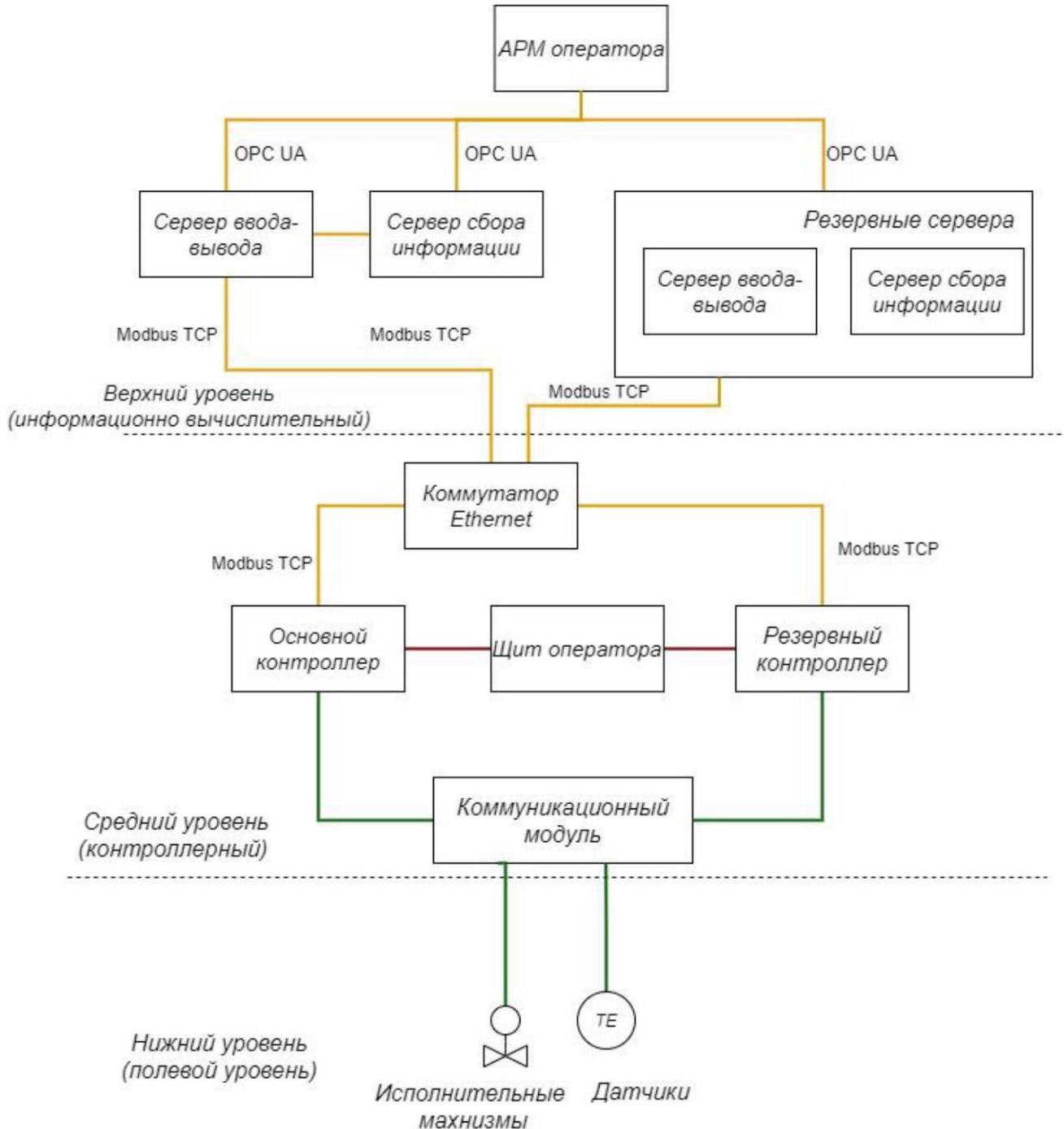
(обязательное)

Структурная схема автоматизации

ФЮРА. 420609.01

Перв. примен.

Справ. №



- 4...20 мА
- Сухой контакт
- Ethernet

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 420609.01

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Структурная схема автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1
ТПУ ИШИТР группа 8Т7А		

Приложение Б

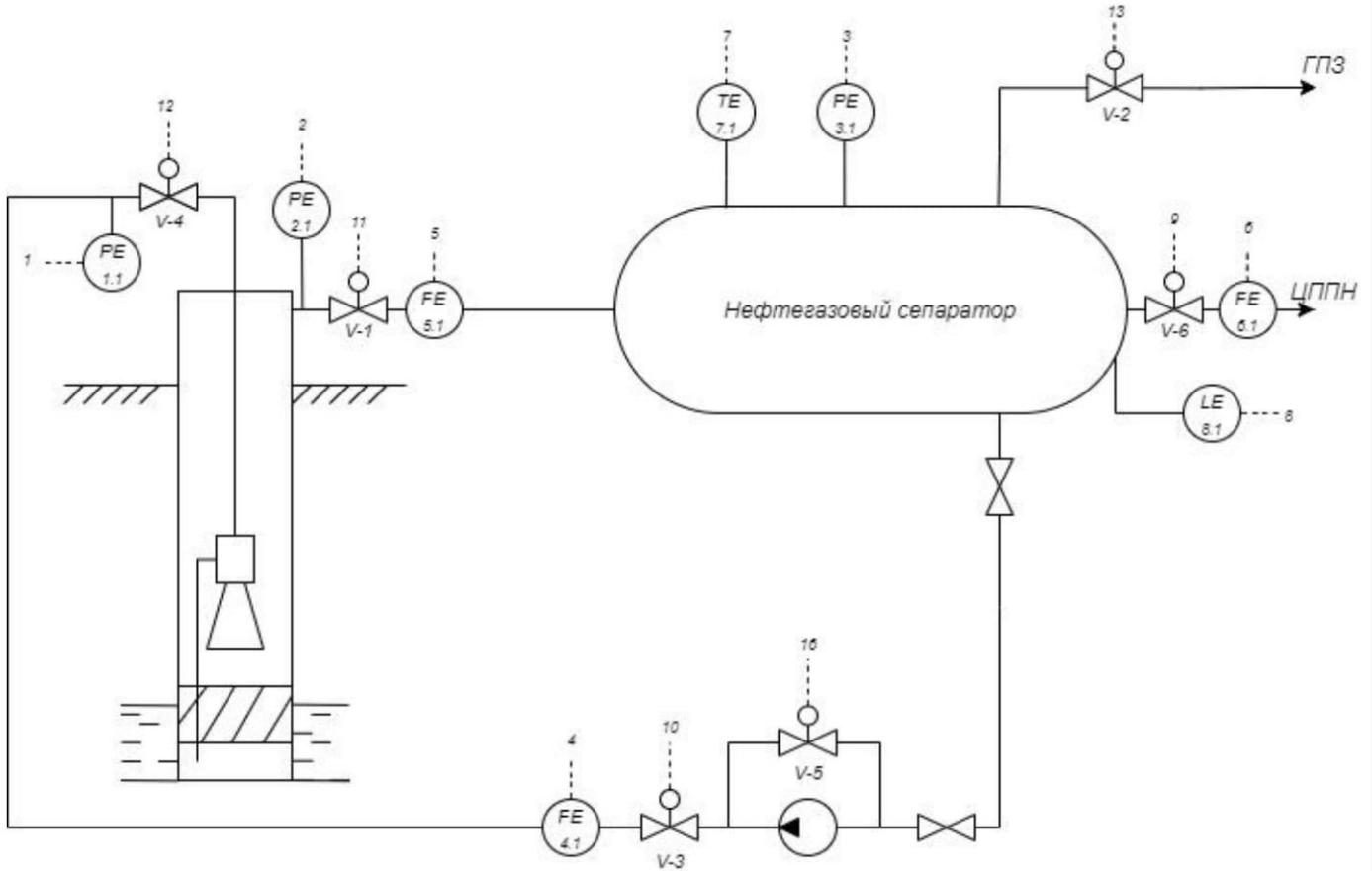
(обязательное)

Функциональная схема автоматизации

ФЮРА. 420609.02

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 420609.02

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Функциональная схема автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР группа 8Т7А

Приложение В

(обязательное)

Подвал

ФЮРА.420609.03

Перв. примен.

Справ. №

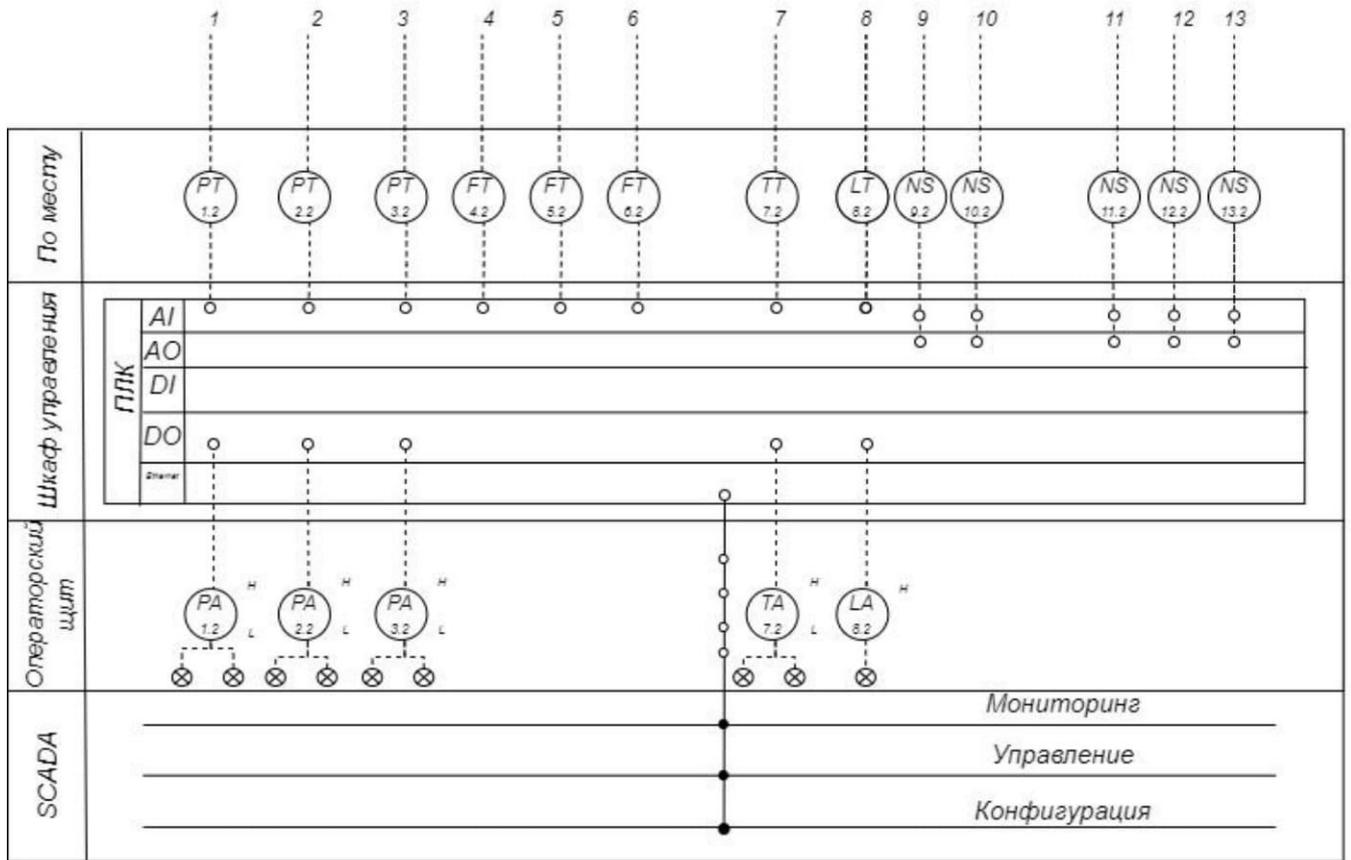
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ФЮРА. 420609.03

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Разработка системы
управления газожидкостным
струйным аппаратом

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1

Подвал

ТПУ ИШИТР группа
8Т7А

Копировал

Формат А4

Приложение Г

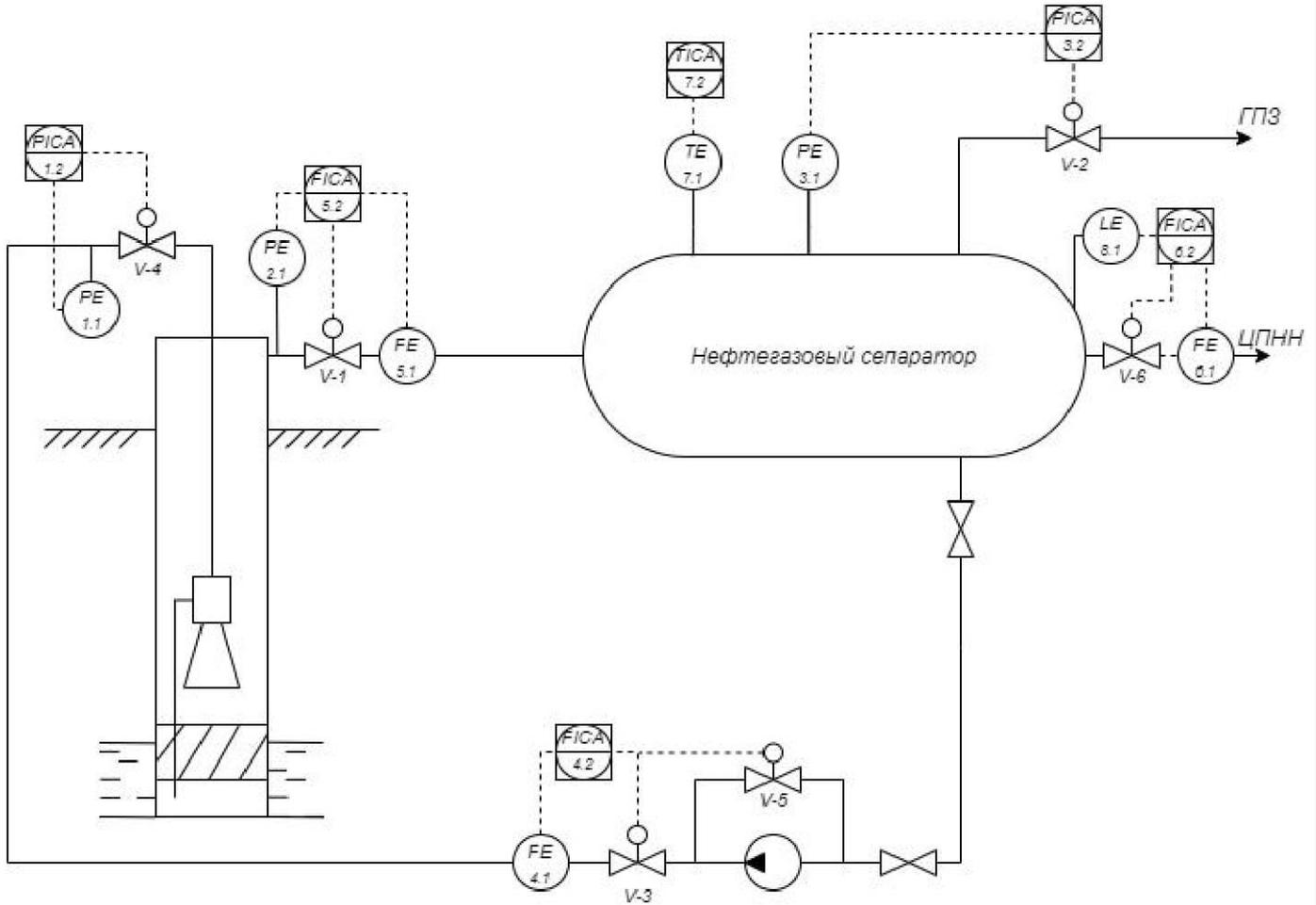
(обязательное)

Функциональная схема автоматизации упрощенная

ФЮРА. 420609.04

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 420609.04

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Разработка системы
управления газожидкостным
струйным аппаратом

Функциональная схема
автоматизации(ANSI)

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1

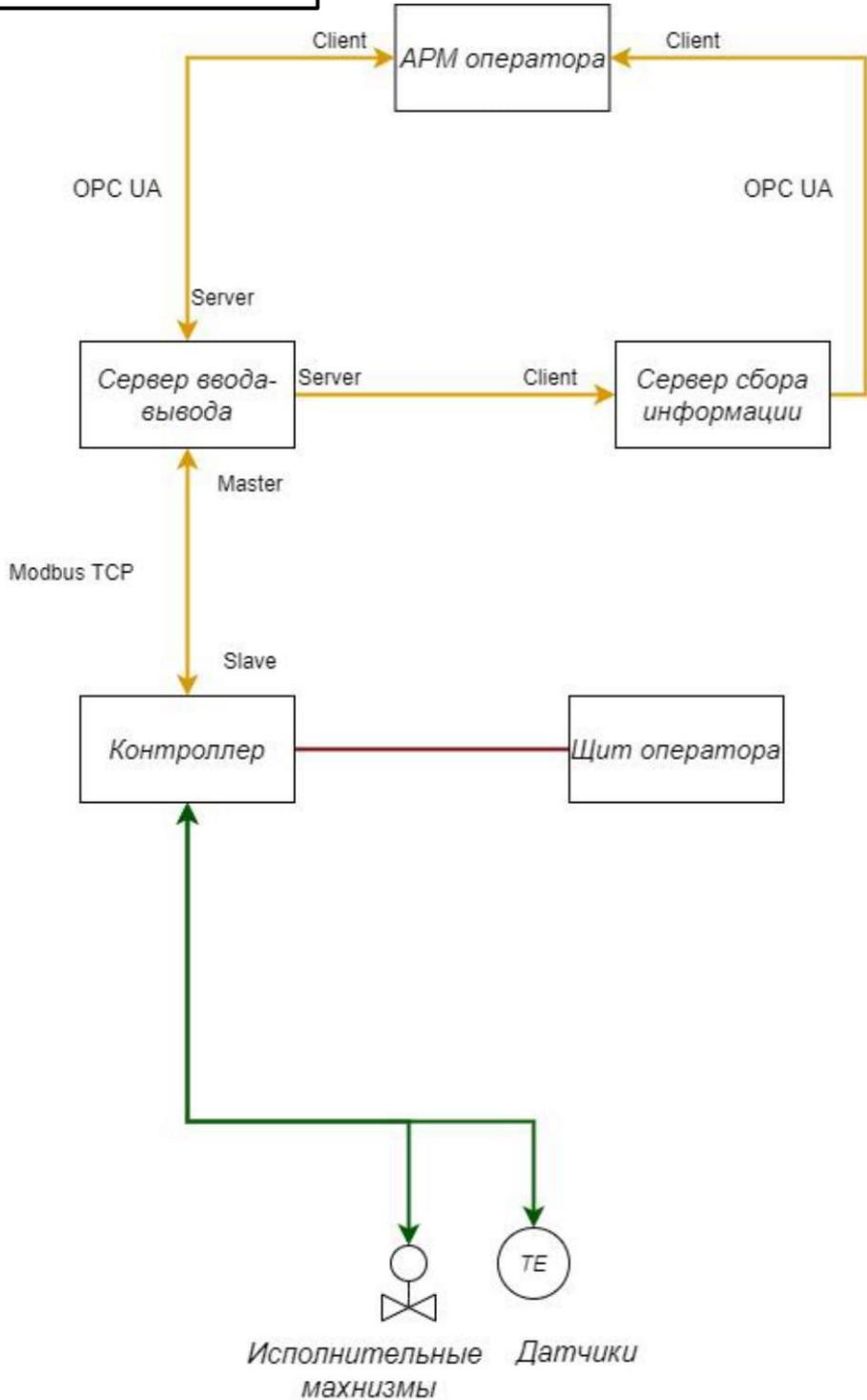
ТПУ ИШИТР группа
8Т7А

Приложение Д

(обязательное)

Схема информационных потоков

ФЮРА. 420609.05



- 4...20 мА
- Сухой контакт
- Ethernet

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

ФЮРА. 420609.05

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом	Лит.	Масса	Масштаб
	у		
Схема информационных потоков		Лист	Листов 1
		ТПУ ИШИТР группа 8Т7А	

Приложение Е

(обязательное)

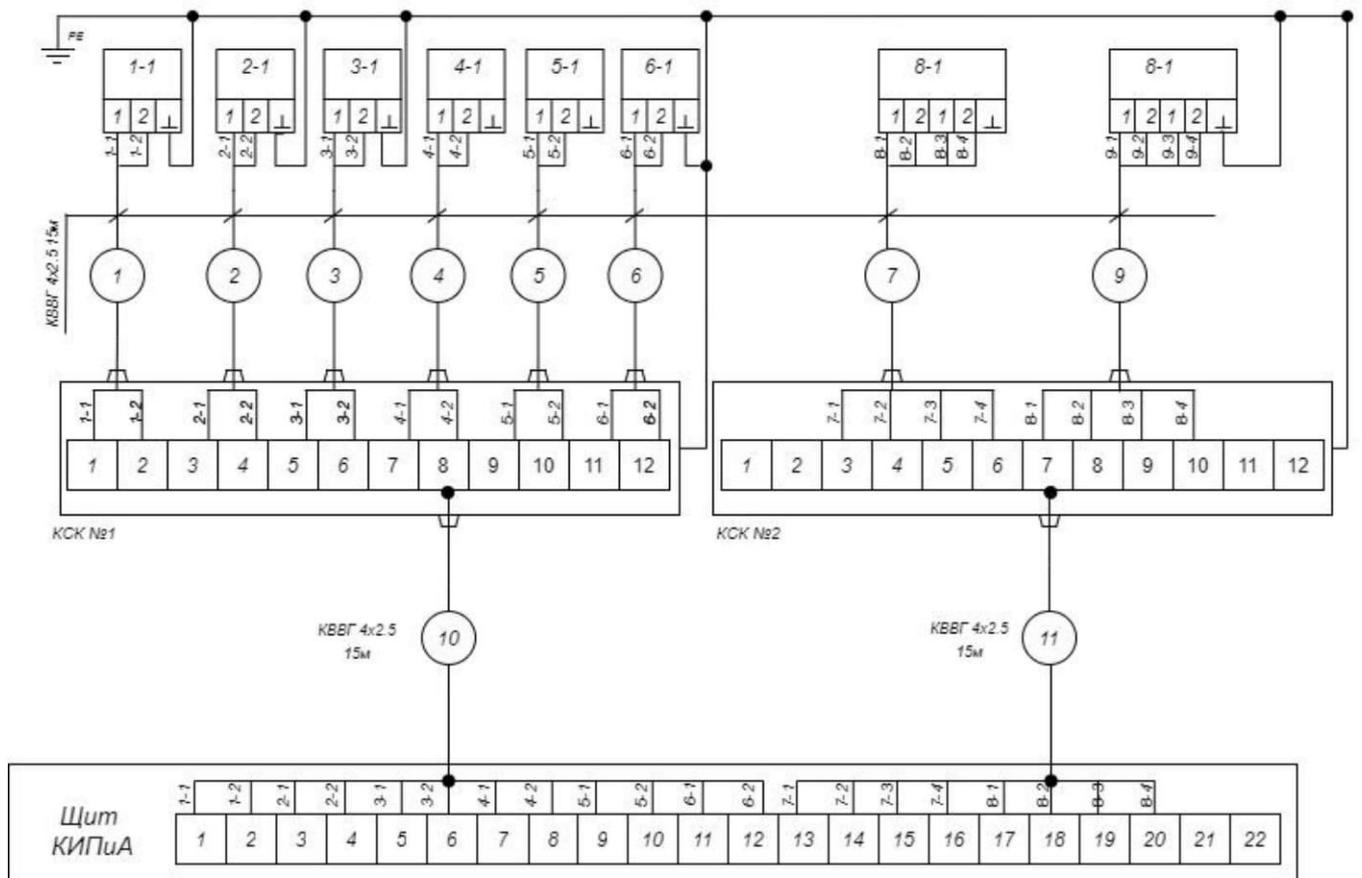
Схема внешних проводок

ФЮРА. 420609.06

Перв. примен.

Справ. №

Наименование параметра	Давление	Давление	Расход	Температура	Уровень
Место отбора импульса	Струйный аппарат	Сепаратор	Трубопровод	Сепаратор	Сепаратор
Датчик	Метран-150ТА	Метран-150ТА	ЭМИС-ДИО 230	ДТСХХ5	BW 25
Позиция	1-1,2-1	3-1	4-1,5-1,6-1	8-1	9-1



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 420609.06

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Схема внешних проводов

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР группа 8Т7А

Приложение Ж

(обязательное)

Алгоритм сбора информации

ФЮРА. 420609.07

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Начало

Ввод данных с верхнего уровня

Прием данных с датчиков

Показания давления изменились?

Да

Формирование и отправление пакета данных

Вывод данных на экран

Нет

Показания давления > max ?

Да

Уровень давления > max

Уровень давления < max

Показания давления < min ?

Нет

Да

Уровень давления < min

Конец

ФЮРА. 420609.07

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Алгоритм сбора данных измерений с датчика давления

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР группа 8Т7А

Приложение 3

(обязательное)

Программа пуска и остановки подачи рабочего потока

Перв. примен.

Справ. №

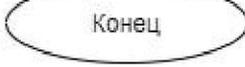
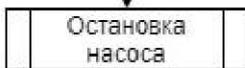
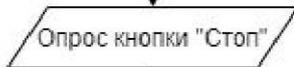
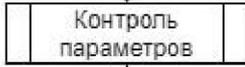
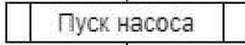
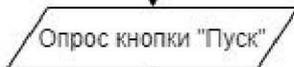
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

ФЮРА. 420609.09

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Алгоритм пуски и остановки подачи рабочего потока

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР группа 8Т7А

Приложение И

(обязательное)

Подпрограмма «Пуск насоса»

ФЮРА. 420609.10

Перв. примен.

Справ. №

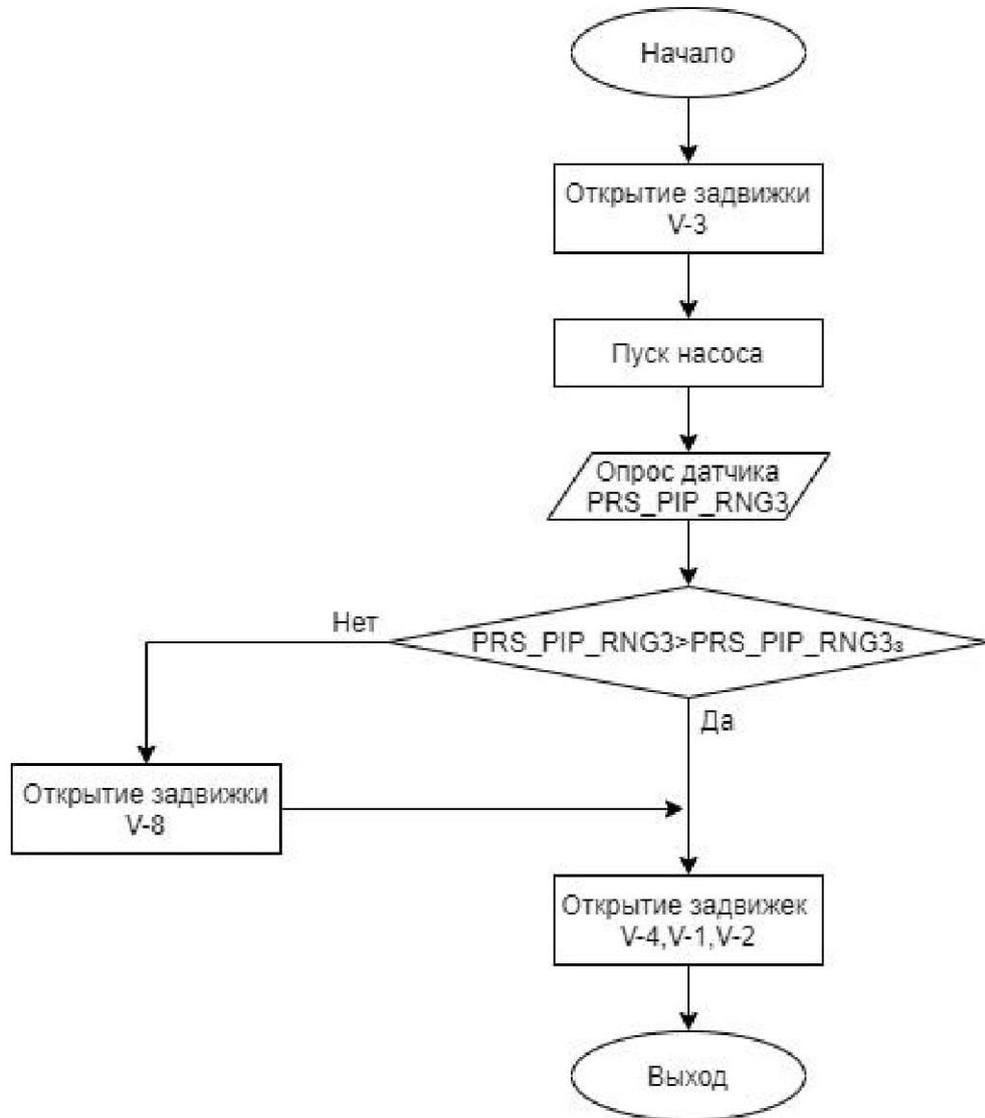
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ФЮРА. 420609.10

Разработка системы
управления газожидкостным
струйным аппаратом

Подпрограмма "Пуск насоса"

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1
ТПУ ИШИТР группа 8Т7А		

Приложение К

(обязательное)

Подпрограмма «Контроль параметров»

Перв. примен.

Справ. №

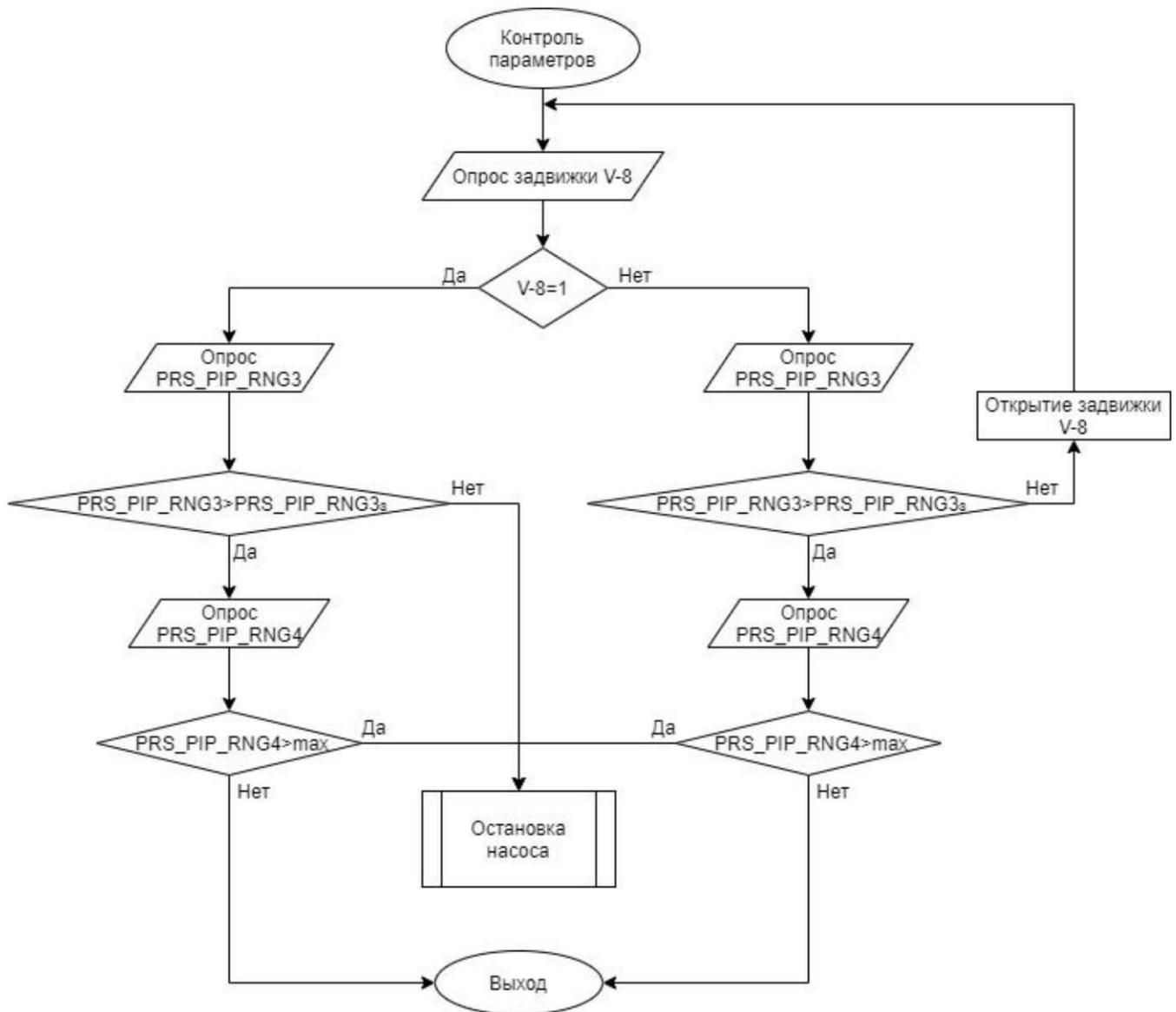
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ФЮРА. 420609.11

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Подпрограмма "Контроль параметров"

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1
ТПУ ИШИТР группа 8Т7А		

Приложение Л

(обязательное)

Подпрограмма «Остановка насоса»

ФЮРА. 420609.12

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Беликов М.К.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

ФЮРА. 420609.12

Разработка системы управления газожидкостным струйным аппаратом

Подпрограмма "Остановка насоса"

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР группа 8Т7А

Приложение М

(обязательное)

Мнемосхема

